



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física
Polo 10 IFRN – Campus Natal Central



PROPOSTAS DE ENSINO DE FÍSICA EM ÓPTICA GEOMÉTRICA USANDO UMA SIMULAÇÃO DO PHET E ÓPTICA FÍSICA ATRAVÉS DE EXPERIMENTOS

WLADEMIR CARDOSO DE MOURA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(es):

Paulo Cavalcante da Silva Filho – Orientador
Andrezza Maria Batista do Nascimento Tavares – Coorientadora

Natal/RN

Maio de 2016

PROPOSTAS DE ENSINO DE FÍSICA EM ÓPTICA GEOMÉTRICA USANDO UMA
SIMULAÇÃO DO PHET E ÓPTICA FÍSICA ATRAVÉS DE EXPERIMENTOS

WLADEMIR CARDOSO DE MOURA

Orientador(es):

Orientador - Paulo Cavalcante da Silva Filho

Coorientadora - Andrezza Maria Batista do Nascimento Tavares

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

DSc. Paulo Cavalcante da Silva Filho (Presidente)

DSc. Gilberto Corso (Examinador Externo)

DSc. Melquisedec Lourenço da Silva (Examinador Interno)

Natal/RN

Maio de 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

M929p Moura, Wladimir Cardoso.

Propostas de ensino de Física em óptica geométrica usando uma simulação do PHET e óptica física através de experimentos / Wladimir Cardoso Moura – 2016.

140 f : il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2016.

Orientador(a): Prof. Paulo Cavalcante Silva Filho.

Co-orientadora: Andrezza Maria Batista do N. Tavares.

1. Óptica geométrica - Dissertação. 3. Óptica física - Dissertação. 3. Física - Ensino – Dissertação. I. Silva Filho, Paulo Cavalcante. II. Tavares, Andrezza Maria Batista do Nascimento. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. IV. Título.

CDU 535.31

Dedico este trabalho a minha família. Aos meus pais que apesar de terem pouco estudo, deram todo suporte para que eu pudesse estudar, e me orientaram para a vida. A minha esposa Angélica que me compreendeu durante os momentos que me dedicava ao Mestrado e não podia dar toda a atenção possível, e também durante os momentos que me ausentava, pois trabalha todos os dias e que em muitas das vezes estava viajando para João Pessoa e depois passei a ir a trabalho a Petrolina, mas mesmo assim me recebia de braços abertos servindo como uma forma de motivação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Instituto Federal do Rio Grande do Norte – IFRN / Campus Natal – Central, com distinção aos meus professores doutores Paulo Cavalcante da Silva Filho e Andrezza Maria Batista do Nascimento Tavares, respectivamente orientador e co-orientadora do presente trabalho, que demonstraram, ao longo de todo o curso, zelo e compromisso, proporcionando uma formação alinhada com as novas tendências educacionais.

Aos colegas do mestrado pelo companheirismo e apoio, que foram atitudes que, acredito ficaram marcadas para sempre, não só em mim, mas em todos do grupo.

Aos alunos do 2º ano do Ensino Médio Integrado do curso de Edificações do IFSertão Pernambucano Campus Petrolina pela colaboração na realização deste trabalho.

Ao Professor Mestre Ericleiton Rodrigues de Macedo do IFSertão Pernambucano que permitiu que este trabalho se desse em sua turma do ensino médio.

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro dado através das Bolsas de estudo, que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, pois fizeram com que me dedicasse nele sem me preocupar com o caráter financeiro.

Por fim, um agradecimento ao IFSertão Pernambucano, Campus Petrolina onde atuo como técnico de laboratório de física permitindo que este trabalho se desse na instituição e ao Professor Mestre George Dourado Loula Nunes, Coordenador do curso de Licenciatura em Física, que me deu todo apoio na construção deste trabalho compreendendo as minhas ausências na instituição para vir a Natal-RN.

“Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: a vontade”.

Albert Einstein

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1	Tela inicial da simulação curvando a luz	50
Figura 4.2	Medida do ângulo de incidência e de refração	51
Figura 4.3	Trilho Óptico desmontado	53
Figura 4.4	Montagem do Trilho Óptico	54
Figura 4.5	Padrão de interferência: laser vermelho ligado	54
Figura 4.6	Difração no fio de cabelo	55
Figura 4.7	Comparativo das figuras de interferência, para os laser's vermelho e verde	55
Figura 4.8	A caixa polarizadora	57
Figura 4.9	Analisador em 0° em relação ao polaroide	57
Figura 4.10	Analisador em 30° em relação ao polaroide	58
Figura 4.11	Analisador em 60° em relação ao polaroide	58
Figura 4.12	Analisador em 90° em relação ao polaroide	59
Figura 4.13	Resolução prévia do questionário avaliativo	61
Figura 4.14	Alunos utilizando a simulação	62
Figura 4.15	Medida da velocidade da luz	63
Figura 4.16	Montagem do trilho óptico pelos alunos	64
Figura 4.17	Verificação das especificações dos lasers	65
Figura 4.18	Marcação dos máximos de interferência	65
Figura 4.19	Apresentação à caixa polarizadora	67
Figura 4.20	Arranjo da caixa polarizadora	67
Figura 4.21	Manuseio da caixa polarizadora	68
Figura 5.1	IFSERTÃO-PE Campus Petrolina	70
Figura C.1	Cores de interferência a 330°	111
Figura C.2	Cores de interferência a 0°	112
Figura E.1	Trilho Óptico desmontado	119
Figura E.2	Carrinho montado	120
Figura E.3	Grade de difração	120
Figura E.4	A caixa polarizadora	122
Figura F.1.1	Ilustração de um experimento de difração em uma abertura	125

Figura F.1.2	Ilustração do princípio de Huygens para a construção geométrica de uma frente de onda, a partir de uma frente de onda anterior	126
Figura F.1.3	Difração da onda do mar	126
Figura F.2.1	Ilustração da experiência de Young	128
Figura F.2.2	Esquema para o entendimento da experiência de Young	129
Figura F.2.3	Diferença de caminho percorrido pelos dois raios r_1 e r_2	130
Figura F.3.1	Representação de ondas longitudinais em uma mola	131
Figura F.3.2	Representação de ondas transversais em uma corda	131
Figura F.3.3	Polarização por reflexão	133
Figura F.3.4	Polarização por absorção	134
Figura F.3.5	Polarização por espalhamento	135
Figura F.3.6	Polarização por transmissão ou birrefringência	137
Figura F.3.7	Onda eletromagnética.	137

LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

Quadro 1	Dimensões do Trilho Óptico	52
Quadro 2	Dimensões da Caixa Polarizadora	56
Gráfico 1	Análise dos resultados da questão de número um	75
Gráfico 2	Análise dos resultados da questão de número dois	76
Gráfico 3	Análise dos resultados da questão de número três	77
Gráfico 4	Análise dos resultados da questão de número quatro	78
Gráfico 5	Análise dos resultados da questão de número cinco	79
Gráfico 6	Análise dos resultados da questão de número seis	80
Gráfico 7	Análise dos resultados da questão de número sete	81

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAPT	Associação Americana de Professores de Física
IFRN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
IFSertãoPE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano
HTML5	Linguagem de Programação
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LIFE	Laboratório Interdisciplinar de Formação de Educadores
OA	Objeto de Aprendizagem
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN +	Ensino médio Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
PhET	(<i>Physics Education Technology</i>), que no português significa: Tecnologia Educacional em física
TIC	Tecnologias da Informação e da Comunicação
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

RESUMO

Propostas de ensino de física em óptica geométrica usando uma simulação do phet e óptica física através de experimentos

Wlademir Cardoso de Moura

Orientador(es):

Orientador: Paulo Cavalcante da Silva Filho

Co-Orientadora: Andrezza Maria Batista do Nascimento Tavares

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O Ensino de Física tem se tornado um desafio nos dias atuais, pois ainda continua valorizando a concepção tradicional em detrimento da concepção sócio interacionista. Este compete ainda com vários outros atrativos que disputam a atenção dos alunos, como é o caso dos meios tecnológicos. Assim, devemos procurar usar estas ferramentas tecnológicas como nossas aliadas e sempre relacionar os conteúdos estudados com fenômenos do cotidiano do aluno. Diante desta realidade, este trabalho objetiva produzir objetos de aprendizagem na tentativa de facilitar a aprendizagem no ensino de física, utilizando uma simulação do PhET e atividades experimentais trabalhando os conteúdos de óptica geométrica e óptica física, respectivamente. Sendo este último conteúdo, pouco abordado nas salas de aula e indispensável em nossa sociedade moderna com várias aplicações. Nossos objetos de aprendizagem foram apresentados a uma turma do segundo ano do Ensino Médio de forma participativa e interativa, buscando o envolvimento dos alunos que é uma condição fundamental para sua formação e o desenvolvimento da sociedade. Além dos Parâmetros Curriculares Nacionais, o trabalho fundamenta-se no referencial teórico dos autores que defendem a teoria sócio-interacionista. Para constatar a eficiência dos objetos de aprendizagem, utilizou-se a mesma atividade avaliativa, pré e pós da aplicação do produto educacional, onde sempre abordamos os conteúdos previamente. Por fim, os objetivos foram alcançados e, assim, reforçando a ideia da inserção de mais aulas práticas com a utilização de simuladores e de atividades experimentais, ambas de forma bem planejada nas salas de aula.

Palavras-chave: Ensino de Física, Objetos de Aprendizagem, Óptica, PhET, Experimentos.

Natal/RN
Maio de 2016

ABSTRACT

Proposals to physics teaching in geometrical optics using a simulation of phet and optical physics through experiments

Wlademir Cardoso de Moura

Supervisor(s):

Advisor: Paulo Cavalcante da Silva Filho

Co-Advisor: Andrezza Maria Batista Tavares Nascimento

Master's dissertation submitted to the Program of Graduate Studies at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Norte in the Course of Professional Master of Physical Education (MNPEF) as part of the requirements for obtaining the Master's Degree in Education Physical.

The Teaching of Physics has become a challenge nowadays, because it still valuing the traditional conception in detriment of social interactionist conception. This yet competes with several others attractions that dispute the attention of students, such as the case of technological means. Thus, we should try to use these technological tools like our allied and always relate the contents studied with phenomena of everyday of student. Given this reality, this work aims to produce learning objects in an attempt to facilitate learning in Teaching of Physics, utilizing simulating PhET and experimental activity working the geometric optics and physics optics, respectively. The latter rarely addressed content in classrooms and is indispensable in our modern society with several applications. Our learning objects were presented to a class of second year of high school participatory and interactive way, seeking the involvement of students, which is an essential condition for their formation and development of society. In addition to the National Curriculum Parameters, the work is based on the theoretical framework of the authors who defend the social-interactive theory. To verify the efficiency of learning objects, it was used an evaluative activity before and after the application of the educational product, which always approach the content beforehand. Finally, the objectives were achieved and thus reinforcing the idea of inserting more practical classes with the use of simulators and experimental activities, both well-planned way in the classroom.

Keywords: Teaching of Physics, learning objects, Optical, PhEt, Experiment.

Natal/RN
Maio de 2016

SUMÁRIO

Capítulo 1	INTRODUÇÃO	15
Capítulo 2	SINALIZAÇÕES PERTINENTES PARA A SIMULAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA	19
2.1	O COMPUTADOR E O ENSINO DE FÍSICA	21
2.2	DESCRIÇÃO DO SITE PHET COMO FERRAMENTA DIDÁTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA	23
2.3	A UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO	25
2.4	POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DAS SIMULAÇÕES	31
Capítulo 3	SINALIZAÇÕES PERTINENTES PARA A EXPERIMENTAÇÃO COMO PRÁTICA SÓCIO INTERACIONISTA NO ENSINO DE FÍSICA	34
3.1	A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO	35
3.2	BENEFÍCIOS DO USO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL COMO METODOLOGIA DE ENSINO	39
3.3	A IMPORTÂNCIA DAS LEIS E DOS CONCEITOS NA EXPERIMENTAÇÃO	42
3.4	O PAPEL DO PROFESSOR COMO FACILITADOR DA APRENDIZAGEM APARTIR DO USO ALTERNADO DE EXPERIMENTOS E SIMULAÇÕES	43
Capítulo 4	DO PRODUTO EDUCACIONAL E DA SUA APLICAÇÃO	49
4.1	O PRODUTO EDUCACIONAL	50
4.1.1	Usando a simulação curvando a luz do PhET	50
4.1.2	Construção e uso do trilho óptico	52
4.1.3	A caixa polarizadora	56

4.2	DA APLICAÇÃO DO PRODUTO	60
4.2.1	A aplicação do questionário avaliativo	60
4.2.2	A utilização da simulação curvando a luz do PhET	62
4.2.3	A atividade experimental do trilho óptico	64
4.2.4	A atividade experimental da caixa polarizadora	66
Capítulo 5	METODOLOGIA E RESULTADOS	69
5.1	METODOLOGIA	69
5.1.1	Sobre o campus	69
5.1.2	Sujeitos da pesquisa	71
5.1.3	Etapas da pesquisa	71
5.2	RESULTADOS	73
5.2.1	Análise das questões objetivas	74
5.2.2	Análise das questões discursivas	82
5.2.3	A importância das aulas no laboratório	82
5.2.4	A diferença entre aprendizagem na sala de aula e no laboratório	84
Capítulo 6	CONCLUSÃO	86
	REFERÊNCIAS	87
	APÊNDICE A – UNIDADE DIDÁTICA: PLANOS DE AULAS	90
	APÊNDICE B – UNIDADE DIDÁTICA: ROTEIROS	100
	APÊNDICE C – CORES DE INTERFERÊNCIA	111
	APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO AVALIATIVO	113
	APÊNDICE E – MANUAL DE CONSTRUÇÃO DOS PRODUTOS EDUCACIONAIS: Trilho Óptico e Caixa Polarizadora	118

APÊNDICE F- O REFERENCIAL FÍSICO	123
ANEXO 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO	139

1.INTRODUÇÃO

O ensino de física tem sido um grande desafio para os professores historicamente no Brasil. A Física é uma área do saber em que os alunos do ensino médio apresentam grandes dificuldades em relação as outras disciplinas de humanas (português, geografia, entre outras). Alguns estudos foram realizados a respeito deste problema, tais como Costa et al. (2009, p. 0422) que apresentam as principais dificuldades relatadas pelos alunos na aprendizagem de Física. Entre outras, destacamos as dificuldades que os professores têm ao fazer relações dos conteúdos com fenômenos naturais e das tecnologias do dia-a-dia, sendo muitas vezes superficial. O ensino de Física está relacionado ao ensino da Matemática. Desta forma, percebemos muita dificuldade na visualização das situações envolvidas.

Um dos grandes motivos que levam ao desinteresse por parte dos alunos nas aulas de Física, seja nas escolas públicas ou privadas, é que as instituições não formam pessoas para a vida e tentam precariamente acompanhar o desenvolvimento tecnológico da época. Desafio mais difícil ainda, para os professores das escolas públicas onde tem que trabalhar com um número de alunos muito superior ao particular. Como diz Lobato:

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. (LOBATO, 2005, p. 9)

Se pararmos para analisar, percebemos que o jovem de hoje em dia, já nasce na era digital desde a ultra-sonografia, que é feita em seu pré-natal. Daí em diante, a criança mergulha num mundo de tecnologias que é muito mutável e onde são lançados milhares de equipamentos informatizados diariamente, tais como: celulares cada vez mais avançados, tablet's, computadores, entre outros.

No entanto, com todo este avanço tecnológico ainda se vê muitos professores que continuam a ministrar suas aulas de Física da mesma forma que

aprenderam, municiado apenas de quadro e giz. Fato este mais ligado as escolas públicas, apesar do MEC colocar e incentivar o uso da informática nas escolas. Ainda podemos dizer que, em muitas escolas públicas o processo de ensino aprendizagem é voltado somente para a memorização de fórmulas e exercícios que tem como principal função, a aplicação delas, ou seja, uma metodologia voltada apenas para a aprendizagem mecânica.

Diante das concepções da Física serem de difícil compreensão, podemos contar atualmente com a ajuda de artifícios computacionais, como é o caso dos simuladores, que podem reproduzir situações de experiências físicas reais, na ausência de laboratórios nas escolas. Neste sentido, a respeito das contribuições das simulações, Valente 1999 *apud* Soares, Moraes e Oliveira comentam:

As simulações contribuem de diversas formas dependendo do grau de interação entre o estudante e o *software*, dentre elas podemos citar: aumento da concentração dos estudantes nos experimentos, *feedback* para aperfeiçoamento do professor, geração e testes de hipóteses por parte dos estudantes, apresentação de uma versão simplificada da realidade proporcionando melhor compreensão de conceitos abstratos etc. Porém deve-se chamar a atenção para o fato de que em sistemas reais o tratamento de dados é mais complexo e que simuladores são representações e restrições de modelos que em alguns contextos tem validade e são razoáveis com a representação da natureza. (VALENTE, 1999 *apud* SOARES, MORAES e OLIVEIRA 2015, p. 917-918).

Um dos simuladores mais bem-sucedido para o ensino de Física atualmente é o PhET - sigla em inglês que significa em português: Tecnologia Educacional em Física. Onde tem como protagonista Carl Wieman, que teve a satisfação de ser congratulado com o Nobel de Física em 2001. Segundo, Arantes, Miranda e Studart:

Wieman, no discurso de agradecimento pela concessão da Medalha Oersted, honraria máxima da Associação Americana de Professores de Física (AAPT), relembra que ao fazer uso de simulações para explicar sua pesquisa em Condensação de Bose-Einstein, “era particularmente extraordinário [o fato de] que minhas audiências achavam as simulações atraentes e motivadoras do ponto de vista educacional, independentemente se a palestra era dada em um colóquio de um departamento de física ou numa sala de aula do Ensino Médio. Eu jamais vira um instrumento educacional capaz de atingir efetivamente níveis de formação tão diferenciados [2]”. (ARANTES, MIRANDA, STUDART, 2010, p. 27).

Atualmente, tem sido grande a produção de materiais didáticos pedagógicos digitais que são utilizados em diversos níveis de ensino. Estes materiais são chamados de Objetos de Aprendizagem (OA), estes podem ser encontrados na internet. Em um grande número de sites foram produzidos os objetos de aprendizagem e sua disseminação pela rede com a intenção de facilitar a aprendizagem tanto em caráter presencial ou até mesmo no ensino a distância. Segundo, Sá Filho e Machado 2003 apud Junior e Barros 2005, p. 3:

A definição para objetos de aprendizagem pode ser: recursos digitais, que podem ser usados, reutilizados e combinados com outros objetos para formar um ambiente de aprendizado rico e flexível. Seu uso pode reduzir o tempo de desenvolvimento, diminuir a necessidade de instrutores especialistas, bem como, os custos associados com o desenvolvimento baseado em web. Esses objetos de aprendizagem podem ser usados como recursos simples ou combinados para formar uma unidade de instrução maior. Podem também ser usados em um determinado contexto e depois ser reutilizados em contextos similares.

Diante da realidade do ensino de Física, este trabalho tem como Objetivo Geral: A construção de objetos de aprendizagem na tentativa de facilitação da aprendizagem no ensino de óptica.

Nossos Objetivos específicos estão relacionados a seguir:

_Elaboração de uma unidade didática para trabalhar os conceitos de óptica geométrica usando o simulador PhET, através da simulação *curvando a luz*.

Neste sentido, no que tange ao uso das simulações computacionais, ao abordar simulações de experimentos em ótica, Souza e Nazaré 2012 apud Soares, Moraes e Oliveira, 2015, p. 917: salientam a importância deste tipo de recurso computacional como complementação da exposição teórica realizada pelo professor, levando a um ensino mais dinâmico e atrativo aos estudantes.

Continuando com os objetivos específicos temos ainda:

_Construção experimental e elaboração de duas unidades didáticas para trabalhar com *trilho óptico* e *caixa polarizadora*, abordando os conceitos de óptica física.

_O intuito desta dissertação é de trabalhar tanto a óptica geométrica como à óptica física em sala de aula de ensino médio, que são assuntos pouco explorados e que não se é dada toda a atenção devida.

_Também, temos o objetivo de mudar as concepções prévias a respeito da natureza da luz, a partir das experiências realizadas tanto com a simulação como com a experimentação em sala de aula que foram realizadas ao longo deste trabalho.

Diante disto, descreveremos ao longo de seis capítulos como se deu o desenvolvimento dos produtos educacionais propostos e em que referências serviram como base no desenvolvimento deste trabalho. Também, como se deu sua aplicação em sala de aula e quais instrumentos foram utilizados para obtenção de dados por meio de um questionário avaliativo e poder mensurar sua eficiência, atendendo o propósito do presente trabalho e por fim faremos a análise e a aferição dos dados obtidos com o intuito de verificar se os objetivos do trabalho foram alcançados.

Em seu segundo e terceiro capítulos o trabalho conta com um breve levantamento dos referenciais teóricos que o fundamentam, com ênfase nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's), nos Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN's +) e na visão sócio interacionista de Levy Vygostiky.

O quarto capítulo trata do produto educacional, trazendo seus detalhes, especificações tanto de montagem como de funcionamento e de como se deu sua aplicação, em que lugar, qual foi o público alvo, quais eram as características deste público.

O quinto capítulo traz os resultados obtidos ao longo deste trabalho com a aplicação do produto educacional, fazendo uma análise tanto dos conhecimentos prévios com relação a natureza da luz e seu comportamento, como também dos fatores que contribuíram para tais resultados. Traz ainda a opinião de alguns alunos com relação a importância das simulações e das atividades experimentais.

Por fim, no sexto capítulo traremos das nossas conclusões, onde é possível concluirmos que tivemos indícios de aprendizagem.

2. SINALIZAÇÕES PERTINENTES PARA A SIMULAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Nos dias atuais, a rede mundial de computadores (Internet) é indispensável para qualquer pessoa se comunicar e obter informações sobre assuntos diversos, tais como: política; esporte; ciência, entre outros. Fato muito importante no caso dos estudantes, sendo uma necessidade quase que diária em suas vidas. Pois, eles estão sempre envolvidos se comunicando e realizando pesquisas variadas e, também, de caráter científico nas escolas. Para estas pesquisas eles precisam, não somente de bibliotecas, mas também desta ferramenta moderna e poderosa: a Internet. É importante ressaltar que os mesmos, têm uma facilidade enorme em usar a internet e sentem-se empolgados com isso.

Depois da inserção do computador em nosso cotidiano, observamos que tanto às tecnologias da informática como da comunicação ganharam força dia após dia em várias áreas do conhecimento. Nos últimos anos, tem-se observado que, o acesso e o domínio de informática fazem parte de pré-requisitos essenciais para o desenvolvimento profissional e pessoal de um cidadão que está inserido em uma sociedade moderna. Essa tecnologia está em constante avanço e exigindo de todos uma constante atualização, principalmente na área de ensino e aprendizagem.

A tecnologia da informática é algo que fascina e é útil para os estudantes. Seu uso no ensino é muito proveitoso, em programas e simulações. Pois, os estudantes, em quase sua totalidade, possuem celulares modernos, tablet's, smartphones e computadores em casa que podem ser utilizados em todos os momentos. Assim, o conteúdo pode ser estudado pelos os mesmo em todos lugares e em qualquer momento. E, se não têm o acesso à internet, é fácil, existem várias lan-houses sempre próximas da casa ou da escola.

A prática docente traz consigo muitos dilemas, como materiais inadequados, alunos desmotivados, salas superlotadas, diversidades de perfis estudantis, entre outros, no qual o professor precisar lidar no dia a dia escolar. O mundo que vivemos apresenta-nos recheados de atividades e atrativos que ganha em muito das aulas ministradas pela maioria dos professores, são notebooks, celulares, jogos, redes sociais, tablets, assim um dos maiores

desafios da docência é trazer o aluno consigo para aula, digamos que de corpo, alma e mente. (CHAGAS, Edvanio, 2014, p. 4-5).

A utilização da informática no ensino de física contribui no processo de ensino aprendizagem, tendo em vista, que esta ferramenta tenta fazer a ligação entre a teoria e a prática. De uma forma geral, os recursos computacionais representam um atrativo muito grande para os estudantes e é um fator motivador das aulas de física. Desta forma, ainda fazem com que situações que envolvam conceitos abstratos se tornem mais concretos e compreensivos pelos estudantes.

Críticas sobre a problemática do ensino de Física também são apontadas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio 1999, ao sinalizarem que:

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 também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos.

Diante da falta de estrutura de várias escolas públicas de nosso país, percebemos a dificuldade do professor de física, mais especificamente, de ministrar suas aulas, tanto em salas de aulas como em laboratórios, e ficando prejudicado o aprendizado por parte dos alunos em entenderem assuntos complexos e com abstrações. Um dos fatores que contribuem significativamente no aprendizado dos alunos na disciplina de física é o laboratório, este que tem como objetivo fazer a ligação entre a teoria e a prática dos conteúdos ministrados pelo professor.

São muitas as dificuldades presentes nas escolas públicas, entre elas: na maior parte destas escolas não existe laboratórios; quando existem laboratórios os equipamentos estão sucateados, ainda a falta de material suficiente para todos os alunos, fazendo com que as aulas práticas sejam divididas para atender as turmas que são muitas vezes numerosas, ou ainda não tem um profissional capacitado para garantir a sua manutenção, pois na maioria das vezes esta tarefa é reservada ao professor da disciplina que já está sobrecarregado e não tem tempo de preparar

uma aula experimental.

Diante disto, a introdução das simulações no ensino de física é justificada, pois são desenvolvidas por físicos, químicos, cientistas e engenheiros da computação, entre outros, que se fundamentam no próprio saber produzido pelo trabalho científico e que ainda os auxilia em pesquisas nas mais diversas áreas do conhecimento e nos mais diversos níveis de complexidade, pois:

“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.” (LÉVY 1998, p. 122 apud HOHENFELD e PENIDO, 2011, p. 4).

No entanto, este meu trabalho científico não visa à substituição de experimentos reais por experimentos virtuais e sim a junção entre os dois. Pois, nem sempre é possível trabalhar os conteúdos mais complexos no laboratório e que no computador eles são possíveis de serem realizados. É importante destacar que algumas habilidades só são adquiridas usando atividades experimentais e que são fundamentais para se desenvolver um trabalho de caráter científico.

Agora iremos apresentar algumas reflexões sobre: o computador e o ensino de física e a experimentação no ensino de física.

2.1 O COMPUTADOR E O ENSINO DE FÍSICA

Com o grande avanço da evolução da tecnologia, principalmente nos meios da tecnologia da informação e comunicação, a escola tem sido cada vez mais pressionada a modernizar ou reinventar sua forma de ensino, baseada em métodos modernos que envolvam a tecnologia como também na pedagogia e, assim, acarretando em uma mudança no processo de ensino aprendizagem.

Diante do advento da informática, a escola depara-se com uma tecnologia que exige cada vez mais sua inserção e deixa a sociedade cada vez mais dependente e que a mesma, por sua vez, clama esta mudança e com isso, resultando em um novo processo educativo, onde pode: parar, adiantar, voltar, aprofundar e aperfeiçoar um conteúdo, estudar novamente e fazer investigações de

um determinado assunto. Com isso, o aluno pode tirar suas conclusões depois de uma pesquisa e, assim, temos a prova de que ele realmente conseguiu absorver o conteúdo. Diante disto, podemos falar um pouco das tecnologias da informação e comunicação.

As tecnologias da informação e comunicação (TIC) presentes em nossa realidade estão adentrando nos muros das escolas, de forma que podemos ainda observar, que sua inserção no ensino de física tem aumentado ao longo dos anos. Diversas são as formas de utilização das simulações no ensino de física, entre elas estão a demonstração e comprovação de conceitos teóricos, a comparação com atividades experimentais, a preparação para situações reais mais complexas e arriscadas (perigosas para sala de aula), a utilização em sua própria casa, entre outras. Desta forma, Hohenfeld e Penido destacam que:

Com a presença das tecnologias digitais nas escolas as simulações computacionais estão mais frequentes nas aulas de Física. É utilizada como demonstração cuja função básica vai além da simples ilustração visual do corpo teórico a ser trabalhado em sala. Pode facilitar a compreensão e tornar conteúdo agradável e interessante, auxiliando o estudante a desenvolver habilidades básicas de observação e reflexão mesmo em ambiente virtual. A repetição do fenômeno em menor tempo do que no meio natural e a não-localidade da experimentação possibilita a execução da mesma atividade em outro momento e local que transcendem o tempo e espaço pré-determinado da aula. Podem ser executados de maneira rápida, e disponível como numa biblioteca virtual tanto para professores quanto para os estudantes como, por exemplo, os objetos de aprendizagem disponíveis na internet pelo RIVED². (HOHENFELD e PENIDO, 2011, p. 4-5).

O computador é uma ferramenta tecnológica que aplicada corretamente funcionará como um grande aliado no processo de ensino aprendizagem. Desta forma, pode ser utilizado como instrumento no desenvolvimento cognitivo do aluno, contanto que se tenha um ambiente facilitador da aprendizagem, onde professores e alunos possam desenvolver uma aprendizagem participativa, em que o estudante participe ativamente do processo de construção do conhecimento.

Assim, o aluno poderá tirar suas próprias conclusões acerca de um determinado assunto, de forma que depois de interiorizar os assuntos ele possa reorganiza-los de forma sistemática a fim de, construir o conhecimento.

Um dos grandes potenciais aliados do processo educacional moderno, são

as hipermídias que consistem em sistemas computacionais que superpõem os elementos da multimídia (textos, imagens, animações, vídeos) com elementos hipertextos que consistem em informações não sequenciais ligadas através de palavras-chave.

Neste trabalho, relatamos o desenvolvimento e a implantação de um material didático para o ensino de física, e para ser mais específico no conteúdo de Óptica, dirigido a professores e alunos do ensino médio, no qual utilizamos as novas tecnologias apoiadas na informática e nas teorias de aprendizagem mais recentes. O material foi desenvolvido como produto da dissertação de Mestrado, e consiste de uma sequência didática na qual estabelecemos passos a serem seguidos por um professor, para se chegar um objetivo, que é o aprendizado de um determinado conteúdo, que neste caso são os conteúdos de óptica geométrica e óptica física. O aprendizado destes conteúdos vai ser verificado através de questionários.

Neste momento, iremos tratar de alguns temas de interesse nessa área de conhecimento: descrição do site PhET como ferramenta didática na educação básica; a utilização de simulações para o ensino de física no ensino médio; aplicações das simulações no ensino da física e as situações em que posso usar as simulações.

2.2 DESCRIÇÃO DO SITE *PHET* COMO FERRAMENTA DIDÁTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

O site de simulações PhET (*Physics Education Technology*), que no português significa: Tecnologia Educacional em física, é um projeto da Universidade do Colorado, onde tem como protagonista o Físico Carl Wieman que foi laureado com o Nobel de física em 2001.

Carl Wieman, ainda afirma, em seu discurso de agradecimento pela Medalha Oersted honraria máxima da Associação Americana de Professores de Física (AAPT), lembrando que ao fazer uso de suas simulações para demonstrar sua pesquisa em Condensação de Bose-Einstein: “era particularmente extraordinário o fato de que seus ouvintes se sentiam atraídos e motivados pelas simulações, onde este efeito ia desde um departamento de física até mesmo numa sala de ensino médio”. Ele jamais vira um instrumento educacional capaz de atingir efetivamente

níveis de formação tão diferenciados.

O PhET tem como objetivo pesquisar e desenvolver simulações para o ensino de Ciências. Este pode ser encontrado no portal: <http://phet.colorado.edu>, onde ao acessá-lo você terá a oportunidade de utilizar simulações online ou até baixá-las, podendo usá-las quando necessitar. As simulações podem ser utilizadas por professores para ministrarem suas aulas planejando antecipadamente; por alunos para estudar o conteúdo trabalhado em sala de aula ou até mesmo por pessoas curiosas em Ciências.

Como já falamos o PhET desenvolve simulações na área de Ciências, dentre elas estão: ciências da Terra, biologia, química, física e matemática. Podemos ver que na área de física, por exemplo, existem sete subdivisões: Movimento; Trabalho, Energia e Potência; Som e Ondas; Calor e Termodinâmica; Eletricidade, Magnetismo e Circuitos; luz e Radiação e Fenômenos Quânticos.

As simulações buscam fazer a relação de fenômenos diários com a Ciência, para isto, usando modelos fisicamente corretos. O site ainda dispõe de várias traduções em vários idiomas que facilitaram a interação dos alunos e professores de vários países do globo terrestre.

Uma das vantagens destas simulações é de que elas não precisam de recursos altamente específicos, assim permitindo a acesso fácil e descomplicado. O PhET geralmente desenvolve suas simulações em flash, e que a maioria dos computadores consegue acessá-las, quando não é possível, pois o computador não tem o plug-in, quem tentar utilizá-las será direcionado pelo site, para fazer o download no próprio computador de forma rápida e simples. Atualmente, tem simulações em HTML5.

As simulações do grupo PhET possuem uma enorme vantagem com relação aos outros simuladores, pois elas são desenvolvidas baseadas em pesquisas que são testadas antes delas serem lançadas no site. Estes testes são realizados por alunos, onde eles podem fazer suas colocações por meio de entrevistas e, assim, os desenvolvedores realizam suas avaliações e podem realizar modificações necessárias para se chegar na melhor forma possível de aplicação da simulação de uma forma pedagogicamente efetiva.

O programa busca que suas simulações sejam efetivamente uma ferramenta de aprendizagem, melhorando cada vez mais o currículo e intensificando os esforços dos professores que as usam como ferramenta didática em suas aulas.

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.

Para os alunos, as possibilidades de abordagem das simulações do PhET são várias dentre elas estão: introdução de um conteúdo novo; construção de um conhecimento ou concepção; desenvolvimento de uma habilidade seja ela matemática ou interpretativa; fazer a reflexão de certos conteúdos que não ficaram bem esclarecidos em sala de aula; fazer avaliações de conhecimentos prévios entre outras mais. Desta forma, estas abordagens devido a sua facilidade podem ser feitas em sala de aula como em casa, sendo individual ou em grupo.

A seguir iremos fazer algumas reflexões sobre as simulações.

2.3 A UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

O ensino de Física tem sido um desafio para muitos professores tanto de escolas Básicas como de Universidades. Um dos motivos para tal situação é que a Física trabalha vários conceitos difíceis de serem percebidos e de imaginados pelos alunos, devido ao enorme grau de abstração, fazendo com que a Física seja representada apenas matematicamente e com isso causando uma rejeição por parte dos alunos.

Os livros didáticos trazem, a fim de melhorar o entendimento dos alunos com relação à Física devido ao seu enorme grau de abstração, figuras e ilustrações que são estáticas em situações de início e fim de um processo dinâmico, como por exemplo, a alongação de uma mola, onde mostra-se em muitos livros didáticos uma

situação inicial de compressão e outra final de alongação, com o objetivo de o aluno entender a evolução de todo o processo. Mesmo assim, o aluno terá que imaginar está evolução, pois nada garante que ele vá entender através de ilustrações estáticas processos dinâmicos.

A fim de melhorar o entendimento dos alunos no ensino de física, têm-se notado um enorme apelo dos defensores das simulações para uma maior inserção delas no ensino de física, que atualmente funciona mais como um monólogo, onde os alunos não têm quase que interação nenhuma com os professores e entre si, onde apenas ouvem as explicações do professor, sem reciprocidade, como se o ensino fosse de “mão única”, ou seja, que fosse apenas de uma via em um único sentido. Segundo Medeiros e Medeiros (2002, p. 79):

As simulações podem ser vistas como representações ou modelagens de objetos específicos reais ou imaginados, de sistemas ou fenômenos. Elas podem ser bastante úteis, particularmente quando a experiência original for impossível de ser reproduzida pelos estudantes. Exemplos de tais situações podem ser uma descida na Lua, uma situação de emergência em uma usina nuclear ou mesmo um evento histórico ou astronômico (Russel, 2001). Experimentos perigosos ou de realizações muito caras assim como os que envolvam fenômenos muito lentos ou extremamente rápidos estão, também, dentro da classe de eventos a serem alvos prioritários de simulações computacionais no ensino da Física (SNIR, et. al., 1988).

Sem falar que os laboratórios de ciências, principalmente das escolas públicas, contam com raríssimos recursos experimentais e sem falar que não possuem espaço físico adequado e nem profissionais qualificados para desempenharem tal função, para auxiliando os professores em suas aulas práticas. A respeito disto, Cunha argumenta que:

... O ensino em laboratórios convencionais requer, geralmente, o uso de espaços físicos, com materiais e kits especialmente preparados para cada experimentação. Exigência que, de acordo com Forte et al. 2008, fica acima das possibilidades reais da maioria dos estabelecimentos de educação do país, seja por falta de espaço físico adequado, ausência de instrumentação adequada ou pela não substituição ou manutenção de kits. (CUNHA et al. 2014, p. 321)

Uma outra boa aplicação das simulações estar no ensino a distância, que tem facilitado em muito o processo de ensino aprendizagem, tendo em vista que muitos alunos não podem se deslocar por grandes distâncias, por exigirem um grande tempo de deslocamento e um elevado custo financeiro. Por isto, as simulações parecem ser muito adequadas, para os alunos que não tem oportunidade de ter acesso a atividades experimentais presenciais. Assim, Cunha afirma que:

Com o advento da educação não-presencial, esta discussão torna-se ainda mais importante, permeando a noção de que, em casa, os alunos desta modalidade de ensino não teriam a possibilidade de experimentação em um laboratório, tal como os alunos de curso presencial. Uma tentativa de contornar tal situação é a introdução do computador como meio de simulação, i.e. os laboratórios virtuais [Forte et al. 2008]. Com o desenvolvimento das tecnologias da informação e comunicação, pode-se realizar com facilidade simulações computacionais interativas, que criam ambientes virtuais que transpõe a experimentação do fenômeno natural para a tela do computador. (Hohenfeld and Penido 2009 apud CUNHA et al. 2014, p. 321).

A simulação ainda, tem como principal característica a interatividade, onde o estudante pode manipular diversas variáveis e observar as suas implicações instantaneamente. Fazendo um paralelo com o mundo real, através das simulações o estudante pode observar certas mudanças na natureza que com apenas a observação não às teria, pois ele pode manipular as variáveis envolventes na simulação, a fim de que o estudante identifique relações de causas e efeitos em sistemas como o do mundo real que é muito complexo.

A simulação ainda pode servir como preparação para situações reais, que envolvam um valor financeiro elevado e que ofereçam perigo a vida, com é o caso dos simuladores de fórmula um e de aviões, pois são utilizados em situações que oferecem risco a vida dos pilotos e de terceiros, tendo em vista que se movimentam a altíssimas velocidades. Além do mais, são “brinquedinhos” muito caros e não se pode sair por aí destruindo um deles. Nestes casos, os simuladores são utilizados como preparação para situações reais, sendo assim, o piloto só vai para a prática depois de ter um grande conhecimento teórico e ainda de uma certa experiência com os simuladores, para que consiga lidar com situações reais mais facilmente.

Dentre os benefícios da utilização de simulações estão o processamento de dados rapidamente por meio de computadores, a possibilidade de testar e gerar hipóteses e acima de tudo a formação e a mudança conceitual, que é essencial para a aprendizagem no ensino de física, pois a maioria dos alunos que chegam as escolas quando têm um conceito formado, este está errado. A partir daí, é papel do professor promover através de ferramentas educacionais a mudança conceitual dos alunos.

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. Assim, podemos trazer outras vantagens de se implantar as simulações nas aulas de física, onde é possível constatar que estas representam um recurso didático-pedagógico de uma grande relevância nos dias atuais no ensino de física.

Outros benefícios das simulações computacionais, segundo Bulegon 2011, p.113 (apud Bulegon, 2013, p. 5) é que elas “[...] geram criatividade, pois há hipóteses a serem levantadas e testes a serem verificados; geram confiança e satisfação, resultante da percepção do alcance das metas traçadas, e leva o aprendiz a envolver-se mais em sua aprendizagem”.

As simulações podem ser feitas em grupo, e de forma problematizada, com o intuito de darem sentido real a sua aplicação. Depois de sua aplicação, pode-se haver um diálogo entre os integrantes dos grupos, e ainda entre diferentes grupos, afim de que, indivíduos mais desenvolvidos cognitivamente troquem conhecimento com os menos desenvolvidos. Assim promovendo uma aprendizagem em todos os sentidos, dos mais para os menos desenvolvidos cognitivamente e vice-versa. Desta forma Vygotsky, 2001 (apud, Gehlen, 2012, p. 78), Quanto à abordagem histórico-cultural, destaca-se que ao vincular a formação de sujeitos a um contexto histórico e cultural, defende que:

A educação vai muito além do desenvolvimento das potencialidades individuais. A constituição do sujeito a partir das interações realizadas num contexto cultural, não acontece de forma isenta deste. A passagem das relações interpessoais para as intrapessoais vai constituindo o ser humano

com novas capacidades que, por sua vez, estará interferindo nesse próprio contexto, contribuindo para a modificação deste.

Ainda no conceito da utilização em grupo das simulações, elas podem ser utilizadas de forma que se tenha um desafio proposto, onde diferentes grupos podem chegar a mesma solução por diversos caminhos. Assim, está é mais uma das vantagens das simulações, pois o aluno pode fazer alterações nos parâmetros que envolvem a simulação, diferentemente dos programas tutoriais onde o sujeito apenas assiste e não fazer modificação nenhuma.

Esta modalidade de uso do computador na educação é muito útil para trabalho em grupo, principalmente os programas que envolvem decisões. Os diferentes grupos podem testar diferentes hipóteses, e assim, ter um contato mais "real" com os conceitos envolvidos no problema em estudo. Portanto, os potenciais educacionais desta modalidade de uso do computador são muito mais ambiciosos do que os dos programas tutoriais. Nos casos onde o programa permite um maior grau de intervenção do aluno no processo sendo simulado (por exemplo, definindo as leis de movimento dos objetos da simulação) o computador passa a ser usado mais como ferramenta do que como máquina de ensinar. VALENTE, 1995, p. 11 (apud MACÊDO, 2012, p. 574).

O professor como indivíduo mais desenvolvido cognitivamente deve levar em conta o que o aluno já sabe a fim de, por meio de uma linguagem acessível e não tão menos, deixando de utilizar os termos técnicos para interagir de uma melhor forma com os alunos, desenvolvendo os limites de conhecimentos através de atividades com a utilização de simulações, que levem o aluno a refletir e assim, conseguindo extravasar estes limites. Segundo Gehlen (2012, p. 78).

No processo de ensino e aprendizagem em Física vemos como essenciais tanto a mediação do outro quanto a mediação semiótica, uma vez que as ações realizadas com a colaboração de alguém mais capaz, no âmbito da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) – isto é, dentro dos limites da capacidade de entendimento dos estudantes, considerando o seu nível de desenvolvimento real e projetando atividades que o levem para além deste – podem potencializar a aprendizagem. Além disso, ao se utilizar das palavras adequadas nas interações e considerando que vários são os sentidos (compreensões dos estudantes) que interferem no processo, o professor poderá traçar suas estratégias para que os significados em

constituição como conceitos, princípios e modelos da Física, possam ocorrer sistematicamente.

A linguagem tem um papel fundamental no processo de ensino aprendizagem, pois sabemos que se ouvirmos algo que compreendemos a assimilação se dará de maneira mais rápida. E em meio a este meio tecnológico as simulações parecem falar a língua dos jovens. Principalmente em momentos cruciais no desenvolvimento cognitivo dos estudantes, que é no ensino médio, onde há uma grande maturação do conhecimento científico dos alunos.

Vygotsky (1998) (apud GEHLEN 2012, p. 79) tem como papel central a questão da linguagem não só quanto ao aspecto comunicativo, mas em especial o fator organizador do pensamento e constitutivo quanto à tomada de consciência, a qual vai se configurando ao longo da vida de uma pessoa mediante as suas interações com outros, seja de forma assistemática (em seu cotidiano) ou de forma sistemática (no contexto escolar). É durante o período escolar (principalmente no final do ensino fundamental e início do ensino médio), que amadurecem novas funções mentais (inclusive de origem biológica) que proporcionam aos adolescentes e jovens novas capacidades mentais e, conseqüentemente, a pensar por conceitos.

No entanto, as simulações não podem ser tão somente e única ferramenta educacional a ser utilizada pelos professores, pois muitas delas trazem intrinsecamente erros que muitas vezes não são deixados claros pelos professores aos alunos e que são muito importantes para a formação do conhecimento científico. Assim, apresentaremos na próxima seção algumas limitações das simulações no ensino.

Fazendo um breve levantamento dos PCN's e dos PCN's + temas que:

Os PCN's Física:

São propostas para o Ensino Médio, no que se relaciona às competências indicadas na Base Nacional Comum, correspondentes à área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Pretende, portanto, uma explicitação das habilidades básicas, das competências específicas, que se espera sejam desenvolvidas pelos alunos em Física, nesse nível escolar, em decorrência do

aprendizado desta disciplina e das tecnologias a elas relacionadas.

Os PCN's + - Ensino médio Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais

Tratam da construção de uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante para compreender, intervir e participar na realidade. Percebendo o papel desempenhado pelo conhecimento físico no desenvolvimento da tecnologia e a complexa relação entre ciência e tecnologia ao longo da história e sua estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época. Compreendendo a Física como parte integrante da cultura contemporânea, identificando sua presença em diferentes âmbitos e setores. Promovendo a interação com meios culturais e de difusão científica, através de visitas a museus científicos ou tecnológicos, planetários, exposições etc., para incluir a devida dimensão da Física e da Ciência na apropriação dos espaços de expressão contemporâneos.

Segundo a Teoria Sociointeracionista de Vygotsky:

O desenvolvimento humano se dá em relação nas trocas entre parceiros sociais, através de processos de interação e mediação. Vygotsky enfatizava o processo histórico-social e o papel da linguagem no desenvolvimento do indivíduo. Sua questão central é a aquisição de conhecimentos obtidos a partir de relações intra e interpessoais e de troca com o meio, a partir de processos de *mediação*. O conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) esclarece melhor a relação entre interação e os processos de ensino aprendizagem.

2.4 POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DAS SIMULAÇÕES

Não se pode pensar que as simulações iram resolver os problemas da educação. Diante disto, seu uso não deve ser indiscriminado e sim deve ter objetivos concretos.

As simulações são modelos baseados em simplificados de uma realidade muito mais complexa, tornando-as assim, aproximações não tão confiáveis. Pois, descartam diversas variáveis indispensáveis no processo real. Segundo Medeiros e Medeiros (2002, p. 81) “pressupostos contidos nas necessárias simplificações que

fundamentam os modelos, nos quais as simulações estão baseadas, passam frequentemente despercebidos pelos estudantes e mesmo por muitos professores.”

É preciso levar em consideração que a simulação pode se tornar uma ferramenta que irá desconstruir o conhecimento, se os limites da validade da simulação não forem expostos pelos professores, pois assim, os alunos iram associa-lo como sendo fidedigno ao real, que não o é. Tendo em vista que muitas delas trazem consigo um apelo visual bastante exagerado, que muitas vezes fascina os alunos, fazendo com que deixem de enxergar os conceitos físicos suprimidos, com as exageradas simplificações.

É importante perceber que as simulações não devem ser comparadas as experiências reais, pois de longe elas serão próximas, tendo em vista que muito dos fatores de uma experiência são desconsiderados nas simulações. E que certos conhecimentos e habilidades são indispensáveis para a formação do conhecimento científico. Segundo Medeiros e Medeiros (2002, p. 83):

Críticos mais severos da utilização irrefletida da Informática na Educação têm chamado a atenção para o fato de que as simulações computacionais parecem limitar a possibilidade de os estudantes serem confrontados com a riqueza heurística da experiência dos erros experimentais e, assim, da tentativa de resolverem problemas da vida real (Kimbrough, 2000). Têm, igualmente, assinalado, de há muito, que os resultados nas simulações tendem a ser predeterminados, em lugar de estarem abertos à pesquisa mais especulativa e aos raciocínios mais abertos (Prosser & Tamir, 1990). A idéia central seria, portanto, pensar com a mente e calcular com o computador (TRAMPUS & VELENJE, 1996).

Apesar das simulações serem desenvolvidas por profissionais capacitados para tal, elas não podem em nenhuma hipótese substituir os experimentos reais e da forma que muitas delas são construídas, funcionam apenas como meros jogos de manipular variáveis, pois não levam o seu usuário a pensar, ou seja, não fazem com que seu manipulador reflita suas ações. No entanto, elas deveriam fazer com que o aluno fizesse investigações das situações envolvidas. Toda está falta de didática por de traz das simulações está relacionada ao fato de que, elas não são estruturadas e nem trabalhadas em sala de aula em nenhuma teoria da aprendizagem. Diante disto Hohenfeld e Penido, 2011 afirmam que:

A tendência equivocada de substituir um experimento convencional por um em simulação computacional podendo inclusive levar os estudantes a conceitos errados e deformações do ponto de vista epistemológico. Por fim a falta de fundamentação em teorias de aprendizagem tanto na elaboração dos programas de simulação quanto nas atividades desenvolvidas no ambiente escolar, constituem-se uma prática muito comum nas simulações computacionais principalmente quando utilizadas em laboratórios virtuais. (HOHENFELD e PENIDO, 2011, p. 6).

Desta forma, percebemos a importância do experimento, tendo em vista que ele não pode ser substituído pelas simulações, pois em ter uma simulação bem elaborada não garante a aprendizagem. Para esta finalidade, a simulação deve ser fundamentada em alguma teoria da aprendizagem para lhe dar um direcionamento seguindo uma determinada estratégia.

3. SINALIZAÇÕES PERTINENTES PARA A EXPERIMENTAÇÃO COMO PRÁTICA SÓCIO INTERACIONISTA NO ENSINO DE FÍSICA

O ensino de Física tem-se caracterizado de forma que enfatiza apenas o uso de fórmulas, leis e conceitos, de forma que não os relacionam com o mundo vivenciado pelos alunos, com isso ficando sem significado. Desde o primeiro instante dão privilegio a teoria e abstração, ao contrário de um processo em que parta de uma atividade experimental e de exemplos concretos que vão evoluindo gradativamente em seus níveis de abstração. Utiliza as fórmulas de forma sem significado físico e privilegiando apenas o caráter matemático. Consiste-se ainda na resolução de listas de exercícios, privilegiando a repetição e a memorização, em detrimento da construção do conhecimento por meio das competências promovidas.

Posto como produto de gênios como: Galileu, Newton, Einstein etc, o conhecimento e ainda que este acabado e assim, dando a entender aos alunos como se não tivesse nada de significativo a se descobrir. Tudo isto, caracteriza-se como justificativa para a inserção de atividades experimentais no ensino de Física.

Segundo Vygotsky, a promoção da convivência social através de processos de socialização, além das maturações orgânicas, são responsáveis pelo desenvolvimento do caráter psicológico/mental do aluno. Que acontece em ambientes educacionais como no meio escolar, por meio da internalização de conceitos resultado da interação social.

Desta forma, Vygotsky aponta que o caráter biológico não é exclusivamente suficiente para a aprendizagem, é necessário ainda que se tenha um ambiente que favoreça a aprendizagem.

Para Vygotsky, não é suficiente ter todo o aparato biológico da espécie para realizar uma tarefa se o indivíduo não participa de ambientes e práticas específicas que propiciem esta aprendizagem. Não podemos pensar que a criança vai se desenvolver com o tempo, pois esta não tem, por si só, instrumentos para percorrer sozinha o caminho do desenvolvimento, que dependerá das suas aprendizagens mediante as experiências a que foi exposta. (RABELLO; PASSOS, 2007, p. 5).

Neste sentido, o aluno associa suas ações ao seu cotidiano, sendo a escola um ambiente propício ao seu desenvolvimento, promovido por interações com outros alunos.

A relação entre interação e os processos de ensino aprendizagem, fica mais clara quando Vygotsky apresenta seu conceito de ZDP. Segundo ele, Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que é determinado por aquilo que se consegue fazer sozinho, e o nível de desenvolvimento proximal, determinado pela capacidade de fazer algo com a ajuda de um indivíduo mais desenvolvido. Os aprendizados ocorridos nesta zona fazem com que o aluno aprenda ainda mais, e assim, desenvolvendo sua ZDP. Desta forma, aprendizado e desenvolvimento são processos inseparáveis.

Com isto, o papel do professor seria de promover a aprendizagem, sendo mediador entre o aluno e o seu mundo vivencial. Neste sentido, é nas relações com outros indivíduos num âmbito coletivo que a aprendizagem se dá, propiciando um desenvolvimento de suas estruturas psicológicas. Desta forma, os alunos com habilidades incompletas, as desenvolverão com a interação com alunos mais desenvolvidos, até que suas habilidades se tornem completas. Então, para o desenvolvimento da aprendizagem é necessário que se tenha além de um bom mediador e ferramentas adequadas, um ambiente favorecedor da aprendizagem. Com o objetivo de desenvolver as potencialidades dos alunos tornando-as em realidades.

A seguir trataremos: da importância da experimentação; dos benefícios do uso da atividade experimental como metodologia de ensino; a importância das leis e dos conceitos na experimentação e do papel do professor como facilitador da aprendizagem a partir do uso de experimentos.

3.1 A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO

A partir de experimentos o aluno demonstra qual seu nível cognitivo, permitindo ao professor fazer uma análise do nível em que ele se encontra. Com o direcionamento do professor, permite ao aluno construir conhecimentos tendo como resultado o desenvolvimento da ZDP (zona de desenvolvimento proximal) e, com

isso, o aluno absorve o conhecimento de determinado conteúdo estudado experimentalmente.

Por meio de experimentos o aluno pode fazer uma analogia dos fenômenos abordados com o seu cotidiano, ou seja, com a cultura em que se encontra, daí construindo uma aprendizagem realmente significativa onde ele poderá aplicar os conhecimentos adquiridos em sua realidade.

Desta forma, o professor de Física para ser mais específico, deve criar um ambiente facilitador da aprendizagem, ou seja, deve ser um ambiente científico alfabetizador, capaz de construir o conhecimento, através de atividades experimentais com o objetivo de facilitar o processo de ensino aprendizagem, fazendo com que o aluno seja autônomo em seu processo de aprendizagem.

A atividade experimental faz com que o aluno faça uma reflexão, de seu mundo, ou seja, de seu contexto sócio cultural com o fenômeno ocorrido, acarretando em processos de interação entre a aprendizagem e a sociogênese de cada indivíduo.

Um fator muito importante da aplicação do experimento na sala de aula, é o fato de que os alunos durante as aulas interajam entre si, de tal forma que cada um será promovedor da sua própria aprendizagem.

O uso da atividade experimental no ensino de física permite ao aluno desenvolver seu poder de criatividade, que vai o ajudar não só na disciplina de física, mais também em outras disciplinas como: artes, matemática, português, etc. Ainda faz com que, o aluno se socialize mais facilmente e ainda contribui para a aprendizagem científica. Outra questão que pode ser levada em conta é a demonstração fenomenológica, onde o aluno pode desenvolver ferramentas para investigar os fenômenos. Este poder investigativo é muito importante, pois deve ser levado para fora das fronteiras da escola, onde o aluno vai aplicar estes conhecimentos adquiridos em seu contexto sócio cultural.

A atividade experimental proporciona ao aluno o desenvolvimento científico sobre os fenômenos estudados, explorando suas capacidades intelectuais, criativas, além de fazer com que desenvolvam uma personalidade ligada a física, pois devem construir uma visão individual do fenômeno estudado. Onde esta personalidade deve

ser desenvolvida tanto na ciência como na vida social.

Ao se comprovar um fenômeno por meio de uma atividade experimental, faz com que o aluno absorva e reorganize os conhecimentos, afim de, resolver situações em forma de problema mais adiante. Tudo isto contribui para um desenvolvimento da aprendizagem.

Quando um indivíduo se adapta a um determinado ambiente dizemos que houve aprendizagem. A capacidade de aprender vem desde o nascimento e vai evoluindo à medida que o tempo passa. O ensino de física deve proporcionar diversas formas de aprendizado, dentre elas estão à associação do quão é importante a aplicação da ciência como um todo no cotidiano do aluno. Segundo os PCN'S+ para o ensino de física:

Compreender o desenvolvimento histórico da tecnologia, nos mais diversos campos, e suas consequências para o cotidiano e as relações sociais de cada época, identificando como seus avanços foram modificando as condições de vida e criando novas necessidades. Esses conhecimentos são essenciais para dimensionar corretamente o desenvolvimento tecnológico atual, através tanto de suas vantagens como de seus condicionantes. (PCN+ - Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002, p. 14)).

O processo de desenvolvimento das competências estabelecidas no currículo de física deve ser acompanhado de atividades experimentais, garantindo ações como: o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis, afim de, criar uma autonomia por parte do aluno. 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.

A atividade experimental é reconhecida pelos mais representativos modelos de ensino das ciências pelo que somos levados a admitir que este possui efetivamente potencialidades educativas relevantes. Mas, não são suficientes as atividades de "mãos na massa"; é necessário também recorrer a experiências que envolvam "cabeça na massa", ou seja, para lá de manipular equipamento, é preciso manipular ideias. (CASSARO, 2012, p. 29-30).

Para que as atividades experimentais de física aplicadas em sala de aula atraiam os alunos é necessário que elas busquem envolver-se com a realidade deles, afim de que se sintam motivados e instigados a descobrir o porquê dos fenômenos. Partindo de seus conhecimentos prévios, que em sua maior parte são oriundos das trocas de experiências com pessoas mais experientes.

A atividade de demonstração experimental em sala de aula, particularmente quando relacionada a conteúdos de Física, apesar de fundamentar-se em conceitos científicos, formais e abstratos, tem por singularidade própria a ênfase no elemento real, no que é diretamente observável e, sobretudo, na possibilidade simular no micro-cosmo formal da sala de aula a realidade informal vivida pela criança no seu mundo exterior. Grande parte das concepções espontâneas, senão todas, que a criança adquire resultam das experiências por ela vividas no dia-a-dia, mas essas experiências só adquirem sentido quando ela as compartilha com adultos ou parceiros mais capazes, pois são eles que transmitem a essa criança os significados e explicações atribuídos a essas experiências no universo sócio-cultural em que vivem. (GASPAR; MONTEIRO, 2005, p.232).

Pode-se dizer, portanto, que a aplicação de atividades experimentais, sejam elas, em sala de aula ou em laboratório, com o intuito de construir ou enrijecer certos conceitos físicos, contribuem para o pensamento do aluno com certos elementos de realidade fazendo com que o mesmo se torne mais experiente. Este ganho de experiência pode preencher certos desníveis cognitivos característicos dos conceitos científicos dando a estes, a força que a convivência dá aos conhecimentos espontâneos. Ou seja, quando se faz uma atividade experimental que envolva todos os alunos de forma participativa, sob a orientação do professor, em um processo que simula o cotidiano do aluno, fortalece e até mesmo crie conceitos espontâneos. Segundo Vygotsky, baseado em uma pesquisa realizada por J. I. Chif, com o intuito de comparar o desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos na idade escolar, afirma que:

O crescimento contínuo desses níveis elevados no pensamento científico e o rápido crescimento no pensamento espontâneo mostram que o acúmulo de conhecimentos leva invariavelmente ao aumento dos tipos de pensamento científico, o que, por sua vez, se manifesta no desenvolvimento do pensamento espontâneo e redundando na tese do papel prevalente da

aprendizagem no desenvolvimento do aluno escolar. (Vygotsky, 2001, p. 243).

Desta forma, percebemos que quando as atividades experimentais são estruturadas em situações do cotidiano do aluno, elas farão com que haja um ganho no conhecimento científico que, por sua vez, implicará em um aumento dos conhecimentos espontâneos e assim deixando o aluno mais desenvolvido cognitivamente.

3.2 BENEFÍCIOS DO USO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL COMO METODOLOGIA DE ENSINO

Por meio das atividades experimentais, o aluno pode observar as ações de modo que crie um raciocínio lógico da natureza, com isso, a sua capacidade de interpretar a natureza vai se desenvolvendo. Com relação ao campo da aprendizagem, esta atividade trará benefícios no âmbito tanto do didático como também do intelectual e social.

No aspecto intelectual, o experimento beneficiará ao estudante no sentido que ele desenvolverá sua capacidade de questionar, investigar o fenômeno e, com isso, possibilitando desenvolver sua capacidade interpretativa dos fenômenos.

No aspecto social, as atividades experimentais possibilitam ao estudante fazer uma conexão do fenômeno visto em um laboratório com os fenômenos visto em seu cotidiano. Assim, dando ênfase na importância de possuir conhecimentos. Desta forma, como benefício didático, os experimentos tornam os conteúdos que antes eram vistos como “chatos” e agora passem a ser vistos como interessantes e que despertam a curiosidade dos mesmos. Ainda podemos observar um maior comprometimento dos alunos durante as atividades, pois ao despertarem sua curiosidade os alunos ficam mais atentos e ficam mais disciplinados, com isso se têm uma maior participação por parte dos alunos.

Desta forma, o professor deve fazer uma sondagem dos conhecimentos prévios de seus estudantes, afim de, adequar a sua metodologia de ensino e

relacionando-a com o cotidiano dos alunos. Assim:

Ao deparar pela primeira vez com o estudo da física o aluno faça analogia com as experiências construída a partir de sua vivências, na maioria das vezes conquistada através de diversas ocasiões vividas em seu cotidiano, por isso é fundamental que o licenciado em física ao assumir uma sala tenha noção do conhecimento científico que cada educando possui, para que possa fazer interação entre o ambiente científico e sócio cultural, propondo assim uma formulação da sua proposta pedagógica. (SOARES JUNIOR, 2011, p. 16)

A atividade experimental é mais que um passatempo, e sim uma metodologia didática com um grande potencial de aprendizagem, pela qual podemos promover a disciplina em sala de aula, afim de, facilitar o trabalho e assim, alcançar comportamentos que antes não eram vistos e que são indispensáveis para a formação da personalidade dos alunos e, também, preparando-os para a vida em sociedade.

Fazendo uma relação entre o desenvolvimento humano através das atividades experimentais, classificamos o desenvolvimento em três aspectos distintos, entre eles estão: aspectos psicomotores, aspectos cognitivos e aspectos afetivos. Desta forma Soares aponta que:

Nos aspectos psicomotores encontram-se as habilidades musculares e motoras, da manipulação de objetos, Na escrita e na percepção fenomenológica do experimento. Os aspectos cognitivos dependerão de como a aprendizagem e a maturação vão reagir, podem variar desde uma simples lembrança até mesmo da formulação e combinação de idéias, proporem soluções e delimitarem problemas. Nos aspectos afetivos incluem sentimentos, emoções, aptidões de ocultação e rejeição de aproximação ou de afastamento. O fato é que esses três aspectos interdependem um do outro, ou seja, o estudante necessita dos três aspectos para se tornar um indivíduo preparado. (SOARES JUNIOR, 2011, p. 15)

Dentre as vantagens de se utilizar atividades experimentais estão: a interação entre o experimento e o aluno, onde o estudante está livre para obter uma interpretação ao se observar o fenômeno no experimento; o estudante ainda tem uma elevação em seu poder de criatividade e com isto vai dando forma ao seu

conhecimento de acordo com a sua capacidade cognitiva; curiosidade, com ela o aluno se sente motivado a pesquisar o fenômeno a ele apresentado na atividade experimental.

Ao se realizar experimentos os alunos estarão desenvolvendo aspectos psicomotores, linguísticos específicos da física, ou seja, construíram um vocabulário de palavras técnicas da física, desenvolveram a atenção e sua inteligência. Portanto, o educador de física deve fazer um planejamento destas atividades experimentais, de forma que, construa um ambiente motivacional e com um grande potencial de aprendizagem.

Os experimentos ainda proporcionam a interação entre os alunos, de forma que eles vão promovendo a ação, deixando de ser passivos como era no ambiente da sala de aula e passando a serem ativos durante a atividade experimental. Ainda há um desenvolvimento nos conhecimentos científicos e que com isso possam concluir que a física não é uma ciência acabada e que não aceite tudo como verdade absoluta. Percebendo que a física é fruto de todo um processo sócio-histórico e que está em constante evolução.

Durante as comprovações das atividades experimentais os alunos nem se quer percebem que estão: assimilando e reorganizando os conceitos de física, de forma que, possam enfrentar situações problemas e desafios encontrados nas atividades e com isso provocando um desenvolvimento da aprendizagem devido a evolução do conhecimento.

Desde o nascimento o ser humano possui intrinsecamente a capacidade de aprender. No entanto, esta capacidade vai se desenvolvendo ao longo do tempo, à medida que o indivíduo ganha experiência. O ensino de Física, através das atividades experimentais, proporciona aos alunos a capacidade de entender e verificar que a Ciência tem uma grande participação em suas vidas, com isso, os alunos terão a capacidade de fazer a junção entre o saber científico e conhecimento, afim de criarem um ambiente mental que permita a associação entre a Física e os seus contextos cotidianos.

3.3 A IMPORTÂNCIA DAS LEIS E DOS CONCEITOS NA EXPERIMENTAÇÃO

A Ciência Física está baseada em princípios de articulação de conceitos, leis e teorias. Para a compreensão dos papéis da experimentação no ensino de física devemos levar em consideração alguns elementos:

Percebe-se que o aluno, ao pôr em prática o conhecimento da Física, aprende a utilizar esquemas e relações matemáticas, pois na prática os cálculos devem ser os mais precisos possíveis dentro de suas limitações experimentais. Deve se considerar ainda a importância dos símbolos dentro da linguagem da Ciência Física, pois é através deles que conseguimos transmitir e receber informações.

Em um laboratório de Física, por exemplo, dificilmente se observará de forma direta, os fenômenos a serem estudados. Para tal, o laboratório deve dispor de equipamentos que possam medir certas grandezas que são imperceptíveis a olho nu. Está é muitas vezes a primeira visão de que se tem ao adentrar em um laboratório de Física. Segundo Séré; Coelho e Nunes (2003, p. 38):

Francis Bacon, que vivia na época da rainha Elisabeth I da Inglaterra, expressava uma ideia semelhante de forma figurada: dizia que fazer ciência experimental não era simplesmente "observar o leão, mas também torcer o seu rabo". Sobre um leão que dorme pode-se fazer algumas observações, mas ao torcer o seu rabo obter-se-ão outras observações (é bem mais perigoso!).

As atividades experimentais devem fazer com que o aluno se dê conta de que um fenômeno para ser desvendado necessita de uma teoria. E ainda que, tanto para que se obtenha uma medida como para fabricar um instrumento de medida se necessita de teoria.

As atividades experimentais são de fundamental importância para o processo de ensino aprendizagem, pois Segundo Séré; Coelho e Nunes (2003, p. 39) nelas os alunos são levados à:

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, ensinam 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.

Desta forma, percebemos a importância que as leis e os conceitos têm para a atividade experimental, pois tanto para se investigar um fenômeno como para se construir seus instrumentos de medida, estes devem ser fundamentados em uma teoria. Tais atividades, quando trabalham o mundo vivencial dos alunos, dão sentido ao mundo abstrato dos conceitos e das linguagens. Ao participar de atividades experimentais os alunos devem usar das leis, conceitos, teorias e linguagens.

Assim, aprenderam a utilizar relações matemáticas e físicas necessárias para a solução do problema, seguindo estratégias e métodos que serviram para suas vidas futuramente.

3.4 O PAPEL DO PROFESSOR COMO FACILITADOR DA APRENDIZAGEM A PARTIR DO USO ALTERNADO DE EXPERIMENTOS E SIMULAÇÕES

A atividade experimental no ensino de Física exige que o professor detenha conhecimentos de outras naturezas, desde conhecimentos básicos até mais específicos, afim de dar segurança em seu discurso. Este caráter multidisciplinar cobra do professor que ele tenha uma formação ampla e consistente e que ainda esteja sempre se repensando, ou seja, que reflita sobre sua prática, busque novos conhecimentos, com o objetivo de contribuir da melhor maneira possível para o desenvolvimento do conhecimento.

O experimento não deve ser utilizado pelo professor de qualquer forma, afim apenas de obter medidas, mas sim de forma que crie um ambiente investigativo

e que motive seus alunos a questionar. As atividades experimentais devem ser construídas de tal forma que permitam ao aluno agir-refletir-agir, ou seja, que façam com que o educando visualize, raciocine a respeito do fenômeno e ponha em prática o conhecimento adquirido.

As atividades experimentais funcionam como ponte, entre o professor e alunos, pois através delas os professores constroem os conceitos envolvidos nas atividades por meio de uma linguagem mais atrativa aos alunos.

O experimento tem também um importante papel de objeto de mediação, ou seja, de instrumento compartilhado entre os sujeitos participantes, em especial entre os estudantes e entre eles e o professor, pois nesta atividade passam a utilizar a linguagem de forma mais efetiva para a troca e construção de significados. Logo, a experimentação torna-se um importante aliado na construção de conceitos por parte dos estudantes nos diversos níveis escolares. Possibilita também uma maior aproximação do trabalho científico podendo contribuir na compreensão da natureza da Ciência. (HOHENFELD e PENIDO, 2011, p. 2).

O professor deve ainda fazer uma sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos, de forma a obter um mapeamento da turma, para uma melhor condução da atividade experimental. Ele terá que atuar como mediador entre os conhecimentos de mundo de seus alunos e os conhecimentos que se espera que eles construam. Com isso, o professor deve encontrar a ZDP dos alunos de maneira a maximizar as suas potencialidades.

Nesta perspectiva o professor deve estar sempre próximo dos alunos, pois eles desenvolvem sua ZDP quando estão em contato com pessoas mais experientes. Poucos conseguem desenvolver as suas ZDP's sozinhos, daí a importância da presença de um profissional mais experiente, para que suas ZDP evoluam. Segundo Vygotsky:

A essa colaboração original entre a criança e o adulto - momento central do processo educativo paralelamente ao fato de que os conhecimentos são transmitidos à criança em um sistema- deve-se o amadurecimento precoce dos conceitos científicos e o fato de que o nível de desenvolvimento desses conceitos entra na zona das possibilidades imediatas em relação aos conceitos espontâneos, abrindo-lhes caminho e sendo uma espécie de propedêutica do seu desenvolvimento. (Vygotsky, 2001, p.244).

O professor ainda tem um papel fundamental e indispensável no processo de ensino aprendizagem, pois ele como indivíduo mais capacitado e desenvolvido cognitivamente deve trabalhar de forma que, apresente de forma clara, os conteúdos a serem estudados, de forma que os alunos internalizem e depois externalizem, afim de que ele possa verificar a aprendizagem dos conceitos dos alunos. A respeito disto, Dorneles e Veit afirmam que:

No contexto de sala de aula o professor é o participante que já internalizou os significados contextualmente aceitos. E cabe a ele, em uma aula, apresentar aos alunos um conjunto de significados do contexto da matéria de ensino e os alunos devem, de alguma maneira, externalizarem ao professor os significados captados. O professor tem ainda a responsabilidade de verificar se os significados que os alunos assimilaram são aceitos, compartilhados socialmente. A responsabilidade dos alunos é verificar se os significados que captaram são aqueles que o professor pretendia que eles captassem e se são aqueles compartilhados no contexto da área de conhecimento em questão. (DORNELES e VEIT, 2007, p. 4).

A atividade experimental deve ser realizada de forma que permita moldar a aprendizagem, respeitando a capacidade de nutrir o conhecimento do aluno, acarretando em uma evolução da aprendizagem, caso contrário, perde-se a essência da experimentação para o processo de ensino aprendizagem. Com isso é de inteira responsabilidade do professor possibilitar o aumento das potencialidades dos alunos de forma a maximiza-las. Propiciando para diferentes experimentos o desenvolvimento cognitivo e psicossocial dos alunos.

Levando em consideração a importância da experimentação para a aprendizagem dos alunos, o professor tem um papel fundamental neste processo, tendo em vista que ele sendo um interventor capacitado e mais experiente, deve atuar de forma que seus alunos busquem desenvolver seus conhecimentos e suas habilidades, através de estratégias sempre com fins pedagógicos. O docente deve ainda dar sentido as experiências, pois só assim os alunos se sentiram motivados, possibilitando novas aprendizagens e provocando novos desenvolvimentos.

O professor ainda ao longo de seu trabalho deve estrutura-lo na expectativa de provocar a mudança conceitual por parte dos alunos. No entanto, a mudança

conceitual é muito difícil de acontecer, pois o aluno está constantemente passando por um conflito de seus conceitos espontâneos com os não-espontâneos. Pois, os conceitos espontâneos são construídos de acordo com a vivência empírica do seu cotidiano e os não-espontâneos são construídos em ambientes educacionais. Por passarem mais tempo em ambientes não educacionais os conceitos espontâneos iram se sobre por aos não-espontâneos. Dessa forma, ambos os conceitos coexistem. Desta forma, Hohenfeld e Penido, 2011 afirmam que:

O conceito espontâneo está em conflito com o não-espontâneo, há evidências na literatura como Mortimer (1996), que indica que essa mudança conceitual não irá acontecer. Pois, o conceito espontâneo tem uma construção de base interna e sistêmica fortemente favorecida e fundamentada com a vivência empírica do dia-a-dia sendo assim só é possível apenas ampliar o perfil epistemológico para que sejam compreendidas as limitações desses conceitos espontâneos nas explicações de determinadas situações onde os científicos teriam um maior poder explicativo. Nesta perspectiva Mortimer (1996) contribui com o modelo de perfil conceitual que entende a evolução das idéias dos estudantes não por substituição das idéias alternativas pelas científicas e sim pela convivência de ambas, porém cada uma sendo empregadas no contexto conveniente. Dessa forma ambos os conceitos podem coexistir fazendo parte do processo único de desenvolvimento de conceitos afetados por diferentes condições externas e internas, mas não um conflito numa expectativa de superação de uma forma de pensar sobre a outra. (HOHENFELD e PENIDO, 2011, p. 7-8).

É importante salientar que a idealização do papel do educador no processo de ensino aprendizagem tem mudado nos últimos anos. O professor era cobrado para apenas passar o conteúdo para os alunos, no entanto nos dias atuais ele é cobrado para formar cidadãos, diversificando maneiras de inserir o indivíduo na sociedade. Levando-se para o ensino de física, ele deve atuar de tal forma que possibilite ao aluno enxergar em quais situações de seu cotidiano um determinado assunto está inserido. Fazendo com que comprove a importância do saber científico e físico na vida de todos.

O experimento ainda deve ser utilizado pelo professor de forma que estimule a curiosidade, o desejo de saber o porquê dos fenômenos e de forma planejada. Assim o aluno se sentirá motivado a estudar e terá prazer em estudar.

Atualmente pergunta-se se a utilização de simulações computacionais irão substituir as atividades experimentais no ensino de física. Em contra partida, nosso

trabalho objetiva integrar as atividades computacionais com as atividades experimentais, como recurso educacional no ensino de óptica geométrica através das simulações e óptica física por meio de experimentos.

As simulações e as atividades experimentais se complementam, pois as habilidades específicas desenvolvidas por cada uma não são excludentes e sim inclusivas. Tendo em vista que ambos estão presentes nos dias atuais, devem ser encaradas como ferramentas educacionais complementares. Desta forma Hohenfeld e Penido ressaltam que:

O laboratório convencional lida com instrumentos empíricos táteis enquanto os virtuais estão mais ligados no campo visual no ambiente virtual, ambos fornecem signos que operam no cognitivo dos estudantes através do pensamento. Requerem habilidades distintas que estão presentes no nosso cotidiano, o clicar e o pegar são ações muito freqüentes em nossas vidas e de forma alguma podemos pensar que elas são excludentes. Percebemos que ambos fazem parte do mundo contemporâneo logo não podem ser tratados numa perspectiva de substituição e sim de complementaridade. Ainda mais se compartilhamos com Lévy (1998) que o virtual não se opõe ao real, mais sim ao atual e que a interação entre humanos e sistemas informáticos tem a ver com dialética entre o virtual o atual. (HOHENFELD e PENIDO, 2011, p. 6).

Buscamos a complementaridade das simulações com as atividades experimentais, partindo do pressuposto que ambos têm suas potencialidades e limitações. Assim, objetivamos a superação das limitações e a absorção de seus potenciais tanto das simulações quanto das atividades experimentais, na expectativa de proporcionar um ensino de óptica geométrica e óptica física mais eficaz.

A articulação das atividades experimentais com as simulações deve ser estruturada com base em pressupostos teóricos bem fundamentados, ou seja, numa teoria da aprendizagem que a permita fazer modificações nos aspectos cognitivos dos alunos, e que ainda, provoque a mudança conceitual.

A interação social detém um papel muito importante no processo de ensino aprendizagem, pois por meio dela absorvemos e transmitimos conhecimentos para outros indivíduos. Portanto, a teoria sócio-interacionista de Vygotsky com o seu conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), se encaixa perfeitamente neste trabalho, tendo em vista que objetiva a interação entre alunos, e entre

professor com os alunos, através do uso de uma simulação e um conjunto de experimentos.

Segundo Vygotsky a interação social é fundamental para a transmissão dinâmica (de inter para intrapessoal) do conhecimento. Segundo ele, a interação social que provoca a aprendizagem deve ocorrer dentro da zona de desenvolvimento proximal e tem um papel determinante nos limites desta zona. Por definição o limite inferior é fixado pelo nível real de desenvolvimento do aprendiz. Já o limite superior é determinado por processos instrucionais que podem ocorrer no brincar, no ensino formal ou informal, no trabalho (Driscoll, 1995, apud Moreira, 1999, p. 116, apud DORNELES e VEIT, 2007, p. 4).

Neste sentido, este trabalho desenvolveu atividades que necessitavam da interação entre os alunos, como também entre o professor e os alunos, no decorrer das atividades investigativas, na busca do desenvolvimento de conceitos com a expectativa de desenvolver significados na zona de desenvolvimento proximal dos alunos.

4. DO PRODUTO EDUCACIONAL E DA SUA APLICAÇÃO

O aluno como ser pensante, tem total capacidade para associar sua ação a representações de seu cotidiano. Nesta situação, a escola é um espaço, inserida em um tempo, onde o processo de ensino aprendizagem está constantemente acontecendo, por meio de interações entre os sujeitos.

É no laboratório que os estudantes podem desenvolver as habilidades de manusear os equipamentos. Através da interação com sujeitos mais habilidosos, eles podem se desenvolver cognitivamente. O laboratório é um ambiente propício a aprendizagem, pois sai daquele caráter mais formal da “sala de aula” e passa para um onde os alunos se sentem menos tensos e mais curiosos, isto é, mais motivados a aprender.

Um ambiente como o laboratório que provoca a curiosidade dos alunos é indispensável na educação, pois só com esta característica, deixa-os mais atentos e ainda, ativa as suas imaginações. Promovendo assim, o desenvolvimento de conceitos e ideias que antes eram abstratos, e agora passando a ser mais concretos.

Neste ambiente no espaço e no tempo, o professor tem um papel fundamental no processo de ensino aprendizagem. Pois, deve encontrar a Zona de desenvolvimento Proximal (ZDP) de seus alunos, afim de, promover a aprendizagem através da interação com outros indivíduos. Onde os menos habilidosos são ensinados pelos mais, que por sua vez, ao ensinarem estarão ainda mais se desenvolvendo cognitivamente. Pois, quem ensina estuda duas vezes.

Neste contexto, desenvolvemos um produto que promovesse a curiosidade, fator indispensável para se garantir a atenção, e a interação entre os alunos, entre alunos e o professor e entre alunos e o próprio produto educacional. Tendo como suporte teórico-didático a teoria sociointeracionista de Vygotsky. Desta forma, utilizamos o produto educacional como mediador do processo de ensino aprendizagem entre o professor e os alunos.

4.1 O PRODUTO EDUCACIONAL

Os produtos educacionais, desenvolvidos neste trabalho, consistem da construção de unidades didáticas usando a simulação *curvando a luz* do PhET para o estudo da refração da luz; construção e uso de um *trilho óptico* para o estudo da difração e interferência da luz e construção e o uso de uma *caixa polarizadora* para o estudo da polarização da luz. Todos estes materiais encontram-se em detalhes no apêndice A.

A simulação do PhET, curvando a luz, trabalha os conceitos de óptica geométrica baseado nos estudos equacionais e para o estudo da óptica física através dos experimentos que abordaram os aspectos qualitativos dos fenômenos.

Nas próximas secções, apresentaremos as especificações dos nossos produtos educacionais.

4.1.1 Usando a simulação curvando a luz do PhET

A simulação curvando a luz do site PhET trata-se de uma simulação que trabalha a refração da luz que pode, para quem as manusear, mudar os meios de incidência e/ou de refração; variar o ângulo de incidência de tal forma fazendo com que o aluno perceba quais são os fatores que contribuem para a refração da luz. Na figura 4.1, temos a tela inicial da simulação curvando a luz.

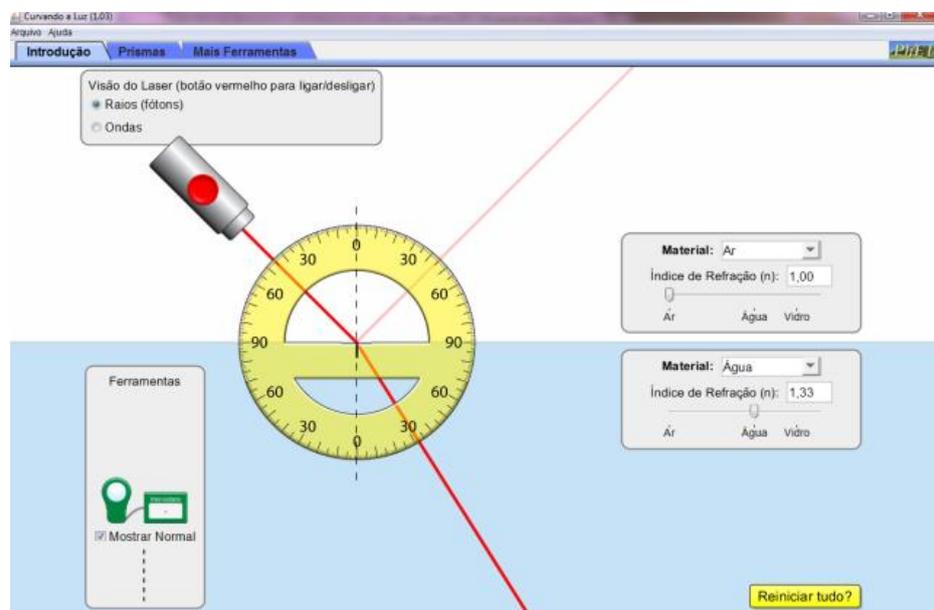
FIGURA 4.1 - Tela inicial da simulação curvando a luz.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/bending-light

Nesta simulação, temos a possibilidade de poder mudar o tipo de incidência de luz como raios para luz como ondas e, com isto, poder verificar o que acontece com o comprimento, velocidade e frequência da onda ao mudar de um meio para outro. Ainda, pode-se modificar as cores de incidências e com isso alterar também o comprimento de onda, pois cada cor se enquadra em determinadas faixas de frequência. Também, com o auxílio de alguns medidores, pode-se medir a intensidade da luz incidente, refletida e da refratada e sua velocidade em ambos os meios. Na figura 4.2, temos a medida do ângulo de incidência e de refração.

FIGURA 4.2 - Medida do ângulo de incidência e de refração.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/bending-light

Com isso, o professor pode passar tarefas para serem resolvidas em sala de aula, para casa ou até mesmo que o aluno vá direto para a simulação sem abordagem anterior do conteúdo, de forma que, o mesmo se familiarize com a simulação e perceba certos fenômenos que dificilmente poderia imaginar teoricamente, possivelmente devido ao conteúdo ser abstrato.

O professor pode também deduzir as leis de Snell utilizando a simulação de forma que o aluno perceba que a refração é regida por uma lei, ou seja, segue alguns critérios científicos.

Para os alunos por sua vez, podem tirar dúvidas em relação ao conteúdo de refração da luz até em casa, baixando a simulação.

Esta simulação serve como ferramenta auxiliadora do processo ensino aprendizagem de física, para professores no ensino da refração da luz. Aqui ele pode abordar o conteúdo diretamente com a simulação ou fazer uma abordagem inicial do conteúdo e depois a simulação ou ainda pode trabalhar as duas abordagens conjuntamente ficando a critério do professor.

As simulações podem ser utilizadas entre os alunos em grupo de forma que troquem experiências entre si e com o professor, ou seja, onde indivíduos mais desenvolvidos cognitivamente troquem informações com os menos desenvolvidos e vice versa. Desta forma, um ambiente assim será favorável a aprendizagem. Daí a importância para a teoria sóciointeracionista de Vygotsky.

4.1.2 Construção e uso do trilho óptico

O trilho óptico consiste num aparato experimental para medir pequenas aberturas ou pequenos obstáculos utilizando-se da óptica física. O trilho óptico é formado de dois trilhos; três carrinhos; um suporte para os lasers e um anteparo. A descrição mais completa pode ser encontrada no quadro 1 abaixo:

QUADRO 1 - Dimensões do Trilho Óptico

OBJETO	QUANTIDADE	COMPRIMENTO (cm)	LARGURA (cm)	ALTURA (cm)
Trilho de madeira	02	150,0	12,07	0,015
Trilho de guarda roupa	02	150	4,1	0,5
Carrinhos	03	Base inferior	12,6	1,8
		Base superior	12,0	12,35
Rodinhas de correr	06	Raio	4,1	
Suporte do laser com duas divisões	01	12,0	10,0	6,2
Base para o suporte do laser	01	15,4	12,8	1,5
Grade do fio de	01	0,29	10,2	15,1

cabelo					
Base para a grade do fio de cabelo	01	10,1	10,1	1,5	
Apontador laser vermelho	01	Potência	$\leq 2 \text{ mW}$	Comprimento de onda	633 nm ± 10
Apontador laser verde	01		$\leq 5 \text{ W}$		532 nm ± 10

Fonte: próprio autor

A seguir, traremos algumas fotos do trilho óptico, figura 4.3, e seu funcionamento, da figura 4.4 até a 4.7.

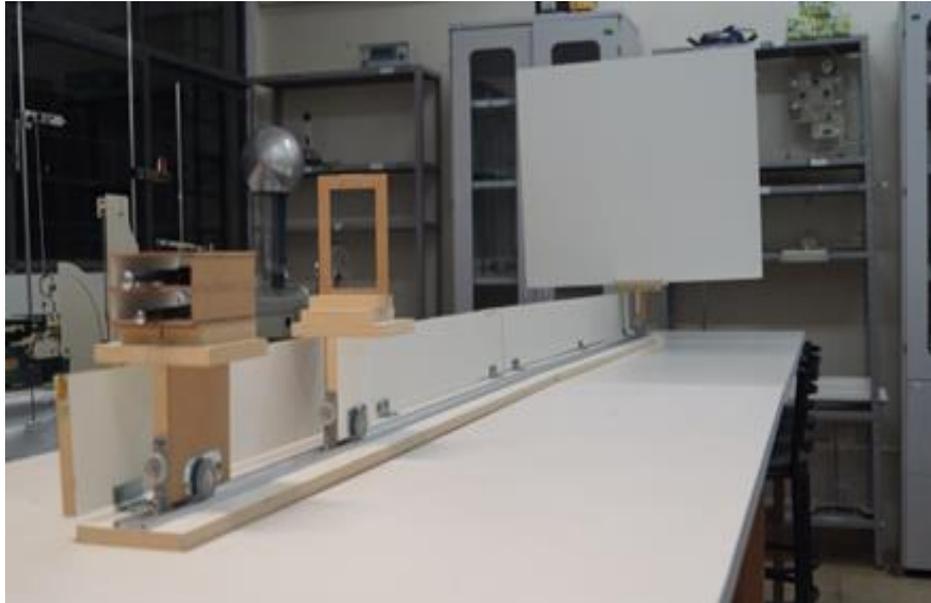
FIGURA 4.3 – Trilho Óptico desmontado



Fonte: próprio autor

A figura 4.4, a seguir, traz o modo correto de fazer a montagem do aparato experimental. Situação em que se deve fazer a junção dos dois trilhos de um metro e meio cada, posicionar os três carrinhos conforme a figura 4.4 e colocar sobre eles o suporte dos lasers, o suporte para o fio de cabelo e o anteparo.

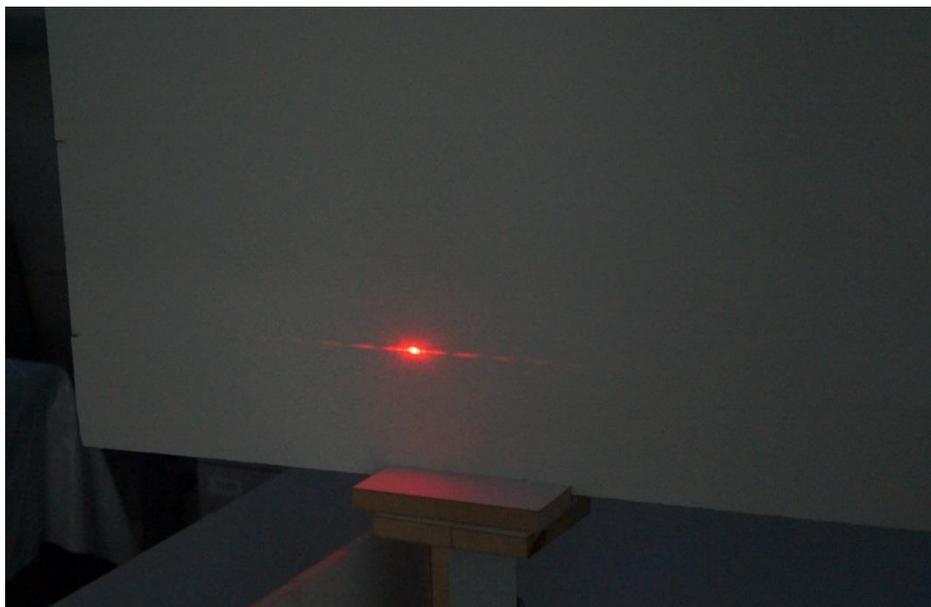
FIGURA 4.4 – Montagem do Trilho Óptico



Fonte: próprio autor

A figura 4.5 abaixo, mostra o trilho óptico em funcionamento, numa situação em que foi ligado o laser vermelho que incide sobre o fio de cabelo e, assim, formando a figura de interferência que pode ser vista no anteparo.

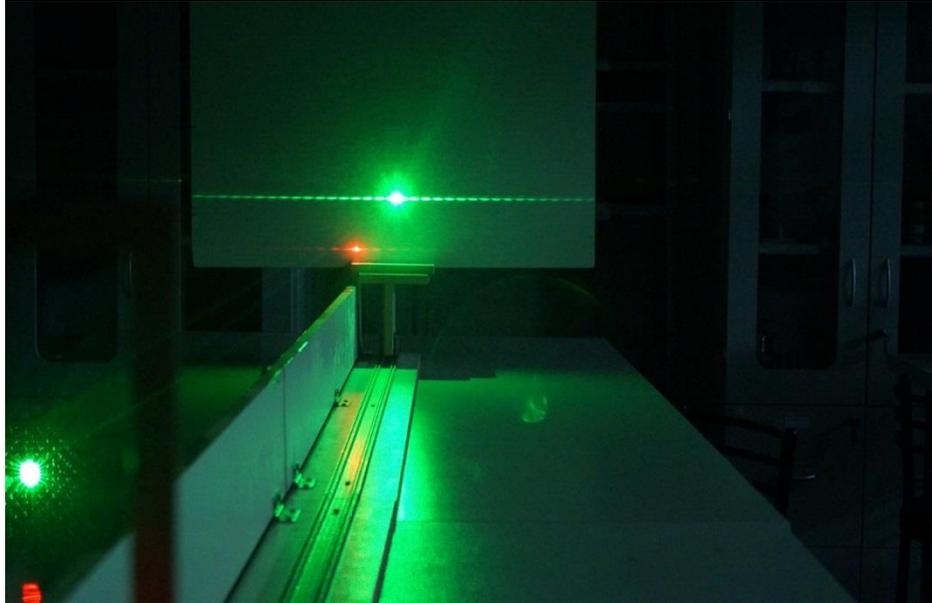
FIGURA 4.5 – Padrão de interferência: laser vermelho ligado



Fonte: próprio autor

A próxima figura 4.6, traz o funcionamento dos dois lasers o vermelho e o verde. Esta figura mostra nitidamente a incidência dos feixes no fio de cabelo, ocasião em que ocorre a difração da luz, onde os feixes contornam o fio de cabelo.

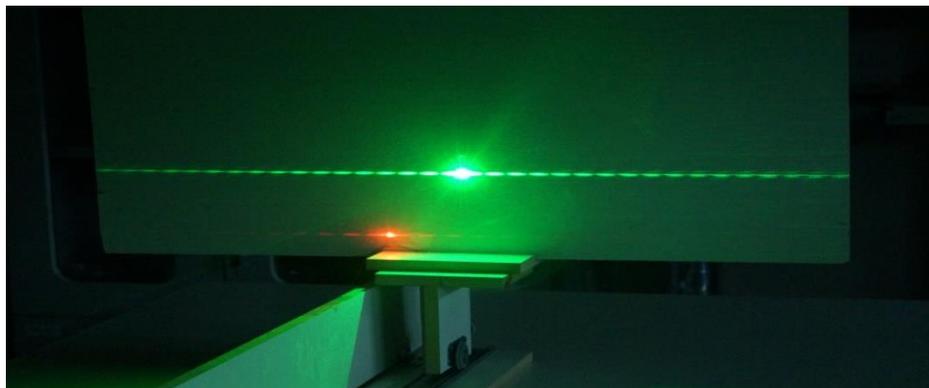
FIGURA 4.6 – Difração no fio de cabelo



Fonte: próprio autor

A próxima figura 4.7, traz um comparativo entre as figuras de interferência formadas a partir dos lasers vermelho e verde, que incidem sobre o fio de cabelo a mesma distância. Nesta situação, pode-se perceber claramente a influência do comprimento de onda das diferentes cores, onde verifica-se que os espaçamentos entre as franjas claras do vermelho são maiores que do verde.

FIGURA 4.7 – Comparativo das figuras de interferência para os lasers vermelho e verde



Fonte: próprio autor

A importância do Sociointeracionismo para o Trilho Óptico consiste na participação em grupo dos alunos tanto na sua montagem, onde os mais habilidosos ensinam os menos, como na discussão em grupo dos fenômenos estudados no laboratório. Onde cada aluno traz consigo uma bagagem de conhecimentos prévios que podem ser socializados, afim de, se obter uma relação de interação, participativa e ativa no processo de ensino aprendizagem.

4.1.3 A caixa polarizadora

A caixa polarizadora consiste também num aparato experimental com o intuito de visualizar o fenômeno da polarização da luz utilizando-se da óptica física. A caixa polarizadora é forma de uma caixa de madeira, que contém duas lentes polarizadoras acopladas podendo ser desmontada e montada; de um transferidor e de um alfinete para fazer a leitura do ângulo relativo entre as duas lentes. E, ainda como complemento, usa-se uma lanterna com ajuste focal para auxiliar na atividade em locais com pouca iluminação. O quadro 2 abaixo traz os materiais detalhados da caixa.

QUADRO 2 - Dimensões da Caixa Polarizadora

OBJETO	QUANTIDADE	COMPRIMENTO (cm)	LARGURA (cm)	ALTURA (cm)
Caixa Polarizadora	01	10	11,3	11,7
Lente Polarizadora	01	Diâmetro	62 mm	
Lente Polarizadora	01		67 mm	
Transferidor	01			
Alfinete	01			
Lanterna com ajuste focal	01	Potência	50000 W	

Fonte: próprio autor

Observação: a caixa deve ter aberturas em sua parte posterior e anterior ligeiramente maior que o diâmetro das lentes para seu perfeito encaixe.

A figura 4.8 abaixo traz a caixa polarizadora montada.

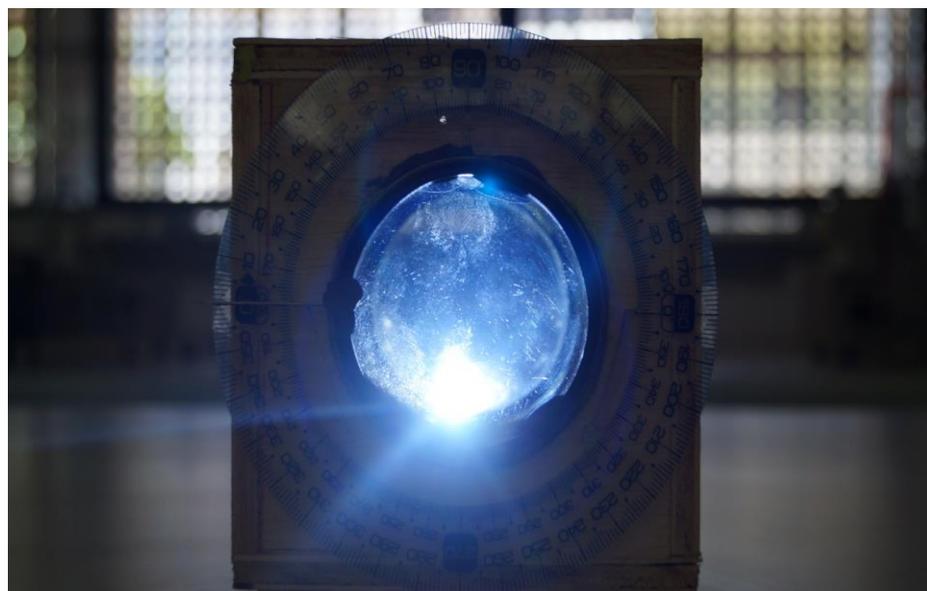
FIGURA 4.8 – A caixa polarizadora



Fonte: próprio autor

A seguir, serão apresentadas algumas imagens da caixa polarizadora em funcionamento, da figura 4.9 até a 4.12, com diferentes ângulos do analisador em relação ao polaroide. A variação vai desde 0° a 360° , com intervalos de 30° para cada imagem, com o intuito de visualizar e verificar melhor o fenômeno da polarização da luz.

FIGURA 4.9 - Analisador em 0° em relação ao polaroide



Fonte: elaborado pelo autor

Perceba, na figura 4.9, que passa pelo analisador uma grande quantidade de luz, isto acontece devido ao fato do analisador estar com seu eixo de polarização, paralelo em relação ao do polaroide.

FIGURA 4.10 - Analisador em 30° em relação ao polaroide



Fonte: elaborado pelo autor

Perceba, na figura 4.10, que a quantidade de luz que passa pelo analisador, diminuiu em relação a situação anterior, figura 4.9. Pois, agora o eixo de polarização do analisador está em 30° em relação ao eixo do polaroide.

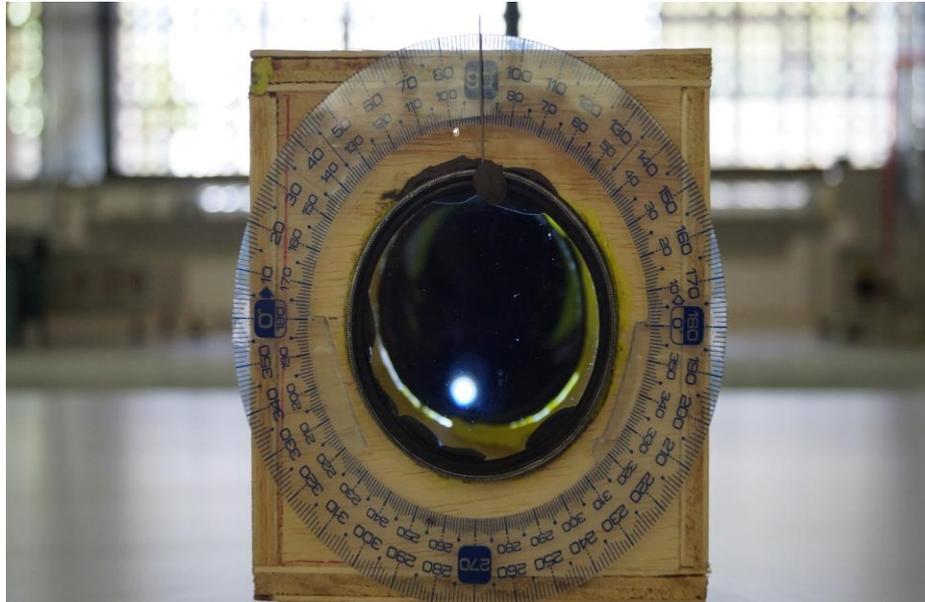
FIGURA 4.11 - Analisador em 60° em relação ao polaroide



Fonte: elaborado pelo autor

Na figura 4.11, a quantidade de luz que passa pelo analisador diminuiu ainda mais. Pois, agora o eixo de polarização do analisador está em 60° em relação ao eixo do polaroide.

FIGURA 4.12 - Analisador em 90° em relação ao polaroide



Fonte: elaborado pelo autor

Nesta figura 4.12, a quantidade de luz que passa pelo analisador é mínima, quase com total extinção da luz. Pois, agora o eixo de polarização do analisador está em 90° em relação ao eixo do polaroide.

Esta sequência se repete com o crescimento do ângulo até 360° . Sendo, assim, não necessário a continuidade do processo. Este fenômeno é pouco trabalhado em sala de aula e esta experiência mostra-se mais um conceito relevante para o ensino aprendizagem em física.

A importância da caixa polarizadora para o Sociointeracionismo se consiste no fato de que sua montagem ser realizada em grupo, onde os mais habilidosos ensinarão os menos habilidosos. Também, na explicação do fenômeno da polarização da luz estudado, deve ser realizada a socialização de conhecimentos pré-existentes de cada aluno, a fim de chegar a solução do problema estudado.

Agora vamos tratar da aplicação do produto.

4.2 DA APLICAÇÃO DO PRODUTO

O produto educacional foi aplicado no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano no Campus Petrolina, sob o consentimento do professor de física da instituição Ericleiton. Atualmente, no IF Sertão Pernambucano sou técnico de laboratório de física. O termo de consentimento segue no Anexo 1. A aplicação deu-se em dois encontros, mais precisamente nos dias quatro e onze de dezembro no ano corrente, na turma do 2º ano do turno da tarde do curso de edificações, que conta com uma turma de 27 alunos.

Os temas abordados durante os encontros foram: reflexão, refração, difração, interferência e polarização da luz. No primeiro encontro, em quatro de dezembro, os temas abordados foram reflexão e refração da luz. E no segundo encontro os outros temas.

Inicialmente, foi aplicado um questionário avaliativo que será tratado a seguir.

4.2.1 A aplicação do questionário avaliativo

Neste primeiro encontro, a aula foi realizada no LIFE - Laboratório Interdisciplinar de Formação de Educadores. Inicialmente, depois da apresentação do objetivo da aula, foi passado um questionário avaliativo dos conhecimentos prévios aos alunos, com o intuito de mensurar estes conhecimentos, no qual foi dado um tempo de vinte e cinco minutos para responderem as oito questões. Por sua vez, foram divididas de forma igualitária para cada tema, sendo seis questões objetivas sem precisar de cálculo algum, ligadas a concepção conceitual física e ainda duas que procuravam saber a opinião dos alunos com relação a atividade experimental, como pode ser visto na figura 4.13 abaixo.

FIGURA 4.13 – Resolução prévia do questionário avaliativo.



Fonte: próprio autor.

À medida que os alunos iam terminando de responder o questionário, que pode ser encontrado no Apêndice D, os mesmos iam sendo agrupados em um computador por dupla, com o objetivo de trocarem informações entre si e também entre os grupos do lado. Tanto a distribuição dos computadores, como o desenvolvimento da aula como um todo, contou ainda com o auxílio do professor da turma e de sua estagiária. Em seguida, foi realizada uma abordagem inicial do tema em apenas uma aula. Posteriormente, os alunos abriam a simulação que se encontrava na área de trabalho de cada computador e iam seguindo o roteiro que estava projetado no quadro. Neste momento, os alunos já estão prontos para a aula de simulação.

O questionário avaliativo, didático pedagógico, tem como objetivo a sondagem inicial dos conhecimentos prévios dos alunos. A fim de, poder comparar os resultados obtidos posteriormente a aplicação do produto educacional, com os resultados anteriores a sua aplicação. Para se constatar a aprendizagem.

Para se chegar ao objetivo dos produtos que é o da aprendizagem, este trabalho foi fundamentado na teoria sociointeracionista de Vygotsky. Desta forma, buscou-se ao longo de todo o processo a interação entre alunos e entre alunos e o professor. Pois, cada um traz consigo uma bagagem de conhecimentos prévios e quando há interação entre os atores do processo educacional a bagagem de cada um vai aumentando.

4.2.2 A utilização da simulação curvando a luz do PhET

Neste encontro, como ferramenta mediadora do aprendizado, utilizamos a simulação curvando a luz do PhET para trabalhar as leis da refração da luz; da reflexão do raio incidente e da reflexão total, como pode ser visto na figura 4.14 abaixo.

FIGURA 4.14 – Alunos utilizando a simulação.



Fonte: próprio autor.

Através da simulação eles podiam fazer a comprovação da lei de Snell-Descartes. Ainda podiam fazer comparação entre algumas grandezas, como: índice de refração dos meios incidente e de refração; os senos dos ângulos de incidência e de refração; a velocidade da luz nos meios de incidência e de refração e os comprimentos de ondas da luz nos meios de incidência e de refração. Neste último caso, a comparação se dava apenas qualitativamente, pois a comparação era apenas visual, situação em que se pedia para colocar na opção do disparador, na simulação, de raios para emitir ondas. Assim, pudemos analisar qualitativamente o comprimento de onda das ondas incidentes e refratadas e ainda comparamos também com outras cores desde o vermelho até o violeta.

Durante a aula de simulação, uma aluna questionou por que o espaçamento das frentes de onda era diferente para diferentes cores, isto só foi possível pela visualização da simulação. Então, foi dito a ela que cada cor tem um comprimento

de onda característico e como a distância entre duas frentes de onda sucessivas equivale a um comprimento é por isso que estas distâncias mudam conforme a cor e também dependem do meio em que estejam. Pois, a velocidade e o comprimento de onda variam conforme o meio, no entanto, a frequência permanece a mesma, porque a fonte é a mesma.

Na figura 4.15 a seguir, os alunos verificavam o ângulo de incidência e de refração da luz e mediam a velocidade da luz na água. Assim constatando a relação entre o valor da velocidade em função dos ângulos de incidência e de refração da luz. Tudo isto é realizado usando os elementos da simulação.

FIGURA 4.15 – Medida da velocidade da luz.



Fonte: próprio autor.

Percebemos, ao longo deste encontro, que os alunos ao terem contato com conceitos de refração, reflexão e reflexão total da luz, não vistos antes, ou se vistos, puderam ter uma melhor visualização dos conceitos estudados. Pois, poderiam manipular as variáveis e perceber suas implicações instantaneamente, fato que é mais complicado de entender apenas em sala de aula, sempre no mundo do “imagine”. Desta forma, está prática foi muito importante para os conceitos iniciais a respeito da natureza da luz. Sem falar da troca de informações e conhecimentos prévios entre os integrantes das duplas e entre outras duplas e entre alunos e professor durante a atividade com a simulação “curvando a luz”.

4.2.3 A atividade experimental do trilho óptico

No segundo encontro, os alunos foram ao laboratório de física. Nesta ocasião, tiveram inicialmente um contato com os conceitos de difração e interferência com o intuito de terem uma noção preliminar do conteúdo do experimento que seria tratado logo mais.

Em seguida, os alunos fizeram a montagem do trilho óptico, usando o roteiro da atividade para a determinação do diâmetro do fio de cabelo que estava no aparato, ver figura 4.16. Isto foi possível através de medidas feitas utilizando o papel milimetrado que eles colocaram no anteparo.

FIGURA 4.16 – Montagem do trilho óptico pelos alunos.



Fonte: próprio autor.

A seguir, os alunos verificaram as especificações dos lasers utilizados, como: comprimento de onda e potência. O que nos interessava seria apenas o comprimento de onda, mas mostramos a potência para mostrar que o número de franjas claras iria depender da potência dos lasers que nesta atividade foi maior com o laser verde, pois sua potência era de dois Watts enquanto que do laser vermelho era de apenas dois miliWatts. Como pode ser visto na figura 4.17 a seguir.

FIGURA 4.17 – Verificação das especificações dos lasers.



Fonte: próprio autor.

A seguir, os alunos depois de completar toda a montagem posicionando os lasers para incidir no fio de cabelo, fizeram as marcações no papel milimetrado dos máximos de interferência, como pode ser visto na figura 4.18 abaixo.

FIGURA 4.18 – Marcação dos máximos de interferência.



Fonte: próprio autor.

Assim, foi encontrado um valor de $122 \mu\text{m}$, valor bem próximo do esperado, pois um fio de cabelo pode variar desde 30 a $120 \mu\text{m}$, fator que vai depender da etnia do indivíduo.

Uma experiência mais precisa pode ser realizada utilizando fendas onde a abertura é precisamente conhecida. Assim, teríamos uma medida da incerteza da abertura da fenda. A ideia de usar um fio de cabelo traz aos alunos o lúdico para sala de aula.

Percebemos que, ao longo deste encontro, os alunos ao terem contato com o experimento, puderam desenvolver algumas habilidades na montagem do aparato experimental. Foram ainda, apresentados aos conceitos de difração e interferência da luz, onde puderam visualizar o fenômeno na atividade experimental. Diferentemente da sala de aula habitual, saíram do mundo da imaginação, ou seja, do abstrato e passaram para o concreto no laboratório de física. Desta forma, esta prática foi muito importante para a complementação do conceito a respeito da natureza da luz. Sem falar da troca de informações e conhecimentos prévios, por meio de questionamentos entre os alunos e professor durante a atividade experimental desenvolvida. Também, podemos falar do aspecto visual que a atividade proporciona chamando a atenção de todos.

4.2.4 A atividade experimental da caixa polarizadora

Em seguida, ao encontro anterior da atividade do trilho óptico, ainda na mesma aula, depois de uma breve apresentação dos conceitos de polarização, os alunos foram apresentados a caixa polarizadora. Como pode ser vista na figura 4.19 a seguir:

FIGURA 4.19 – Apresentação à caixa polarizadora.



Fonte: próprio autor.

Estes alunos seguiram os passos do roteiro da atividade prática, posicionando a lanterna na parte de trás da caixa polarizadora, de forma que incidissem um feixe de luz na lente polarizadora como podemos acompanhar na figura 4.20.

FIGURA 4.20 – Arranjo da caixa polarizadora.



Fonte: próprio autor.

Após isto, os alunos ficaram encarregados de manipular a caixa polarizadora de forma que iam observando o que acontecia com a intensidade luminosa que passava através da lente da frente da caixa, chamada de analisadora, à medida que iam variando o ângulo da lente analisadora de 30° em 30° , de acordo com a figura 4.21.

Como resultado, foi percebido, assim, os diferentes níveis de intensidade luminosa e encontrando os valores máximos em 0° , 180° e 360° e os valores mínimos em 90° e 270° . Pois, o módulo desta intensidade é diretamente proporcional ao cosseno do ângulo formado entre as duas lentes.

FIGURA 4.21 – Manuseio da caixa polarizadora.



Fonte: próprio autor.

Percebemos ao longo deste encontro que os alunos ao terem contato com o conceito de polarização da luz não visto antes, ficaram admirados com esta propriedade da luz. Nesta atividade, eles poderiam manipular o ângulo relativo entre o analisador e o polarizador e perceber suas implicações instantaneamente, fato que é mais complicado de entender apenas em sala de aula, sempre no mundo do “imagine”. Desta forma, esta prática foi muito importante para o conceito a respeito da natureza da luz.

Pois, os alunos podiam interagir diretamente no experimento e, assim, os deixando mais motivados para participarem da aula. Também, podemos falar do aspecto visual que a atividade proporciona chamando a atenção de todos.

5. METODOLOGIA E RESULTADOS

Este capítulo é dedicado à apresentação da metodologia utilizada para o desenvolvimento do presente trabalho e dos resultados obtidos com a utilização do produto educacional.

Desenvolvemos ao longo deste trabalho, um produto educacional voltado para o Ensino de Física do Ensino Médio. Mais precisamente, para o ensino de Óptica Geométrica com a utilização da simulação “curvando a luz” do PhET e para o ensino de Óptica Física com a utilização de objetos educacionais que foram construídos, como: o Trilho Óptico e a Caixa Polarizadora. Este produto foi desenvolvido durante o curso do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), pelo Campus Natal Central do Instituto Federal do Rio Grande do Norte desde 2013 até o presente momento.

5.1 METODOLOGIA

Este produto educacional foi criado e produzido fundamentado na literatura apresentada e discutida nos capítulos anteriores, de tal forma que: considera importantíssimo o aspecto sociointeracionista defendido por Vygotsky, tendo em vista que, somos sujeitos imersos em uma sociedade muito diversificada culturalmente, e que precisa de cidadãos mais atuantes e participativos nesta sociedade tão tecnológica. Desta forma, os alunos poderão relacionar os conceitos estudados em sala de aula, com fenômenos naturais e aplicações tecnológicas vivenciados em seus cotidianos. E assim, entendendo a importância de seu estudo.

A seguir, faremos uma apresentação do local da pesquisa, que foi o Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – IFSERTÃO-PE, no campus Petrolina. Tal pesquisa se deu em dezembro de 2015 no início do semestre letivo 2015.2 no respectivo campus.

5.1.1 Sobre o campus

O *campus* Petrolina do IF Sertão-PE foi o primeiro *campus* avançado de uma Escola Federal de nível médio do Brasil. Ele iniciou suas atividades em 1983, como *campus* avançado da Escola Técnica Federal de Pernambuco (ETFPE), em um espaço cedido pela Escola Estadual Otacílio Nunes, onde permaneceu até 1989,

quando foi fundada sua sede: a Unidade Descentralizada da Escola Técnica Federal de Pernambuco (Uned-Petrolina). 12 anos depois, a Uned foi incorporada à Escola Agrotécnica Federal Dom Avelar Brandão Vilela, e passou a se chamar Centro Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco (Cefet). Em 2008, através da [Lei nº 11.892](#), se transformou na instituição que é hoje: *campus* Petrolina do **IF Sertão-PE**. A figura 5.1 a seguir traz a entrada do campus.

FIGURA 5.1 – IFSERTÃO-PE Campus Petrolina



Fonte: <http://www.ifsertao-pe.edu.br/index.php/pet-o-campus>

O *campus* está localizada na BR 407 Km 08, Jardim São Paulo, possui 47.795,94 m² de área construída. Atualmente, a instituição oferece 21 cursos, distribuídos nas modalidades Médio Integrado (Edificações, Eletrotécnica, Informática e Química), Subsequente (Edificações, Eletrotécnica, Informática e Serviços Turísticos), Subsequente EaD (Agente Comunitário de Saúde, Logística, Manutenção e Suporte em Informática, Segurança no Trabalho e Serviços Públicos), Proeja (Edificações, Eletrotécnica, Informática) e Superior (Licenciaturas em Computação, Física, Música e Química e Tecnologia em Alimentos).

Além de Petrolina, o *campus* beneficia mais nove municípios do sertão pernambucano (Rajada, Pau Ferro, Afrânio, Dormentes, Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista, Cabrobó, Orocó e Terra Nova) e outras seis cidades da Bahia (Juazeiro, Casa Nova, Sobradinho, Senhor do Bonfim, Sento Sé e Pilão Arcado).

5.1.2 Sujeitos da pesquisa

A abordagem deste trabalho é de cunho qualitativo, de forma que buscou indícios de aprendizagem nos alunos sujeitos da pesquisa ao longo de sua implantação.

Desta forma, o desenvolvimento do trabalho se deu em uma turma do 2º ano do Ensino Médio Integrado do curso de Edificações do turno vespertino, que contava com 27 alunos inicialmente.

5.1.3 Etapas da pesquisa

O desenvolvimento da aplicação do presente trabalho se deu em dois encontros. Mais precisamente em 11 e 18 de Dezembro de 2015 no campus Petrolina do IFSERTÃO-PE. Foram respondidos questionários de conhecimentos prévios, desenvolvidas aulas expositivas, foi feita a apresentação e manipulação da simulação “curvando a luz” do PhET e atividades experimentais com o Trilho Óptico e a Caixa Polarizadora guiadas por roteiros.

Execução das atividades

Cada encontro foi constituído de duas aulas com duração de 45 minutos cada, nos dias 11 e 18 de Dezembro nos dois últimos horários da tarde ambos em sextas-feiras.

Aplicação do questionário avaliativo

O questionário avaliativo foi aplicado no primeiro encontro com o objetivo de identificar alguns conhecimentos prévios dos alunos, e possíveis soluções de conceitos errôneos. Já no segundo encontro, ele foi aplicado, afim de, mensurar indícios de aprendizagem pós aplicação do produto educacional, e também da verificação da mudança conceitual, que é um dos requisitos básicos para a aprendizagem.

Aula expositiva:

A partir da sondagem feita na primeira aula investigativa, os seguintes temas e conceitos foram abordados nas aulas expositivas, anteriormente a aplicação de cada produto educacional.

No primeiro encontro:

Óptica Geométrica: reflexão e refração da luz, ângulo limite de incidência, constatação das Leis de Snell-Descartes, velocidade da luz em diferentes meios e índice de refração.

No segundo encontro:

Óptica Física: Difração, Interferência e Polarização da Luz.

Apresentação e manipulação da simulação “curvando a luz” pelos estudantes:

O professor inicialmente apresentou de forma detalhada o simulador aos estudantes e em seguida promoveu a interação dos mesmos, em dupla, cada uma com um computador, cuja simulação já havia sido baixada. Com o objetivo de utilizar a ferramenta tecnológica de maneira lúdica e com o auxílio de um roteiro didático ajudar o aluno a compreender como ocorre a dependência de fatores como: velocidade, intensidade e comprimento de onda da luz com o ângulo de incidência e o meio de propagação.

Apresentação e manipulação do Trilho Óptico pelos estudantes:

Em princípio foi feito o detalhamento pelo professor do Trilho Óptico, e em seguida sua montagem foi feita pelos alunos seguindo orientações do roteiro didático. Depois os alunos puderam verificar qualitativamente o fenômeno da difração e interferência da luz, resultante da incidência de dois lasers, um vermelho e outro verde em um fio de cabelo. Desta forma, podendo verificar uma característica de onda para a luz.

Apresentação e manipulação da Caixa Polarizadora pelos estudantes:

Inicialmente foi feito o detalhamento pelo professor da Caixa Polarizadora. Como a caixa polarizadora já se encontrava montada, a fim de, aproveitar o máximo possível do curto tempo que tínhamos. Os alunos foram orientados por um roteiro didático, com o objetivo de verificar a dependência da polarização da luz com o ângulo relativo da lente analisadora com a polarizadora. Desta forma, também podendo verificar outra característica de onda para a luz.

Ré aplicação do questionário avaliativo

Ao final das aulas, os alunos foram convidados a responder o mesmo questionário avaliativo passado no primeiro encontro. Com o objetivo de poder verificar indícios de aprendizagem provocados pela mudança conceitual, resultante da aplicação do produto educacional.

Desta forma, com poderão ser verificados na próxima seção com a análise dos resultados. Sentimos a importância da inserção de mais atividades, tanto de simulações como experimentais no Ensino de Física para auxiliar o professor no processo de ensino aprendizagem.

A seguir, traremos os resultados tanto de caráter quantitativo como de qualitativo.

5.2 RESULTADOS

No decorrer da primeira aula, observou-se uma pequena, porém significativa mudança comportamental com relação à maioria dos alunos da turma, sendo que suas participações aumentaram durante o período em que as atividades estavam sendo desenvolvidas com a atividade de simulação. Verificou-se ainda que, os grupos estavam mais participativos e que houve ainda debates entre seus participantes e entre os grupos. Ao final da aula, observou-se que os discentes já conseguiam relacionar os fenômenos estudados na simulação, com os fenômenos que estavam acostumados a vivenciar no dia a dia e com isso começaram a formular hipóteses.

Durante as práticas experimentais, realizadas na segunda aula, os alunos foram colocados na condição de “protagonistas” do processo de ensino aprendizagem, situação em que eles ficaram responsáveis por desenvolver as atividades do experimento seguindo o roteiro dado. Estas atividades foram elaboradas de tal forma que os alunos ficaram como independentes na busca de respostas e soluções, ou seja, os mesmos durante as atividades experimentais elaboravam teses e hipóteses para os fenômenos estudados.

A verificação dos resultados foi feita através de um questionário que se encontra no Apêndice D, que é constituído de oito questões, sendo seis objetivas e duas discursivas. E que foi aplicado aos alunos antes e depois das aulas, no

primeiro e no último encontro, respectivamente. Com eles, esperou-se mensurar os indícios de aprendizagem de cada aluno e também da turma de uma forma geral. As questões de caráter discursivo foram respondidas apenas no primeiro encontro, antes da aplicação do produto.

Vale salientar que a avaliação não foi feita apenas com os resultados dos questionários. Pois, entendemos que esta deve ser feita de forma contínua ao longo de todo o processo de ensino aprendizagem, em busca de indícios que comprovem uma mudança comportamental nos alunos. Tais mudanças nos levem a relacionar e aplicar os fenômenos estudados com o seu mundo vivencial. Verificando, assim, que houve uma aprendizagem que vá contribuir de fato na sua vida pessoal.

Ao final, os alunos com o desenvolvimento de certas competências ganharam mais familiaridade com a disciplina de física, de modo que demonstraram curiosidade sobre o conteúdo sem se preocupar com formulações puramente matemáticas.

Vamos fazer uma análise das questões objetivas e das questões subjetivas, a seguir.

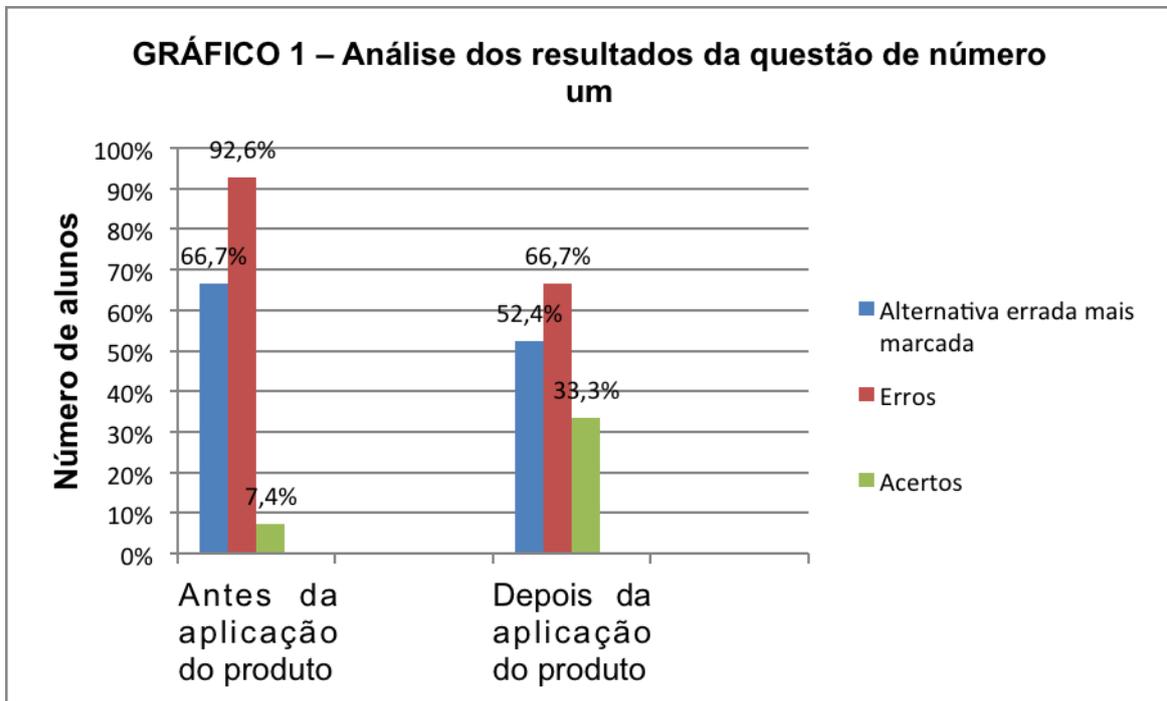
5.2.1 Análise das questões objetivas

O objetivo da primeira parte do questionário era poder mensurar a aprendizagem por parte dos alunos com relação aos conceitos estudados ao longo das atividades de simulação e experimentais. Foram seis perguntas, de caráter objetivas, de oito que buscavam saber o que os alunos pensavam, a respeito da natureza da luz, baseadas em respostas pré-estabelecidas por nós.

Nossos resultados serão expressos em forma de gráficos, para uma melhor análise dos mesmos. Vale salientar que, na primeira aula antes da aplicação do produto, tínhamos 27 alunos e na segunda aula, depois da aplicação do produto, tínhamos apenas 21 alunos, por razões pessoais entre outras. Então, isto foi um fator que pode ter influenciado um pouco nos resultados da avaliação.

O gráfico 1 abaixo, faz uma análise dos resultados da questão de número um, que por sua vez trata do entendimento dos alunos com relação a formação de

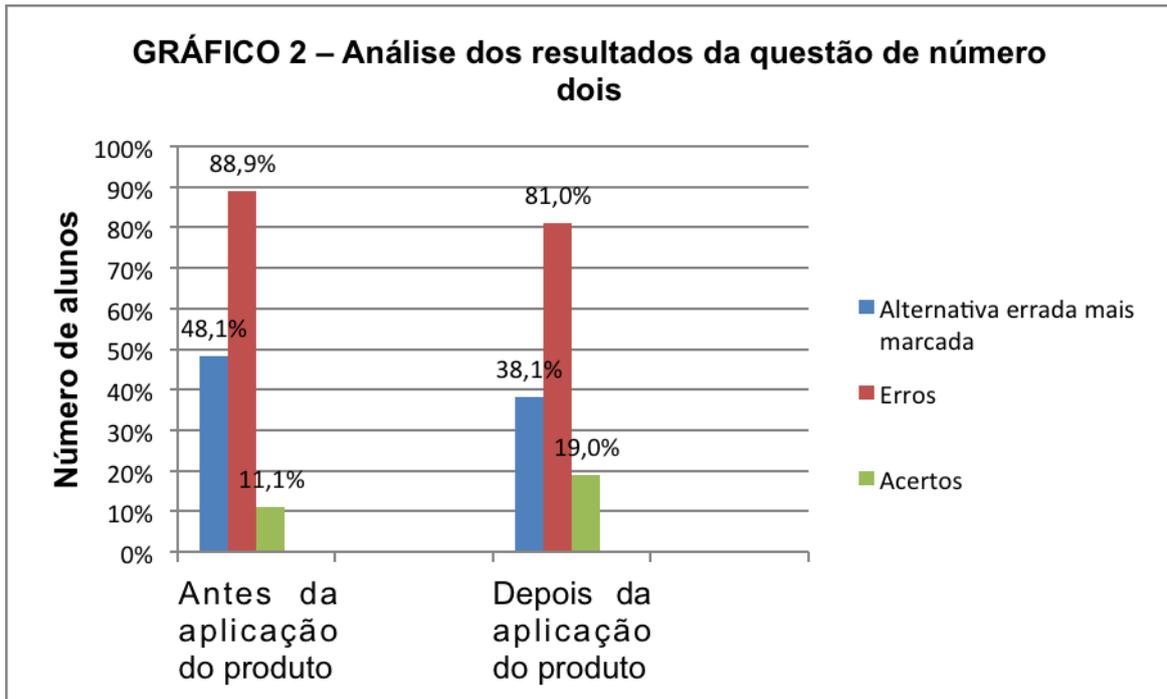
imagens em espelhos devido a reflexão da luz que os objetos difundem e de como eles acham que a luz se propaga. O gráfico 1 mostra a os resultados encontrados.



Fonte: próprio autor.

Analisando o gráfico 1, percebemos que inicialmente quase a totalidade dos alunos (92,7%), errou a questão antes da aplicação do produto. Agora, analisando a resposta errada mais frequente nesta questão chegaremos a alternativa c e concluindo que eles acreditam que a luz parte dos olhos e não dos objetos que enxergamos. O que leva a pensar que os mesmos têm a concepção de luz semelhante aos antigos gregos. Após a aplicação do produto do simulador, obtivemos uma elevação do índice de acertos de 7,4% para 33,3%.

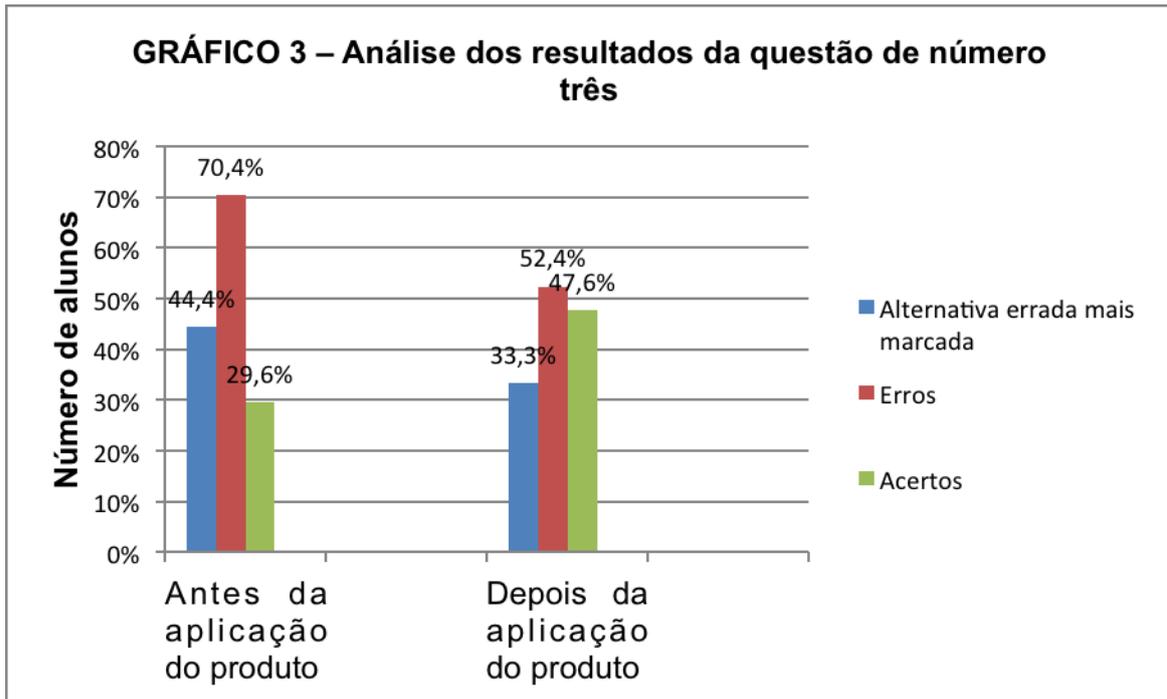
O gráfico 2 abaixo, faz uma análise dos resultados da questão de número dois, que por sua vez trata da distorção da imagem de um lápis imerso em água causada pela refração da luz sofrida ao passar da água para o ar, tendo neste caso um exemplo de dióptro-plano. O gráfico 2 mostra a os resultados encontrados.



Fonte: próprio autor.

Na análise do gráfico 2 nesta questão, inicialmente antes da aplicação do produto também tivemos erro da grande maioria dos alunos (88,9%). Agora, analisando a resposta errada mais marcada veremos que foi a alternativa d. Levando a pensar na hipótese que os mesmos acreditavam que a água tem a propriedade de distorcer os materiais e a imagem formada é real. Também se fosse colocado em outro material como óleo, por exemplo, isto não ocorreria. Mesmo com a aplicação do produto do simulador, obtivemos uma pequena melhoria nas respostas mostrando que as concepções espontâneas, dos alunos, não são abandonadas facilmente pelos mesmos. Após a aplicação do produto do simulador, obtivemos uma elevação do índice de acertos de 11,1% para 19,0%.

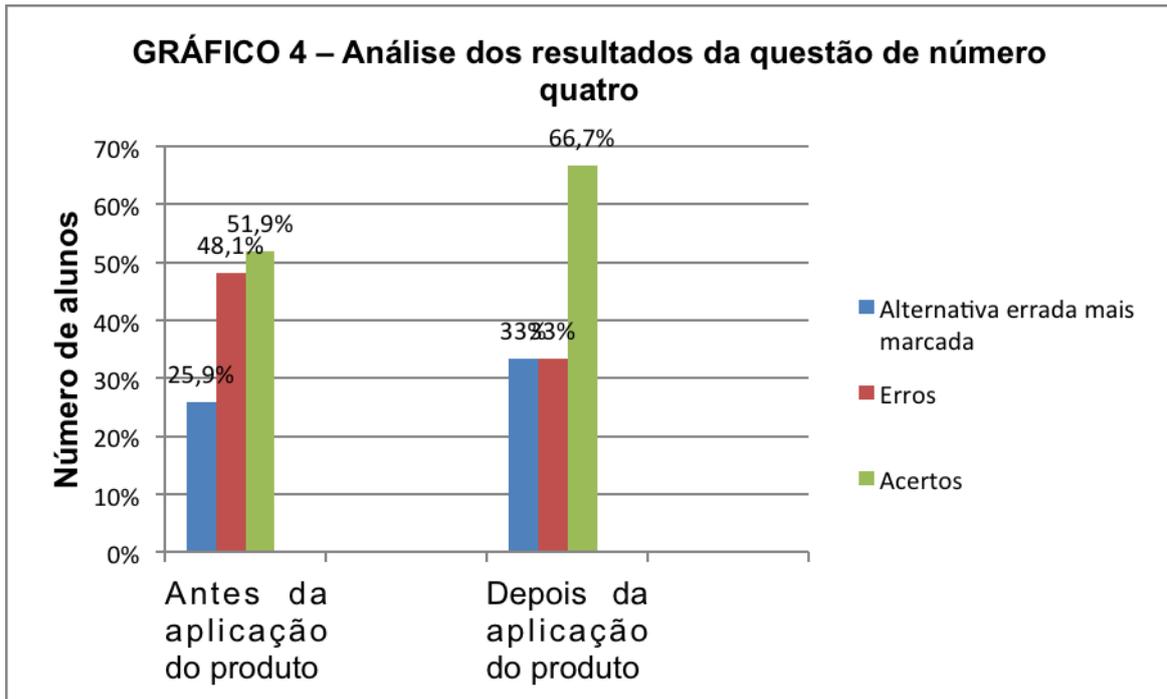
O gráfico 3 abaixo, faz uma análise dos resultados da questão de número três, que por sua vez trata também de um exemplo de dióptro-plano e pedia para identificar qual das alternativas seria a correta com relação as situações que poderiam ocorrer com o tal fenômeno. O gráfico 3 mostra a os resultados encontrados.



Fonte: próprio autor.

Verificamos, no gráfico 3, que a maioria dos alunos (70,4%), antes da aplicação do produto, errou a questão. Mas, não errou tanto como nas duas primeiras questões. A alternativa errada mais marcada foi à letra a. Com isso, verifica-se que os mesmos achavam que o feixe de luz seria sempre desviado. O que não é verdade, pois no caso em que o feixe incidir paralelamente a normal o feixe passa de um meio para o outro sem sofrer desvio. Após a aplicação do produto do simulador, obtivemos uma elevação do índice de acertos de 29,6% para 49,6%.

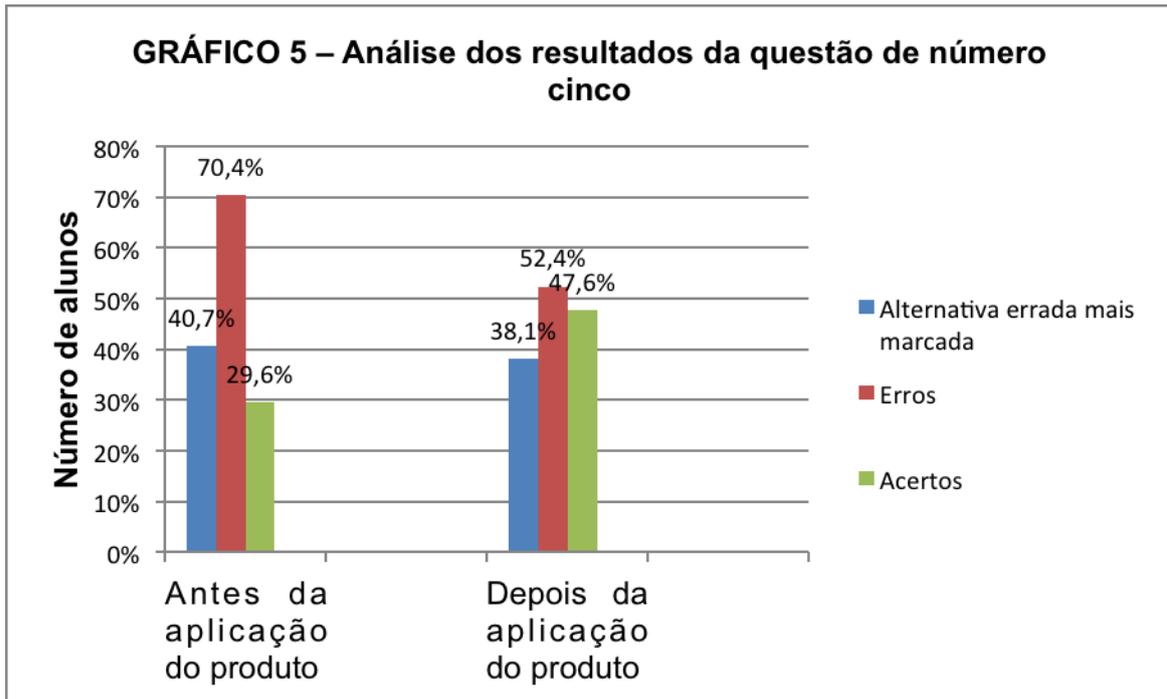
O gráfico 4 abaixo, faz uma análise dos resultados da questão de número quatro, que por sua vez, apresenta o fenômeno da difração do som ocorrida ao chegar a um barranco. O gráfico 4 mostra a os resultados encontrados.



Fonte: próprio autor.

Verificamos, no gráfico 4, que aproximadamente a metade dos alunos (48,1%), antes da aplicação do produto, errou a questão. A alternativa errada mais marcada foi a letra d. Pois, afirma que a onda sonora pode ser desviada e a luz não. Com isso, verifica-se que os alunos, que erraram, pensavam que o feixe de luz não poderia ser desviado em nenhuma situação. O que não é verdade, pois no caso em que o feixe incidir paralelamente a normal o feixe passa de um meio para o outro sem sofrer desvio. Após a aplicação do produto do simulador, obtivemos uma elevação do índice de acertos de 51,9% para 66,7%.

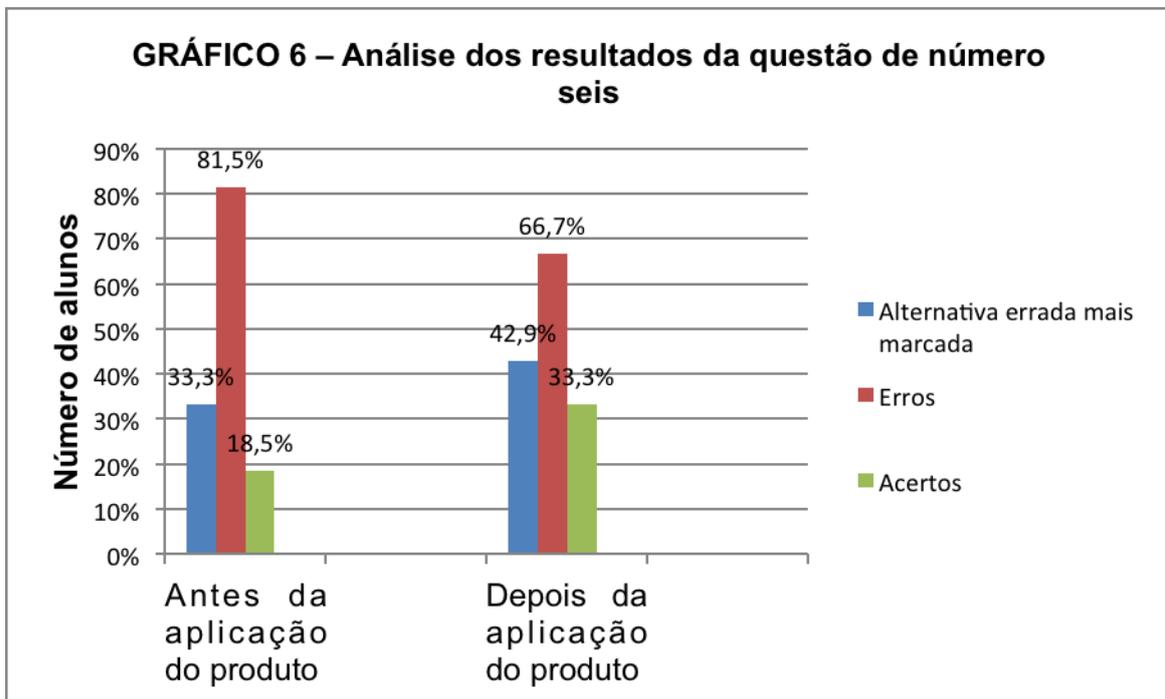
O gráfico 5 abaixo, faz uma análise dos resultados da questão de número cinco, que por sua vez, trata do fenômeno da interferência de um sinal eletromagnético proveniente de uma antena emissora, devido a altura entre a antena e a camada atmosférica, a interferência é percebida pelo receptor da rádio. O gráfico 5 mostra os resultados encontrados.



Fonte: próprio autor.

Verificamos, no gráfico 5, que a maioria dos alunos (70,4%), antes da aplicação do produto, errou a questão. A alternativa errada mais marcada foi a letra c. Esta alternativa levava a entender que os alunos pensavam que a interferência é um fenômeno que ocorre somente com ondas e não com a luz. Com isso, verifica-se que os alunos, que erraram, pensavam que a luz não poderia sofrer interferência. O que não é verdade, pois no caso em que o feixe de luz incidir em aberturas na dimensão do comprimento de onda da luz, será projetada logo a traz do obstáculo uma figura de interferência. Após a aplicação do produto do Trilho Óptico, obtivemos uma elevação do índice de acertos de 29,6% para 47,6%.

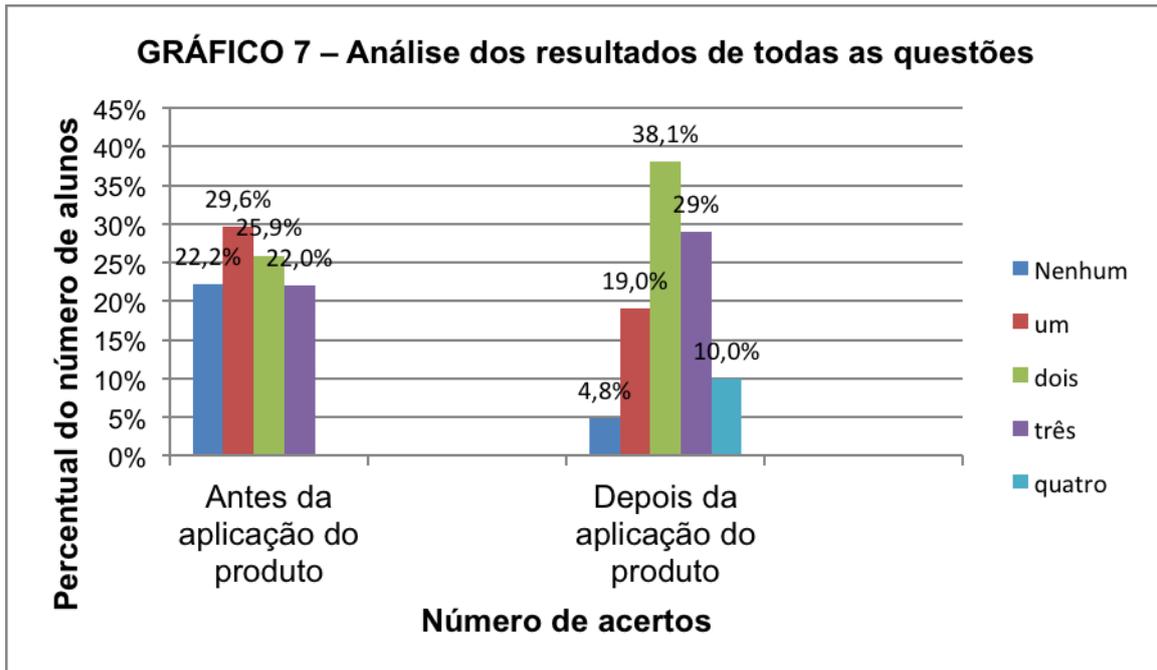
O gráfico 6 abaixo, faz uma análise dos resultados da questão de número seis, que por sua vez, trata da polarização ilustrada por três figuras de um pulso transversal que se propaga através de uma mola fina e muito longa ao passar por uma fenda estreita. Para analisar as situações exigia-se do aluno apenas, conceitos prévios de: paralelo, oblíquo e perpendicular. O gráfico 6 mostra os resultados encontrados.



Fonte: próprio autor.

Verificamos, no gráfico 6, que a maioria dos alunos (81,5%), antes da aplicação do produto errou a questão. A alternativa errada mais marcada foi a letra b. Esta alternativa levava a entender que os alunos que erraram, pensavam que no caso do plano de oscilação da onda ser perpendicular a fenda, deveria passar a onda para o outro lado e não deveria haver reflexão. Ao contrário, nesta situação a onda deveria ser refletida. Após a aplicação do produto da Caixa Polarizadora, obtivemos uma elevação do índice de acertos de 18,5% para 33,3%.

Fazendo uma análise geral dos dados obtidos exposto acima, através dos gráficos anteriores, o gráfico 7 faz uma comparação entre o número de alunos que acertaram o mesmo número de questões antes e depois da aplicação do produto.



Fonte: próprio autor.

Percebemos, com a análise do gráfico 7, que antes da aplicação do produto, aproximadamente 50% dos alunos acertaram no máximo uma questão e depois de sua aplicação este valor caiu para aproximadamente 24%, estes valores estão sendo representados pelas colunas azul e vermelha. Já aproximadamente 48%, acertaram de duas a três questões antes da aplicação do produto e, depois de sua aplicação do produto, este valor passou para aproximadamente 67%, estes valores estão sendo representados pelas colunas verde e roxo. Foi obtido, após a aplicação do produto, um índice de acertos de 10% para quatro questões fato este que não havia antes, este valor estar sendo representado pela coluna azul claro.

Fazendo uma análise geral dos dados obtidos exposto através dos gráficos anteriores, não devemos nos deter na expectativa de obter resultados extraordinários, pois sabemos que o processo de ensino aprendizagem é longo. Além do mais, esta avaliação foi feita apenas em dois encontros, com o objetivo de mensurar a aprendizagem de conteúdos através da aplicação de um produto educacional, que geralmente necessitariam de um número maior de encontros para expô-los e verificar sua eficácia. Sem falar ainda na complexidade dos conceitos dentro dos conteúdos trabalhados.

Tendo em vista tudo isto, chegamos à conclusão de que houve sim indícios de aprendizagem. Pois, sabemos que a mudança conceitual é muito difícil de

acontecer, devido ao grande conflito que os alunos passam entre os conceitos espontâneos aprendidos fora de ambientes não educacionais e entre conceitos não-espontâneos aprendidos em ambientes educacionais. A respeito disto, na seção 3.4 que fala do papel do professor na experimentação, Hohenfeld e Penido discutem estes conceitos o que pode dar mais respaldo a esta discussão.

Um fator que pode ter contribuído para os resultados não serem tão satisfatórios deve ter sido a falta de sequência dos conteúdos abordados. No entanto, nosso trabalho busca abordar estes conteúdos que são esquecidos por muitos professores, principalmente o da óptica física, onde a abordagem da óptica geométrica serviu como um estudo inicial do comportamento da luz.

5.2.2 Análise das questões discursivas

O objetivo deste questionário era de saber a opinião dos alunos com relação a atividade experimental e de sua importância para sua aprendizagem dos conceitos físicos. Era formado por duas perguntas de caráter dissertativas, que buscavam saber o que realmente os alunos pensavam, pois os deixavam responder sem estar atrelados a respostas prontas, como no caso questões anteriores, questões objetivas. Estas questões foram as duas últimas, respectivamente as questões sete e oito do questionário.

Dentre as vinte e sete respostas, pois a turma contava com vinte e sete alunos, selecionamos algumas respostas das questões sete e oito do questionário que se encontram no Apêndice D. Não estamos desmerecendo as outras respostas, apenas escolhemos as que chamaram mais a nossa atenção. Também, procuramos transcrever as respostas de forma mais fidedigna possível, ou seja, do jeito que foi respondido no questionário sem fazer alterações que comprometessem o que o aluno queria realmente dizer.

5.2.3 A importância das aulas no laboratório

A questão de número sete, trata da opinião dos alunos com relação a importância das aulas de laboratório no ensino de Física. A seguir, traremos a pergunta e algumas das respostas escolhidas para esta questão.

(QUESTÃO 7) Você acha importante aulas de laboratório de física? Justifique sua resposta.

“Sim, nós como alunos achamos importante a dinamicidade que o laboratório traz às aulas, além de segurar mais a nossa atenção. ”

“Sim, pois assim influência os alunos a estudar mais e se interessar porque fica uma aula diferente e mais atrativa.”

“Sim. A teoria é facilmente esquecida enquanto as “práticas” ficam guardadas por mais tempo. ”

“Sim, pois torna os conhecimentos mais fáceis de serem visualizados e compreendidos.”

“Sim, por que as aulas práticas são o complemento para a aprendizagem do aluno.”

“Sim, porque aprendemos mais praticando.”

“Sim, temos muita teoria, precisamos colocá-la em prática.”

De acordo com as respostas dadas pelos alunos, as aulas no laboratório deixam as atividades mais dinâmicas e atrativas do ponto de vista educacional. Pois, ao realizar tais atividades os alunos podem visualizar suas implicações e podem compreender os conceitos mais facilmente. Assim, deixando-os mais motivados a buscarem a explicação de determinados fenômenos. Como resultado, fazendo com que os alunos estudem mais para entenderem o fenômeno estudado. Estas atividades saem da rotina de aulas de caráter apenas expositivo, aulas tradicionais. Apenas a exposição de conceitos em uma aula expositiva, deixa o aprendizado muito superficial, fácil de ser esquecido. Enquanto que, nas atividades experimentais o aprendizado parece ser mais profundo, ou seja, ele permanecer guardado por mais tempo para os alunos.

Dentre todas as respostas dos alunos acima, a última chama a atenção, pois o aluno clama por uma aula-prática, pois não aguenta mais aulas somente teóricas. Com tudo, fica clara a importância que os alunos dão para a atividade experimental, no processo de ensino aprendizado da Física.

5.2.4 A diferença entre aprendizagem na sala de aula e no laboratório

A questão de número oito, trata da opinião dos alunos com relação a diferença entre as aulas na sala de aula e no laboratório. A seguir, traremos a pergunta e algumas das respostas escolhidas para esta questão.

(QUESTÃO 8) Quais as diferenças das aulas na sala de aula e no laboratório de física em relação ao seu aprendizado científico.

“Na sala, uma vez que só vemos teoria, fica muito limitado o entendimento e o laboratório complementa isso.”

“No laboratório sim, há provas usuais do que realmente ocorre, a prática é muito importante.”

“Na sala de aula, algumas coisas ficam sem esclarecer, enquanto no laboratório temos a chance de termos as nossas dúvidas esclarecidas com mais facilidades.”

“Na sala, ouvimos sobre os assuntos, mas temos que imaginá-lo na prática, enquanto no laboratório, o conhecimento torna-se mais concreto.”

“No laboratório adquirimos mais aprendizado por participar mais ativamente executando experiências.”

“Vulgarmente, aquilo que nós fazemos é mais memorável do que o que ouvimos.”

“Na sala temos muita teoria, e no laboratório podemos aplicar a teoria à prática.”

“Em relação ao aprendizado não acho que faça diferença, mas as aulas de laboratório podem despertar um interesse maior do aluno pela matéria de física.”

De acordo com as respostas dadas pelos alunos, o laboratório complementa os seus entendimentos adquiridos na sala de aula. Nele, o estudo da física cria um sentido, fica mais concreto e esclarece coisas que somente na teoria não seria fácil visualizar. No laboratório, há um despertar de interesse e motivação por parte dos alunos, que passam a ser ativos no processo de ensino aprendizagem, podendo aplicar a teoria aprendida na sala de aula.

De forma geral, percebemos a importância que os alunos dão a atividade experimental nas aulas de física, mesmo não sabendo como se dá o aprendizado tanto na sala de aula como no laboratório. Estas respostas, servem como mais um argumento, para a prática mais frequente de atividades desta natureza nas aulas de Física.

6. CONCLUSÃO

A escola e os professores passam por um grande desafio, que é a da disputa da atenção dos alunos com as novas tecnologias (TIC). No entanto, devemos utiliza-los como mais um aliado no processo de ensino aprendizagem.

Esta Dissertação objetiva produzir unidades didáticas para se trabalhar os conceitos de refração, reflexão e reflexão total da luz em um dióptro plano, através da simulação “curvando a luz” do PhET. Os conceitos de difração e interferência através de Trilho Óptico e de polarização da luz através de uma caixa polarizadora. Estas unidades didáticas estavam com sua aplicação destinada ao IFSertãoPe, no Campus Petrolina, em uma turma do segundo ano do ensino médio Integrado do curso de Edificações, de forma sociointeracionista e que produzisse uma aprendizagem.

Por meio de observações feitas ao longo das atividades e pela análise dos dados coletados, percebemos um aumento na quantidade de acertos em todas as questões individualmente e no número de questões totais acertadas pelos alunos. Assim, temos que a utilização dos produtos educacionais foi um fator determinante para a melhoria dos resultados e com isso conclui-se que os objetivos foram alcançados.

O uso de simulações e de atividades experimentais torna os conteúdos da Física, mais atraentes, levando o aluno a ser mais ativo e participativo. Desta forma, o aluno passa a ser protagonista de seu próprio processo de ensino aprendizagem. Pondo em prática aquilo que aprendeu em sala de aula ou até mesmo, aprendendo a teoria a partir da utilização de simulações e atividades experimentais.

A utilização de simulações e de atividades experimentais pode ser feita de forma paralela, pois elas não são excludentes e sim complementares. Tendo em vista que ambas têm suas limitações e possibilidades.

Diante deste trabalho, espera-se que a proposta sirva de inspiração ou até mesmo como ferramenta de trabalho de outros professores de Física, pois muitos sentem dificuldade em trabalhar o ensino de Física de forma dinâmica e que faça ligação com o cotidiano de cada discente.

REFERÊNCIAS

- 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>>. Acessado em: 25 Fev. 2016.
- BRASIL- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Ciências da Natureza e suas Tecnologias. In: **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília, página 84, 1999.
- BRASIL- MEC-SEMTEC. **PCN+ - Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais 2002**. Disponível em : <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf>. Acessado em 27 out. 2015.
- BULEGON, Ana Marli; CRISTOFIO, Paulo Ricardo; PRETTO, valdir. **O uso de uma simulação para auxiliar a compreensão de conceitos de eletrodinâmica nos anos iniciais do ensino fundamental**. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0738-1.pdf>>. Acessado em: 27 Jan. 2016.
- CASSARO, Renato. **Atividades experimentais no ensino de física**. 2012. 76 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em ensino de física) – Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-paraná - RO.
- CHAGAS, Edvanio. **O ENSINO DE FÍSICA MEDIADO POR SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS**. Disponível em: <http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Anais_2014/GT02/GT_02_x9x.pdf>. Acessado em: 27 Jan. 2016.
- COSTA, Bruna Carolina et al. 422 - FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: UM LEVANTAMENTO DAS PRINCIPAIS DIFICULDADES RELATADAS PELOS ALUNOS. **5º Congresso de extensão universitária da Unesp**. Águas de Lindoia. Disponível em: < file:///C:/Users/ALUNO/Downloads/422.pdf>. Acessado em: 10 Fev. 2016.
- GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 227-254, ago. 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID130/v10_n2_a2005.pdf>. Acessado em: 28 out. 2015.
- GEHLEN, Simoni Tormöhlen et al. **O pensamento de Freire e Vygotsky no ensino de física**. Experiências em Ensino de Ciências V.7, N. 2, 2012. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID184/v7_n2_a2012.pdf>. Acessado em: 27 Jan. 2016.
- 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. Disponível em:< <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiiienpec/resumos/R0381-2.pdf> >. Acessado em: 15 Jan. 2016.

JUNIOR, Wagner Antonio; BARROS, Daniela Melaré Vieira. **OBJETOS DE APRENDIZAGEM VIRTUAIS: MATERIAL DIDÁTICO PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA** 2005. Disponível em:< <http://www.abed.org.br/congresso2005/por/pdf/006tcc1.pdf>>. Acessado em: 25 Fev. 2016.

LOBATO, Anderson Cezar. Contextualização: um conceito em debate. Disponível em:< <http://www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/educacao/0173.html> >. Acessado em: 20 Fev. 2016.

MACÊDO, Josué Antunes de; DICKMAN, Adriana Gomes; ANDRADE, Isabela Silva Faleiro de. **Simulações computacionais como ferramentas Para o ensino de conceitos básicos De eletricidade.** Disponível em:<>. Acessado em: 28 Jan. 2016.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias de. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, Junho, 2002. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v24n2/a02v24n2.pdf> >. Acessado em: 27 de Jan. 2016.

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>>. Acessado em: 28 Jan. 2016.

MERÇON, Fábio; SOUZA, Marcelo; FERNANDEZ, Melissa; ARAÚJO, Sabrina; GUIMARÃES, Pedro. **ANÁLISE, DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE RECURSOS DE INFORMÁTICA NO ENSINO DE QUÍMICA.** 2005. Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências realizado em 2005.

RABELLO, Elaine; PASSOS, José Silveira. **Vygotsky e o desenvolvimento humano.** 2007. Disponível em:<<http://www.josesilveira.com/artigos/vygotsky.pdf>>. Acessado em: 21 Mar. 2016.

SÉRÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Suzana Maria; NUNES, António Dias. O papel da experimentação no ensino da física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Porto Alegre, v.20, n.1, p. 30-42, Abr. 2003.

SOARES, Antonio Augusto; MORAES, Leticia Estevão; OLIVEIRA, Franciéle Gonçalves. Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 915-933, dez. 2015. Disponível em:< <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n3p915/30782> >. Acessado em: 15 Fev. 2016.

SOARES JÚNIOR, Osvaldo Lopes. **A Importância dos experimentos no estudo da física para uma aprendizagem eficaz no ensino médio.** 2011. 34 f. Monografia (Licenciatura em física). Universidade Estadual de Goiás, Anápolis-Go.

V I G O T S K I, L. S. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001. Disponível em:<
http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/298938/mod_resource/content/3/A%20construcao%20do%20pensamento%20e%20da%20linguagem.pdf >. Acessado em: 28 out. 2015.

APÊNDICE A – UNIDADE DIDÁTICA: PLANOS DE AULAS
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE
CAMPUS NATAL – CENTRAL
PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

UNIDADE DIDÁTICA

**O estudo de óptica geométrica por meio de simuladores e de óptica física
através de experimentos**

Wlademir Cardoso de Moura

Natal/RN, Dezembro de 2015

Apresentação

As novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), estão cada vez mais presentes em nossas vidas e nos deixando a cada dia mais dependentes. De modo que a educação busca acompanhar este desenvolvimento inserindo-a em seus métodos educacionais. Assim, uma das tendências educacionais é a utilização de simulações para o Ensino de Física, afim de, solucionar alguns problemas de carência de recursos das escolas públicas.

Com tudo, a experimentação detém uma importância indispensável na determinação do caráter científico. Apesar da falta de estrutura e de recursos das escolas públicas, muito se têm falado na construção de experimentos de baixo custo, afim de, minimizar estes problemas.

Com isso, as simulações não substituem os experimentos e sim, os complementa, pois nem sempre se dá para utilizar experimentos, devido ao seu elevado custo e/ou grande risco que proporciona aos seus participantes.

O contexto sócio-cultural também deve ser levado em conta durante a prática educativa, pois espera-se que conhecendo estes fatores, o professor poderá adequar melhor as suas aulas a realidade dos alunos. Assim, eles iram aprender conhecimentos que sejam realmente essenciais em suas vidas.

Tanto as atividades experimentais convencionais como as virtuais, têm um caráter interacionista bastante elevado. Justifica-se então, a utilização da teoria histórico-cultural de Vygotsky, tendo em vista que, a as tecnologias comunicativas favorecem e os experimentos favorecem a interação social entre os sujeitos pela troca de significados.

Desse modo, desenvolvemos uma unidade didática, composta de 4 aulas, onde trataremos de conteúdos como: refração, difração, interferência e polarização da luz. Além de utilizarmos uma simulação sobre refração da luz e de produzirmos objetos educacionais de caráter experimental para o estudo de difração, interferência e polarização da luz.

Objetivos

- Trabalhar os conceitos de refração, difração, interferência e polarização da luz;
- Reconhecer a naturezas ondulatória e corpuscular da luz;
- Discussão em sala para troca de conhecimentos;
- Utilização de uma Simulação para o estudo da refração da luz;
- Utilização de um Trilho Óptico para o estudo da difração e interferência da luz;
- Utilização de uma Caixa Polarizadora para o estudo da polarização da luz.

Conteúdos

- Refração da luz
- Difração da luz;
- Interferência da luz
- Polarização da luz;

Cronograma

4 aulas de 50 minutos

- 1ª Aula – Aplicação de um questionário para analisar os conhecimentos prévios dos alunos. Introdução com aula expositiva dos conceitos de refração da luz.
- 2ª Aula – Utilização da simulação “curvando a luz” do PhET, para o estudo da refração da luz.
- 3ª Aula – Introdução dos conceitos de Difração e Interferência da luz. Realização do experimento da medida do diâmetro do fio de cabelo.
- 4ª Aula – Introdução do conceito de polarização da luz. Realização do experimento da caixa polarizadora. Aplicação do questionário inicial para avaliar a aprendizagem com a utilização dos produtos educacionais.

Metodologia:

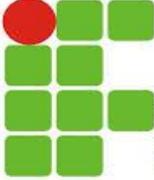
- Aulas expositivas
- Utilização de um simulador de refração da luz do site PhET.
- Discussão em grupo dos fatores determinantes para a refração da luz
- Utilização do Trilho Óptico para a medida do diâmetro do fio de cabelo
- Discussão em grupo dos fatores que determinam os espaçamentos entre as franjas claras e de suas diferentes distâncias para diferentes cores.
- Utilização da Caixa Polarizadora.
- Discussão dos fatores que contribuem para a passagem da luz através de dois polarizadores.
- Aplicação de um questionário antes e depois da aplicação do produto educacional

Recursos Didáticos

- Quadro branco e pincel;
- Projetor multimídia (Data show) e computador;
- Simulador 'curvando a luz' do site PhET;
- Trilho Óptico.
- Caixa Polarizadora.

Unidade Didática

O estudo de óptica geométrica por meio de simuladores e de óptica física através de experimentos

 <p>MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física</p>	 <p>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA RIO GRANDE DO NORTE Campus Natal - Central</p>	 <p>SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA</p>
ESCOLA	IFSertão Pernambucano, Campus: Petrolina	
SÉRIE	2º ANO	
DISCIPLINA	Física	
PROFESSOR DA TURMA	Ercleiton Rodrigues de Macedo	
PROFESSOR APLICADOR	Wlademir Cardoso de Moura	
DATA	04/12/2015	
PLANO DE AULA: AULA 1		
TEMA		
A refração da luz		
OBJETIVO GERAL		
Conhecer o fenômeno da refração da luz		
OBJETIVO ESPECÍFICO		
Estudar os fatores que determinam a refração da luz		
CONTEÚDO		
Refração		
METODOLOGIA DE ENSINO		

A atividade será realizada através do uso da simulação curvando a luz do site PhET interactive simulations, , onde serão feitos questionamentos e discussões, partindo dos conhecimentos prévios dos alunos e com o direcionamento do professor.

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM

A avaliação será feita de forma contínua, verificando o desenvolvimento de cada aluno durante a atividade e ao final com a aplicação de um questionário.

RECURSOS NECESSÁRIOS

Uma sala de informática com internet e vários computadores de forma atender todos os alunos da turma.

REFERÊNCIAS

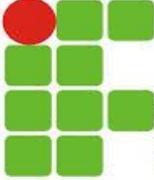
HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **FUNDAMENTOS DE FÍSICA**, volume 4: óptica e física moderna. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

GASPAR, Alberto. **FÍSICA**, volume 2: ondas, óptica e termodinâmica. 1. ed. São Paulo: Ática, 2003.

PhET. Interactive simulations. **Curvando a luz**. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/bending-light>. Acessado em: 22 out. 2015.

Unidade Didática

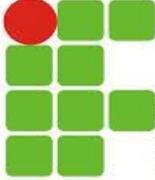
O estudo de óptica geométrica por meio de simuladores e de óptica física através de experimentos

 <p>MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física</p>	 <p>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA RIO GRANDE DO NORTE Campus Natal - Central</p>	 <p>SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA</p>
ESCOLA	IFSertão Pernambucano, Campus: Petrolina	
SÉRIE	2º ANO	
DISCIPLINA	Física	
PROFESSOR DA TURMA	Ercleiton Rodrigues de Macedo	
PROFESSOR APLICADOR	Wlademir Cardoso de Moura	
DATA	11/12/2015	
PLANO DE AULA: AULA 2		
TEMA		
A determinação do diâmetro de um fio de cabelo		
OBJETIVO GERAL		
Conhecer os fenômenos de difração e interferência		
OBJETIVO ESPECÍFICO		
Reconhecer a natureza ondulatória da luz, determinar o diâmetro de um fio de cabelo e comparar os comprimentos de onda das luzes vermelho, verde e azul.		
CONTEÚDO		
Difração e Interferência da luz.		

METODOLOGIA DE ENSINO
Através de uma atividade experimental, serão realizados questionamentos e discussões, partindo dos conhecimentos prévios dos alunos e com o direcionamento do professor.
AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM
A avaliação será feita de forma contínua, verificando o desenvolvimento de cada aluno durante a atividade e ao final com a aplicação de um questionário.
RECURSOS NECESSÁRIOS
Dois trilhos ópticos, canetas laser vermelha, verde e azul sendo uma de cada, um anteparo de preferência branco, régua e papel milimetrado.
REFERÊNCIAS
HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. FUNDAMENTOS DE FÍSICA , volume 4: óptica e física moderna. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. GASPAR, Alberto. FÍSICA , volume 2: ondas, óptica e termodinâmica. 1. ed. São Paulo: Ática, 2003. RAMOS, Luis A. M.; CATELLI, Francisco. A CIÊNCIA ALÉM DAS FÓRMULAS : livro de atividades experimentais, volume 3. Canoas: Cidepe, p. 111-120.

Unidade Didática

O estudo de óptica geométrica por meio de simuladores e de óptica física através de experimentos

 <p>MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física</p>	 <p>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA RIO GRANDE DO NORTE Campus Natal - Central</p>	 <p>SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA</p>
ESCOLA	IFSertão Pernambucano, Campus: Petrolina	
SÉRIE	2º ANO	
DISCIPLINA	Física	
PROFESSOR DA TURMA	Ercleiton Rodrigues de Macedo	
PROFESSOR APLICADOR	Wlademir Cardoso de Moura	
DATA	11/12/2015	
PLANO DE AULA: AULA 3		
TEMA		
A polarização		
OBJETIVO GERAL		
Conhecer o fenômeno da polarização da luz		
OBJETIVO ESPECÍFICO		
Conhecer os fatores que influenciam a polarização da luz e suas aplicações no dia a dia.		
CONTEÚDO		
Polarização.		

METODOLOGIA DE ENSINO
Através de uma atividade experimental, serão realizados questionamentos e discussões, partindo dos conhecimentos prévios dos alunos e com o direcionamento do professor.
AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM
A avaliação será feita de forma contínua, verificando o desenvolvimento de cada aluno durante a atividade e ao final com a aplicação de um questionário.
RECURSOS NECESSÁRIOS
Uma caixa de madeira com duas aberturas circulares, dois filtros polarizadores de câmera fotográfica, transferidor de 360°, durex e lanterna com foco ajustável.
REFERÊNCIAS
HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. FUNDAMENTOS DE FÍSICA , volume 4: óptica e física moderna. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
GASPAR, Alberto. FÍSICA , volume 2: ondas, óptica e termodinâmica. 1. ed. São Paulo: Ática, 2003.
RAMOS, Luis A. M.; CATELLI, Francisco. A CIÊNCIA ALÉM DAS FÓRMULAS : livro de atividades experimentais, volume 3. Canoas: Cidepe, p. 126-129.

APÊNDICE B – UNIDADE DIDÁTICA: ROTEIROS



ROTEIRO 1

A REFRAÇÃO DA LUZ

1. Habilidades e competências

Ao término desta atividade o aluno deverá ter competência para:

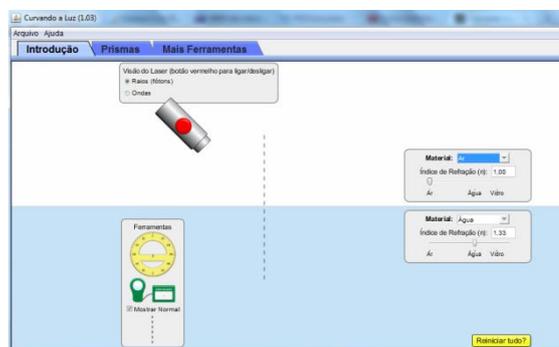
- Reconhecer o fenômeno da refração da luz.
- Determinar os ângulos para os quais a luz sofre reflexão total.
- Relacionar a refração com o seu cotidiano.

2. Material necessário

01 Computador com internet para baixar a simulação.

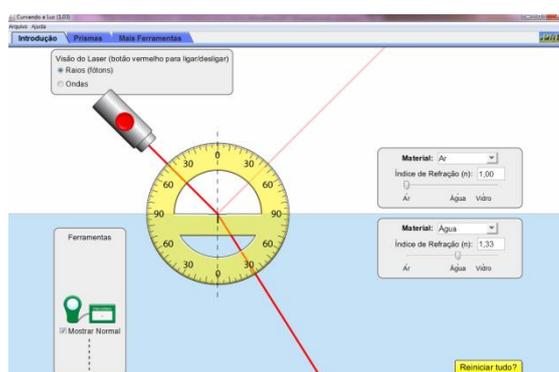
01 Simulação desviando a luz

A **Figura 1**, traz a imagem da simulação para a atividade a seguir:



3. Montagem

3.1 Execute a montagem conforme a **Figura 2**.



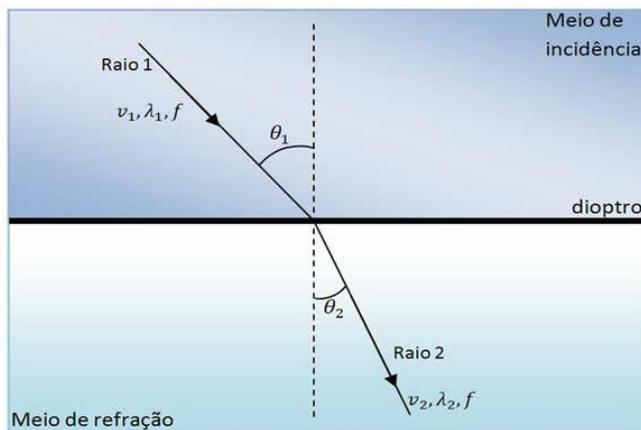
4. Fundamentação teórica

Chamamos de refração da luz o fenômeno em que ela é transmitida de um meio para outro diferente.

Nesta mudança de meios a frequência da onda luminosa não é alterada, embora sua velocidade e o seu comprimento de onda sejam.

Com a alteração da velocidade de propagação ocorre um desvio da direção original.

Para se entender melhor este fenômeno, imagine um raio de luz que passa de um meio para outro de superfície plana, conforme mostra a figura abaixo:



Onde:

- Raio 1 é o raio incidente, com velocidade e comprimento de onda característico;
- Raio 2 é o raio refratado, com velocidade e comprimento de onda característico;
- A reta tracejada é a linha normal à superfície;

- O ângulo formado entre o raio 1 e a reta normal é o ângulo de incidência;
- O ângulo formado entre o raio 2 e a reta normal é o ângulo de refração;
- A fronteira entre os dois meios é um dioptra plano.

Conhecendo os elementos de uma refração podemos entender o fenômeno através das duas leis que o regem.

1ª Lei da Refração

A 1ª lei da refração diz que o raio incidente (raio 1), o raio refratado (raio 2) e a reta normal ao ponto de incidência (reta tracejada) estão contidos no mesmo plano, que no caso do desenho acima é o plano da tela.

2ª Lei da Refração - Lei de Snell

A 2ª lei da refração é utilizada para calcular o desvio dos raios de luz ao mudarem de meio, e é expressa por:

$$\frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

No entanto, sabemos que:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1 f}{\lambda_2 f} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Além de que:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Ao agruparmos estas informações, chegamos a uma forma completa da Lei de Snell:

$$\frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

5. Sequência das atividades

Ao abrir a tela inicial da simulação que pode ser vista na figura 1, siga os seguintes passos e faça suas conclusões ao final:

5.1 Passo: aperte o botão vermelho para ligar o laser e verifique o que acontece;

5.2 Passo: vá, em ferramentas do lado de baixo a esquerda e clique no transferidor e o arraste e o posicione centralizado com a linha tracejada, que é a reta normal ao plano de forma que de acordo com a figura 2.

5.3 Passo: vá, no quadro material do lado superior direito e vá arrastando a setinha, que indica o meio do material até o meio água e verifique o que acontece com: o próprio meio, o índice de refração, o raio de luz e o ângulo formado com a normal;

5.4 Passo: ainda no quadro material do lado superior direito continue arrastando a setinha, que indica o meio do material até o meio vidro e

verifique o que acontece com: o próprio meio, o índice de refração, o raio de luz e o ângulo formado com a normal;

5.5 Passo: agora vá, no quadro material correspondente ao meio de baixo e arraste a setinha, que indica o meio do material, que agora está em água até o meio ar e verifique o que acontece com: o próprio meio, o índice de refração, o raio de luz e o ângulo formado com a normal;

5.6 Passo: continue no quadro material correspondente ao meio de baixo e arraste a setinha devagar, que indica o meio do material, que agora está em ar até o meio vidro e verifique o que acontece com: o próprio meio, o índice de refração, o raio de luz e o ângulo formado com a normal;

5.7 Passo: agora vá, em ferramentas clique segure e arraste o medidor de intensidade de luz verde e posicione a abertura do medidor passando pelos raios de luz, incidente, refletido e refratado, faça a leitura do medidor;

5.8 Passo: agora vá variando os meios tanto de incidência quanto de refração, e à medida que os raios forem sendo desviados, reposicione o medidor para fazer a nova leitura e verifique o que

acontece com as intensidades e tire suas próprias conclusões;

5.9 Passo: clique segure e vá arrastando o disparador do laser, a fim de verificar o que acontece à medida que você vai variando o ângulo de incidência do raio de luz, faça esta varredura de 0 a 90° e à medida que o for fazendo, faça também a leitura da intensidade da luz no medidor;

6.0 Passo: anote ao final da simulação em seu caderno suas conclusões a respeito das características da luz ao passar de um meio para outro;

6.1 Passo: coloque o meio de incidência em ar e o meio de refração em água. Agora coloque o disparador do laser formando 0° com a normal e vá variando o ângulo de incidência de dez em dez até 90°, e para cada variação preencha a tabela a seguir com os ângulos e seus respectivos senos.

Relação dos índices de refração dos meios com os senos dos ângulos de incidência e refração			
Incidente		Refratado	
Meio	Índice de refração	Meio	Índice de refração

Ar	1,0	Água	1,33
Ângulo em graus	Senos do ângulo	Ângulo em graus	Senos do ângulo
0°			
10°			
20°			
30°			
40°			
50°			
60°			
70°			
80°			
90°			

6.2 vá em ferramentas, clique segure e arraste o medidor de velocidade e coloque sua setinha sobre os raios de luz incidente, refletido e refratado e faça as leituras das velocidades;

6.3 Varie o ângulo de incidência e faça as mesmas medições das velocidades;

6.4 Faça a variação do meio de incidência indo em material, arrastando a setinha que indica o meio lentamente e a medida que o raio de luz vai sendo desviado, faça as leituras

das velocidades dos raios incidentes, refletidos e refratados;

6.5 Faça a leitura das velocidades dos raios incidentes, refletidos e refratados, sendo que agora vá variando o meio de refração;

6.6 Passo: deixe o raio incidente em 30° com relação à normal, vá em material e deixe os dois meios tanto o de incidência quanto o de refração em ar. Agora vá variando os meios de acordo com a sequência da tabela e vá fazendo as anotações dos seus respectivos índices de refração e as respectivas velocidades da luz em seu meio. Nos meios x e y, você deverá colocar o índice com o valor que está indicado na tabela e apenas anotar os valores das suas respectivas velocidades. Já nos meios, Mistério A e B, selecione estas opções em material e verifique os valores das velocidades e anote-as na tabela.

y	1,60	
Mistério A		
Mistério B		

6.7 Determine o índice de refração dos meios, Mistério A e Mistério B respectivamente e preencha a tabela.

Relação no meio de incidência		
Meio	Índice de refração	Velocidade no meio
ar		
água		
vidro		
x	1,20	



ROTEIRO 2

A MEDIDA DO DIÂMETRO DE UM FIO DE CABELO

1-Habilidades e competências

Ao término desta atividade o aluno deverá ter competência para:

- Determinar o diâmetro de um fio de cabelo através da figura de interferência formada.
- Comparar os comprimentos de onda do vermelho e verde.

2. Material necessário

02 trilhos de 1,5 metros com:

Fita métrica

03 carrinhos

01 laser vermelho com:

Chave liga-desliga

01 laser verde com:

Chave liga-desliga

01 laser violeta com:

Chave liga-desliga

01 suporte para laser

01 suporte para o fio de cabelo

01 anteparo

02 encaixes

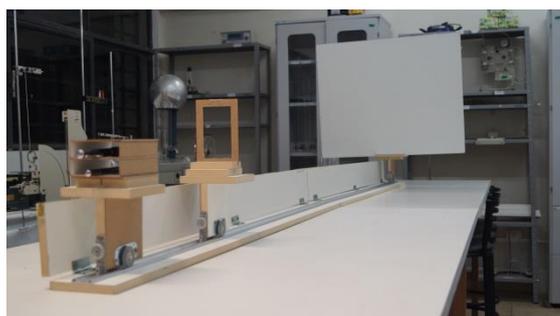
01 régua de 50 cm

A **Figura 1**, traz os materiais necessários para a atividade a seguir:



3. Montagem

3.1 Execute a montagem conforme a **Figura 2**.



Cuidado!

Nunca aponte o laser para os olhos de alguém, risco de cegar.

4. Sequência das atividades

4.1 Ligue o laser vermelho, fazendo-o incidir sobre o fio de cabelo e observe o que acontece.

Observe a série de pontos luminosos que aparecem sobre o anteparo.

4.2 Marque com um lápis grafite o ponto máximo central de ordem 0 e os máximos de 1ª ordem.

4.3 Meça os seguintes valores:

d (distância entre o máximo central de ordem 0 e o máximo de 1ª ordem)

D (distância entre o fio de cabelo e o anteparo).

Preencha a tabela a seguir com os valores encontrados.

Grandeza	Valor	Unidade
d		
D		
λ		
$\text{sen } \theta$		
θ		
m		
a		
λ_{verde}		

4.4 A luz que da origem aos pontos de 1ª ordem, percorre um caminho maior que a de ordem 0. Este atraso pode ser representado por:

$$\Delta x = a \text{ sen } \theta \quad (1)$$

Onde:

a = diâmetro do fio de cabelo

4.5 Nos pontos iluminados acontece interferência construtiva e os atrasos são equivalentes aos números de ordem 0, 1, 2, 3, ... ou m comprimentos de onda λ . Assim a expressão matemática anterior fica da seguinte forma:

$$m \lambda = a \text{ sen } \theta \quad (2)$$

Onde:

m = número de ordem de difração

(neste experimento considerar m = 1)

θ = ângulo de difração do raio.

Note ainda que:

$$\text{sen } \theta = \frac{d}{\text{hip}} = \frac{d}{\sqrt{d^2 + D^2}} \quad (3)$$

Com a consideração anterior e substituindo (3) em (2), vem:

$$\lambda = a \frac{d}{\sqrt{d^2 + D^2}} \quad (4)$$

Assim, a pode ser expressa por:

$$a = \lambda \frac{\sqrt{d^2 + D^2}}{d} \quad (5)$$

Observe que para valores de $D \gg d$ a equação (5) pode ser reescrita assim:

$$a = \lambda \frac{D}{d} \quad (6)$$

4.6 Calcule a (diâmetro do fio de cabelo) utilizando os conhecimentos adquiridos e preencha a tabela com o valor obtido.

4.7 Ligue o laser verde, deixando-o a mesma distância D que foi utilizada no laser vermelho, Repita os procedimentos anteriores e calcule o comprimento de onda da luz verde utilizando os conhecimentos adquiridos e preencha a tabela com o valor encontrado.

4.8 Com os dois lasers ligados o que acontece e explique porquê, a incidindo sobre o fio de cabelo, análise distância d para cada cor difere.



ROTEIRO 3

A POLARIZAÇÃO

1. Habilidades e competências

Ao término desta atividade o aluno deverá ter competência para:

- Reconhecer o fenômeno da polarização da luz.
- Determinar os ângulos para os quais a luz que passa através de um analisador é máxima e mínima.
- Relacionar a polarização com o seu cotidiano.

2. Material necessário

01 Caixa de madeira com:

- duas aberturas circulares

01 Lanterna com:

- foco ajustável

01 Transferidor de 360°.

02 Filtros polarizadores de câmera fotográfica.

01 Rolo de fita adesiva transparente.

02 Suportes, um para a caixa e o outro para a lanterna.

01 Alfinete

01 massa de modelar de cor preta.

A **Figura 1**, traz os materiais necessários para a atividade a seguir:

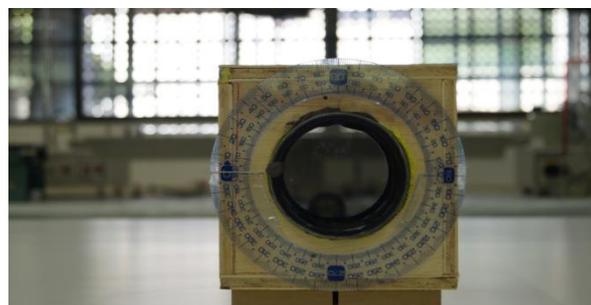


Fonte: elaborado pelo autor

3. Montagem

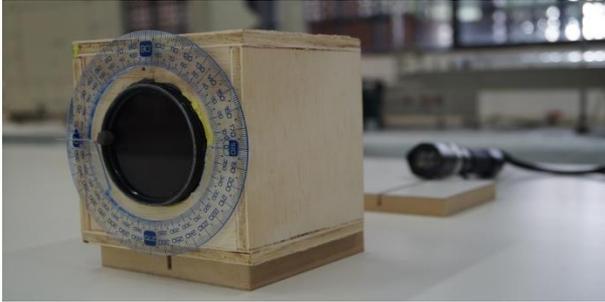
3.1 Execute a montagem conforme a **Figura 2**.

Figura 2(a) – Vista frontal



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 2(b) – Vista lateral



Fonte: elaborado pelo autor

3.2 ligue a lanterna de modo que incida o feixe de luz o máximo possível no filtro polarizador, conforme a **Figura 3**.

Figura 3 – Montagem do esquema, com o feixe de luz da lanterna focalizado.



Fonte: elaborado pelo autor

4. Fundamentação teórica

A luz solar ou de uma lâmpada não é polarizada, ou seja, não tem apenas uma direção de vibração.

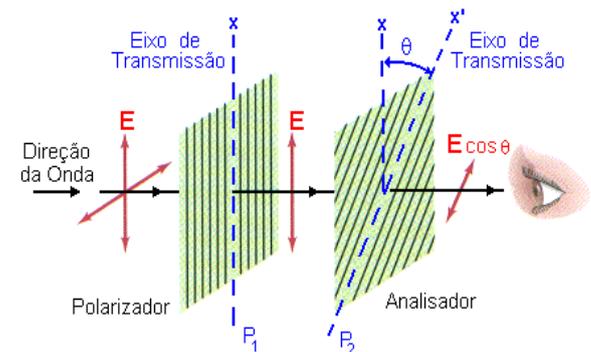
4.1 O polaróide

O polaróide é um filtro com uma estrutura cristalina que permite apenas a passagem das ondas que vibram em sintonia com o cristal, eliminando, assim, as vibrações que possuem em outras direções.

4.2 A lei de Mallus

No caso em que se tenham duas películas polarizadoras montadas em sucessão, ambas na direção de um feixe de luz, a primeira película é denominada por polarizador e a segunda por analisador. Se a segunda película fizer um ângulo θ com a primeira, como pode ser visto na **Figura 4**. O campo elétrico transmitido na segunda película é igual a $E \cos(\theta)$.

Figura 4 – Polarização por absorção



Fonte:

<http://www.ensinoadistancia.pro.br/EaD/Fisica-4/Aulas/Aula-17/aula-17.html>

Sabendo que a intensidade da luz é proporcional a E^2 , a intensidade da luz transmitida pelos polarizadores será dada pela lei de Mallus, isto é:

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

Metade da intensidade da luz que passa pela primeira película é representada por I_0 , pois está

quantidade que vai incidir na segunda película. O que pode ser observado na formula anterior é que a intensidade da luz que passa pela segunda película é depende do cosseno do ângulo formado entre as suas películas. No caso em que os eixos de transmissão do polarizador e do analisador formam um ângulo de 90° , a luz não será transmitida.

Onde I_0 é a intensidade da luz que incide sobre o segundo polarizador e que é a metade da intensidade da luz incidente sobre o primeiro polarizador.

5. Sequência das atividades

5.1 Ligue a lanterna direcionando o feixe de luz para o polarizador da caixa e observe o que acontece no segundo polaróide que é o analisador.

Observe que a quantidade de luz que passa pelo analisador é menor que a quantidade de luz que incide no primeiro polaróide.

5.2 Gire o analisador de 0° a 360° gradativamente de 30 em 30° , observando a intensidade luminosa que atravessa o analisador. Em

seguida, preencha o quadro a seguir com os valores encontrados.

INTENSIDADE	ÂNGULO (°)		
	MÁXIMA		
MÍNIMA			

5.3 Depois de terminar a atividade anterior, retire o analisador e cole pedaços de fita adesiva transparente, de forma que você tenha várias fitas superpostas cruzadamente, conforme a **Figura 5**, a seguir:

Figura 5 – Analisador com fitas adesivas transparentes

Fonte: elaborado pelo autor

5.4 Repita os mesmos procedimentos dos itens 5.1 e 5.2, e analise o que acontece.

5.5 O que acontece com as fitas adesivas transparentes, à medida que o analisador gira.

APÊNDICE C – CORES DE INTERFERÊNCIA

Uma atividade que também foi feita com os alunos e muito interessante para se fazer com os polarizadores em sala de aula é a chamada, cores de interferência.

Esta atividade pode ser desenvolvida colocando-se entre os polarizadores, películas plásticas, como papel celofane, plástico ou colando num deles alguns pedaços de fita adesiva transparente. Com os polarizadores colocados diante de uma fonte de luz branca, observe que, nas regiões onde as fitas estão coladas, aparecem cores diferentes que variam com o número de fitas superpostas. Girando um dos polarizadores, as cores vão mudando, alternando-se.

FIGURA C.1 – Cores de interferência a 330°



Fonte: próprio autor

Este fenômeno pode ser visto variando o ângulo do polarizador. Assim, perceba a diferença entre as cores nas fitas adesivas da foto a seguir em relação a foto anterior.

FIGURA C.2 – Cores de interferência a 0°



Fonte: próprio autor

A explicação do fenômeno é relativamente simples. Alguns materiais têm a propriedade de alterar a direção de polarização de alguns comprimentos de onda, fazendo com que certas cores sejam reforçadas, enquanto outras são extintas. Suponha que os polarizadores estejam colocados em direções de polarização perpendiculares entre si, diante de uma fonte de luz branca. Nesse caso, há praticamente a extinção total da luz. Suponha também que um pedaço de fita adesiva transparente, colada num dos polarizadores, altere o plano de polarização da faixa de comprimentos de onda em que predomina o azul, por exemplo, deslocando-o 90°.

Neste caso, na região em que a fita está colada, as direções de polarização coincidem para a região do azul, mas não para as outras regiões. Por isso essa região não fica escura, fica azulada. Em compensação, quando os polarizadores têm direções paralelas, na região onde está a fita passam todos os comprimentos de onda, menos os da região do azul. Essa região adquire a cor complementar do azul, tornando-se amarelada. Quando várias fitas são superpostas, esses efeitos se somam e, em qualquer direção que estejam os polarizadores, sempre haverá regiões coloridas. Como pôde ser visto nas últimas duas figuras anteriores.

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO AVALIATIVO



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE CAMPUS NATAL –
CENTRAL**

PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU

MESTRADO NACIONAL

PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ORIENTANDO: Wladimir Cardoso de
Moura

ORIENTADOR: Prof^o Dsc Paulo
Cavalcante da Silva Filho

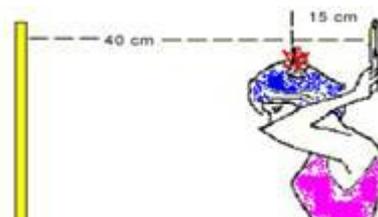
CO-ORIENTADORA: Prof^a Dr^a Andrezza
Maria Batista do Nascimento Tavares

**QUESTIONÁRIO AVALIATIVO DOS
CONHECIMENTOS PRÉVIOS E
POSTERIORES A APLICAÇÃO DO
PRODUTO EDUCACIONAL**

(QUESTÃO 1) ADAPTADO de: (UERJ)

Uma garota, para observar seu penteado, coloca-se em frente a um espelho plano de parede, situado a 40 cm de uma flor presa na parte de trás dos seus cabelos.

Buscando uma visão melhor do arranjo da flor no cabelo, ela segura, com uma das mãos, um pequeno espelho plano atrás da cabeça, a 15 cm da flor. Com isso, podemos afirmar que a garota consegue enxergar a flor no espelho devido:



a) a reflexão da luz proveniente de seus olhos.

b) a reflexão da luz que parte da parte da frente da flor toca no espelho de parede e chega até seus olhos.

c) a reflexão da luz que parte de seus olhos, toca no espelho de parede, toca no espelho pequeno, toca na flor, volta para o espelho pequeno, volta para o espelho de parede e por fim chega a seus olhos.

d) a reflexão da luz proveniente da parte de trás da flor.

(QUESTÃO 2) ADAPTADO de: (UFSC) A figura a seguir mostra um lápis de comprimento AB, parcialmente imerso na água.

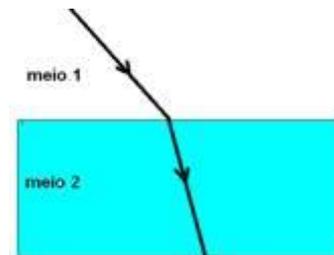


Assinale a proposição CORRETA.

- a) você vê o lápis "quebrado" na interface ar-água, porque a luz proveniente do lápis ao chegar na água sofre desvio e a imagem do lápis "quebrado" é virtual.
- b) você vê o lápis "quebrado" na interface ar-água, porque a luz proveniente do ar ao chegar na água sofre desvio e a imagem do lápis "quebrado" é real.
- c) você vê o lápis "quebrado" na interface ar-água, porque a luz proveniente do lápis, ao chegar no ar sofre desvio e a imagem do lápis "quebrado" é virtual.
- d) você vê o lápis "quebrado" na interface ar-água porque a água tem esta propriedade de distorcer os materiais e a imagem do lápis "quebrado" é real. Com isso, se fosse colado óleo em vez de água, isto não ocorreria.

(QUESTÃO 3) ADAPTADO de: (UFMG) A figura I esta representando um fenômeno físico que pode ocorrer quando um feixe

de luz incide na superfície de separação entre dois meios de índices de refração diferentes. Nela mostra a trajetória do feixe que passa do ar meio 1 para a água meio 2.



Considerando-se essa informação, é correto afirmar que:

- a) sempre o feixe será desviado.
- b) sempre a velocidade do feixe ao passar de um meio para outro irá se modificar.
- c) sempre a intensidade do feixe ao passar de um meio para o outro se mantém inalterada.
- d) quase sempre parte do feixe será refletida na superfície de separação entre os dois meios.

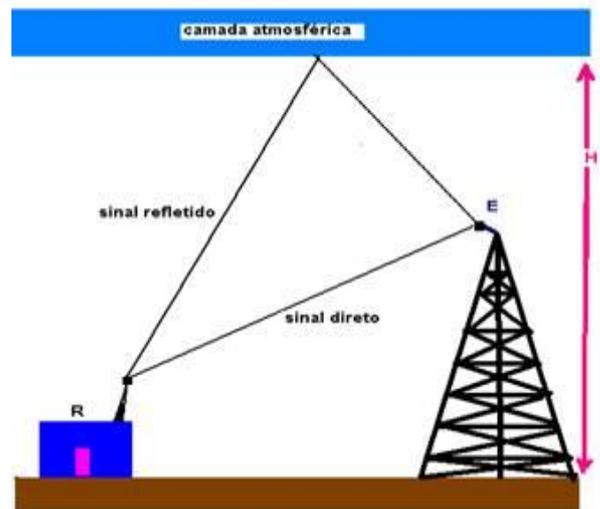
(QUESTÃO 4) ADAPTADO de: (UFRN-RN) Paulo está trabalhando no alto de um barranco e pede uma ferramenta a Pedro, que está na parte de baixo (figura).



Além do barranco, não existe, nas proximidades, nenhum outro obstáculo. Do local onde está, Pedro não vê Paulo, mas escuta-o muito bem porque:

- onda sonora tem a propriedade de contornar certos obstáculos, neste caso a luz não pode contornar os obstáculos, mas em outros casos sim.
- a velocidade da onda sonora é menor que a velocidade da luz.
- a frequência da onda sonora é maior que a frequência da luz visível.
- a onda sonora pode ser desviada e a luz não.

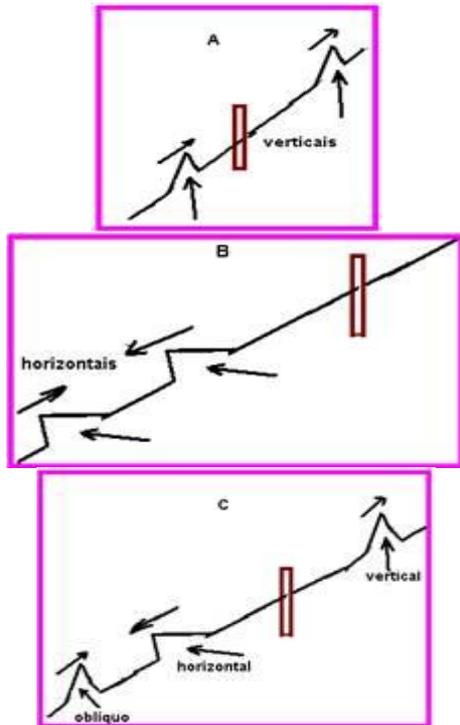
(QUESTÃO 5) ADAPTADO de: (UFV-MG) Um aparelho de rádio R recebe simultaneamente os sinais direto e refletido em uma camada atmosférica, provenientes de uma emissora E. Quando a camada está a uma altura H, o sinal é forte; à medida que a camada se desloca verticalmente a partir dessa posição, o sinal enfraquece gradualmente, passa por um mínimo e recupera gradativamente o valor inicial.



Esse fenômeno se deve à:

- reflexão entre os sinais direto e refletido, que por sua vez acontece somente com as ondas.
- interferência entre os sinais direto e refletido, que por sua vez acontece tanto com as ondas como com a luz que também é uma onda.
- interferência entre os sinais direto e refletido, que por sua vez acontece somente com as ondas.
- reflexão entre os sinais direto e refletido, que por sua vez acontece tanto com as ondas como com a luz que também é uma onda.

(QUESTÃO 6) ADAPTADO de: (UFRS-RS) As figuras abaixo ilustram um experimento muito simples que consiste em fazer um pulso transversal que se propaga ao longo de uma mola fina e muito longa, ao passar por uma fenda estreita.



As figuras A, B e C procuram mostrar o seguinte:

I- Se a direção do plano de oscilação for perpendicular à fenda, o pulso passa por ela.

II- Se a direção do plano de oscilação do pulso for perpendicular à fenda, o pulso não passa pela fenda e, em vez disso, reflete-se nela.

III- Se a direção do plano de oscilação do pulso for oblíqua à fenda, o pulso passará parcialmente por ela.

IV- Se a direção do plano de oscilação do pulso for paralela à fenda, o pulso passa por ela.

Pode-se afirmar que, há uma afirmação INCORRETA em:

- a) I
- b) II
- c) III
- d) IV

(QUESTÃO 7) Você acha importante aulas de laboratório de física? Justifique sua resposta.

(QUESTÃO 8) Quais as diferenças das aulas na sala de aula e no laboratório de física em relação ao seu aprendizado científico.

GABARITO							
Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q - 7	Q - 8
-	-	-	-	-	-		
1	2	3	4	5	6		
D	C	D	A	B	A	LIVRE	LIVRE

REFERÊNCIA

ADAPTADO DE: **FÍSICA E VESTIBULAR:** reflexão da luz e espelhos planos, exercícios.

Disponível em:<
http://fisicaevestibular.com.br/exe_opt_2.htm>.
 Acessado em: 30 Nov. 2015.

ADAPTADO DE: **FÍSICA E VESTIBULAR:**
 Leis da refração, Exercícios. Disponível em:
 <http://fisicaevestibular.com.br/exe_opt_7.htm
 >. Acessado em: 30 Nov. 2015.

ADAPTADO DE: **FÍSICA E VESTIBULAR:**
 Refração luminosa - conceitos e
 definições, Exercícios. Disponível em:<
http://fisicaevestibular.com.br/exe_opt_6.htm>.
 Acessado em: 30 Nov. 2015.

ADAPTADO DE: **FÍSICA E VESTIBULAR:**
 difração e dispersão, Exercícios. Disponível

em:<
http://fisicaevestibular.com.br/exe_ond_6.htm
 >. Acessado em: 30 Nov. 2015. ADAPTADO
 DE: **FÍSICA E VESTIBULAR:** interferência de

ondas, Exercícios. Disponível em:<
http://fisicaevestibular.com.br/exe_ond_4.htm
 >. Acessado em: 30 Nov. 2015.

ADAPTADO DE: **FÍSICA E VESTIBULAR:**
 Polarização e ressonância, Exercícios.
 Disponível em:<
http://fisicaevestibular.com.br/exe_ond_7.htm>
 . Acessado em: 30 Nov. 2015.

APÊNDICE E

MANUAL DE CONSTRUÇÃO DOS PRODUTOS EDUCACIONAIS: Trilho Óptico e Caixa Polarizadora

A construção dos produtos educacionais

A seguir faremos a descrição dos passos a serem seguidos pra a construção dos produtos educacionais.

A construção do Trilho Óptico

Na construção do trilho óptico são necessários pedaços de material MDF O **Medium-Density Fiberboard** (em [inglês](#)), é um material derivado da madeira. A tradução adequada para a língua portuguesa é "placa de fibra de madeira de média densidade". O MDF é um material uniforme, plano e denso, não possuindo nós. Empregado principalmente em móveis é um ótimo substituto para a madeira pura, em exceção para quando é necessária maior rigidez. Eles estão melhor descritos a seguir.

QUADRO 1 - Dimensões do Trilho Óptico

OBJETO	QUANTIDADE	COMPRIMENTO (cm)	LARGURA (cm)	ALTURA (cm)	
Trilho de madeira	02	150,0	12,07	0,015	
Trilho de guarda roupa	02	150	4,1	0,5	
Carrinhos	03	Base inferior	12,6	1,8	12,0
		Base superior	12,0	12,35	1,56
Rodinhas de correr	06	Raio	4,1		
Suporte do laser com duas divisões	01	12,0	10,0	6,2	
Base para o suporte do laser	01	15,4	12,8	1,5	
Grade do					

fio de cabelo	01	0,29	10,2	15,1	
Base para a grade do fio de cabelo	01	10,1	10,1	1,5	
Apontador laser vermelho	01	Potência	$\leq 2 \text{ mW}$	Comprimento de onda	633 nm ± 10
Apontador laser verde	01		$\leq 5 \text{ W}$		532 nm ± 10

Fonte: próprio autor

A seguir, traremos algumas fotos do trilho óptico, ver figura E.1.

FIGURA E.1 – Trilho Óptico desmontado



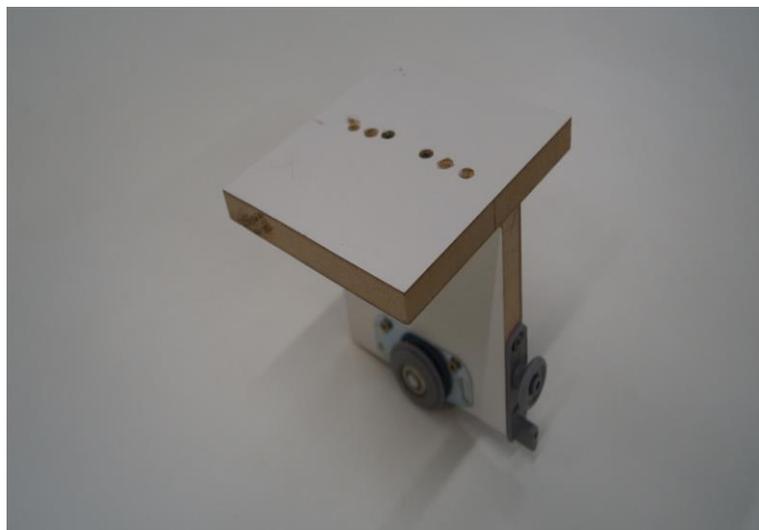
Fonte: próprio autor

Com estes materiais faça o seguinte:

- Parafuse os dois trilhos de guarda roupas centralizados, um em cada pedaço de mdf. Cole ou prenda com fita adesiva, duas fitas métricas de 1,5m na parte superior do mdf, sendo uma em cada pedaço que irá ficar na lateral do trilho. Una dois pedaços de mdf, sendo o do trilho com o da fita métrica, através das duas dobradiças. Repita o procedimento para os outros dois pedaços de mdf restantes.
- Agora, para se fazer um carrinho: parafuse dois pedaços de mdf pequenos, ficando em forma de “T”, fixe nas laterais da base uma roda de porta de

guarda roupas em cada lado, e um freio na parte da frente do carrinho, conforme a figura a seguir. Repita os mesmos procedimentos para os outros dois carrinhos.

FIGURA E.2 – Carrinho montado



Fonte: próprio autor

- Para fazer a grade de difração, utilize um pedaço de compensado de 3mm e recorte sua parte central, deixando-o em formato de “janela” conforme a figura a seguir.

FIGURA E.3 – Grade de difração



Fonte: próprio autor

- Para fazer o anteparo, utilize um pedaço de mdf de 6mm e recorte em dimensões de 70cm x 60cm.
- Para fazer a base da grade de difração, utilize um pedaço de mdf de 15mm de dimensões 10,1 cm x 10,1 cm. Em seguida, faça na base um corte raso de uma lado ao outro, de forma que consiga encaixar a grade de difração.
- Para fazer a base do anteparo, utilize um pedaço de mdf de 15mm de dimensões 15cm x 12cm. Em seguida, faça um corte raso em sua parte central de um lado ao outro, de forma que consiga encaixar o anteparo.
- Para fazer a base para o suporte dos lasers, utilize dois pedaços de mdf de 15mm de dimensões 15,4 cm x 12,8 cm.
- Para fazer o suporte dos lasers, utilize 04 pedaços de mdf de 3mm de dimensões 13cm x 2,5cm. Eles vão ficar nas laterais do suporte. E nas bases serão utilizados 03 pedaços de mdf de 3mm de dimensões 12cm x 10cm. Desta forma, coloque os pedaços em forma de “caixa aberta”.
- Por fim, utilize dois lasers sendo um vermelho e outro verde, para fazer o comparativo dos comprimentos de onda das cores verde vermelho, que podem ser encontrados em lojas de produtos importados.

A Caixa Polarizadora

Para a construção da caixa polarizadora são necessários os seguintes materiais:

QUADRO 2 - Dimensões da Caixa Polarizadora

OBJETO	QUANTIDADE	COMPRIMENTO (cm)	LARGURA (cm)	ALTURA (cm)
Caixa Polarizadora	01	10	11,3	11,7
Lente Polarizadora	01	Diâmetro	62 mm	
Lente Polarizadora	01		67 mm	
Transferidor	01			
Alfinete	01			
Lanterna com ajuste focal	01	Potência	50000 W	

Fonte: próprio autor

Observação: a caixa deve ter aberturas em sua parte posterior e anterior ligeiramente maior que o diâmetro das lentes para seu perfeito encaixe.

A figura E.4 abaixo traz a caixa polarizadora montada.

FIGURA E.4 – A caixa polarizadora



Fonte: próprio autor

- Para fazer a caixa: corte 06 pedaços de compensado de 10mm de dimensões 10cm x 10cm. Em dois deles, faça um corte circular ligeiramente maior que as dimensões das lentes a serem utilizadas. Em seguida, cole os pedaços de forma a constituir uma caixa deixando as aberturas uma na parte frontal e a outra na parte de trás da caixa.
- As lentes utilizadas foram lentes polarizadoras de câmera fotográfica de 62mm e 67mm. Encaixe-as nas aberturas, de forma a deixar seus planos de polarização paralelos, ou seja, deixando passar o máximo de luz possível.
- Em seguida, cole o transferidor em torno de uma das lentes, que fará a função de lente analisadora, deixando-o centralizado com a lente. Por fim, cole um alfinete na lente polarizadora de forma, que fique apontando para o zero do transferidor.
- Para ver o efeito da polarização, basta apenas apontar para qualquer fonte de luz. Caso queira fazer a experiência em local com pouca iluminação, como foi nosso caso, deve-se utilizar também uma lanterna.

Observação: o tamanho das medidas pode ser adaptado as suas realidades, então não necessariamente, você deva seguir todas essas dimensões que estão neste manual de construção.

APÊNDICE F – O REFERENCIAL FÍSICO

DO REFERENCIAL FÍSICO

Neste capítulo trataremos uma abordagem da teoria física que serviu de base para a construção do trabalho em óptica física. Os temas da física abordados foram difração, interferência e polarização da luz, nas próximas seções trataremos uma abordagem mais especificada de cada tema.

F.1 DIFRAÇÃO

A difração é um fenômeno físico que ocorre com qualquer tipo de onda, como, por exemplo, com as ondas sonoras e com os raios de luz, e que pode ser entendido como sendo o desvio da trajetória retilínea da luz após ela passar pela aresta de um objeto. Pode-se ver a difração de luz olhando-se para uma fonte luminosa distante, tal como um anúncio de neônio através da fenda formada entre dois dedos, ou observando a luz da rua que se escoia pelo tecido que recobre um guarda-chuva de pano. Embora atualmente o fenômeno da difração seja estudado por si mesmo, antigamente seus estudos foram baseados na curiosidade em desvendar satisfatoriamente a discussão sobre a natureza ondulatória da luz.

O cientista italiano Francesco Maria Grimaldi (1.618-1.663) foi o primeiro cientista a analisar e descrever os efeitos da difração da luz, e ainda foi ele que cunhou o termo "difração" que vem do latim *diffringere*, ("quebrar em pedaços"), que refere-se à luz quebrando-se em diferentes direções, ou seja desviando-se em diferentes direções. Usando o conceito de luz essencialmente ondulatório ele explicou a difração da luz analogamente à difração de ondas na água, em que as ondas do mar quebram seu movimento regular ao encontrar um barco ancorado. Grimaldi determinou ainda uma relação entre a densidade do meio onde a luz se propagava e a sua velocidade. Os resultados de suas observações foram publicados posteriormente em 1665.

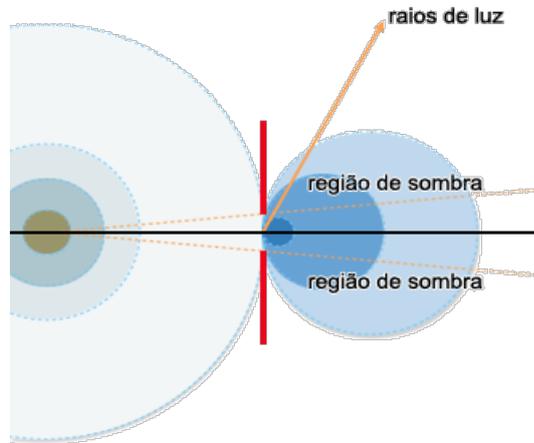
Ao longo da história outros cientistas preocuparam-se em determinar a curiosa natureza da luz, e para isto estudaram os efeitos da difração. No século XVII, surgiram dois pensamentos científicos distintos: a teoria corpuscular da luz, defendida por Isaac Newton (1.642-1.727); e a teoria ondulatória da luz, defendida por Christiaan Huygens (1.629-1.695). Em ambas as vertentes, vários cientistas

apoiavam uma teoria ou outra com seus conhecimentos e constatações e acabavam descartando inteiramente os aspectos da teoria contrária, pois o conceito de partícula (corpúsculo) é totalmente diferente do conceito de onda. Uma partícula transporta matéria, uma onda não o faz; uma partícula pode se locomover no vácuo, uma onda precisa de um meio para propagar-se (era o que se pensava naquele período); uma onda atravessa obstáculos menores que seu comprimento, uma partícula não o faz.

O fenômeno da difração foi estudado tanto por Huygens quanto por Newton com o intuito de determinar qual seria a natureza da luz. Este último não reconheceu nele nenhuma justificativa a favor da teoria ondulatória da luz, enquanto que Huygens, embora cresse nessa teoria, não acreditava na existência de difração. Dizia ele que suas ondas secundárias só agiam efetivamente no ponto de tangência com a envolvente comum, negando, pois, a possibilidade de haver difração. Jean Augustin Fresnel (1.788-1.827) usou corretamente o princípio de Huygens para explicar a difração. Naquela época, supunha-se que a luz consistia de ondas mecânicas, produzidas em um éter onipresente. Porém, Maxwell (1.831-1.879) mostrou que a natureza das ondas luminosas não era mecânica, mas sim, eletromagnética. Já Einstein (1.879-1.955) chegou à concepção moderna dessas ondas, eliminando a necessidade de se postular um éter.

Vamos considerar o fenômeno da difração da radiação eletromagnética, que é consequência da natureza ondulatória da luz. Ela se constitui da distorção causada numa onda eletromagnética que incide sobre um obstáculo de dimensões comparáveis ao seu comprimento de onda. Estes obstáculos podem ser aberturas num anteparo, objetos opacos tais como esferas, discos e outros. Em todos esses casos, o caminho seguido pelo raio não obedece às leis da óptica geométrica, sendo desviado sem haver mudanças no índice de refração do meio. Assim, temos a presença de radiação em locais nos quais ela não seria esperada, como em regiões de sombra indicadas na Figura F.1.1. É como se a interação da radiação com as bordas do anteparo, ou do obstáculo, causasse uma perturbação na radiação em propagação e a espalhasse por regiões onde ela não deveria normalmente ser detectada.

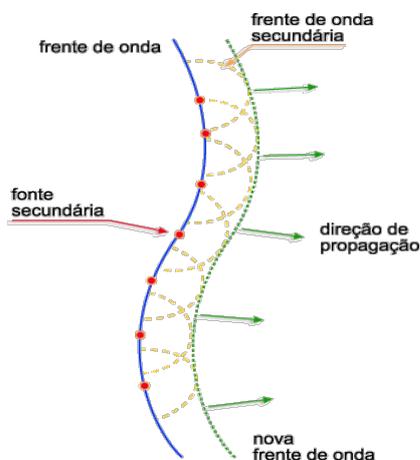
FIGURA F.1.1 - Ilustração de um experimento de difração em uma abertura.



Fonte: <http://efisica.if.usp.br/optica/universitario/difracao/huygens/>

Os aspectos essenciais da difração podem ser explicados qualitativamente pelo princípio de Huygens. Segundo ele, cada ponto na frente de onda age como uma fonte produzindo ondas secundárias que espalham em todas as direções. A função envelope das frentes de onda das ondas secundárias forma a nova frente de onda total. A Figura F.1.2 ilustra este fato. Com este princípio podemos perceber que cada nova frente no instante t' de onda é formada pela interferência de infinitas fontes, as quais estão irradiando a partir da frente de onda no instante t . Isto pode ser traduzido em forma matemática dizendo-se que em cada ponto da nova frente de onda teremos um campo óptico que é igual à soma dos campos irradiados por todas as fontes secundárias. Note que o fenômeno de difração está fortemente baseado no de interferência. Como o número de fontes é infinito, as somas dos campos referentes a cada fonte secundária se transformará numa integral.

FIGURA F.1.2 – Ilustração do princípio de Huygens para a construção geométrica de uma frente de onda, a partir de uma frente de onda anterior.



Fonte: <http://efisica.if.usp.br/optica/universitario/difracao/huygens/>

Uma onda ao encontrar um obstáculo ou uma barreira com dimensões comparáveis ao seu comprimento de onda, está se alargando ao passar de um lado da barreira para o outro, a este alargamento ou desvio denominamos de **difração**. Se esta onda for plana ao passar pelo obstáculo ela se tornará aproximadamente esférica, conforme ilustrado na Figura F.1.3 a seguir:

FIGURA F.1.3 - Difração da onda do mar.



Fonte: <http://player.slideplayer.com.br/3/1271802/data/images/img7.jpg>

Na óptica geométrica é feita a suposição de que os raios luminosos percorrem trajetórias retilíneas. Ao passar um raio de luz por uma fenda e projetando a imagem formada em um anteparo atrás da fenda, a difração frustra nossas expectativas e o que é observado é o espalhamento da luz. E quanto mais estreito for a fenda maior será o desvio sofrido pela luz causado pela difração.

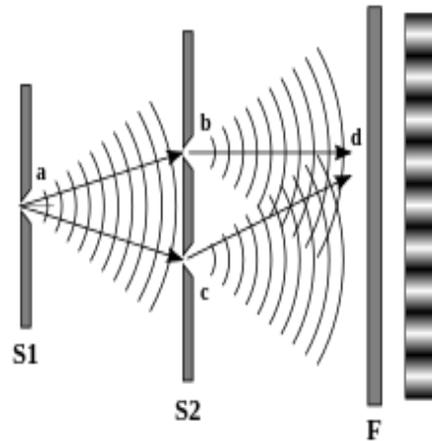
Então pode-se concluir, que óptica geométrica tem validade apenas quando obstáculos, fendas ou aberturas no caminho do raio luminoso não tenham dimensões da mesma ordem ou menor que o comprimento de onda da luz incidente. O que leva a ver a limitação da óptica geométrica, onde sua validade ocorre apenas quando os efeitos causados pela difração podem ser desprezados.

F.2 Interferência e o Experimento de Young

Thomas Young (1773 - 1829), em 1801 realizou um experimento onde foi demonstrado que a luz como as ondas do mar, as ondas sonoras e todos os outros tipos de ondas sofria interferência, ou seja, as ondas luminosas podiam interferir uma com as outras. Esta experiência foi de grande importância para a física, pois pôde-se conhecer pela primeira vez o comprimento de onda da luz a partir das observações feitas durante o experimento.

A Figura F.1.4 mostra o arranjo experimental que Young utilizou, que é mais conhecido como experimento de interferência de dupla fenda de Young. Ele fez com que a luz solar atravessasse uma fenda a de um anteparo S_1 . Ao passar pela fenda a luz é difratada e ilumina duas outras fendas b e c de um anteparo S_2 . Como aconteceu anteriormente, a luz ao passar pelas duas fendas sofre novamente difração. No entanto, agora ocorre outro efeito, percebe-se que propagam-se entre o anteparo S_2 e F , duas ondas esféricas que interagem entre si, esta interação é denominada de interferência.

FIGURA F.2.1 – Ilustração da experiência de Young



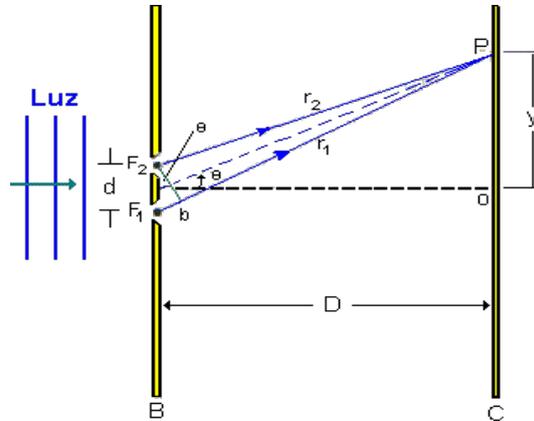
Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Interfer%C3%Aancia>

Esta interação só pode ser observada se as ondas forem interceptadas por um anteparo, que neste caso é o anteparo F. Nos pontos do espaço onde as ondas se cruzam, dizemos que houve interferência construtiva que pode ser observada no anteparo F. Onde houver espaços iluminados, que são pontos chamados de franjas claras estes pontos são denominados de máximos de interferência. Ou seja, são pontos onde as ondas se somam. Estes espaços iluminados são separados por regiões escuras que são denominadas de mínimos de interferência. No caso dos mínimos, eles são resultado da interferência destrutiva das ondas, ou seja, elas se cancelam e assim dando origem as regiões sem iluminação que são chamadas de franjas escuras. Este padrão de espaços iluminados e escuros ou de franjas claras e escuras é denominado de figura de interferência, que é projetado ao longo do anteparo F.

F.2.1 A determinação da localização das franjas

Através da análise da Figura F.2.2 chegaremos a esta conclusão. O que acontece é o seguinte: uma onda plana se propaga em direção ao anteparo B, que por sua vez tem duas fendas F_1 e F_2 ao passar por elas a luz é difratada, ou seja, sofre um desvio, e as luzes provenientes de cada fenda se encontram em um ponto P situado no anteparo C e assim com esta combinação elas formam uma figura de interferência projetada no anteparo C.

FIGURA F.2.2 – Esquema para o entendimento da experiência de Young.



Fonte: http://www.geocities.ws/fisicattus/art_08_htm_m1f85b1ac.gif

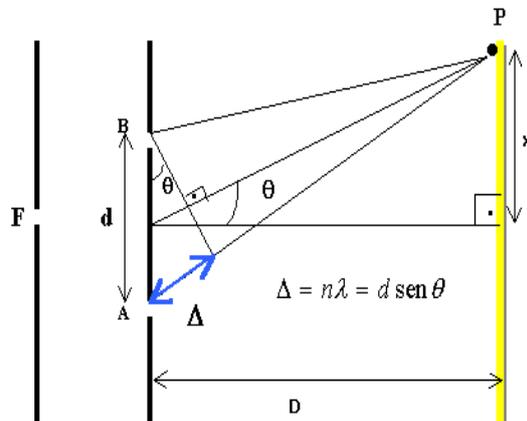
Duas retas tracejadas são traçadas a partir do ponto médio que une as duas fendas, uma ligando o ponto médio do segmento que divide as duas fendas ao ponto P e a outra perpendicular ao plano da tela. As duas retas tracejadas formam entre si um ângulo θ que juntamente com o anteparo C dão origem a um triângulo. Onde y (segmento sobre o anteparo C) e D (a distância entre os anteparos B e C) são respectivamente os catetos oposto e adjacente do triângulo.

Por pertencerem a mesma onda luminosa as ondas incidentes que chegam até o anteparo B em F_1 e F_2 estão em fase. No entanto, as ondas luminosas provenientes de F_1 e F_2 por percorrerem distâncias diferentes, até chegarem até o ponto P, podem não estar em fase, pois a distância de F_1 a P é maior que a distância de F_2 a P.

A diferença de fase é resultado do diferente deslocamento ΔL entre as duas ondas, a figura F.2.3 ilustra melhor esta diferença de deslocamento. Quando ΔL é zero ou múltiplo do comprimento de onda da onda luminosa, ocorre interferência construtiva, pois as ondas estão em fase e o ponto qualquer atingido é um máximo de interferência e está no centro de uma franja clara. Quando ΔL é um múltiplo ímpar de meio comprimento de onda, as ondas estarão em oposição de fase e ocorrendo assim, interferência destrutiva e o ponto atingido será um mínimo de

interferência e estará no centro de uma franja escura. O que faz com que a intensidade de iluminação no anteparo C, dependa também da diferença ΔL entre os deslocamentos dos dois raios r_1 e r_2 .

FIGURA F.2.3 – Diferença de caminho percorrido pelos dois raios r_1 e r_2 .



Fonte: http://www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/sf/736SF/imagens/AV_01.png

Segundo Halliday e Resnick (2011, p. 79):

Em um experimento de interferência de dupla fenda de Young, a intensidade luminosa em cada ponto da tela de observação depende da diferença ΔL entre as distâncias percorridas pelos dois raios que chegam ao ponto.

Supondo um ponto b no raio r_1 proveniente de S_1 , equidistante de S_2 a P, assim a diferença de deslocamentos ΔL entre os dois raios r_1 e r_2 é igual à distância de S_1 a b.

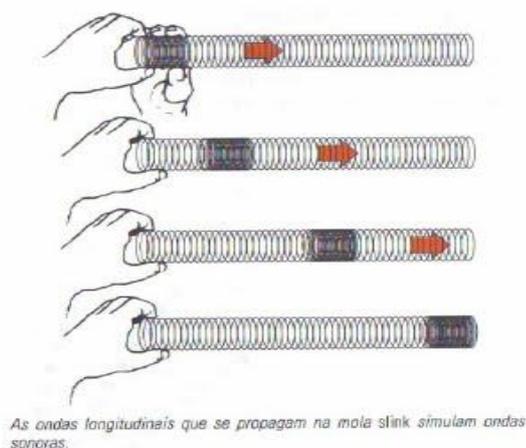
Quando a distância D entre o anteparo B e o C é pequena, fica difícil de descrever matematicamente a figura de interferência. No entanto, se D for muito maior que d (distância entre as fendas), fica mais simples de fazer a descrição.

F.3 POLARIZAÇÃO

As partículas de um meio ao ser atravessado por uma onda mecânica que se propaga, oscilam. Esta oscilação pode se dar, nos casos das ondas longitudinais, na mesma direção do movimento, como no caso do som, ou ainda, no caso das ondas transversais, perpendicularmente a esta direção, como no caso de uma

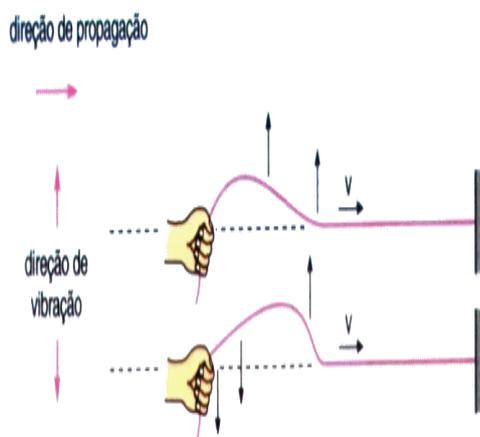
corda. A oscilação longitudinal tem o plano em que as partículas do meio oscilam bem definidamente, ao contrário da oscilação transversal. Com isso, as partículas do meio atravessado por uma onda transversal, podem oscilar em qualquer perpendicular à direção de propagação. As figuras F.3.1 e F.3.2 mostram respectivamente, uma onda em uma mola, que é uma onda longitudinal e uma onda em uma corda esticada, que é uma onda transversal.

FIGURA F.3.1 – Representação de ondas longitudinais em uma mola.



Fonte: <http://www.fcnoticias.com.br/qual-a-velocidade-do-som-dicas-escolares>.

FIGURA F.3.2 – Representação de ondas transversais em uma corda.



Fonte: <http://ww2.unime.it/weblab/awardarchivio/ondulatória/ondas.htm>.

Assim, concluímos que a polarização é um fenômeno característico das ondas transversais, não podendo ocorrer com as ondas longitudinais, já que elas

oscilam na mesma direção de propagação da onda. Assim, as ondas luminosas por terem natureza transversal, também podem ser polarizadas, ao contrário das ondas sonoras por serem ondas de natureza longitudinal.

Os físicos que defendiam a ideia da luz ser uma onda, foram levados a rever seus conceitos, pois eles acreditavam que essa propagação se desse longitudinalmente, como o som. Então, ao descobrirem a polarização da luz no início do século XIX, a teoria corpuscular recebeu um novo crédito, o que levou a uma reformulação do modelo ondulatório. Atualmente, ainda é difícil aceitar o modelo de uma onda tridimensional transversal, onde são admissíveis apenas para ondas eletromagnéticas.

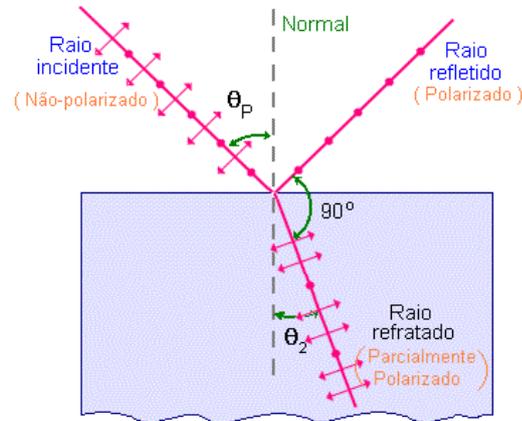
A luz só passou a ser considerada uma onda eletromagnética transversal, depois da reformulação do modelo ondulatório e foi aí que o modelo corpuscular foi temporariamente abandonado, pois a teoria ondulatória da luz foi consolidada. O fenômeno da polarização da luz pode ocorrer de quatro formas.

F.3.1 Polarização por reflexão

Uma onda ao ser refletida, em uma superfície polida, não metálica, as oscilações paralelas à superfície são refletidas com mais intensidade que as oscilações perpendiculares. Este fenômeno tem seu valor máximo quando o raio refratado é perpendicular ao raio refletido, ou seja, o raio refratado e o refletido formam entre si um ângulo de 90° e o ângulo de incidência é chamado de ângulo de Brewster.

Este ângulo recebe este nome em homenagem ao físico inglês Sir David Brewster (1781-1868), que descobriu a polarização da luz por reflexão em 1812, depois de realizar vários estudos experimentais a respeito da reflexão, refração e polarização da luz. Ele ainda foi o inventor do caleidoscópio e foi responsável pelo aperfeiçoamento da tecnologia óptica dos faróis marítimos. A figura F.3.3 a seguir mostra este esquema.

FIGURA F.3.3 – Polarização por reflexão.



Fonte: <http://www.ensinoadistancia.pro.br/EaD/Fisica-4/Aulas/Aula-17/aula-17.html>.

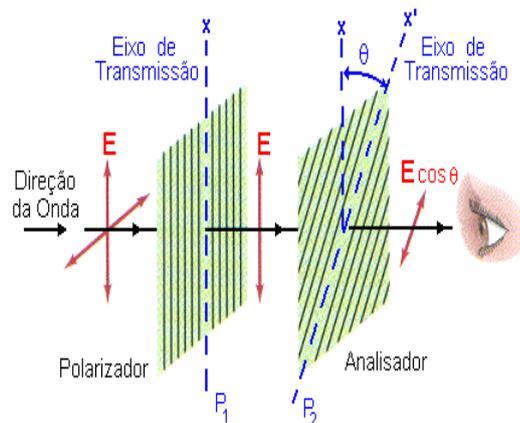
Neste esquema de polarização por reflexão, observamos que as oscilações paralelas à superfície que são representadas pelas setas vermelhas, são totalmente absorvidas, ao contrário das oscilações perpendiculares à superfície e ao plano da figura, que são representados pelos pontos vermelhos, são integralmente refletidos. Assim, podemos afirmar que o raio refletido é integralmente polarizado. Este efeito só acontece quando θ_p é o ângulo de Brewster, que por sua vez ocorre quando se tem um ângulo de 90° entre o raio refletido e o refratado, como pode ser visto na figura anterior.

F.3.2 Polarização através de polarizadores ou por absorção

Em 1928 Edwin Herbert Land (1909 – 1991), inventor e ainda estudante utilizou os cristais do sulfato de iodo-quinino, que é um composto químico sintético, para impregna-los em uma folha de plástico, que foi denominada de polaróide, utilizando uma técnica para impregnação que ele mesmo descobriu. Estes cristais possuem a propriedade de absorverem muito pouco a luz em uma determinada direção, chamada de eixo maior do cristal. Ao esticar o plástico com os cristais em uma determinada direção, os cristais se alinham a ela, formando a direção de polarização. Land ainda aperfeiçoou o polaróide ao substituir os cristais de iodo-quinino por polímeros, compostos principalmente de iodo.

No caso em que se tenham duas películas polarizadoras montadas em sucessão, ambas na direção de um feixe de luz, a primeira película é denominada por polarizador e a segunda por analisador. Se a segunda película fizer um ângulo θ com a primeira, como pode ser visto na figura F.3.4 abaixo. O campo elétrico transmitido na segunda película é igual a $E \cos(\theta)$.

FIGURA F.3.4 – Polarização por absorção.



Fonte: <http://www.ensinoadistancia.pro.br/EaD/Fisica-4/Aulas/Aula-17/aula-17.html>.

Sabendo que a intensidade da luz é proporcional a E^2 , a intensidade da luz transmitida pelos polarizadores será dada pela lei de Mallus, isto é:

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

Metade da intensidade da luz que passa pela primeira película é representada por I_0 , pois está quantidade que vai incidir na segunda película. O que pode ser observado na formula anterior é que a intensidade da luz que passa pela segunda película depende do cosseno do ângulo formado entre as suas películas. No caso em que os eixos de transmissão do polarizador e do analisador formam um ângulo de 90° , a luz não será transmitida.

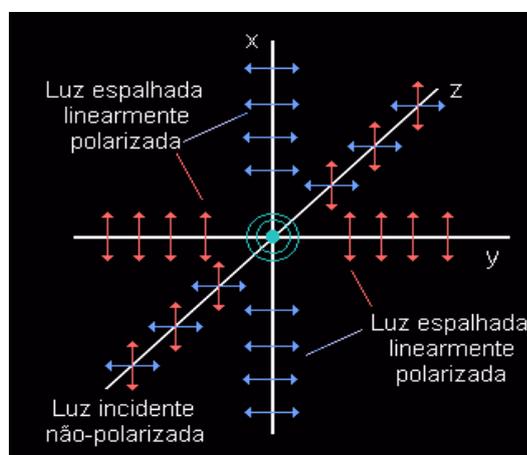
Onde I_0 é a intensidade da luz que incide sobre o segundo polarizador e que é a metade da intensidade da luz incidente sobre o primeiro polarizador.

F.3.3 Polarização por espalhamento

O espalhamento que também é conhecido por difusão da luz é um fenômeno oriundo da absorção e reirradiação da luz. A demonstração deste fenômeno pode ser feita através da passagem de um feixe de luz por um vaso com água, no qual se tenha uma pequena quantidade de leite em pó diluída na água. A cor azul do céu também é atribuída ao espalhamento da luz, que é resultante da maior tendência de espalhar os comprimentos de onda menores do que os maiores por parte dos aglomerados de moléculas de água, formados através das flutuações aleatórias da densidade do ar atmosférico.

A polarização pelo espalhamento pode ser entendida, ao imaginarmos uma molécula absorvedora atuando como antena de dipolo elétrico, que irradia ondas com uma intensidade máxima em uma direção perpendicular à antena, com um vetor campo elétrico paralelo ao eixo da antena, e com intensidade nula na direção do eixo da antena. A figura F.3.5 a seguir mostra a polarização por espalhamento.

FIGURA F.3.5 - Polarização por espalhamento.



Fonte: <http://www.ensinoadistancia.pro.br/EaD/Fisica-4/Aulas/Aula-17/aula-17.html>.

F.3.4 Polarização por transmissão ou birrefringência ou circular

A polarização por birrefringência, ou dupla refração ou ainda por transmissão é um fenômeno característicos de alguns cristais como a calcita, o quartzo, a turmalina que não pertencem ao sistema cúbico, ocorre ainda em plásticos sob tensão, que é o caso do celofane ou até mesmo com o gelo. Quando um raio de luz incidi em um material deste tipo, como um cristal por exemplo, ele se divide em dois, o raio ordinário e o raio extraordinário. Estes raios ao atravessarem o cristal são

polarizados em direções perpendiculares entre si e ainda possuem velocidades diferentes.

Os raios ainda podem ter diferentes direções de propagação, o que dependerá da orientação relativa entre a luz incidente e o material birrefringente. Quando um raio de luz atinge a direção do eixo óptico do material birrefringente, os dois raios se propagam com a mesma velocidade e não sofrem nenhum desvio. A separação dos raios ocorre porquê o ângulo formado entre a superfície do material e o eixo óptico é diferente de zero, fazendo com que eles sejam emergidos separadamente no espaço. Se o material girar, o raio extra ordinário também gira no espaço.

Quando uma luz incide perpendicularmente ao eixo óptico e à face cristalina de uma lâmina birrefringente, devido a diferença entre os comprimentos de onda dos raios, eles se propagam na mesma direção, porém com velocidades diferentes. Dependendo do comprimento de onda da luz incidente e da espessura da lâmina birrefringente os raios emergem do material com diferença de fase. Uma diferença de fase de 90° entre as ondas de determinado comprimento de onda, ocorre quando se tem uma lâmina de espessura de um quarto de onda. Para uma defasagem de 180° é necessário de uma lâmina de meio comprimento de onda.

Supondo que a direção de polarização da lâmina faça um ângulo arbitrário com o eixo y, como pode ser visto na figura F.3.6 a seguir. A amplitude instantânea da onda linearmente transmitida pela lâmina pode ser expressa por:

$$E = E_x \sen \theta + E_y \cscos \theta = E_0 \cos \omega t \sen \theta + E_0 \sen \omega t \cscos \theta = E_0 \sen(\omega t + \theta)$$

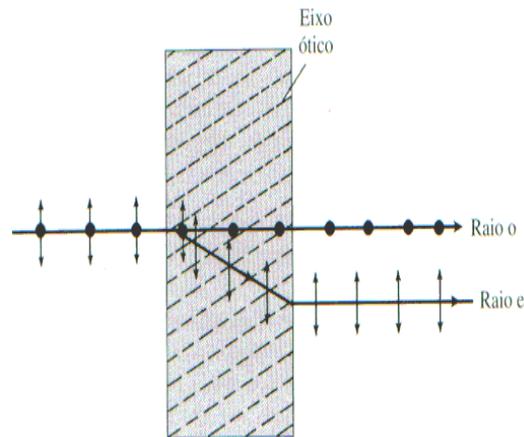
A intensidade da onda transmitida pela lâmina é proporcional a E^2 , ou

$$I = E_0^2 \sen^2(\omega t + \theta)$$

Outros instrumentos de medida e o olho respondem apenas a intensidade média I que é encontrada substituindo-se $\sen(\omega t + \theta)$ por seu valor médio em um mais ciclos da seguinte forma:

$$I = \frac{1}{2} E_0^2$$

FIGURA F.3.6 – Polarização por transmissão ou birrefringência.

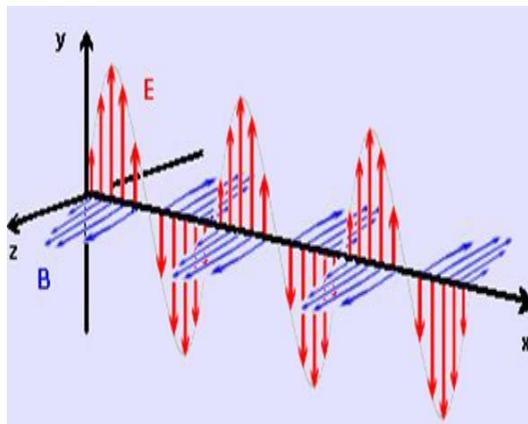


Fonte: <http://www.ensinoadistancia.pro.br/EaD/Fisica-4/Aulas/Aula-17/aula-17.html>.

F.3.5 Aplicações da polarização

Um exemplo de aplicação de polarização são as das antenas de TV que podem ser observadas no alto dos telhados, na Grã-Bretanha, são verticais, no entanto, nos Estados Unidos elas são horizontais. Esta diferença se deve ao fato da Grã-Bretanha ter escolhido transmitir seus sinais de TV com os vetores elétricos oscilando num plano vertical. Já nos Estados Unidos, a escolha foi de transmitir seus sinais num plano horizontal. A figura F.3.7 abaixo ilustra bem uma onda eletromagnética.

FIGURA F.3.7 - Onda eletromagnética.



Fonte: http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutoriallogsm1/pagina_3.asp.

REFERÊNCIAS

A Dupla Refração – Explicando o Fenômeno (1) . Disponível em: <<http://www.ghtc.usp.br/server/Sites-HF/Breno/dupla.htm>>. Acessado em 26 out. 2015.

CALÇADA, Caio Sérgio; SAMPAIO, José Luiz. **Física clássica**: óptica e ondas. 1. ed. São Paulo: Atual, 1985.

Disponível em: <<http://www.fis.ufba.br/~ossamu/fis4/textos/Difracao.pdf>>. Acessado em: 25 Set. 2015.

Disponível em:
<http://www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/sf/736SF/imagens/AV_01.png>. Acessado em: 30 Set. 2015.

Disponível em: <http://www.geocities.ws/fisicattus/art_08_htm_m1f85b1ac.gif>. Acessado em: 30 Set. 2015.

ESCOLA ESTADUAL PROF. ASCENDINO REIS. ONDAS: quanto a direção de vibração. 2015. Disponível em: <<http://ww2.unime.it/weblab/awardarchivio/ondulatória/ondas.htm>>. Acessado em: 07 out. 2015.

FC NOTÍCIAS. **Qual é a velocidade do som**. 2015. Disponível em : <<http://www.fcnoticias.com.br/qual-a-velocidade-do-som-dicas-escolares/>>. Acessado em: 07 out. 2015.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 4: óptica e física moderna**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

GASPAR, A. **Física**: ondas, óptica e termodinâmica. 1. ed. São Paulo: Ática, 2003.

MUNDIM. Kebler. C. **Curso de física: virtual**. Disponível em: <<http://www.ensinoadistancia.pro.br/EaD/Fisica-4/Aulas/Aula-17/aula-17.html>>. Acessado em : 08 out. 2015.

Revilla, Miguel Antón. **Tema 3 (cont.). Birrefringencia**. Disponível em:
<http://pendientedemigracion.ucm.es/info/opticaf/OPT_FIS/apuntes_sueltos_prov/pdf/Tema3_b.pdf>. Acessado em 26 out. 2015.

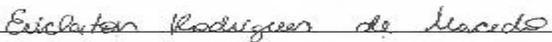
WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. **Difração**. Disponível em:
<<https://pt.wikipedia.org/wiki/Difração>>. Acessado em 26 Out. 2015.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. **Interferência**. Disponível em:
<<https://pt.wikipedia.org/wiki/Interfer%C3%Aancia>>. Acessado em 13 Jan. 2016.

ZILIO, Sergio Carlos. Disponível em:
<<http://efisica.if.usp.br/optica/universitario/difracao/huygens>>. Acessado em: 25 Set. 2015.

ZILIO, Sergio Carlos. **Óptica Moderna**: Fundamentos e aplicações. Disponível em:
<<http://www.fisica.net/optica/Optica-Moderna.pdf>, IFSC-USP, 2010>. Acessado em: 25 Set. 2015.

ANEXO 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO

 MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física	 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA RIO GRANDE DO NORTE <small>Campus Natal - Central</small>	 SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
<p>TERMO DE CONSENTIMENTO</p> <p>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE CAMPUS NATAL – CENTRAL</p> <p>PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU</p> <p>MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA</p> <p>ORIENTANDO: Wlademir Cardoso de Moura</p> <p>ORIENTADOR: Prof^o Dsc Paulo Cavalcante da Silva Filho</p> <p>CO-ORIENTADORA: Prof^a Dr^a Andrezza Maria Batista do Nascimento Tavares</p>		
<p>Estou ciente que participo de uma pesquisa para a Dissertação no curso do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, cujo objetivo é mensurar os conhecimentos prévios sobre óptica geométrica e óptica física e ainda analisar a importância do uso de simulações e do uso de atividades experimentais como metodologias de ensino. Assim, permito a aplicação do produto educacional no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano no Campus Petrolina, na turma do 2º ano de edificações no turno da tarde. Fica esclarecido por este documento que a pesquisa realizada nesta unidade de ensino é com finalidade de avaliar metodologias educacionais, e que todos que estão envolvidos neste processo são livres para decidir a sua participação em tal pesquisa. Consentido estará colaborando para que novas propostas de ensino sejam difundidas no processo de aprendizagem na física.</p>		
<p>Desde já agradecemos.</p> <p style="text-align: center;">Petrolina, <u>04</u> de <u>Dezembro</u> de 2015</p> <p style="text-align: center;">  _____ Assinatura do participante </p>		

O presente termo de consentimento trata da autorização do professor Mestre em Física do IF Sertão-PE, Ericliton Rodrigues de Macedo para a aplicação do produto educacional em sua turma do segundo ano do Ensino Médio Integrado do curso de Edificações.