



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA

CLEITON MARCELINO DE SOUSA JÚNIOR

UMA ANÁLISE DO CARÁTER ONDULATÓRIO DA LUZ NO ENSINO MÉDIO
COMO FERRAMENTA DE ENSINO

FORTALEZA

2022

CLEITON MARCELINO DE SOUSA JÚNIOR

UMA ANÁLISE DO CARÁTER ONDULATÓRIO DA LUZ NO ENSINO MÉDIO COMO
FERRAMENTA DE ENSINO

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Física do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S696a Sousa Júnior, Cleiton Marcelino de.

Uma análise do caráter ondulatório da luz no ensino médio como ferramenta de ensino: Óptica ondulatória / Cleiton Marcelino de Sousa Júnior. – 2022.
53 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Física, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva.
Coorientação: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

1. Ensino de física. 2. Atividade experimental. 3. Óptica ondulatória. I. Título.

CDD 530

CLEITON MARCELINO DE SOUSA JÚNIOR

UMA ANÁLISE DO CARÁTER ONDULATÓRIO DA LUZ NO ENSINO MÉDIO COMO
FERRAMENTA DE ENSINO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Licenciatura em
Física do Centro de Ciências da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do grau de Licenciado em Física.

Aprovada em: 09/02/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alexandre Gonçalves Pinheiro
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

A Deus e toda minha família.

AGRADECIMENTOS

Aos amigos que conquistei durante o período das aulas da graduação e pelo compartilhamento de conhecimentos em sala de aula.

Ao meu querido amigo, professor e Mestre Jardel Oliveira pelo apoio dado na minha trajetória acadêmica.

À minha família e em especial minha mãe Maria Lima de Sousa que sempre esteve presente dando todo apoio e incentivo para que pudesse concluir este trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva pelas sugestões, observações e dedicação de tempo deste trabalho.

À UFC pelo apoio dado, cuja existência e organização possibilita o aperfeiçoamento de muitos profissionais.

Ninguém caminha sem aprender a caminhar, sem aprender a fazer o caminho caminhando, refazendo e retocando o sonho pelo qual se pôs a caminhar. (FREIRE, 1997, p. 79)

RESUMO

O conteúdo de Óptica Ondulatória ainda é pouco discutido em pesquisas na área de Ensino, entretanto os alunos apresentam dificuldades na aprendizagem e visualização de determinados fenômenos da Física sobre esse tema. O presente trabalho trata de uma proposta de ensino utilizando o Software *SCRATCH* como objeto de aprendizagem (*OA*) no Ensino de Física com o objetivo de minimizar as dificuldades de aprendizagem e motivar os estudantes no estudo da Óptica Física. Foi aplicada uma proposta didática para o estudo fenomenológico da Óptica Ondulatória, com professores atuantes no Ensino Médio de uma escola pública do município de Fortaleza -Ce. A análise de dados foi realizada através de um questionário aplicado com os professores para avaliar a proposta didática. Os resultados obtidos foram positivos em relação à motivação dos docentes para o uso da ferramenta (*OA*) e a contribuição no processo de Ensino e Aprendizagem. Após a análise dos dados obtidos, concluímos que o estudo mostrou uma potencialidade com o uso do *SCRATCH* e que essa proposta poderá servir de mediadora na avaliação ou revisão de determinados assuntos no Ensino de Física bem como nas atividades experimentais de baixo custo.

Palavras-chave: ensino de física; atividade experimental; óptica ondulatória.

ABSTRACT

The content of Wave Optics is still little discussed in research in the area of Education, however, students have difficulties in learning and visualizing certain phenomena of Physics on this topic. The present work deals with a teaching proposal using the SCRATCH Software as a learning object (LO) in Physics Teaching with the objective of minimizing learning difficulties and motivating students in the study of Physical Optics. A didactic proposal was applied for the phenomenological study of wave optics, with teachers working in the High School of a public school in the city of Fortaleza -Ce. Data analysis was carried out through a questionnaire applied to the teachers to evaluate the didactic proposal. The results obtained were positive in relation to the teachers' motivation to use the tool (LO) and the contribution to the Teaching and Learning process. After analyzing the data obtained, we concluded that the study showed potential with the use of SCRATCH and that this proposal could serve as a mediator in the evaluation or review of certain subjects in Physics Teaching as well as in lowcost experimental activities.

Keywords: teaching physics; experimental activity; wave optics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Interferência em uma película entre os raios 1 e 2 é de $2d$	27
Figura 2 – Aparato do experimento de Young	29
Figura 3 – Interferência construtiva e destrutiva das ondas que passam por cada fenda	29
Figura 4 – A interferência das ondas provenientes de S1 e S2 depende da diferença de fase	30
Figura 5 – Os anéis de Newton.....	30
Figura 6 – Produção do AO na interface do Scratch	34
Figura 7 – Criação do quiz na interface interna do Scratch	36
Figura 8 – Testagem do quiz no Scratch	36
Figura 9 – Tela para projeção com régua	37
Figura10 – Desvios observados na tela utilizando uma rede de 100 fendas / cm	38
Figura11 – Montagem experimental da lei de Malus	40
Figura12 – Esquema das atividades experimental e virtual	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Pergunta 1.....	42
Gráfico 2 – Pergunta 2.....	43
Gráfico 3 – Pergunta 3.....	44
Gráfico 4 – Pergunta 4.....	45
Gráfico 5 – Pergunta 5.....	46
Gráfico 6 – Pergunta 6.....	47
Gráfico 7 – Pergunta 7.....	48
Gráfico 8 – Pergunta 8.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Referencial teórico dos trabalhos pesquisados	20
Tabela 2 – Etapas da pesquisa	20

LISTA DE SÍMBOLOS

β Beta

θ Teta

γ Gama

σ Sigma

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivos específicos	16
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1	O processo educativo e suas permanentes mudanças	18
3.2	Ambiente de aprendizagem	18
3.3	Os diversos softwares educativos	19
3.4	Programação de exercícios e prática	20
3.5	A Programação	21
3.6	Software de autoria	21
3.7	Atividades experimentais no ensino de Ciências	23
3.8	A necessidade de orientação da atividade experimental	24
3.9	Crerios para a escolha do tipo de atividade experimental	24
4	CONCLUSÃO	21
4.1	Interferência produzida por difração em duas fendas	26
4.2	Interferência em filmes	27
4.3	Os anéis de Newton	30
4.4	Difração	30
4.5	A polarização por reflexão e absorção	31
5	O SCRATCH	33
6	METODOLOGIA	34
7	PROPOSTA DE ENSINO	34
7.1	O quiz no Scratch	35
7.2	Determinando o comprimento de onda da luz	37
8	RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
9	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	50
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS DOCENTES	52

1 INTRODUÇÃO

Iniciando com a seguinte pergunta: “O que é visto em sala de aula sobre temas relacionados a Óptica Ondulatória?”. Percebemos, que pouca coisa é trabalhada em sala de aula até mesmo o retrato histórico da natureza ondulatória e, além disso, muitos discentes desconhecem vários fenômenos estritamente importantes e sua aplicabilidade.

Haja vista, que além da precária informação acerca dos fenômenos físicos (interferência, difração e polarização) analisados em algumas literaturas do ensino médio e não utilização de ferramentas virtuais e experimentais em sala de aula, iremos propor uma pluralidade de atividades sobre o comportamento ondulatória luminoso a fim de sanar essa problemática dispondo de algumas literaturas (livros, artigos e dissertações) como embasamento teórico

Esse tema de suma importância na física que é pouco trabalhado nas escolas (públicas) têm tido pouco merecimento pelos autores de alguns livros do ensino médio e pelos próprios docentes que vêm tentando desviar sua atenção por diversos fatores tais como: carga horária insuficiente, complexidade e o déficit na literatura. Neste projeto, iremos propor uma abordagem histórica, experimental e virtual acerca da natureza ondulatória da luz analisando os fenômenos da interferência, difração e polarização no ambiente escolar.

A utilização de experimentos de baixo custo em sala de aula vem se tornando uma prática alternativa para a aprendizagem de Física em virtude dos elevados custos de manutenção de um laboratório específico de tal disciplina e também não podemos deixar de mencionar o ambiente virtual que ainda é tão pouco explorado por parte dos docentes ou pela própria escola não dispor de computadores. Com materiais de fácil acesso e de valor irrisório, esse tipo de experimento proporciona ao professor subsídios para melhorar suas práticas e conseguir atingir os objetivos propostos.

Devido ao caráter abstrato de alguns tópicos relacionados à Óptica Física, fica evidente a necessidade de um estudo histórico, virtual e experimental mais abrangente para que os alunos consigam compreender a veracidade dos fenômenos.

Alguns livros do ensino médio foram analisados e constatados como negativo a não abordagem do tema e em outras literaturas os fenômenos ondulatórios da luz estavam inseridos no capítulo de ondas mecânicas, fato que, problematiza ainda mais o aprendizado do aluno e em outros livros não foram constatados nenhum experimento de baixo custo e tão pouco alguma proposta virtual.

2 OBJETIVOS

- Utilizar o *Scratch* como ferramenta mediadora no estudo da óptica ondulatória e propor algumas atividades experimentais de baixo custo usando material de fácil acesso a fim de analisar a utilização dessas ferramentas na visão docente.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mostrar a importância que a história proporciona e leva a um maior interesse pelo alunado dentro do estudo da Óptica ondulatória;
- Saber analisar os fenômenos da interferência, difração e polarização da luz a partir da parte conceitual partindo do contexto histórico;
- Conhecer e saber utilizar o ambiente virtual *Scratch* e elaborar situações dentro do assunto em questão
- Elaborar experimentos de baixo custo sobre interferência, difração e polarização da luz usando material de fácil acesso fazendo uma análise qualitativa e quantitativa.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 O processo educativo e suas permanentes mudanças

Educar é colaborar para que professores e alunos – nas escolas e organizações – transformem suas vidas em processos permanentes de aprendizagem. É ajudar os alunos na construção da sua identidade, do seu caminho pessoal e profissional – do seu projeto de vida, no desenvolvimento das habilidades de compreensão, emoção e comunicação que lhes permitam encontrar seus espaços pessoais, sociais e profissionais e tornar-se cidadãos realizados e produtivos (MORAN, 2002).

A educação escolar, ao longo dos tempos, tem tentado resgatar a sua identidade e, para tanto, o lúdico e o prazeroso são quesitos estimulantes. As tecnologias computacionais oferecem perspectivas para a construção de ambientes de aprendizagem colaborativa, em que professor e aluno tenham suas vidas em permanente transformação. Suas ferramentas devem ser usadas para produzir mudanças na Educação, com reflexos na vida pessoal, social e profissional dos alunos e professores. Os computadores estão reconfigurando nosso ambiente social e intelectual e, sem dúvida, vieram para ficar. Eles estão modificando as teorias de aprendizagem e de ensino.

Para a implantação do computador na educação são necessários basicamente quatro ingredientes: o computador, o software educativo, o professor capacitado para usar o computador como meio educacional e o aluno.

3.2 Ambiente de aprendizagem

Entendemos, aqui, como ambiente de aprendizagem, as condições oferecidas por um software que propiciem o uso do computador numa relação de interação entre usuários e de interatividade com a máquina e entre softwares para o desenvolvimento de um trabalho cognitivo.

Os ingredientes comuns às divisões propostas por Valente são: o computador (hardware), o software (o programa do computador que permite a interação homem-máquina) e o aluno. O que estabelece a polaridade (representada pelas setas invertidas), segundo o autor, é a maneira como esses ingredientes são usados.

Por um lado, o computador, através do software, “ensina” o aluno. Por outro, o aluno, através do software, “ensina” o computador, como no caso da programação, sendo a linguagem LOGO um exemplo representativo.

Um software não funciona automaticamente como estímulo à aprendizagem. O sucesso de um software em promover a aprendizagem depende da integração do mesmo no currículo e nas atividades de sala de aula (CARRAHER, 1992).

Há uma grande diferença quando o computador ensina o aluno, pois ele assume o papel da máquina de ensinar numa abordagem educacional em que auxilia à instrução e fundamenta-se nos métodos de instrução programada tradicional. Ele estará apenas substituindo o papel e/ou o livro, pelo computador. Valente (1998) classifica em duas categorias os softwares com essa abordagem: tutoriais, exercício-e-prática e os softwares que ensinam, como é o caso dos jogos educacionais e de simulação que utilizam a exploração autodirigida em vez da instrução explícita e direta. Em contrapartida, no outro polo, o aprendiz “ensina” ao computador uma linguagem computacional

...tipo BASIC, LOGO [sic], Pascal ou, uma linguagem para criação de banco de dados do tipo DBase; ou mesmo, um processador de texto, que permite ao aprendiz representar suas idéias segundo esses softwares (VALENTE).

Desta forma, o computador funciona como uma ferramenta que permite ao aprendiz realizar tarefas ou resolver problemas, tais como escrever, desenhar, se comunicar etc. Há vantagens e desvantagens no uso dos diferentes tipos de softwares, por isso é importante que se leve em conta a proposta educacional.

3.3 Os diversos softwares educativos

O computador, como “máquina de ensinar”, reproduz métodos tradicionais com formato computadorizado. Como exemplo, temos os tutoriais, os exercício-e-prática, os jogos e simulações que muitas vezes são usados como propostas de ensino e não como construção de conhecimentos. Vamos ver a que se propõem.

Programas tutoriais: são uma versão computacional da instrução programada, acoplada com animação e som que, quando introduzidos na escola, não provocam muita mudança. O professor não precisa receber treinamento e o aluno é sujeito passivo.

Um bom programa tutorial pode servir à Inteligência Artificial com a finalidade de apontar erros, avaliar o estilo e a capacidade de aprendizagem do aluno, além de oferecer instruções especiais sobre o conceito onde o aluno está apresentando dificuldade.

Os programas tutoriais inteligentes apresentam alguns problemas, tais como: a superficialidade na intervenção do processo de aprendizagem, necessidade de se ter um professor capacitado para operacionalização do programa, a sua extensão que pode não ser compatível com os computadores das escolas e a falta de equipes multidisciplinares para a produção de programas tutoriais de boa qualidade.

3.4 Programas de exercício e prática

São programas destinados à revisão dos conteúdos estudados. Envolvem a memorização e a repetição; exploram o som e a imagem e se apresentam em forma de jogos. Nesses programas, o professor dispõe de uma bateria de exercícios ou lições que são disponibilizados e o aluno pode resolvê-los de acordo com o seu interesse. Funciona como se o aluno virasse a página do livro em versão eletrônica.

A compreensão do que está realizando não é priorizada. Jogos educacionais: a exploração é autogerida e normalmente não há ensino explícito, mas podem ser integrados com outras atividades educativas. São exemplos os jogos e as simulações. Desafiam e estimulam o estudante a competir com os colegas, o que poderá dificultar o processo de aprendizagem.

O aluno, ao se voltar para o interesse em ganhar, desvia sua reflexão sobre os processos necessários para a construção da aprendizagem. Simulação e modelagem: os programas criam modelos simplificados do mundo real como, por exemplo, simulam uma situação de desastre ecológico, dissecação de cadáveres, viagens na história, criação de planetas, experiências químicas ou de balística. São complicados de serem desenvolvidos uma vez que requerem equipamentos potentes, com recursos sonoros e gráficos avançados.

É necessária a implantação de um programa que simule o fenômeno no computador. A simulação pode ser fechada (quando não permite que o aprendiz formule hipóteses, teste-as, analise-as e as depure) ou aberta (quando encoraja o estudante a formular hipóteses que são validadas através do processo de simulação do computador) Esses programas exigem complementação com textos e outros meios de estudo.

Professor ou futuro professor, mais uma vez chamamos a sua atenção para que não congele a arte de pensar do seu aluno com atividades que limitem a sua capacidade de pensar, de sentir e de agir. Selecione e use programas e aplicativos que estimulam, em seus alunos, a criatividade, a expressão livre do pensamento e o cultivo do pensamento esquemático.

Provoque-os a expandirem sua capacidade de argumentação na construção de saberes como, por exemplo, ao lançar mão do uso da Internet com pesquisas que os auxiliem na construção do conhecimento. Verifique agora os programas que são usados como ferramenta e conduzem à construção de conhecimento.

3.5 A Programação

Consiste em programar o computador como ferramenta para resolver problemas. Alunos e professores, mesmo que não possuam conhecimentos avançados de programação, poderão criar programas, que permitem transformar a informação em conhecimento. O ambiente LOGO é um exemplo de programação voltado para o ensino e para a aprendizagem.

A programação permite a realização do ciclo descrição – execução – reflexão – depuração – descrição. O programa representa a ideia do aprendiz e existe uma correspondência direta entre cada comando e o comportamento do computador.

As características disponíveis no processo de programação ajudam o aprendiz a encontrar seus erros, e o professor a compreender o processo pelo qual o aprendiz construiu conceitos e estratégias envolvidos no programa.

3.6 Softwares de autoria

Valente (2005), sinaliza uma diferença entre o uso de programas de autoria em que o aprendiz desenvolve sua multimídia e o uso de multimídia pronta. Os programas de autoria aproximam-se ao processador de texto executando uma série de informações e não a própria informação.

O aprendiz constrói um sistema de multimídia a partir da seleção de informações em diferentes fontes. A informação é apresentada de forma significativa na realização do ciclo descrição - execução – reflexão – depuração – descrição.

O uso de multimídia pronta assemelha-se ao tutorial, com a diferença ao oferecer combinações de textos, imagens e sons. O aprendiz escolhe as opções oferecidas pelo software, o computador lhe oferece as informações e o aprendiz reflete sobre essa informação.

No processo de ensino-aprendizagem, o uso do computador com os múltiplos programas educacionais e as diferentes modalidades de tecnologia é bastante útil.

Os pesquisadores, analisando esses programas, mostram que eles podem, por um lado, ser caracterizados como uma simples versão computadorizada dos atuais métodos de ensino, o que é normal em todo processo de introdução de qualquer tecnologia na escola: o uso do rádio, da televisão e do vídeo são exemplos disso. O rádio pode ser usado na escola ainda hoje.

A inserção do computador na escola tem passado por esse percurso. As atividades iniciais são quase uma reprodução do que ocorre na sala de aula e, à medida que esse uso se propaga, vão se desenvolvendo outras modalidades para o uso do computador.

O computador, usado como ferramenta de auxílio à aprendizagem, leva o aluno a executar tarefas tais como: a elaboração de textos, usando um processador de texto; pesquisa em bancos de dados existentes ou mesmo, criação de um novo banco de dados; resolução de diversos problemas que envolva domínios do conhecimento e representação desta resolução, segundo uma linguagem de programação; controle de processos em tempo real, como objetos que se movem no espaço ou experimentos de um laboratório de física ou química; produção de música; comunicação e uso de rede de computadores; e controle administrativo da classe e dos alunos, entre outras.

A seguir, apresentamos alguns exemplos de diferentes aplicativos, para o uso do aluno e do professor, destinados à construção de conhecimento.

Os aplicativos acessíveis ao professor e ao aluno são os programas de processamento de texto, planilhas, manipulação de banco de dados, construção e transformação de gráficos, sistemas de autoria e calculadores numéricos. Essas ferramentas trouxeram mudanças no ensino e no processo de acesso à informação.

Os fatos e o conhecimento ganham novas formas de construção com o uso de software educativo, causando um grande impacto na maneira como ensinamos e como os alunos aprendem. A seguir citamos algumas classificações:

O papel do professor é reconfigurado como mediador do aprendizado na medida em que se aproxima do computador como ferramenta de construção de saberes socialmente elaborados.

No entanto, é bom observar que, como ferramenta, o computador pode ser adaptado às diferentes realidades de aprendizado, como níveis de capacidade e interesse intelectual, flexibilidade do currículo e situações diferenciadas de ensino-aprendizagem.

A maior contribuição do computador na Educação está na alternativa de rever os paradigmas tradicionais. Chamamos a sua atenção no sentido de que as tecnologias de informação e comunicação mais recentes vêm adquirindo um papel relevante e, em muitos casos, principal.

Ao mesmo tempo, vêm surgindo necessidades no setor educativo que antes não existiam, e que agora se somam à grande massa de assuntos que exigem atenção, criando o grande desafio de evitar que a introdução das NTIC (Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação) gere mais diferenças entre aqueles que têm e aqueles que não têm acesso a elas, tanto na comunidade como na escola.

O ser humano é um todo, e qualquer atividade que apela unilateralmente, isto é, apenas a uma de suas partes, tal como o pensamento intelectual abstrato, afeta as outras. Deve-se esperar até que o jovem tenha desenvolvido suas habilidades e capacidades mentais para forçar as abstrações e ou autocontrole requeridos por qualquer uso de computadores (SETZER, 2001, p. 165).

3.7 Atividades experimentais no ensino de Ciências

Os alunos chegam à escola com outros interesses, que não é o de receber informações, pois estas podem ser acessadas facilmente por outros meios, principalmente os digitais. Percebemos desmotivação dos alunos pelas aulas em geral, mas nas disciplinas das Ciências Exatas (Química, Física e Matemática) a questão é bastante preocupante.

Envolver alunos em atividades explorando experimentos, simulações e uso de ferramentas tecnológicas pode despertar o espírito científico, a curiosidade e o gosto pelas ciências, principalmente nas áreas de Física, Química e Matemática, contribuindo com a formação de investigadores.

Nos processos de ensino e de aprendizagem das ciências, os professores podem utilizar diversas estratégias e ferramentas para auxiliar no desenvolvimento de suas práticas pedagógicas. Entre esse conjunto de estratégias e ferramentas, algumas são mais atuais, como os recursos tecnológicos, e outras, mais antigas, como as atividades práticas. Estas últimas, são meios de possibilitar ao aluno a observação de fenômenos da natureza por meio de evidências e constatações lógicas.

Nos processos de ensino e de aprendizagem das ciências, os professores podem utilizar diversas estratégias e ferramentas para auxiliar no desenvolvimento de suas práticas pedagógicas. Entre esse conjunto de estratégias e ferramentas, algumas são mais atuais, como os recursos tecnológicos, e outras, mais antigas, como as atividades práticas. Estas últimas, são meios de possibilitar ao aluno a observação de fenômenos da natureza por meio de evidências e constatações lógicas.

Embora sejam o alicerce das ciências, as atividades práticas ainda não são amplamente utilizadas ou exploradas nas escolas. Morini, Veit e Silveira (2010, p. 3) apontam que “os professores”, em sua maior parte, tiveram poucas oportunidades de vivenciar experiências positivamente marcantes no laboratório didático de Física em sua formação”, o que acaba por caracterizar pouco uso de laboratórios ou atividades práticas conduzidas de qualquer forma, que não favoreçam a aprendizagem.

3.8 A necessidade de orientação da atividade experimental

A primeira indicação para as atividades experimentais é decorrente da adoção, por parte do professor, de uma postura realista em relação aos objetivos dessas atividades: essencialmente, ele deve evitar a falsa e ingênua expectativa de que basta fazer os alunos realizarem uma prática experimental sobre determinado conteúdo para que aprendam esse conteúdo.

Assim como o próprio pensamento verbal, o conhecimento também é uma construção humana e só pode ser adquirido pela interação entre seres humanos – ele não está nos objetos nem pode ser extraído das ações que exercemos sobre eles.

Em outras palavras, a realização de uma atividade experimental por um grupo de estudantes sobre determinado conteúdo só possibilita a aprendizagem desse conteúdo se esse grupo contar com a colaboração de um mediador que domine esse conteúdo e oriente a realização dessa atividade em todas as suas etapas.

È claro que, à medida que os alunos se familiarizam com uma determinada prática experimental, a colaboração do professor não é essencial apenas para que o aluno aprenda o conteúdo teórico, mas para que conheça o modo como se realiza a prática experimental da disciplina, o que pode dar a ele uma visão inicial do que seria o método científico.

Assim como os cientistas selecionam equipamentos e adotam os procedimentos tendo em vista os objetivos de seu experimento, o professor também deve fazê-lo, para que seus alunos alcancem os objetivos das atividades experimentais que realizam.

3.9 Critérios para a escolha do tipo de atividade experimental

Em princípio, a escolha de uma atividade experimental deve ser orientada pelo conteúdo que se quer explorar, o que nem sempre é uma tarefa trivial.

É comum alguns professores se angustiar por não encontrar atividades experimentais por meio das quais possam abordar determinados conteúdos, atribuindo muitas vezes, essa dificuldade à sua própria má formação acadêmica ou despreparo, o que em geral não é uma autocrítica procedente.

Por isso, antes de discutir critérios de seleção de atividades, pareceu-nos essencial uma breve reflexão sobre essas dificuldades ou limitações.

A nosso ver, a dificuldade ou limitação em abordar determinados conteúdos por meio de atividades experimentais nem sempre decorre do despreparo do professor ou mesmo da falta de recursos, instalações ou semelhantes, mas da própria natureza desses conteúdos.

Assim, o primeiro critério para a escolha de atividades experimentais é o de exclusão: aquelas cujos objetivos sejam a descoberta ou redescoberta de conceitos, grandezas, leis ou princípios de Física não são recomendadas, pela simples razão de seus objetivos de verificação da validade de leis e princípios físicos, elas podem ser propostas desde que não sejam interpretadas como provas ou demonstrações, mas, sim, como simples averiguações.

A razão pela qual não se deve colocar como objetivo de uma atividade experimental provar ou demonstrar a validade de uma lei ou princípio físico decorre da impossibilidade epistemológica de realizar essa prova ou demonstração.

Leis ou princípios da Física ou de qualquer Ciência são válidos até prova em contrário. Uma única experiência que demonstre, de forma irrefutável, a existência de uma única exceção à previsão de uma lei basta que sua validade seja contestada. Como é impossível saber se isso vai ou não acontecer algum dia, não há como validar experimentalmente – nem teoricamente – nenhuma lei ou princípio da Física.

Neste sentido, é importante verificar, pelo menos, a disponibilidade de local e material, o tempo a ser gasto em relação ao tempo disponível, e a eficiência da atividade quanto ao alcance de seus objetivos.

4 ÓPTICA ONDULATÓRIA

Os fenômenos da Óptica Geométrica podem ser analisados mediante uma construção geométrica baseada em trajetórias de raios luminosos sem levar em consideração a natureza ondulatória da luz. O comportamento ondulatório da luz se revela claramente em experiências de *interferência* e *difração*.

Quando um feixe de luz atravessa um meio material homogêneo sua propagação é modificada em três modos diferentes. Essas alterações são produzidas pelos seguintes fenômenos: (i) absorção da luz (ii) espalhamento da luz e (iii) dispersão da luz. O processo de dispersão da luz produz uma alteração na velocidade de propagação do feixe luminoso, esta velocidade depende do comprimento de onda considerado.

A experiência mostra que a intensidade luminosa do feixe luminoso no interior de um gás diminui exponencialmente de acordo com a lei de **Lambert**, também conhecida como **Lei de Bouger**. Seja **I** a intensidade de um feixe luminoso monocromático colimado que penetra no interior de uma caixa transparente que contém um meio homogêneo constituído por um gás puro. $I = A \exp(-kx)$, onde **A** é o coeficiente de absorção, **k** é uma constante e **x** é a distância percorrida pelo feixe no interior do meio considerado.

Os principais tipos de espalhamentos da luz são os seguintes: espalhamento por reflexão, espalhamento por difração e espalhamento molecular. O modelo microscópico para explicar o espalhamento da luz é feito com base no estudo da interação entre as ondas eletromagnéticas da luz e a matéria.

A descrição macroscópica do espalhamento da luz em geral pode ser feita com aplicação do **Princípio de Huygens**, para se determinar a nova posição de uma frente de onda basta traçar a envoltória das ondas secundárias originadas em cada ponto da frente de onda antiga.

Os três principais fenômenos utilizados para distinguir um feixe de partículas de um feixe de ondas são a *interferência*, a *difração* e a *polarização*.

4.1 Interferência Produzida por Difração em duas Fendas

A difração de ondas ocorre quando elas passam por orifícios e fendas ou quando contornam obstáculos colocados em sua direção, desde que a ordem de grandeza de pelo menos uma das dimensões envolvidas seja compatível com o comprimento de onda considerado.

O comprimento de onda da luz possui ordem de grandeza de 5000 angstrom. Ou seja, para que ocorra a difração da luz é necessário que uma das dimensões do objeto possua ordem de grandeza compatível com este comprimento de onda.

Duas ondas podem se superpor dando origem a uma onda resultante. Esse fenômeno denomina-se interferência e pode ocorrer com qualquer tipo de onda (mecânica ou eletromagnética).

Esse efeito é particularmente importante quando as duas ondas que interferem possuem o mesmo comprimento de onda, a mesma frequência e a mesma amplitude.

Nessas circunstâncias podem ocorrer dois fenômenos críticos: a interferência construtiva e a interferência destrutiva.

Na interferência construtiva a onda resultante tem sua amplitude máxima (igual ao dobro da amplitude da onda comum das ondas componentes).

A interferência construtiva ocorre quando a diferença de fase é igual a zero, 2π ou um número par vezes π , isto é, $2m\pi$ para números inteiros $m = 0, 1, 2, \dots$. Na interferência destrutiva a onda resultante se anula (amplitude igual a zero).

A interferência destrutiva ocorre quando a diferença de fase é igual a, um número ímpar vezes π , para $m = 1, 3, 5, \dots$

Para que ocorra uma figura de interferência produzida por dois feixes de ondas luminosas são necessárias as seguintes condições: as ondas devem ter a mesma frequência, a diferença de fase entre as ondas deve permanecer constante no tempo, isto é, as duas ondas devem ser coerentes, a amplitude das ondas devem ser iguais e as ondas devem estar com a mesma polarização.

4.2 Interferência em Filmes Finos

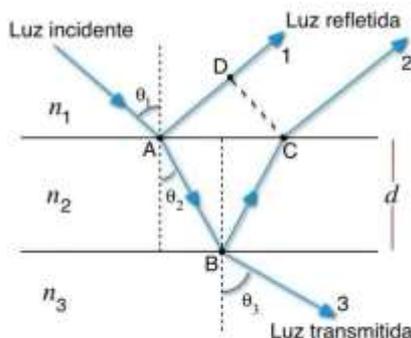
Considere uma película plana de espessura d , como mostrada na Fig. 1. Um raio incide no ponto A da interface do meio 1 com a película, fazendo um ângulo θ_1 . Parte deste raio é refletida (raio 1), e outra parte é transmitida ao meio 2 pelo trecho AB sendo que r_1 e r_2 são os caminhos ópticos.

Parte deste raio transmitido é refletido de volta ao meio incidente via o trecho BC (raio 2), e outra parte é transmitida a um terceiro meio (raio 3). Gostaríamos de saber a condição de interferência construtiva/destrutiva dos raios 1 e 2 com comprimento de onda no vácuo λ .

Vamos considerar o caso de incidência praticamente normal, i.e. $\theta_1 \approx \theta_2 \approx \theta_3 \approx 0$ e assumir que $n_2 > n_1 = n_3$ uma película de plástico suspensa no ar. Neste caso, temos que a diferença de caminho o raio 1 sofre mudança de fase de π na reflexão, ou equivalentemente uma defasagem de $\lambda/2$. Portanto, essa defasagem é dada por:

$$(r_1 - r_2) = d \sin \theta \quad (1)$$

Figura 1 - Interferência em uma película entre os raios refletidos 1 e 2 é de $2d$



Fonte: SERWAY, 2004. p. 34

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda_2 \quad (2)$$

onde $m = 0, 1, 2, 3, \dots$ (Construtiva)

$$2d = (m) \lambda_2 \quad (3)$$

onde $m = 1, 2, 3, \dots$ (Destrutiva)

Note que se tivéssemos $n_3 > n_2$, teríamos uma mudança de fase também do raio 2 na sua reflexão em B. Portanto, neste caso, as condições de interferência construtiva / destrutiva se invertem com relação ao caso acima.

Por que o filme deve ser "fino"? A luz incidente usualmente vem em pulsos de ondas gerados por processos aleatórios (emissão atômica, etc.). Portanto, para que haja interferência é preciso que um único pulso entre na película e retorne para interferir com ele mesmo. O raio 1 e 2 devem ter o mesmo pulso de origem; caso contrário não haverá coerência dos raios.

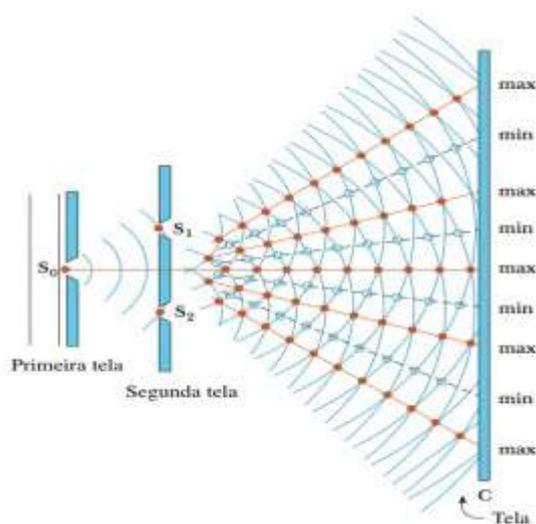
É por isso que podemos ver máximos e mínimos em uma bolha de sabão, mas não em uma placa de vidro.

Em 1810, Young demonstrou experimentalmente que a luz é uma onda. Note que isso ocorreu muito antes do estabelecimento das Equações de Maxwell, que proveram argumentos teóricos para a natureza ondulatória da luz. O diagrama do aparato usado por Young é mostrado na Fig 2.

Um feixe de luz coerente (com mesma fase de onda), proveniente de uma fenda S_0 , incide sobre duas fendas S_1 e S_2 , atravessando-as, difratando e atingindo uma tela de observação C.

As luzes provenientes de S_1 e S_2 se combinam formando um padrão de interferência na tela, com regiões claras e escuras (intensidades máxima e mínima).

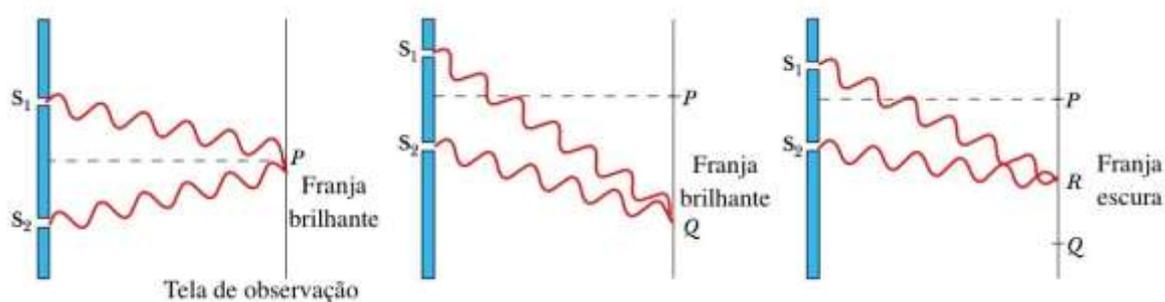
Figura 2 - Aparato do experimento de Young.



Fonte: SERWAY, 2004. p. 34

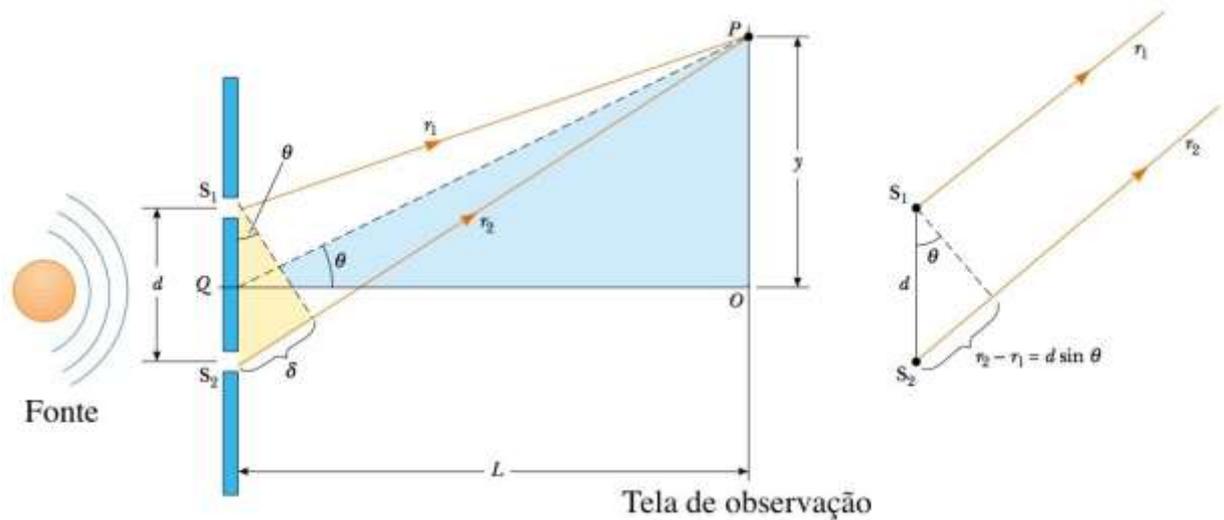
A explicação ondulatória é que as luzes provenientes de S_1 e S_2 se somam na tela interferindo de maneira construtiva ou destrutiva, dependendo da diferença de fase como mostrado nas figuras 3 e 4 abaixo.

Figura 3 - Interferência construtiva e destrutiva das ondas que passam por cada fenda.



Fonte: SERWAY, 2004. p. 76

Figura 4 – A interferência das ondas provenientes de S1 e S2 depende da diferença de fase.



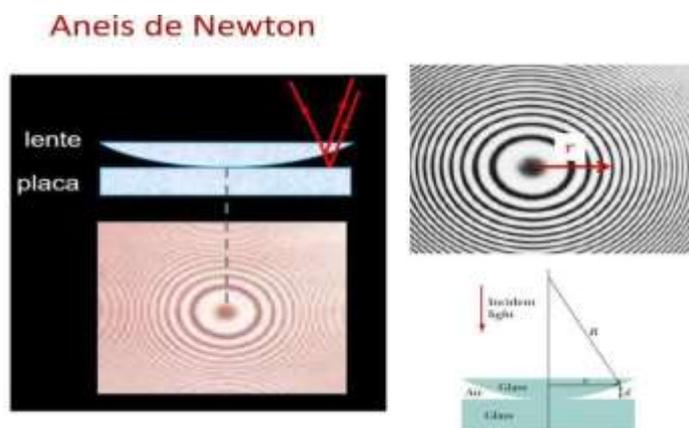
Fonte: SERWAY, 2004. p. 77

4.3 Os Anéis de Newton

Uma das situações muito semelhantes à das cores em películas finas de sabão e óleo ocorre quando colocamos uma lente plano-convexa apoiada sobre uma superfície plana refletora, como uma placa de vidro.

Os raios luminosos quando atravessam a camada de ar que separa a lente da superfície plana, percorre um caminho óptico diferente ocasionando uma interferência construtiva e destrutiva, assim, a figura de interferência formada são anéis claros, em geral coloridos, e escuros, conhecidos como anéis de Newton, que foi observado pela primeira vez por Isaac Newton.

Figura 5 – Os anéis de Newton.



Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/13580849/83/images/13/Anéis+de+Newton+%F0%9D%91%9F.jpg>

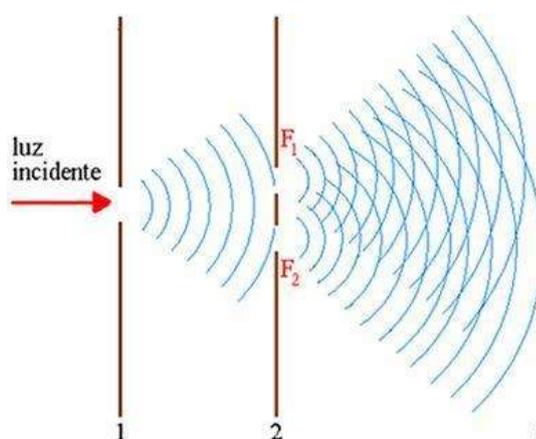
4.4 Difração

A difração é um fenômeno tipicamente ondulatório. Um feixe de luz quando contorna um pequeno orifício e forma em um anteparo alguns pontos luminosos, mostra que a luz sofreu uma difração. Os primeiros trabalhos que descreveram a difração e interferência da luz foram realizados no século XVII pelo físico e jesuíta italiano Francisco Maria Grimaldi (1618-1663). Esse fenômeno pode ser observado tanto pela tendência de contornar obstáculos, aparecendo na forma de franjas claras e escuras, como pela abertura do feixe depois de atravessar uma fenda muito pequena em comparação com o comprimento de onda da luz. A seguir mostraremos a difração em fendas e orifícios.

4.5 Difração em Fendas e Orifícios

Quando ondas de luz passam por um objeto ou passam através de um orifício (ou fenda) existente em um anteparo, ela se desvia e atinge pontos atrás do objeto (ou do anteparo), que não poderiam ser atingidos caso a trajetória fosse retilínea.

Figura 6 – Difração em Fendas e Orifícios.



Fonte: <https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/images/67c1beddd7b14a07592a6a3f5abc3d20.jpg>

Este desvio produzido pela interação entre a onda e o objeto (ou pela interação entre as bordas da fenda e a onda) denomina-se difração. Vamos considerar a largura de uma fenda por b . Se essa largura for muito maior do que o comprimento de onda da luz, não ocorre difração.

Quando a largura da fenda for pequena em comparação com o comprimento de onda da luz, as ondas difratadas pela borda superior do anteparo podem interferir com as ondas difratadas pela borda inferior do anteparo.

Se a figura de interferência formada pela difração destas ondas for estudada nas vizinhanças da fenda, dizemos que se trata da **difração de Fresnel**. Quando o anteparo usado está muito afastado da fenda, dizemos que se trata da **difração de Fraunhofer**.

Uma das situações mais simples que podemos analisar sobre a difração da luz é a difração de Fraunhofer que é produzida por um feixe de luz monocromática que atravessa uma fenda estreita. Joseph von Fraunhofer (1787-1826) foi físico e um óptico alemão que trabalhou como aprendiz na fabricação de espelhos e lentes de uma empresa em Munique.

Em um determinado ano, a empresa onde ele trabalhava desabou sobre ele, que felizmente sobreviveu e como apoio financeiro, recebeu uma indenização e que em 1811 tornou-se diretor dessa empresa.

O principal objetivo do trabalho de Fraunhofer era produzir lentes acromáticas (que não sofrem aberração cromática) de boa qualidade que durante suas pesquisas com vidro, descobriu que o espectro solar estava repleto de linhas escuras muito finas onde chegou a determinar 600 dessas linhas chegando a conclusão de que essas linhas eram uma característica da radiação solar.

A difração na fenda produz uma figura de difração que apresenta uma sucessão de franjas de interferência formando faixas paralelas claras e escuras. A condição para a determinação dos mínimos (interferência destrutiva) da figura de difração é dada por:

$$b \sin \theta = m\lambda; \quad (4)$$

onde $m = 0, 1, 2, \dots$

Os máximos estão situados, aproximadamente, no meio de dois mínimos consecutivos. A amplitude do campo elétrico sobre os pontos do anteparo é dada por:

$$E_{\theta} = E_m \frac{\text{sensen } n\theta}{\theta} \quad (5)$$

Elevando ao quadrado a expressão (5) e lembrando da definição de intensidade luminosa, obtemos a intensidade luminosa para os pontos do anteparo

$$E_{\theta} = E_m \left(\frac{\text{sensen } n\theta}{\theta} \right)^2 \quad (6)$$

A equação (6) é resultado da definição da intensidade luminosa I relacionada com a amplitude do campo elétrico. Na expressão (4) o ângulo θ é dado por:

$$\theta = \text{sen} \text{ sen } \theta \frac{\pi b}{\lambda} \quad (7)$$

Para um orifício circular podemos admitir a condição de **Fraunhofer**. Seja d o diâmetro do orifício para o primeiro mínimo a posição é aproximadamente dada por:

$$\text{sen} \text{ sen } \theta = 1,22 \frac{\lambda}{d} \quad (8)$$

4.6 Polarização por Reflexão e Absorção

Toda onda transversal pode ser polarizada. A absorção, a reflexão, a dupla refração e o espalhamento são os fenômenos físicos mais usados para a obtenção de um feixe de luz polarizada a partir de um conjunto de onda não polarizada (Se esta luz atravessar um dispositivo especial, denominado polaroide, a vibração do campo elétrico terá uma direção característica determinada pelo polaroide, resultando em luz linearmente polarizada). A polarização por absorção seletiva é realizada através de placas polarizadoras especiais.

Uma placa polarizadora funciona como um filtro, deixando passar somente os componentes do campo elétrico da luz que sejam paralelos a uma direção característica da placa polarizadora.

Qualquer que seja a natureza da luz incidente (luz não polarizada, luz plano-polarizada, luz elipticamente polarizada ou luz circularmente polarizada), **a luz emergente da placa polarizadora está sempre plano-polarizada com o campo elétrico paralelo a uma direção característica da placa polarizadora.**

As placas polarizadoras mais usadas na prática são obtidas mediante o uso de lâminas de materiais plásticos (polímeros especiais) geralmente chamados polaroides. Um polaróide é, em geral, fabricado em forma de placa circular.

Interpondo-se uma segunda lâmina de polaroide na direção de propagação do feixe que emerge de uma primeira placa polarizadora, verifica-se que a intensidade da luz emergente do segundo polaróide é dada por:

$$I = I_0 \cos^2 \theta \quad (9)$$

Em que I_0 é a intensidade do feixe que incide sobre o segundo polaróide (que neste caso funciona como analisador) e I é a sua intensidade do feixe que também é conhecida com o nome de

“**Lei de Malus**” (relação 9) que emerge deste analisador sobre a primeira placa polarizadora.

O analisador possui neste caso uma direção característica, formando um ângulo θ com a direção característica do polarizador.

5 O SCRATCH

O Scratch é um programa desenvolvido pelo Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT, experiente no desenvolvimento de ferramentas educativas para crianças na idade escolar) e pelo grupo KIDS da Universidade da Califórnia, Los Angeles.

Scratch é um novo contexto de programação visual e multimídia baseado em Scratch. Está destinado à criação e promoção de sequências animadas para a aprendizagem de programação de forma simples e eficiente. Oferece uma interface intuitiva e muito fácil de compreender.

No Scratch é possível trabalhar com imagens, fotos, música, criar desenhos, mudar aparência, fazer com que os objetos interajam... Sua programação é inteiramente visual. Ele recupera o modelo construtivista do Logo e dos E-Toys Squeak.

Os destinatários do Scratch são crianças do ensino fundamental, permitindo a construção de animações, trabalhando também, numa abordagem interdisciplinar, ou seja, utilizar conceitos das disciplinas escolares para montar projetos específicos e permitir que as crianças aprendam de forma criativa e saborosa.

Figura 7 - Produção do OA na interface do Scratch.



Fonte: <https://scratch.mit.edu/>

Como utilizar o Scratch:

<https://planetcode.com.br/como-usar-o-scratch/>

6 METODOLOGIA

A metodologia trabalhada teve como embasamento teórico algumas referências que foram pesquisadas no qual o assunto deste trabalho não tinha uma abordagem conceitual. O desenvolvimento das atividades foi realizado entre professores de duas escolas pública e privada (EEFM Mário Hugo Cidrack do Vale e Colégio Professor Francisco Eurídice) situados no município de Fortaleza-CE. A tabela abaixo mostra as etapas da metodologia que será utilizada nesta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com 8 professores atuantes no ensino médio de algumas escolas públicas e privadas, localizadas no município de Fortaleza -CE. Para o desenvolvimento do trabalho, foi proposto a utilização da ferramenta virtual Scratch bem como algumas atividades experimentais. Os dados foram analisados através de um questionário com perguntas objetivas.

Tabela 2 - Etapas da pesquisa.

Etapas	Atividades	Ambiente	Material	Tempo de Duração
1 ^a	Aplicação do questionário Apresentação do programa <i>Scratch</i>	Virtual (Email)	Computador	(3 dias / 6h)
2 ^a	Utilização da ferramenta <i>Scratch</i>	Virtual (Email)	Computador	(2 dias / 4h)

Tabela 2. Fonte do autor.

7 PROPOSTA DE ENSINO

Nossa proposta é fazer uma análise qualitativa e quantitativa dos conceitos ondulatórios da luz com alguns professores atuantes em escolas públicas e privadas no município de Fortaleza - CE. Nessa proposta, aplicamos um questionário com perguntas voltadas sobre o uso da ferramenta virtual *Scratch* com o intuito de diagnosticar a inserção desse ambiente como método de avaliação.

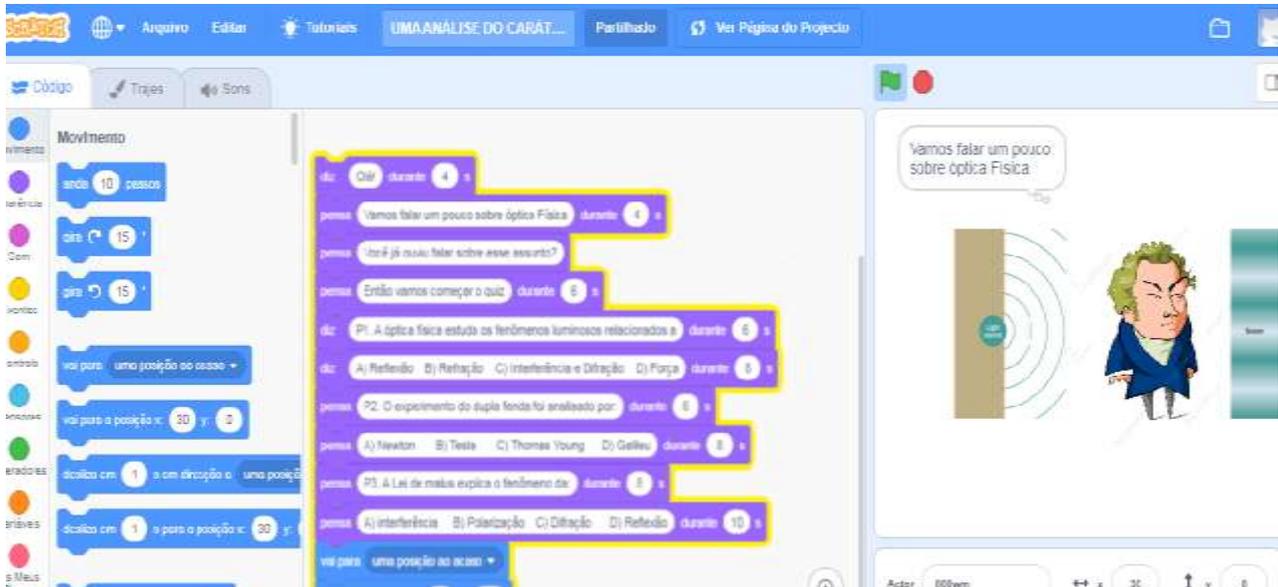
Nesta etapa, será utilizado o *Scratch* e elaborado um quiz sobre “ A NATUREZA ONDULATÓRIA DA LUZ” no qual os professores poderão criar o seu próprio quiz dentro do software virtual de aprendizagem (OA) que pode ser acessado no seguinte endereço: <https://scratch.mit.edu/> . Nesta próxima etapa, os professores poderão conceber um OA (objeto de aprendizagem) acerca dos conceitos de Interferência, Difração e Polarização da luz.

Na última etapa, será realizada a parte experimental que será dividida em análise qualitativa e quantitativa através de roteiros. A abordagem experimental dessa proposta pode proporcionar ao aluno uma vivência prática e consolidar o conteúdo aprendido em sala de aula com uma visão mais

abrangente através de um experimento de baixo custo.

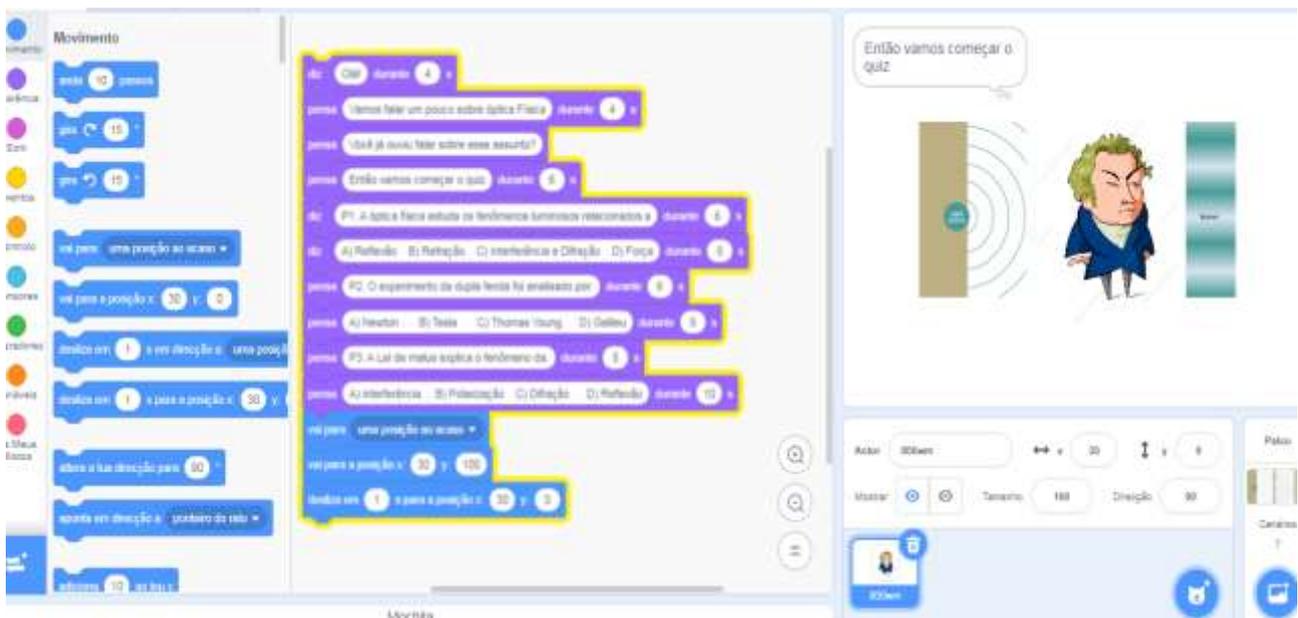
7.1 O Quiz no Scratch

Figura 8- Criação do quiz na interface interna do Scratch.



Fonte: <https://scratch.mit.edu/>

Figura 9 – Testagem do quiz no Scratch.



Fonte: <https://scratch.mit.edu/>

7.2 Determinando o comprimento de onda da luz

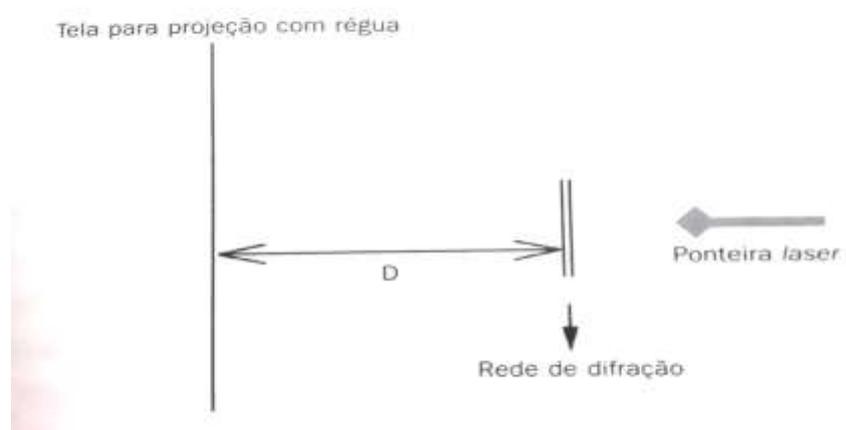
Materiais

- 1 ponteira laser ($\lambda = 6300 \text{ \AA}$ à 6800 \AA , valores fornecido pelo fabricante);
- Cílios postiços;
- Pente fino;
- Redes de difração de 100 fendas /cm e 530 fendas /mm.

Procedimentos

Projete um feixe de luz de uma ponteira laser em uma parede ou tela de projeção e depois coloque na frente do feixe os obstáculos listados a seguir (Figura 10). Verifique as semelhanças e diferenças entre eles.

Figura 10 – Tela para projeção com régua.



Fonte: Física Moderna Experimental, 2007, p. 35

- Fio de cabelo;
- Cílios postiços;
- Pente fino;
- Rede de difração de 100 fendas / cm (CD);
- Rede de difração 530 fendas /mm (Podemos encontrar no mercado livre).

Assim como o fenômeno da interferência, a difração é um fenômeno que ocorre exclusivamente com ondas. A difração ocorre quando uma onda contorna um ou mais obstáculos, mudando sua direção de propagação. Ao sofrerem a difração, as ondas luminosas invadem a zona

de sombra geométrica e, após contornarem os obstáculos e atingir um anteparo, produzem interferências construtivas e destrutivas.

Ao incidir na parede, o feixe de luz da ponteira laser produz um único ponto, mas após atravessar os cílios postiços, produz vários pontos próximos entre si e irregularmente espaçados, pois os pelos dos cílios estão distribuídos de forma irregular.

Já com o fio de cabelo e com as redes de difração, os pontos de interferência guardam entre si uma distância idêntica e simétrica em relação ao ponto central. Além disso, quanto menor é o espaçamento entre as fendas, isto é, quanto mais próximo do comprimento de onda λ da luz, maior é o poder de separação da rede.

Por isso, a difração luminosa não é observada com muita facilidade no cotidiano, pois os obstáculos são, em geral, muito maiores que os comprimentos de onda da luz.

É possível observar o primeiro ponto de interferência construtiva mais próximo do ponto central e com maior intensidade quando $n = 1$ (primeira ordem), o segundo ponto mais próximo e com menor intensidade quando $n = 2$, e assim por diante.

Utilizando os dados da Figura 11 e a lei da interferência ($n \lambda = d \text{ sen}\theta$) para determinar o comprimento do feixe de laser.

Figura 11 - Desvios observados na tela utilizando uma rede de 100 fendas / cm.



Fonte: Física Moderna Experimental, 2007, p. 37

$$n \lambda = d \text{ sen}\theta$$

d : distância entre os sulcos da rede 1 / 100 cm

n : ordem espectral (1)

D : distância da tela à rede

x : desvio observado na régua para o feixe de laser na primeira ordem espectral

$$\text{sen}\theta = \frac{x}{\sqrt{x^2 + D^2}} \quad (10)$$

Substituindo os valores obtidos, o comprimento de onda (aproximar o expoente de D) do feixe do laser é:

$$\lambda =$$

Em seguida, repetimos a medida anterior utilizando, agora, uma rede de difração de 530 fendas / mm (Figura 11). Determinar o comprimento de onda do feixe de laser por meio desses resultados, considerando:

D = 40 cm

Rede de difração de 530 fendas / mm

Resultados obtidos para o valor do comprimento de onda

$$\lambda' =$$

Faça uma comparação entre os resultados obtidos nos dois casos e compare com o valor λ fornecido pelo fabricante da ponteira laser.

Verificando a Lei de Malus

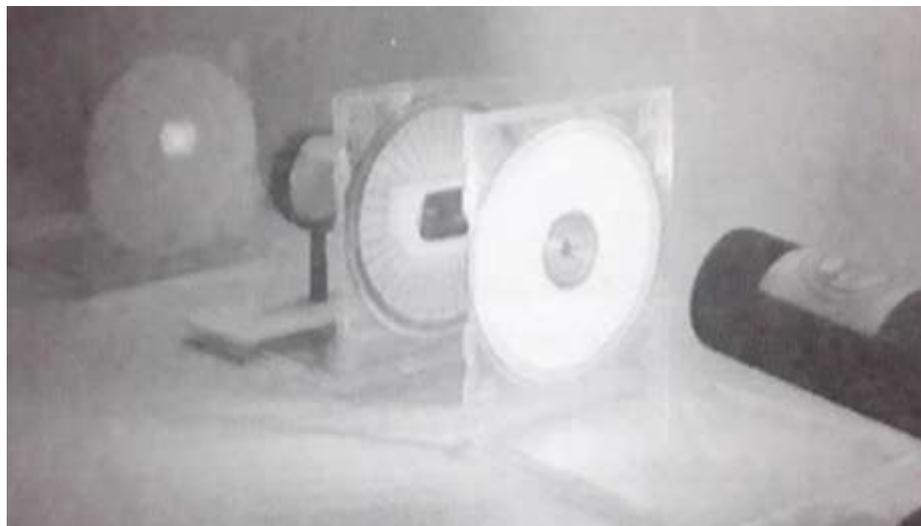
Materiais

- 1 fonte de luz com uma lâmpada incandescente;
- 1 lente convergente;
- 1 tela de projeção;
- 2 placas polaroides (filtro de óculos escuro).

Para verificar se houve realmente a polarização do feixe de luz, podemos utilizar uma segunda placa polarizadora (nesse caso, chamada de analisadora), colocada paralelamente à primeira (Figura 12).

Ao girar a placa analisadora em torno do eixo de propagação, podemos observar que a intensidade da luz transmitida se anula quando sua direção de polarização fica perpendicular à direção de polarização da primeira placa.

Figura 12 – Montagem experimental da lei de Malus.



Fonte: Física Moderna Experimental, 2007, p. 53.

Se chamarmos de E_m a amplitude do campo elétrico da onda que incide na placa analisadora, em que $\cos\theta$ é o componente que atravessa, sendo θ o ângulo entre as direções de polarização das placas. Sabemos que a intensidade da luz é proporcional ao quadrado da amplitude, podemos, então, concluir que o componente que é:

$$I = I_m \cos^2\theta \quad (11)$$

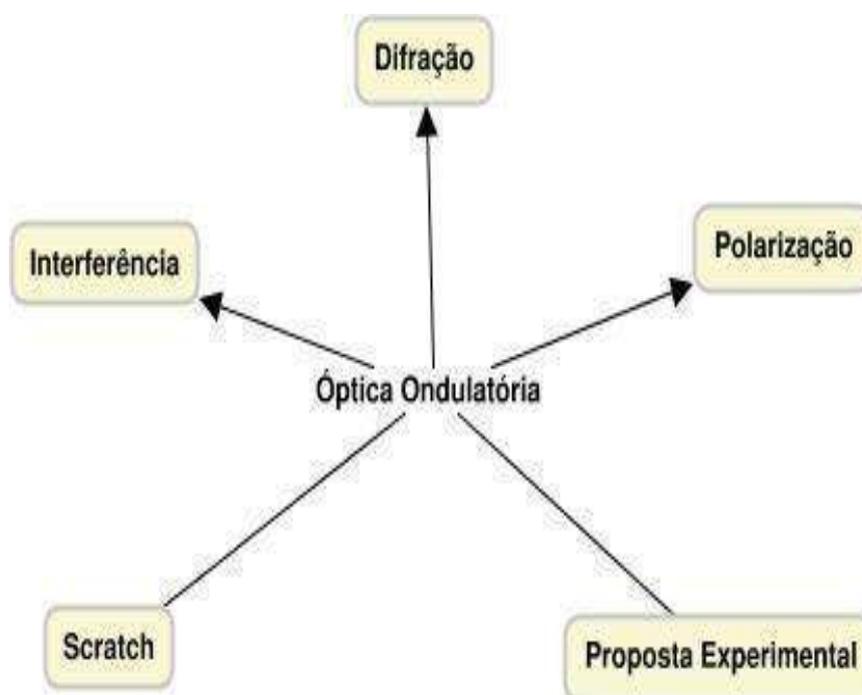
Isto é, a intensidade da luz transmitida é máxima ($I = I_m$) quando $\theta = 0^\circ$ ou 180° , é nula quando a placa analisadora é girada de $\theta = 90^\circ$. Essa equação foi descoberta por Étienne Louis Malus, em 1809, e por isso recebe o nome de Lei de Malus.

Para verificar o que ficou de aprendizado para o aluno, eles responderam um questionário com algumas perguntas relativas ao tema abordado nas quatro atividades e o professor deverá acompanhar as respostas dadas por cada aluno a fim de ter como produto final o aprendizado que segundo Paulo Freire:

O risco da investigação não está em que os supostos investigados se descubram investigadores, e, desta forma, " corrompam" os resultados da análise. O risco está exatamente no contrário. Em deslocar o centro da investigação, que é a temática significativa, a ser objeto de análise, para os homens mesmos, como se fossem coisas, fazendo-os assim objetos da investigação. A investigação temática, que se dá no domínio do humano e não no das coisas, não pode reduzir-se a um ato mecânico. Sendo processo de busca, de conhecimento, por isto tudo, de criação, exige de seus sujeitos que vão descobrindo, no encadeamento dos temas significativos, a interpenetração dos problemas. (Freire, Paulo 2011, p.138.).

A Figura 13 abaixo ilustra a metodologia das atividades propostas nessa pesquisa, bem como a parte experimental e virtual. Para a montagem desse esquema, foi utilizado o ambiente virtual Cmaptools.

Figura 13 - Esquema das atividades experimental e virtual.



Fonte: <https://cmap.ihmc.us/cmaptools/>

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O questionário foi aplicado com 10 professores atuantes em escolas públicas e privadas no município de Fortaleza - CE. O questionário teve como foco principal verificar como os docentes utilizam a ferramenta virtual de aprendizagem no ensino de Física na rede básica da educação.

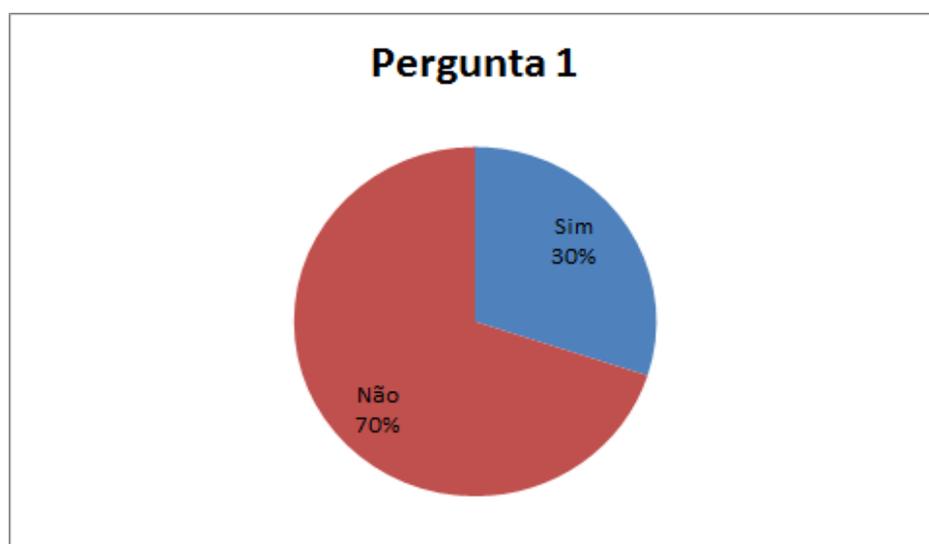
P1. Você já utilizou o *Scratch* em suas aulas de Física?

Sim 70%

Não 30%

Justifique :

Gráfico 1 - Análise percentual da pergunta 1



Fonte: da pesquisa

Os resultados obtidos na pesquisa permitiram-nos observar que a maioria dos docentes (atuantes em escolas públicas e privadas do município de Fortaleza- Ce) conheciam o Scratch e que ele poderia ser utilizado como instrumento de avaliação. Sobre a parte experimental, foi possível perceber que na própria formação acadêmica os professores não tiveram aulas práticas de laboratório sobre o tema “Óptica Física” e que o assunto teria um grau de dificuldade acentuado.

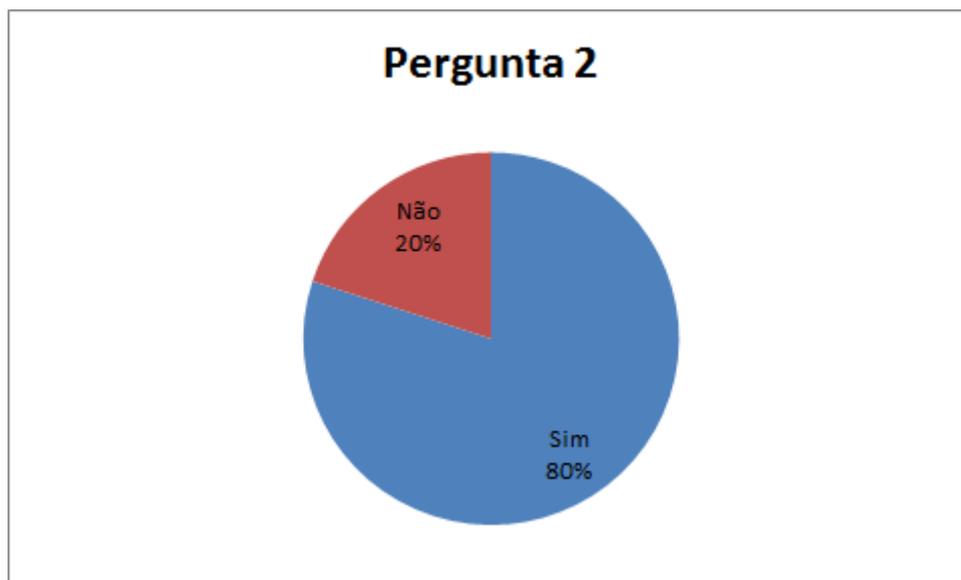
O gráfico acima permite avaliar a utilização do *Scratch* em sala de aula pelos docentes que, por sua vez, indicou um fator positivo pela maioria. Podemos perceber que 70% disseram que já utilizaram a ferramenta virtual em sala de aula, 30% não utilizou ou não conhece e não tivemos a justificativa das respostas. Neste sentido, o *Scratch* pode ser uma ferramenta potencialmente atrativa se for trabalhada de forma planejada e engajada no ensino de Física.

P2. Você já abordou algum tema relacionado à Óptica Ondulatória?

Sim 80%

Não 20%

Justifique :

Gráfico 2 - Análise percentual da pergunta 2

Fonte: da pesquisa

A pergunta 2 teve como objetivo investigar, na concepção dos professores, a abordagem desse tema ou de algum outro relacionado em sala de aula.

Diante do resultado exposto no gráfico acima, alguns professores (80%) já lecionaram algum tópico relacionado a Óptica Ondulatória. Já os 20% nunca lecionaram, isso poderia ser justificado pela carga horária insatisfatória. No tocante a essa pergunta, podemos questionar se houve clareza quanto à pergunta pois poderia gerar dúvida no assunto (Óptica Ondulatória e Óptica Geométrica).

Com isso, podemos perceber que esse assunto na visão docente é visto na maioria dos livros didáticos no capítulo de ondulatória e óptica geométrica através do experimento de Young.

Além disso, vale ressaltar que a contribuição de algum (OA) vai depender da maneira como o professor irá conduzir e elaborar sua aula.

P3. O Scratch pode ser uma estratégia de aprendizagem que possibilite ao estudante ser avaliado?

Sim 85%

Não 15%

Justifique :

Gráfico 3 - Análise percentual da pergunta 3



Fonte: da pesquisa

A pergunta 3 teve como objetivo investigar, na concepção dos professores, a utilização do Scratch avaliação como instrumento de avaliação, seja ela diagnóstica ou parcial. Podemos perceber de acordo com o gráfico acima que 85% dos docentes concordaram com essa pergunta, já o restante (15%) acharam que essa ferramenta não poderia ser utilizada como avaliação.

No decorrer da investigação dessa pesquisa, foi identificado que, com a utilização das tecnologias digitais em sala de aula, deve-se existir uma metodologia apropriada para promover o ensino e aprendizagem adequados.

O uso de objetos de aprendizagem (OA) apresenta muitas vantagens quando comparado à prática real, podendo ser sugerido quando a escola não dispõe de um laboratório de Ciências bem equipados. As atividades experimentais, podem ser atreladas juntamente com as virtuais, logo, o professor pode ser um mediador quanto a escolha das atividades, isso porque nem sempre encontramos todas as atividades virtuais compatíveis com o conteúdo que é ministrado.

P4. Você acha que a Óptica Física poderia ser abordada no ensino médio?

Sim 100%

Não 0%

Justifique:

Gráfico 4 - Análise percentual da pergunta 4



Fonte: da pesquisa

O gráfico acima apresenta um conjunto de resultados positivos, que revela uma aceitação de 100% na abordagem da Óptica Física no ensino médio. O método e a metodologia de ensino não foram relatadas pelos professores, isso pode gerar alguns questionamentos tais como: de que forma esse assunto poderia ser abordado?

A linguagem matemática, qual metodologia de ensino? Para essa pergunta, optou-se em saber dos docentes se esse assunto poderia ser abordado no ensino médio e de que forma, sendo que todos não justificaram sua resposta.

É fácil encontrar, trabalhos voltados à inovação no ensino da Física, que sugerem atividades com modelos experimentais, laboratórios bem equipados ou com equipamentos de baixo custo, a utilização de novas tecnologias, tecnologias da informação e comunicação (TICs) e novas mídias, a utilização de conceitos/experimentos de Óptica Física, Física Moderna e Relatividade na sala de aula de nível básico, a utilização da história e da filosofia da ciência, e algumas mais isoladas, como a sugestão da construção de mapas conceituais e diagramas pelos alunos, ou mesmo trabalhos fazendo a ponte entre arte e ciência (PUGLIESE, 2011; SALEM, 2012).

P5. Na sua formação acadêmica você teve aulas sobre esse assunto (Óptica Ondulatória) de Experimental?

Sim – 60%

Não – 40%

Justifique :

Gráfico 5 - Análise percentual da pergunta 5



Fonte: da pesquisa

O objetivo da pergunta 5 era identificar se os docentes tiveram na sua formação acadêmica aulas experimentais no laboratório de Física sobre esse assunto. A maioria (60%), disse que tiveram aulas experimentais e 40% não tiveram.

Podemos perceber, que a grande maioria dos docentes que lecionam Física, ou não tiveram aulas experimentais na sua formação acadêmica, ou nunca tiveram essa disciplina de forma experimental sem contar a ausência de laboratórios e experimentos de demonstração. Borges (2002), enfatiza a importância da realização das atividades experimentais de baixo custo com materiais simples:

Para a realização de uma atividade prática não há necessidade de um ambiente próprio, podendo ser desenvolvida em qualquer sala de aula, especialmente as idealizadas com materiais simples, de baixo custo.

A prática experimental pode ser um momento de reflexão e discussão. “As atividades experimentais possibilitam ao professor gerar questionamentos, dúvidas e problematizar o conteúdo que pretende-se ensinar e contribuir para a construção de hipóteses” (PARANÁ, 2008, p.72).

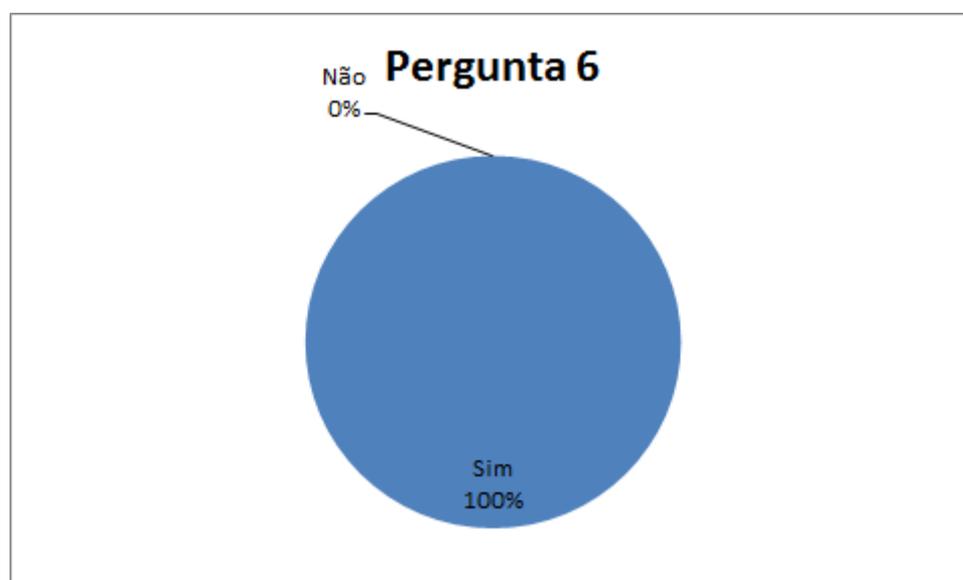
P6. Você acha que em algumas aulas de Física seria possível adaptar os conteúdos utilizando uma ferramenta virtual como o Scratch?

Sim 100%

Não 0%

Justifique :

Gráfico 6 - Análise percentual da pergunta 6



Fonte: da pesquisa

A pergunta 5 do questionário, visava investigar se os professores achavam que seria possível adaptar alguns conteúdos da Física utilizando o *Scratch*. Mais uma vez, todos concordaram (100%) com essa pergunta. Além disso, vale ressaltar que a contribuição de qualquer ferramenta virtual que auxilie o professor em sala de aula, vai depender da metodologia de como o professor irá conduzir sua aula a fim de obter seus objetivos.

Dessa forma, é possível perceber que, o *Scratch* mesmo que seja uma plataforma que estimule o aprendizado do aluno (programação básica), o professor é responsável pela criação das simulações, dos textos ou até mesmo um “Quiz” dentro da plataforma de maneira a propiciar a motivação do aluno.

Neste sentido, Bottentuit (2017) destaca a importância do uso das tecnologias digitais e que por si só, ela não resolve os problemas da educação contemporânea. Sendo assim, devemos ressaltar a importância de uma metodologia adequada em sala de aula e uso de novos objetos de aprendizagem que auxiliem o professor.

P7. Como você avaliaria o grau de dificuldade do tema Óptica Física?

Fácil – 30%

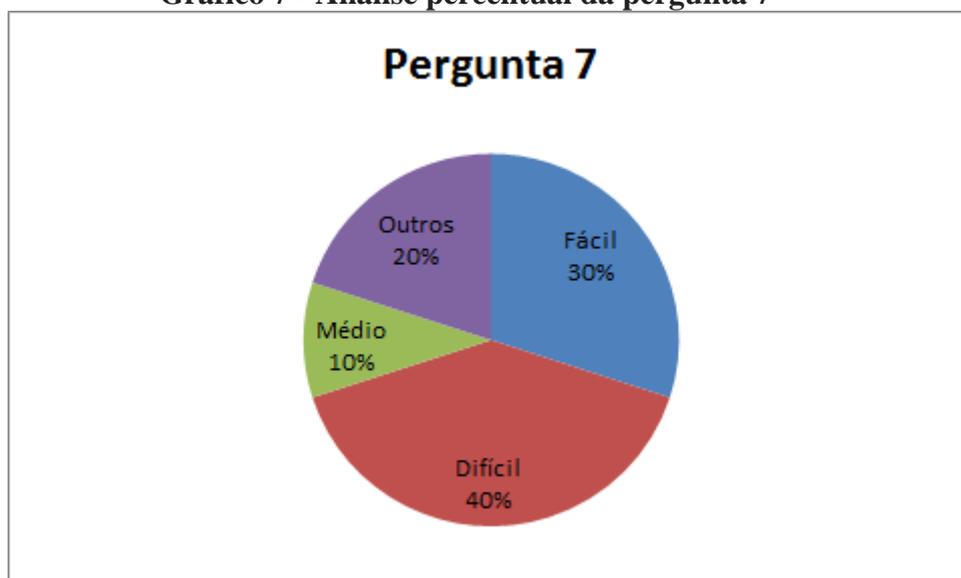
Difícil – 40%

Médio – 10%

Outros – 20%

Justifique :

Gráfico 7 - Análise percentual da pergunta 7



Fonte: da pesquisa

A Pergunta 7 teve como objetivo analisar o grau de dificuldade do tema “Óptica física” na concepção dos docentes que lecionam a disciplina de Física. De acordo com o gráfico acima, tivemos um resultado parcial entre fácil, médio, difícil e outros que não justificaram sua resposta.

O resultado indicou que 30% acharam o assunto fácil, no qual não tivemos a justificativa dessa pergunta, isso poderia gerar um questionamento sobre o que afirmaram será se eles conheciam a diferença entre Ótica Geométrica e Óptica Física (ondulatória)?

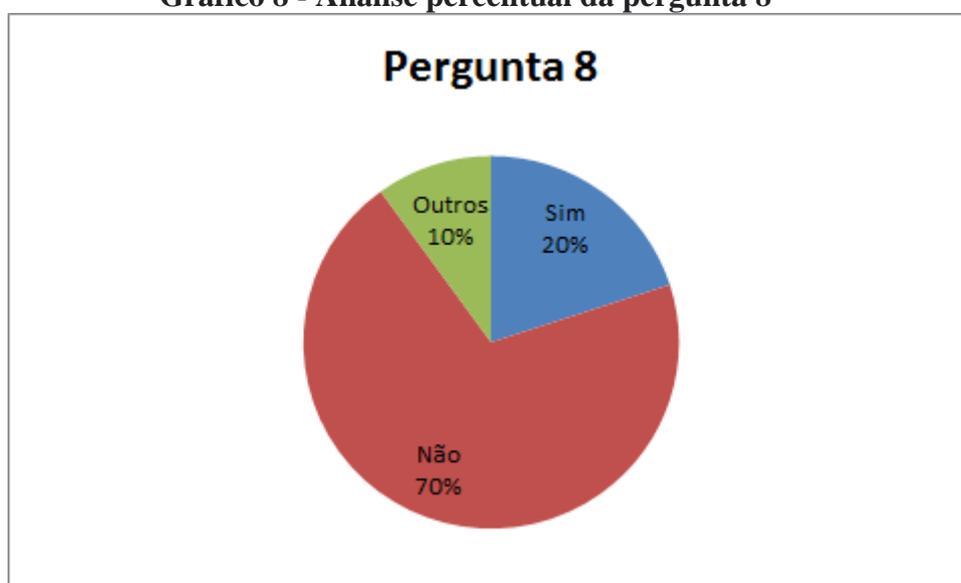
Portanto, percebeu-se que 40% disseram que o grau de complexidade do assunto era difícil. 10% acharam o nível mediano sem apontar nenhuma justificativa acerca da pergunta.

Os outros que não responderam foram de um percentual de 20% também sem mencionar a justificativa da resposta. Portanto, de acordo com os resultados do gráfico acima podemos perceber que o grau de dificuldade de assunto foi relevante na pesquisa.

P8. Você acha que a carga horária é suficiente para trabalhar esse assunto usando uma abordagem experimental?

Sim 20%
 Não 70%
 Outros 10%
 Justifique :

Gráfico 8 - Análise percentual da pergunta 8



Fonte: da pesquisa

A pergunta 8, visava investigar se a carga horária era suficiente para trabalhar esse assunto de forma experimental em sala de aula ou no laboratório de Ciências. Mais uma vez, houve uma imparcialidade nas respostas (sim, não e outros).

70% disseram que a carga horária é insuficiente para abordar esse assunto de forma experimental. Já os 10% não justificaram sua resposta.

Para Vigotski (2001), a realização de uma atividade experimental sobre um determinado conteúdo só possibilita a aprendizagem desse conteúdo se um grupo de alunos contar com a colaboração de alguém que domine esse assunto e oriente a realização dessa atividade em todas as etapas: a exposição de seus objetivos e de seus fundamentos teóricos, a realização da montagem, a adoção dos procedimentos experimentais, a realização das medidas, a análise dos dados, a obtenção de resultados e a apresentação das conclusões.

9 CONCLUSÃO

A utilização das práticas experimentais e os OAs (objetos de aprendizagem), como parte integrante dos processos de ensino e aprendizagem, pode possibilitar uma estratégia a mais no processo de avaliação.

Desta maneira, o presente trabalho tentou desvencilhar momentaneamente alguns paradigmas tradicionais de aprendizagem tais como o uso do quadro branco e pincel.

O questionário aplicado levou em consideração nossas questões de pesquisa e os resultados mostraram que os professores atuantes no ensino médio de instituições públicas e privadas aprovaram a inserção do tema da pesquisa no ensino médio.

No caso da adaptação do *Scratch* em algumas aulas de Física, constatou-se um percentual baixo de aceitação, isso pode ser levado em consideração a questão da carga horária insuficiente nas aulas.

Analisando os gráficos das perguntas 1, 3 e 6, foram comparados a utilização do ambiente virtual, estratégia de avaliação e adaptação do *Scratch* em sala de aula. Pode-se observar um percentual baixo de aceitação em relação ao conhecimento e uso da ferramentas virtual como facilitador para a aprendizagem do aluno.

Espera-se que com este trabalho, o desenvolvimento de projetos educacionais como objetos de aprendizagem OAs (*Scratch*) seja utilizado pela maioria dos docentes de determinadas áreas, não somente a Física isso pode possibilitar um aprendizado satisfatório. Assim como também atividades experimentais de baixo custo que podem ser trabalhadas na própria sala de aula sem levar em consideração o laboratório de Ciências.

Através dos dados coletados, foi possível perceber a existência de adaptação de novos conteúdos no ensino médio. Por outro lado, também pôde ser avaliado uma discrepância no grau de dificuldade do assunto “Óptica Física”.

O desenvolvimento de práticas experimentais de baixo custo pode possibilitar uma transição dos modelos tradicionais de ensino para o construtivismo de forma alternativa em metodologia de ensino de física.

De acordo com Alves (2006), quando o professor introduz os experimentos em sala de aula, ele se vê frente a um novo comportamento dos alunos: mais interessados e participativos. Neste momento, ele poderá optar por uma determinada didática que inclua o uso de atividades experimentais.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, Janice. L.; BARNETT, Mike. Learning physics with digital game simulations in middle school science. **Journal of Science Education and Technology**, United Kingdom, v. 22, n. 6, p. 914-926, 2013.
- ALVES, Valéria. F. **A inserção de atividades experimentais no ensino de Física em nível médio: em busca de melhores resultados de aprendizagem**. 2006. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) - Universidade de Brasília, 2006.
- BOLZAN, Luceli. **Mapas conceituais**. 2009. Disponível em: <http://pasapirangag13.pbworks.com/w/page/14561489/Mapas%20Conceituais>. Acesso em fevereiro de 2017.
- BORGES, Antônio Tarciso. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias: MEC, SEMTEC, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. Aviso 307/97. Encaminha ao CNE a proposta de regulamentação da base curricular nacional e de organização do ensino médio. Brasília: MEC, 1997. mimeo.
- FEYMAN, Phillips. **A estranha teoria da luz e da matéria**. Lisboa: Gradiva, 1992.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 18. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.
- GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física: ondas, óptica, termodinâmica**. São Paulo: Ática, 2013. v. 2.
- GRINSPUM, Miriam P. S. Zippin (org.). **Educação tecnológica: desafios e perspectivas**. São Paulo: Cortez, 1999.
- HEAHT, Macnaughton. **Fundamentals of physics**. Canada, D.C: Heht Canada, 1979.
- HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookmann, 2002.
- MARTÍNEZ, Gutiérrez. Novas tecnologias e o desafio da educação. In: TEDESCO, Juan Carlos (org.). **Educação e novas tecnologias: esperança ou incerteza?** São Paulo: Cortez, 2004.
- MOISÉS, Nussenzveig. **Curso de Física Básica 4: óptica e Física Moderna**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.
- PARANÁ. **Diretrizes Curriculares de Ciências para o Ensino Fundamental**. Curitiba, SEED, 2008.
- RONAN, C, A. **História Ilustrada da ciência**. São Paulo: Círculo do Livro, 1987. 4v.

TIPLER, P.A **Elementary modern physics**. New York: Whort, 1992.

VALADARES, E.C. **Física mais que divertida**. 2. ed. rev. e amp. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

YAMAMOTO, Issao; BARBETA, Vagner Bernal. Simulações de experiências como ferramentas de demonstração virtual em aulas de teoria de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, SBF, v. 23, n. 02, p. 215-225, 2001.

TEDESCO, Juan Carlos (Org.). **Educação e novas tecnologias: esperança ou incerteza?**. São Paulo: Cortez, 2004.

_____; VALENTE, A. B. **Logo: conceitos, aplicações e projetos**. São Paulo: McGraw Hill, 1988.

SETZER, Valdemar W. **Meios eletrônicos e educação: uma visão alternativa**. São Paulo: Escrituras, 2001.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT JR, John W. **Princípios de Física**. São Paulo: Thomson, 2000. v. 4.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO APLICADO AOS DOCENTES



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ

QUESTIONÁRIO DE ENSINO

UMA ANÁLISE DO CARÁTER ONDULATÓRIO DA LUZ NO ENSINO MÉDIO COMO FERRAMENTA DE ENSINO

Elaboração: CLEITON MARCELINO DE SOUSA JÚNIOR

Perguntas aos docentes atuantes nas escolas públicas e privadas.
De acordo com a prática virtual e experimental responda as
perguntas de 1 a 8.

P1. Você já utilizou o Scratch em suas aulas de física?

Sim () Não () Outros ()

Justifique :

P2. Você já abordou algum tema relacionado à Óptica Ondulatória?

Sim () Não () Outros ()

Justifique :

P3. O Scratch pode ser uma ferramenta mediadora no ensino da Óptica Ondulatória?

Sim () Não () Outros ()

Justifique :

P4. Você acha que a Óptica Física poderia ser abordada no ensino médio?

Sim () Não () Outros ()

Justifique :

P5. Na sua formação acadêmica você teve aulas sobre esse assunto (Óptica Ondulatória) de Experimental?

Sim () Não () Outros ()

Justifique :

P6. Você acha que em algumas aulas de Física seria possível adaptar os conteúdos utilizando uma ferramenta virtual como o Scratch?

Sim () Não () Outros ()

Justifique :

P7. Como você avaliaria o grau de dificuldade do tema Óptica Física?

Fácil () Difícil () Médio () Outros ()

Justifique :

P8. Você acha que a carga horária é suficiente para trabalhar esse assunto usando uma abordagem experimental?

Sim () Não () Outros ()

Justifique: