



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS BLUMENAU
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Giancarlo Schlüter

Sequência Didática para o ensino da óptica física

Blumenau

2023

Giancarlo Schlüter

Sequência Didática para o ensino da óptica física

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Esley Scatena Gonçalves

Blumenau

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Schlüter, Giancarlo
Sequência Didática para o ensino de óptica física /Giancarlo Schlüter ; orientador, Esley Scatena Gonçalves, 2023.
116 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Blumenau, 2023.

Inclui referências.

1. Ensino de Física. 2. Óptica Física. 3. Interferência. 4. Difração. 5. Ondas. I. Gonçalves, Esley Scatena. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. III. Título.

Giancarlo Schlüter

Sequência Didática para o ensino da óptica física

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 30 de junho de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Esley Scatena Gonçales
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Daniel Almeida Fagundes
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dra. Agueda Maria Turatti
Universidade Federal do Rio Grande

Certificamos que esta é a versão original e final de trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Dr. Esley Scatena Gonçales
Orientador (a)

Blumenau, 2023

À minha esposa Janaina que sempre esteve ao meu lado em todos momentos desafiadores de minha vida, sempre me auxiliando, compreendendo e apoiando.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao universo cósmico por ter me propiciado saúde e determinação durante esses anos de mestrado, que coincidiram com a Pandemia Covid 19, sem nunca desanimar e esmorecer nos estudos.

À minha amada esposa e Mestre Janaina que sempre acreditou e incentivou esse sonho, nunca poupando incentivos e amparo.

Gratifico também meu grande amigo e agora Mestre Professor Marcos de Oliveira que trilhou junto comigo esse caminho árduo, porém extremamente recompensador.

Ao meu grande amigo de vida Professor e Mestre Joceli Fabrício Coutinho (Pipo) que sempre acreditou e nesse sonho agora realizado.

Um reconhecimento especial a meus pais que nunca pouparam esforços para me fornecerem uma educação de qualidade, culminando nessa pessoa dedicada, disciplinada e justa que me tornei.

Reconheço e agradeço ainda meu professor e orientador Dr. Esley Scatena Gonçalves que sempre esteve disponível em me atender e orientar nessa dissertação. Nunca poupando sua gentileza, preocupação e cuidado na criação de um eficaz produto educacional.

Remeto ao PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF - UFSC - CAMPUS BLUMENAU meu último agradecimento pela organização e qualidade de ensino público e gratuito.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

“É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não literal e não arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva” (MOREIRA, 2010, p. 2).

RESUMO

A presente dissertação desenvolve-se num conjunto de atividades planejadas e combinadas com o intuito de elaborar uma sequência didática. Sua escolha está fundamentada no sociointeracionismo de Vygotsky, onde o conhecimento prévio dos alunos é preponderante, bem como a problematização, a reflexão e a interação dos subsunçores que facilitam a inserção de novas informações.

Os conceitos norteadores da SD foram a difração e interferência de uma onda mecânica e eletromagnética, cujo foco principal foi o de fazer com que os alunos no decorrer dos módulos concluíssem que a luz é uma onda e possui parâmetros e propriedades similares a uma onda mecânica em uma cuba de água.

Envolveram-se nesse produto educacional os alunos do 1º ano do Ensino Médio/Itinerário do Colégio COC BLUMENAU. Sua aplicação ocorreu no período matutino e foi dividido em cinco módulos (semanas) compostos de duas aulas cada. Totalizando dez aulas no total. Os encontros semanais foram planejados de tal maneira, que os alunos tivessem uma crescente no entendimento dos fenômenos demonstrados no primeiro encontro. Os discentes passaram pela elaboração de experimentos de baixo custo, utilização de simuladores, listas de exercícios, culminando na medição da espessura de um fio de cabelo. O produto educacional não necessitou de alterações mesmo ocorrendo em tempos de pandemia da COVID-19, sendo de forma presencial e quando ela estava controlada.

Toda sequência didática foi registrada por fotos, vídeos e gravações que foram coletadas pelo autor do produto educacional. Ficou evidente, seja na aplicação de questionários, no uso de simuladores ou na elaboração dos experimentos, que os grupos estavam plenamente envolvidos no projeto dedicando-se plenamente na sua execução e contribuindo intensamente para o sucesso desse produto educacional.

Palavras-chave: Ensino Médio; Sequência Didática; Difração; Interferência; Óptica Física.

ABSTRACT

The present dissertation is developed in a set of activities planned and combined with the intention of elaborating a didactic sequence. Its choice is based on Vygotsky's sociointeractionism, where the students' prior knowledge is preponderant, as well as the problematization, reflection and interaction of subsumers that facilitate the insertion of new information.

The guiding concepts of the SD were the diffraction and interference of a mechanical and electromagnetic wave, whose main focus was to make the students, during the modules, conclude that light is a wave and has parameters and properties similar to a mechanical wave in a vat of water.

The students of the second year of high school at COC-Blumenau College were involved in this didactic product. Its application took place in the morning and was divided into five modules (weeks) composed of two classes each, totaling ten classes. The weekly meetings were planned in such a way that the students had a growing understanding of the phenomena demonstrated in the first meeting. The students went through the elaboration of experiments, use of simulators, lists of exercises, culminating in the measurement of the thickness of a strand of hair. The educational product did not require changes even in times of the COVID-19 pandemic, being in person and when it was under control. Every didactic sequence was recorded by photos, videos and recordings that were collected by the author of the didactic product. It was evident, whether in the application of questionnaires, in the use of simulators or in the elaboration of experiments, that the groups were fully involved in the project, dedicating themselves fully to its execution and contributing intensely to the success of this didactic product.

Keywords: High School; Didactic Sequence; Diffraction; Interference; Optics;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Elementos de uma onda.....	29
Figura 2 – Configurações de uma onda.....	29
Figura 3 – Onda Eletromagnética.....	30
Figura 4 – Duas fendas ideais.....	31
Figura 5 – Campo distante.....	31
Figura 6 – Duas fendas.....	32
Figura 7 – Interferência Fresnel.....	34
Figura 8 – Desenho fenda simples.....	35
Figura 9 – Intensidade de uma onda.....	36
Figura 10 – Intensidade de uma onda no ponto x.....	36
Figura 11 – Onda plana/fenda/anteparo.....	38
Figura 12 – Princípio de Babinet.....	39
Figura 13 – Disposição do experimento.....	47
Figura 14 – Cuba e fenda de 1,0 cm.....	47
Figura 15 – Cuba e fenda de 2,0 cm.....	48
Figura 16 – Cuba e fenda.....	48
Figura 17 – Cuba e fenda de 4,0 cm.....	49
Figura 18 – Cuba e obstáculo de 1,0 cm.....	49
Figura 19 – Montagem do experimento laser/obstáculo.....	50
Figura 20 – Montagem do experimento laser e fio de cabelo.....	51
Figura 21 – Montagem do experimento laser e lápis.....	51
Figura 22 – Espectro Eletromagnético.....	55
Figura 23 – Forno de micro-ondas na sala de aula.....	55
Figura 24 – Meio comprimento de onda.....	56
Figura 25 – Frequência do micro-ondas.....	57
Figura 26 – Barra de Chocolate e aluna.....	57
Figura 27 – Simulador de ondas.....	58
Figura 28 – Alteração dos parâmetros.....	59
Figura 29 – Cálculo da velocidade da onda sonora.....	59
Figura 30 – Interferência construtiva.....	60
Figura 31 – Interferência destrutiva.....	60

Figura 32 – Difração.....	61
Figura 33 – Vídeo da difração.....	61
Figura 34 – Interferência destrutiva.....	62
Figura 35 – Interferência parcial.....	63
Figura 36 – Interferência parcial II.....	63
Figura 37 – Experimento feito pelos alunos.....	64
Figura 38 – Equação para espessura da fenda/obstáculo.....	65
Figura 39 – Franjas.....	65
Figura 40 – Cálculo da espessura.....	66
Figura 41 – Valores encontrados.....	66
Figura 42 – Grupos, mestrando em física e professor orientador.....	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Organização das aulas, seus procedimentos metodológicos e objetivos que integram a sequência didática.....	40
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Questão 1.....	52
Tabela 2 – Questão 2.....	52
Tabela 3 – Questão 3.....	53
Tabela 4 – Questão 4.....	53
Tabela 5 – Questão 5.....	53
Tabela 6 – Dados coletados.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
SD	Sequência Didática
TASC	Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
UEPS	Unidades de Ensino Potencialmente Significativas
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 - POR QUE ESTUDAR ONDULATÓRIA?	16
1.2 - OBJETIVOS GERAIS	18
1.3 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3 REVISÃO DOS CONCEITOS DE FÍSICA	26
3.1 NATUREZA DA LUZ	26
3.2 CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS	27
3.3 INTERFERÊNCIA E DIFRAÇÃO DA LUZ.....	30
3.3.1 Difração em fenda simples	37
3.3.2 Princípio de Babinet	38
4 CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	40
5 RELATO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	45
5.1 LOCAL DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	45
5.2 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	45
5.2.1 Módulo 01	46
5.2.1.1 - 1ª Aula	46
5.2.1.2 - 2ª Aula	50
5.2.2 - Módulo 02	52
5.2.2.1 - 3ª Aula	52
5.2.2.2 - 4ª Aula	54
5.2.3 - Módulo 03	54
5.2.3.1 - 5ª Aula	54
5.2.3.2 - 6ª Aula	55
5.2.4 - Módulo 04	58
5.2.4.1 - 7ª Aula	58
5.2.4.2 - 8ª Aula	60
5.2.5 - Módulo 05	64
5.2.5.1 - 9ª e 10ª Aulas.....	64
6 ANÁLISE QUALITATIVA DOS RESULTADOS	68

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
REFERÊNCIAS.....	73
APÊNDICE – PRODUTO EDUCACIONAL	75

1 INTRODUÇÃO

É comum associarmos ondas ao fenômeno de oscilação existente no mar, numa piscina ou em uma superfície qualquer, pois nossos sentidos mais primitivos corroboram essa percepção. Uma pessoa que não tenha tido uma iniciação científica mínima teria dificuldade em fazer paralelos entre esses exemplos de onda com o som ou a luz. Conhecer as propriedades da luz nos possibilita explicar o funcionamento do olho humano, dos telescópios, microscópios, câmeras, óculos ou simplesmente entendermos como se forma um arco-íris, ou o porquê do céu ser azul. Inúmeras inovações modernas são explicadas pelos princípios da óptica, como a fibra óptica, hologramas entre outros.

1.1 - POR QUE ESTUDAR ONDULATÓRIA?

Nossa sociedade nunca esteve tão inserida entre aparelhos que se utilizam de radiações eletromagnéticas. Celulares, fornos de micro-ondas, *bluetooth*, Wi-fi, controles remotos infravermelho, são apenas alguns exemplos de tecnologias que utilizam diferentes faixas de frequência que compõem o espectro eletromagnético. Percebemos claramente que sua aplicabilidade é constante na vida das pessoas, e sua dependência é cada vez maior. É notório que essa avalanche tecnológica tem despertado em nossos alunos um olhar diferente para seu entendimento e sua aplicabilidade. Segundo Valadares,

É imprescindível que o estudante do segundo grau conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional. Daí a importância de se introduzir conceitos básicos de Física Moderna e, em especial, de se fazer uma ponte entre a física da sala de aula e a física do cotidiano. (VALADARES, 1998, p.121).

Nas sociedades atuais, são vários os exemplos e a influência do uso da Tecnologia e da Ciência. É fato que nosso aluno está inserido num contexto social cada vez mais tecnológico. Seja pelo acesso à internet, pelo uso de celulares ou simplesmente pela averiguação de tarefas postadas em plataformas de estudo. Observa-se que para maioria dos discentes a Física que está por detrás dessas tecnologias é totalmente ignorada, seja por omissão ou falta de conhecimento.

Percebemos que o uso da tecnologia atrai significativamente a atenção do aluno, entretanto raramente é ensinado o básico do seu funcionamento. Segundo a Base Nacional Comum Curricular – BNCC, (2017, p. 550) deve-se

apresentar os conhecimentos científicos com construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura.

De acordo com Yves Chevallard (2000, p.30), “o saber ensinado se gasta [...] com o tempo, o saber tratado pelo sistema de ensino envelhece, e um certo dia se percebe que ele se tornou velho em relação à sociedade”. Nosso curriculum está velho, desatualizado e nada interessante retomando as primeiras décadas do século XX (CHIQUETTO, 2011). Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM estabelecem que o Ensino de Física deve ser desenvolvido adequando-o à realidade da escola. Também está claro nos PCNEM a intenção de se dar significado aos conteúdos de Física, relacionando-os ao cotidiano do aluno. Não se trata, portanto, de elaborar novas listas de tópicos de conteúdo, mas, sobretudo, de dar ao Ensino de Física novas dimensões, promovendo um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem (BRASIL, 1999, p. 230).

Encontramos na atual BNCC uma ênfase ao Ensino de Física relacionado a ciência/tecnologia e o meio social. Essa inclinação considera essencial que os alunos percebam os conhecimentos científicos com significância e aplicabilidade.

As teorias de ensino e aprendizagem propõem outras abordagens como pesquisas básicas no Ensino Médio, entretanto com raras exceções, chegam em sala de aula. Infelizmente o modelo ensino-aprendizagem ainda prevalece em nossos sistemas educacionais. Um modelo mecânico que põe o professor como protagonista e os alunos como coadjuvantes na aprendizagem.

Ao ensinarmos sem nos preocuparmos com o que a criança/adolescente sabe, fazemos um esforço em vão pois não há no que se apoiar. “O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso seus ensinamentos” (AUSUBEL, 1968, p. 41).

Com o intuito de colaborar para essa mudança, pequena que seja, sugerimos a construção de uma Sequência Didática em possui elementos de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Essas Unidades são sequências de ensino e aprendizagem fundamentadas teoricamente, direcionadas para a

aprendizagem significativa dos estudantes do 1º ano do Ensino Médio/Itinerário do Colégio COC BLUMENAU.

1.2 - OBJETIVOS GERAIS

- ✓ Trazer o estudo da Óptica Física para o Ensino Médio;
- ✓ Analisar os elementos físicos de uma onda mecânica e, a *posteriori*, eletromagnética;
- ✓ Entender que a luz é uma onda eletromagnética e tem comportamento semelhante às ondas mecânicas.;
- ✓ Verificar o fenômeno de interferência de ondas mecânicas e eletromagnéticas.

1.3 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Conceituar o que é uma onda e as principais grandezas físicas envolvidas na ondulatória;
- ✓ Exemplificar e diferenciar ondas mecânicas e eletromagnéticas;
- ✓ Apresentar os conceitos de amplitude, comprimento de onda e frequência/período em uma onda mecânica;
- ✓ Discutir o fenômeno de interferência e difração para ondas mecânicas e eletromagnéticas;
- ✓ Reconstruir o experimento da fenda simples, possibilitado aos grupos que calculem a espessura de um fio de cabelo e entendam que a luz, nesse experimento, tem um comportamento ondulatório;

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Uma unidade organizada do processo educativo é conhecida como Sequência Didática (SD). Conforme Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004, p. 97), “sequência didática é um conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática, em torno de um gênero textual oral ou escrito”.

É uma maneira de organizar de forma metódica e sequencial uma sequência de atividades. Elas contribuem para a melhoria da educação, principalmente o relacionamento do professor e aluno em relação aos assuntos propostos pela BNCC e adjacências. Segundo Giordan (2008), uma sequência didática é composta por tarefas estruturadas e coordenadas de forma organizada em torno de uma problematização principal.

Sua validação é ordenada através de testes que buscam averiguar o desempenho e a credibilidade de seus resultados. Conforme Guimarães e Giordan (2012), “a validação busca confirmar que o instrumento possui o desempenho que sua aplicação requer e também garantir a confiabilidade de seus resultados”.

Nossa sequência didática está apoiada no sociointeracionismo de Vygotsky, na aprendizagem significativa da Teoria de Ausubel, e nos artigos publicados do professor Marco Antônio Moreira.

Lev Semionovitch Vygotsky, nasceu em Orsha, Moscou no dia 17 de novembro de 1896, foi psicólogo proponente da Psicologia histórico-cultural.

Foi pioneiro nas definições do desenvolvimento intelectual das crianças com sua condição de vida e suas interações sociais. Segundo Vygotsky (1988) o ser humano se constitui como tal através da sua relação com o outro, ou seja, a aprendizagem está no social.

Vale ressaltar, que o social equivale a interação com o meio, como por exemplo: a TV, o computador, o jornal, os livros, os simuladores, os experimentos, entre outros. Vygotsky *et al.* (1988) acredita que as características individuais e até mesmo suas atitudes individuais estão impregnadas de trocas com o coletivo, ou seja, mesmo o que tomamos por mais individual de um ser humano foi construído a partir de sua relação com o indivíduo.

Para Vygotsky a interação do ser, aprendiz, aluno, com o meio que promove o desenvolvimento. Nós interagimos com as pessoas, com os espaços, com o clima,

etc. Dessa interação vamos nos desenvolvendo, entretanto não há um desenvolvimento previsto dentro de nós que vai se atualizando conforme o tempo passa.

O desenvolvimento é um processo que está presente entre o sujeito e o contato com o externo. Conforme Rabello e Passo (2010, p.05) “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 há desenvolvimento previsto dentro de nós que vai se atualizando conforme o tempo passa. O desenvolvimento é um processo em que estão presentes o sujeito e o meio externo, como a cultura e as relações sociais.

Para Vygotsky a aprendizagem e o desenvolvimento formam uma unicidade que se constroem mutuamente.

[...] a aprendizagem não é, em si mesma, desenvolvimento; mas uma correta organização da aprendizagem da criança conduz ao desenvolvimento mental, ativa todo um grupo de processos de desenvolvimento, e esta ativação não poderia produzir se sem a aprendizagem. (VYGOTSKY, 1933/2006, p. 115)

Na aprendizagem a criança usa elementos mediadores para sua interação com o meio. A utilização de signos faz um papel fundamental, pois a partir deles conseguimos fazer relações mentais. Inicialmente os processos psicológicos de aprendizagem são intersíquicos, onde o aluno não associa a imagem ao fenômeno necessitando do professor para fornecer o significado. Entretanto, com o passar das aulas, evoluem para intrapsíquicos em que os alunos conseguem entender o fenômeno sozinho.

Vygotsky afirma na sua obra *Mind in Society*, que o desenvolvimento não ocorre simultâneo à aprendizagem e sim há um desequilíbrio entre os processos. Desse desequilíbrio decorre a Zona de Desenvolvimento Proximal – ZDP, (VYGOTSKY, 1978), significando essencialmente o potencial do aluno.

[...] a característica essencial da aprendizagem é que engendra a área de desenvolvimento proximal, ou seja, que faz nascer, estimula e ativa na criança um grupo de processos internos de desenvolvimento no âmbito das inter-relações com outros, que, na continuação, são absorvidos pelo curso interior de desenvolvimento e se convertem em aquisições internas da criança. (VYGOTSKY, 1933/2006, p. 115)

A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) permite aos educadores a compreensão do curso interno do desenvolvimento, permitindo o uso desse mecanismo para verificar o que o aluno já sabe e o que precisa aprender para chegar à zona de desenvolvimento potencial. Em suma, a ZDP é a ponte que conecta a zona de desenvolvimento real e a de desenvolvimento potencial.

Outro aspecto a ser destacado na concepção de Vygotsky sobre a ZDP refere-se ao fato dela ser frequentemente entendida enquanto algo interno, enquanto particularidade dos sujeitos em interação. Assim, se desenvolvimento é, para este autor, um produto da ação recíproca da maturação do sistema nervoso central (maturação essa decorrente da interação do indivíduo no contexto social e histórico no qual se insere) e da história cultural, a ZDP caracteriza-se pelas funções psicológicas superiores que se encontram em vias de se completarem, que se encontram próximas (de onde o termo "proximal") de se realizarem. Estas funções constituem, portanto, nova base para novas aprendizagens importantes para o momento histórico em que se vive e no qual se participa ativamente (ZANELLA, 1994, p. 97-110).

Para Vygotsky, a ZDP propõe uma “janela de aprendizagem” durante o desenvolvimento cognitivo do aluno que pode ser muito restrita. A ZDP esclarece as funções, conhecimentos, entendimentos que aprimoraram, mas que se encontram ainda no estado inicial. Vygotsky afirma que a intervenção pedagógica atua no desenvolvimento proximal, momento este em que as transformações são mais transformadoras. Seja por meio de experimentos, jogos, participação do educador, intermediação da família ou interferência de um profissional, aparecerá o impulso da ZDP do aluno, ponto este de transformação frequente para a realização da mesma tarefa de forma autônoma.

Os jogos, que em nosso caso é uma sequência didática, estimulam o imaginário, executa atitudes por escolha própria, toma iniciativa, ambienta sua personalidade e estabiliza suas emoções.

Outro teórico que contribuiu significativamente para a elaboração dessa Sequência Didática (SD) foi o estadunidense de Nova York, David Paul Ausubel e sua teoria sobre a aprendizagem. Para Ausubel *et al.* (1980), a aprendizagem significativa é um processo no qual o indivíduo relaciona uma nova informação de forma não arbitrária e substantiva com aspectos relevantes presentes na sua estrutura cognitiva.

Sua pesquisa tem como foco a sala de aula, buscando criar um enfoque aplicável a este ambiente. Quanto mais sabemos, mais aprendemos significativamente, em oposição a teoria Behaviorista que afirma que só é possível

aprender se alguém ensinar. “Se eu tivesse de reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Averigue isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL, 1978, p. IV).

A aprendizagem significativa é um processo em que um novo conhecimento se associa de forma substancial e totalitária a um aspecto expressivo da estrutura cognitiva. Esse processo no qual o conhecimento interage e é ancorado recebe o nome de subsunção. Ausubel sugere a utilização de organizadores prévios, cuja função é apoiar a nova aprendizagem.

Segundo o autor, esses organizadores são informações e recursos introdutórios, cuja função é ligar o que o aluno já conhece com o que realmente deve saber para que ocorra o aprendizado de forma significativa. Sua eficiência será significativa se for apresentado no início das tarefas de aprendizagem.

Para ocorrer a aprendizagem significativa se faz necessário o entendimento da modificação do conhecimento e reconhecer a relevância que os processos mentais têm nesse desenvolvimento. São necessárias duas situações para que a aprendizagem ocorra. Primeiramente o aprendiz/aluno necessita querer aprender, caso prefira somente memorizar o conteúdo a mesma será mecânica. Como segunda condição, o conteúdo a ser aprendido deve ser lógico e psicologicamente significativo. Sua lógica está atrelada a natureza do conteúdo e o significado psicológico ao repertório de cada indivíduo.

No artigo *Aprendizagem significativa subversiva*, Moreira (2006, p.16) afirma que:

No último capítulo de seu livro *Teaching as a subversive activity*, Postman e Weingartner (1969, p. 217) diziam que embora devesse preparar o aluno para viver em uma sociedade caracterizada pela mudança, cada vez mais rápida, de conceitos, valores, tecnologias, a escola ainda se ocupava de ensinar conceitos fora de foco dos quais os mais óbvios eram:

1. O conceito de “verdade” absoluta, fixa, imutável, em particular desde uma perspectiva polarizadora do tipo boa ou má.
2. O conceito de certeza. Existe sempre uma e somente uma resposta “certa”, e é absolutamente “certa”.
3. O conceito de entidade isolada, ou seja, “A” é simplesmente “A”, e ponto final, de uma vez por todas.
4. O conceito de estados e “coisas” fixos, com a concepção implícita de que quando se sabe o nome se entende a “coisa”.
5. O conceito de causalidade simples, única, mecânica; a ideia de que cada efeito é o resultado de uma só, facilmente identificável, causa.
6. O conceito de que diferenças existem somente em formas paralelas e opostas: bom-ruim, certo-errado, sim-não, curto-comprido, para cima-para baixo, etc.
7. O conceito de que o conhecimento é “transmitido” emana de uma autoridade superior e deve ser aceito sem questionamento.

Fica evidente que esse tipo de educação, centrada em conceitos fora de foco, dariam origem a alunos apáticos, permitidores, autoritários, inflexíveis, rigorosos que lutam contra a transformação, mantendo intacta a ilusão da certeza. (POSTMAN e WEINGARTNER, 1969).

Internet das coisas, redes 5G, plataformas de relacionamento social, metaverso são apenas alguns novos elementos da matriz existencial de nossos alunos. Esses novos tempos exigem uma sociedade plural em ideias, atitudes e comportamento. “Tais conceitos deveriam ser promovidos por uma educação que objetivasse um novo tipo de pessoa, com personalidade inquisitiva, flexível, criativa, inovadora, tolerante e liberal [...]” (MOREIRA, 2006, p.16).

Entretanto, a educação ainda evidencia a transmissão de conhecimento sem o estímulo do questionamento. O discurso pedagógico pode ser outro, todavia a prática continua a não incentivar o aluno a lidar com as mudanças e conseqüentemente se adaptar aos novos tempos. No conceito de Moreira (2006), a aprendizagem significativa se caracteriza pela inter-relação do novo conhecimento e o conhecimento prévio.

Nessa seqüência didática o novo conhecimento adquire significado para o aluno e o conhecimento prévio ganha mais relevância. Existem também outros princípios programáticos facilitadores como: “diferenciação progressiva, a reconciliação integradora, a organização sequencial e a consolidação” (AUSUBEL *et al.*, 1978, 1980, 1983) e estratégias facilitadoras como: “organizadores prévios, os mapas conceituais e os diagramas V”. (NOVAK e GOWIN, 1984, 1988, 1996; MOREIRA e BUCHWEITZ, 1993).

Segundo Gowin (1981), só ocorre o aprendizado significativo do aluno se o mesmo aprender de forma não literal ou liberal, pois caso contrário, não ocorrerá a disposição em relacionar de forma cognitiva os significados dos materiais educativos.

No Brasil o Ensino de Física tem grande tradição, seja pelas pesquisas, simpósios, conferências que ocorrem nacionalmente. A pós-graduação em Ensino de Física também existe desde a década de 1980. Temos revistas de pesquisa no Ensino de Física/Ciências, onde a publicação de artigos é possível. Segundo Moreira (2018) temos grandes professores na área do Ensino de Física, excelentes livros, além de oficinas de projetos, todavia esse ensino está em crise (MOREIRA, 2018).

Para Moreira (2018), a confusão entre interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade desvirtua a identidade da Física. Os conteúdos ficam centrados na narrativa do professor criticado por Finkel (1999), na educação bancária de Freire (2007) e na teoria comportamental de Skinner (1972). Esses são alguns fatores que desenvolvem nos alunos uma repudia ao Ensino de Física.

Quais os fatores que levam o Ensino de Física ocorrer dessa forma?

Moreira (2018, p.73) afirma que certamente, são muitas as razões, das quais salienta-se, de imediato, a desvalorização da carreira docente na Educação Básica no Brasil. No discurso, a educação é sempre prioritária; na prática, as condições do trabalho, em muitos casos, são vergonhosas. Baixos salários, muitos alunos, elevada carga horária semanal, falta de apoio na formação continuada, currículos que não passam de uma lista de conteúdos a serem cumpridos, preparação dos alunos para a testagem.

A pesquisa básica gera um impacto muito pouco contundente na sala de aula de Física, visto que os professores não participam da pesquisa e raramente leem sua publicação. Não são incentivados pelas instituições de ensino a serem professores pesquisadores. Outro ponto relevante são as pesquisas que pouco se enquadram no Ensino de Física. (MOREIRA, 2018).

A pesquisa aplicada em contrapartida seria uma boa contribuição para melhorar o Ensino de Física, tendo em vista seu foco em questões práticas.

A testagem é para Moreira (2018), outro fator significativo para a indisposição em aprender o ensino de Física, pois preparam o aluno somente para exames locais, nacionais e internacionais. Os professores são meramente treinadores de alunos para provas, concursos, exames etc. Os alunos passam nas provas e chegam ao Ensino Superior como se nunca tivessem tido contato com a Física do Ensino Médio. Enfim, os alunos são somente testados para respostas a curto prazo.

O questionamento é fato: O que fazer para alterar esse quadro? No contexto atual do século XXI a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação – TICs, são de suma importância no Ensino de Física. Simuladores, laboratórios virtuais, celulares com ênfase nos aplicativos educacionais são apenas algumas ferramentas virtuais com um grande potencial para reverter esse quadro. “O uso das TICs atrelado a outras ferramentas educacionais pode contribuir significativamente para melhoria da relação ensino-aprendizagem”. (MORAES, 2012, p. 06).

De acordo com Moreira (2018), outro fator significativo para alterar esse quadro refere-se a formação dos professores, que na grande maioria prioriza o ensino

tradicional expositivo repleto de listas de problemas. É comum não passar da Física Clássica, não tendo quase nada de Física Moderna e Contemporânea. Entretanto, não é o volume de conteúdos que fará a diferença, mas sim como ensinar esses conteúdos.

A Física está em nosso dia-a-dia, seja nas TICs, na Física Médica, nos modelos físicos que explicam grandemente o mundo em que vivemos. Várias ciências se utilizam de conceitos, princípios, modelos e teorias que têm origem na Física. Logo, aprender Física liberta do senso comum e das interpretações equivocadas dos fenômenos diários (MOREIRA, 2017).

Cabe a nós professores de Física a utilização de situações problemas que façam sentido para os alunos, dessa maneira é possível aumentar os níveis de complexidade e conseqüentemente introduzir novos conhecimentos Físicos. Portanto, as situações propostas e trabalhadas no ensino de Física “devem fazer sentido para os alunos. É claro que situações abstratas, complexas, também devem ser trazidas ao ensino, mas no momento apropriado” (MOREIRA, 2018, p.77).

3 REVISÃO DOS CONCEITOS DE FÍSICA

3.1 NATUREZA DA LUZ

A natureza da luz é um fenômeno complexo que tem sido estudado ao longo da história. Existem duas teorias principais que esclarecem as propriedades da luz. Teoria das partículas e teoria ondulatória.

A teoria das partículas da luz foi proposta pela primeira vez por Isaac Newton no século XVII. De acordo com esta teoria, a luz é composta de partículas chamadas "corpúsculos" ou "fótons". Essas partículas se movem em linhas retas e possuem energia quantizada. A teoria corpuscular explica satisfatoriamente os fenômenos como reflexão e refração da luz, mas não pode explicar outros fenômenos como interferência e difração.

No século XVIII, os cientistas começaram a explorar a natureza ondulatória da luz. A teoria ondulatória da luz foi desenvolvida principalmente por Christian Huygens e posteriormente elaborada por Augustin-Jean Fresnel. Essa teoria propõe que a luz é uma onda eletromagnética que viaja pelo espaço e possui propriedades como comprimento de onda, amplitude e frequência. A teoria ondulatória foi capaz de explicar fenômenos como interferência e difração, mas teve problemas para explicar certos aspectos da interação da luz com a matéria.

No final do século XIX, as duas teorias foram ligadas pela teoria eletromagnética da luz desenvolvida por James Clerk Maxwell. Esta teoria sugere que a luz é uma forma de radiação eletromagnética que consiste em campos elétricos e magnéticos oscilantes. Perpendiculares entre si e perpendiculares à direção de propagação. A teoria eletromagnética combina os aspectos ondulatório e corpuscular da luz.

Max Planck e Albert Einstein, no início do século XX, são os pioneiros da teoria quântica estabelecendo que a luz pode se comportar tanto como partícula (fóton) quanto como onda, dependendo do experimento realizado. Essa teoria estabelece que a luz tem natureza dual explicando o fenômeno com o efeito fotoelétrico.

A natureza da luz é complexa e envolve características de partículas e ondas. As teorias corpuscular, ondulatória, eletromagnética e quântica oferecem diferentes

perspectivas e modelos para entender e descrever a luz em diferentes contextos e aplicações em nosso cotidiano.

3.2 CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS

As ondas harmônicas são um tipo particular de onda que possui uma oscilação regular e periódica. Caracterizam-se por possuírem frequência constante e amplitude que se modifica ao longo do tempo. São regularmente encontradas nos fenômenos naturais, o movimento do pêndulo e a propagação de ondas sonoras são bons exemplos de uma onda harmônica.

Uma determinada onda harmônica é caracterizada matematicamente pela equação (1):

$$y(x, t) = A \cdot \cos(k \cdot x - \omega t + \varphi) \quad (1)$$

onde ω e k seguem nas equações (2) e (3), respectivamente:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \quad (2)$$

$$e \quad k = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \quad (3)$$

Temos então:

$y(x,t)$ = posição da partícula em função do tempo t [s], num determinado ponto no espaço x [m];

A = amplitude da onda harmônica [m];

ω = frequência angular da oscilação [rad/s];

k = número de onda angular [rad/m]

φ = fase inicial da onda [rad];

Vale ressaltar que (A) determina a altura máxima da oscilação, (ω) a rapidez com que a onda oscila e (φ) sua posição inicial em relação a um referencial.

A superposição é uma propriedade interessantes das ondas harmônicas o que possibilita a interferência de duas ou mais ondas formarem uma nova onda resultante.

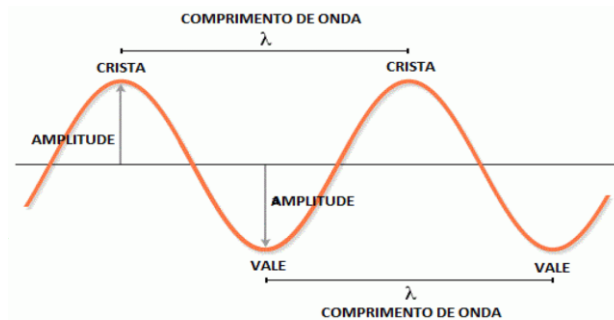
A interferência pode ser construtiva (quando as cristas se somam) ou a interferência destrutiva (quando as cristas se anulam), conforme as diferenças de fases.

Para caracterizar as ondas harmônicas usamos as seguintes grandezas:

- **Amplitude:** corresponde à altura da onda, marcada pela distância entre o ponto de equilíbrio (repouso) da onda até a crista. Note que a “crista” indica o ponto máximo da onda, enquanto o “vale”, representa o ponto mínimo conforme figura 1.
- **Comprimento de onda:** Nas Figuras 1 e 2, representado pela letra grega lambda (λ), é a distância entre dois vales ou duas cristas sucessivas.
- **Velocidade:** representado pela letra (v), a velocidade de uma onda depende do meio em que ela está se propagando.
- **Frequência:** representada pela letra (f), corresponde ao número de oscilações da onda em determinado intervalo de tempo. No sistema internacional a frequência é medida em hertz (Hz). A frequência de uma onda não depende do meio de propagação, apenas da frequência da fonte que produziu a onda.
- **Número de onda:** Representado pela letra “ k ” é o análogo espacial da frequência angular. Assim como a frequência corresponde ao número de oscilações da onda em determinado intervalo de tempo o número de onda corresponde ao número de comprimentos de onda por unidade de comprimento.
- **Período:** representado pela letra (T), corresponde ao intervalo de tempo necessário para que ocorra uma oscilação completa ou ciclo. A unidade (SI) do período é o segundo (s).
- **Fase:** a fase de uma onda é uma medida do deslocamento em relação a um ponto de referência e é fundamental para descrever a posição e o comportamento de uma onda. Uma onda possui diversas fases, que fornecem informações específicas sobre seu ciclo.

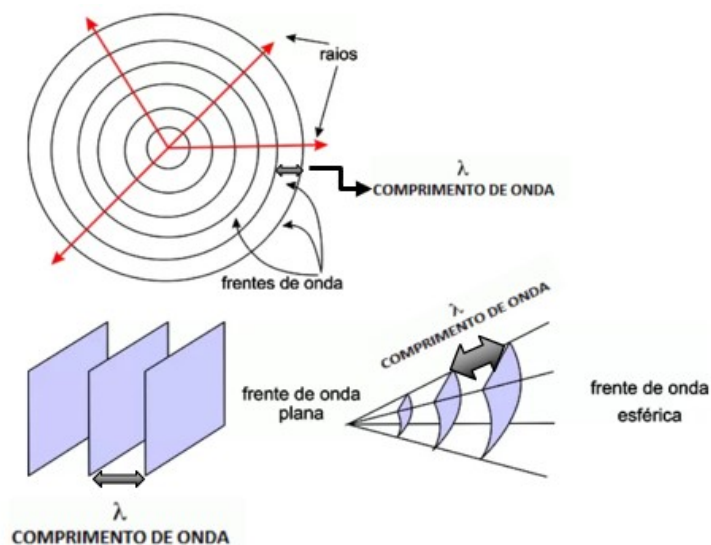
- **Frente de Onda:** Frente de onda é a região do espaço que reúne todos os pontos da onda que estão em fase e a um mesmo número de comprimentos de onda da fonte. As frentes de onda podem ser chamadas de superfícies de onda.

Figura 1 – Elementos de uma Onda



Fonte: https://static.wixstatic.com/media/08a35c_4c4dd17684d04710a578c35ba9990709~mv2.gif

Figura 2 – Configuração de uma Onda



Fonte: <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/ondas-e-luz/fenomenos-ondulatorios.html>

A equação da velocidade de uma onda em (m/s) está relacionada com o comprimento de onda (λ) em metros e a frequência (f) em hertz da onda mecânica e eletromagnética. É expressa pela equação (4):

$$v = \lambda \cdot f \quad (4)$$

3.3 INTERFERÊNCIA E DIFRAÇÃO DA LUZ

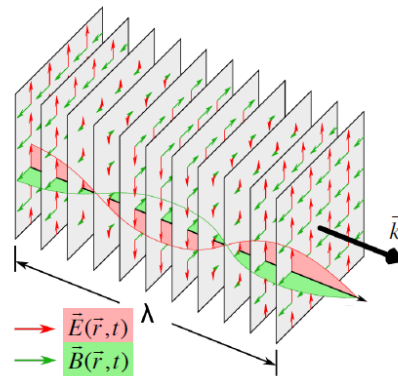
A interferência é um fenômeno comum na ondulatória e ocorre no momento em que duas ou mais ondas se combinam por estarem passando pelo mesmo ponto do espaço ao mesmo tempo.

Esse fenômeno ocorre tanto para ondas mecânicas, quanto para eletromagnéticas quando há uma superposição. O deslocamento resultante é encontrado somando-se os deslocamentos provocados pelas ondas individuais como se estivessem presentes sozinhos. Nas ondas mecânicas, o deslocamento será das partículas em relação ao ponto de equilíbrio, já nas ondas eletromagnéticas será o valor dos vetores dos campos elétricos e magnéticos.

O fundamento teórico para a interferência de ondas eletromagnéticas é essencialmente baseado no princípio da superposição linear dos campos eletromagnéticos.

Na Figura 3 temos uma onda Eletromagnética plana que é uma idealização, onde o campo \mathbf{E} é constante em qualquer plano perpendicular a direção de propagação. Podendo ser expresso pela equação (5).

Figura 3 – Onda Eletromagnética

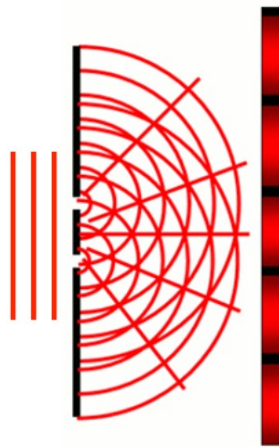


Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=90535>

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cdot \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t) \quad (5)$$

No caso de **duas fendas ideais**, conforme Figura 4, separadas por uma distância a temos cada fenda funcionando como uma fonte puntiforme radial, e o campo elétrico gerado por elas vale a equação (6):

Figura 4 – Duas fendas ideais



Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=90535>

Campo total vale:

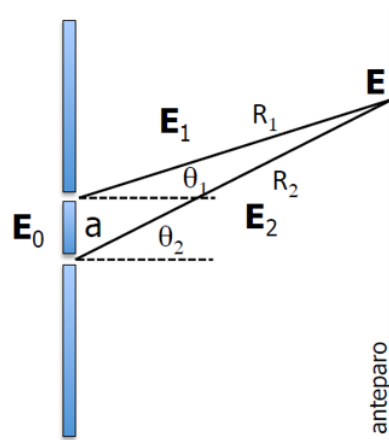
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \quad (6)$$

Temos na Figura (5) uma aproximação para o campo distante:

$$\theta_1 \sim \theta_2 \sim \theta \text{ (raios paralelos)}$$

$$R_1 \sim R_2 \sim R \gg a$$

Figura 5 – Campo distante



Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=90535>

Para fontes pontuais:

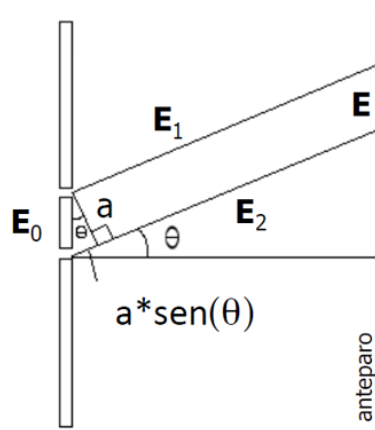
- ✓ Intensidade $\sim \frac{1}{R^2}$
- ✓ $|E| \sim \frac{1}{R}$

Para duas fendas ideais, Figura (6), podemos escrever as equações (7) e (8):

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \quad (7)$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{R} [\cos(k \cdot R - \omega t) + \cos(k \cdot R - \omega t + \delta)] \quad (8)$$

Figura 6 – Duas fendas



Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=90535>

Onde δ encontra-se na equação (9) e representa a diferença de fase entre as ondas:

$$\delta = k \cdot a \cdot \text{sen}\theta \quad (9)$$

Quando a interferência entre E_1 e E_2 for destrutiva o campo elétrico será nulo conforme equação (10):

$$\delta = k \cdot a \cdot \text{sen}\theta = \pi, 3\pi, 5\pi, \dots$$

$$k \cdot a \cdot \text{sen}\theta = (2m + 1) \cdot \pi, m = 0, 1, 2, \dots$$

Ou seja, quando:

$$\text{sen}\theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{\lambda}{a}, m = 0,1,2, \dots, k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (10)$$

A intensidade ou Irradiância (I) que é a energia média emitida por unidade de área, por unidade de tempo. É proporcional ao quadrado da amplitude do campo elétrico da onda E.M.

Calculamos conforme equação (11):

$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{R} [\cos(k \cdot R - \omega t) + \cos(k \cdot R - \omega t + \delta)]$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{R} \left[2\cos\left(k \cdot R - \omega t + \frac{\delta}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{-\delta}{2}\right) \right] \quad (11)$$

A Intensidade, portanto, segue a equação (12):

$$\vec{E} = \left(\frac{\vec{E}_0}{R} \cdot 2\cos\left(\frac{\delta}{2}\right) \right) \cdot \cos\left(k \cdot R - \omega t + \frac{\delta}{2}\right)$$

$$I = I_0 \cdot \cos^2\alpha$$

$$\alpha = \frac{\delta}{2} = \pi \cdot \frac{a}{\lambda} \cdot \text{sen}\theta$$

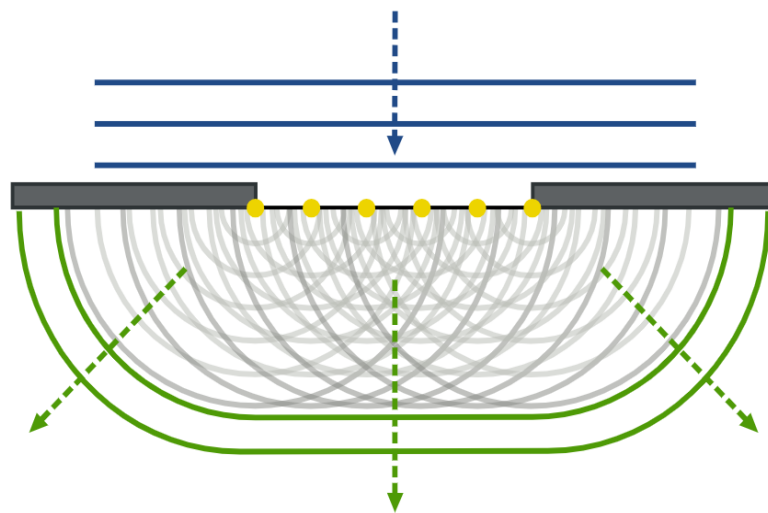
$$I_0 = 4 \cdot \frac{E_0^2}{R^2} \quad (12)$$

A difração é o fenômeno em que as ondas contornam obstáculos e atravessam orifícios, sofrendo modificação na sua frente de onda. Essas modificações também dão origem ao fenômeno de interferência. Para que esse fenômeno seja facilmente observado, é necessário que as fendas tenham dimensões da ordem do comprimento de onda " λ ", tornando possível a visualização da figura de difração em

um anteparo. Por esse motivo, a difração da luz visível ($\lambda_{\text{luz}} = 400 - 700 \text{ nm}$) torna-se praticamente imperceptível no nosso cotidiano. Contudo, a difração também ocorre em orifícios grandes, sendo apenas mais discreta.

O Princípio de Huygens-Fresnel afirma que cada ponto de uma frente de onda (não obstruída) funciona como uma fonte (secundária) puntiforme esférica (Huygens). A onda resultante consiste da superposição de todas as ondas esféricas, levando em consideração a fase entre elas (interferência - Fresnel), conforme Figura 7.

Figura 7 – Interferência - Fresnel

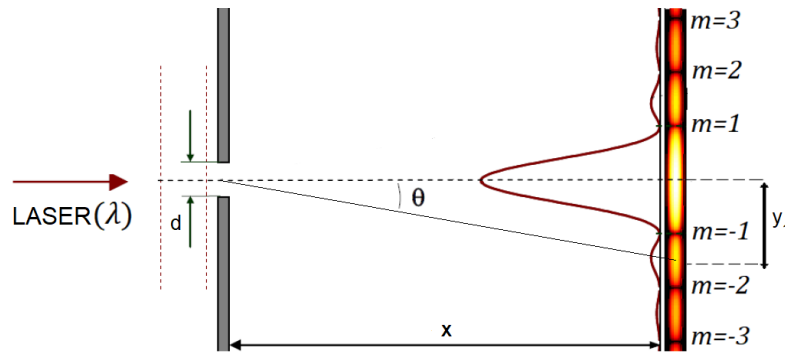


Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=90535>

Se o anteparo está longe da fenda, o princípio de Huygens-Fresnel funciona bem. Essa é a difração de Fraunhofer ou difração de campo distante. Se o anteparo está perto da fenda, os cálculos são complexos. Essa é a difração de Fresnel ou difração de campo próximo.

A difração de fenda única ocorre quando a luz passa por um pequeno orifício (d) com dimensões comparadas à ordem de grandeza do comprimento de onda (λ). Como resultado, as bordas (franjas) claras e escuras aparentes da sombra aparecem ao redor da borda do buraco. Este fenômeno é representado graficamente na Figura 8.

Figura 8 – Desenho fenda simples



Fonte: próprio do autor (2023)

A equação (13) demonstra a relação entre a posição angular θ dos mínimos de difração com os múltiplos inteiros do comprimento de onda.

$$d \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda \quad \text{onde } m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (13)$$

Note que a equação acima para a difração corresponde à condição de **mínimos de interferência (interferência destrutiva)**, ao contrário do que vimos na interferência, onde esta relação se dá para um **máximo de interferência (interferência construtiva)**. Isso se dá devido às diferenças na construção do fenômeno.

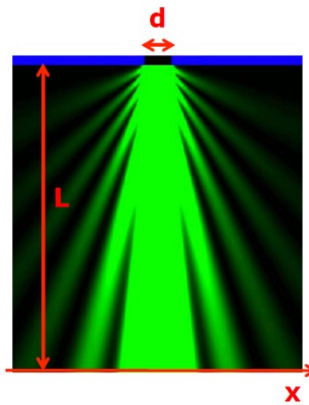
Para uma distância “X” (distância da fenda ao anteparo) muito maior que a abertura da fenda ($X \gg d$), é possível fazer a aproximação $\sin\theta \cong \tan\theta$. Portanto a equação (13) se torna a (14):

$$d = \frac{m \cdot \lambda \cdot X}{y_1} \quad (14)$$

Assim como discutimos a interferência em termos do campo elétrico de uma onda eletromagnética, podemos discutir a difração de maneira semelhante.

A intensidade da fenda simples de largura d é comparável como comprimento de onda λ . Ao colocarmos um anteparo a uma distância L , *muito maior que d* , cada ponto é uma fonte pontual conforme Figura 9.

Figura 9 – Intensidade de uma onda



Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=90535>

Para o ponto r , no instante t , a intensidade da onda no ponto x vale as equações (15) e (16):

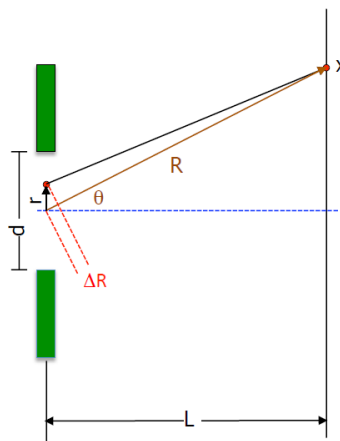
$$\vec{E}(r) = \frac{\vec{E}_0}{R} \cdot \cos(k \cdot R - \omega t + \delta) \quad (15)$$

$$\delta = k \cdot \Delta R = k \cdot r \cdot \text{sen}\theta \quad (16)$$

Agora precisamos somar os pedaços, equação (17), representado na figura 10:

$$\vec{E}(x) = \int_{-\frac{d}{2}}^{\frac{d}{2}} \vec{E}(r) dr \quad (17)$$

Figura 10 – Intensidade de uma onda no ponto x



Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=90535>

$$\propto \left[\frac{\text{sen}(k \cdot R - \omega t + k r \text{sen} \theta)}{k \text{sen} \theta} \right]^{\frac{d}{2}}$$

$$\propto \frac{\text{sen}(\beta)}{\beta}, \text{ onde: } \beta = k \cdot \frac{d}{2} \text{sen} \theta$$

A intensidade da fenda simples vale portanto a equação (18):

$$I = I_0 \left(\frac{\text{sen} \beta}{\beta} \right)^2, \beta = \pi \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot \text{sen} \theta \quad (18)$$

Que apresenta mínimos quando:

$$\beta = \pm m \cdot \pi, m = 1, 2, 3, \dots$$

3.3.1 Difração em fenda simples

Vamos considerar agora a situação de Fraunhofer. Temos na Figura 11 a representação de uma onda plana incidindo em uma fenda existente em um obstáculo totalmente opaco. Caso a fenda esteja na ordem do comprimento de onda da luz incidente, teremos formações de regiões claras e regiões escuras no anteparo. Esse fenômeno pode ser alicerçado no princípio de Huygens, onde cada ponto da fenda se comporta como uma fonte de luz primária. Cada ponto da fenda produz ondas que ao chegar ao anteparo em fase ou em oposição de fase, dão origem às regiões clara ou escuras respectivamente.

Vamos considerar um ponto qualquer P, que esteja localizado no anteparo, em uma localização apontada pelo ângulo “ θ ”. Para que se tenha um mínimo de difração nesse ponto, com intensidade nula temos as equações (19) e (20) respectivamente.

$$d \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda \quad (19)$$

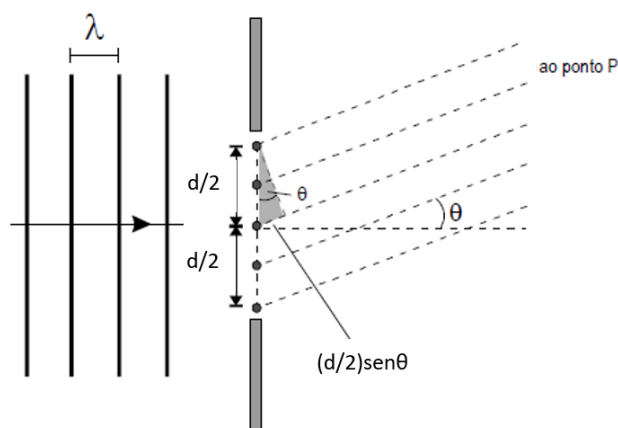
onde $m = 1, 2, 3, \dots$

em que a intensidade I da luz no anteparo em função de θ é dada por:

$$I(\theta) = I_m \left(\frac{\sin \frac{\pi \cdot d \cdot \theta}{\lambda}}{\frac{\pi \cdot d \cdot \theta}{\lambda}} \right)^2 \quad (20)$$

Temos que “ d ” é a largura da fenda e “ I_m ” é a máxima intensidade percebida no padrão de difração. Percebe-se que pela equação (4), que a maior intensidade será no centro onde $\theta = 0$

Figura 11 – Onda plana/fenda/anteparo



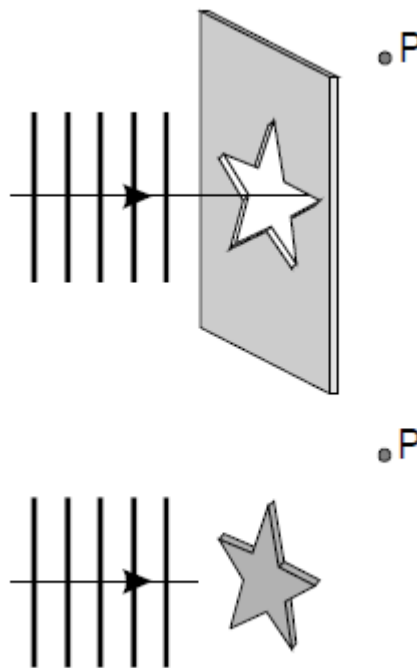
Fonte: Pesquisado pelo autor no site www.fisica.ufmg.br, 2022

3.3.2 Princípio de Babinet

Os padrões de difração observados quando a luz atinge aberturas de qualquer formato são os mesmos obtidos quando a luz atinge o objeto que compõe a abertura. Esta é uma das formulações do chamado princípio de Babinet. Isso significa, por exemplo, que se parte de uma placa opaca for aparada, deixando uma abertura de

certa forma, tanto a placa quanto a parte removida produzirão individualmente o mesmo padrão de difração. Esta situação é mostrada esquematicamente na Figura 12. Este resultado não é válido para pontos localizados na região central da tela que é a sombra geométrica do objeto.

Figura 12 - Princípio de Babinet



Fonte: Pesquisado pelo autor no site www.fisica.ufmg.br, 2022

Tal princípio foi aplicado no produto educacional para calcularmos a espessura de um fio de cabelo. Onde essa espessura induz o mesmo padrão de interferência que uma fenda simples, possibilitando aos alunos o seu cálculo.

4 CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Segundo a BNCC (2014, p.547), “é importante destacar que aprender Ciências da Natureza vai além do aprendizado de seus conteúdos conceituais”. O que corrobora a importância deste tema/produto educacional para uma melhor compreensão e contextualização da ondulatória da luz.

Pensando nisso, o produto educacional foi planejado e aplicado na forma de uma sequência didática (SD) dirigida pela teoria sociointeracionista de Lev Vygotsky e pela teoria da aprendizagem de David Paul Ausubel. A sequência didática foi fragmentada em 05 módulos, compostos por 02 aulas de 45 minutos. Poderá ser aplicado em turmas do Ensino Médio que tenham na grade curricular a ondulatória.

O produto educacional propõe uma sequência didática para o ensino do fenômeno ondulatório da luz, em especial destacando os efeitos de interferência e difração. Cabe destacar que foram observados elementos de uma UEPS em cada etapa do produto educacional. Sua elaboração não necessitou de alterações mesmo ocorrendo em tempos de pandemia da COVID-19, sendo de forma presencial e quando ela estava controlada. A seguir é apresentado um quadro ilustrativo de como foi elaborada a sequência didática.

Quadro 1 - Organização das aulas, seus procedimentos metodológicos e objetivos que integram a sequência didática

MÓDULO/ ENCONTR O- SEMANA	AULAS	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	OBJETIVOS	UEPS
01	1ª aula	<ul style="list-style-type: none"> • Etapas de pesquisa; fase em que o professor irá construir experimentos que demonstrem o caráter ondulatório e o fenômeno da difração em cubas de água; • Montar e executar para os alunos o experimento da difração da água por uma fenda; • Observar a passagem da onda por fendas; • Alterar os diâmetros da fenda e anotar as características observadas no caderno; • Concepções prévias dos alunos, que posteriormente serão abordadas; 	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer paralelos entre o tamanho da fenda e o fenômeno observado (difração); 	<ul style="list-style-type: none"> • Etapa 01 – Determinar o tópico abordado, resgatando o conhecimento prévio e as relações que poder ser estabelecidas com o novo conhecimento.

	2ª aula	<ul style="list-style-type: none"> • Montar e executar para os alunos o experimento da fenda simples com um laser; • Alterar os diâmetros do obstáculo e anotar as características observadas no caderno; • Atividade individual: Aplicar um quiz (<i>material de apoio</i>) elaborado no Google Forms para averiguação das concepções prévias acerca dos experimentos e fenômenos ondulatórios apresentados; 	<ul style="list-style-type: none"> • Despertar nos alunos a atenção para o fenômeno observado com o laser ao passar pelos três obstáculos, com diâmetros diferentes, dispostos em CDs; • Provocar nos alunos o questionamento sobre a influência da espessura do obstáculo em relação a fenômeno observado; • Traçar nos alunos paralelos sobre o fenômeno observado com a água e o laser; • Instigar os alunos para suas concepções prévias sobre os fenômenos observados; 	<ul style="list-style-type: none"> • Etapa 02 – Promover situações em que o estudante possa externalizar o conhecimento prévio.
02	3ª aula	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar de forma objetiva aos alunos, via quadro ou projeção, as respostas mais recorrentes recebidas no questionário aplicado via Google Forms. • Exibir um vídeo com exemplos de ondas mecânicas e eletromagnéticas existentes em nosso dia-a-dia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar e classificar os elementos de uma onda via Powerpoint; 	<ul style="list-style-type: none"> • Etapa 03 - Propiciar situações em que o estudante possa externalizar o

				conhecimento prévio.
	4ª aula	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar o simulador PHET INTERACTIVE SIMULATIONS (Phet Colorado); • Resolução de exercícios pelo professor sobre os principais elementos de uma onda (<i>material de apoio</i>); • Atividade individual: Resolver em casa uma lista de exercícios sobre ondulatória - elementos de uma onda (<i>material de apoio</i>); 	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrar aos alunos o que é uma onda e uma onda mecânica propagando-se em uma corda e nos líquidos; • Ilustrar o que é amplitude, frequência, período e comprimento de onda; 	
03	5ª aula	<ul style="list-style-type: none"> • Resolver os exercícios propostos com tarefa aos alunos; • Discutir os valores encontrados e os parâmetros de uma onda nos exercícios; • Projetar a figura do espectro eletromagnético, pontuando as principais características das faixas de radiações; 	<ul style="list-style-type: none"> • Entender que a Luz é uma onda e faz parte de um espectro eletromagnético ; • Comprovar que a onda eletromagnética possui características similares a onda mecânica; • Compreender que a frequência da luz visível é associada às cores; • Saber que existem outras faixas de 	<ul style="list-style-type: none"> • Etapa 04 - Expor o novo conteúdo ou conceito, partindo dos aspectos mais gerais para os mais específicos (diferenciação progressiva).

			<p>frequência acima e abaixo da luz visível;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar semelhanças e diferenças entre uma onda mecânica e eletromagnética ; 	
	6ª aula	<ul style="list-style-type: none"> • Realização do experimento do micro-ondas e a barra de chocolate; • Auxiliar os alunos na execução do experimento e cálculos requeridos; 	<ul style="list-style-type: none"> • Calcular a velocidade da luz com o auxílio de micro-ondas e uma barra de chocolate; 	<ul style="list-style-type: none"> • Etapa 05 - Resgate dos aspectos mais gerais do conteúdo, avançando na complexidade. Possibilitar situações de interação com o grupo de estudantes, envolvendo negociação de significados.
04	7ª aula	<ul style="list-style-type: none"> • Realização dos paralelos entre onda mecânica e eletromagnética com o uso do simulador Phet Colorado; • Demonstrar a alteração da frequência audível x formato de onda, através do aplicativo: PHYPHOX rAcústica rGerador_de_Tom 	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer paralelos entre ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas, no que se refere às suas características e seus elementos de uma onda; • Caracterizar o espectro eletromagnético ; • Enfatizar que os 	<ul style="list-style-type: none"> • Etapa 06 - Abordagem do tópico de estudo em maior grau de complexidade, com diversificação de atividades.

			parâmetros de uma onda e os fenômenos ondulatórios estudados se aplicam também para luz, porém em uma escala muito menor;	
	8ª aula	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão dos fenômenos da interferência e difração observados nos simuladores; • Apresentação de dois vídeos que demonstram os fenômenos da interferência e difração para corroborar com os fenômenos estudados; 	<ul style="list-style-type: none"> • Evidenciar nos simuladores e vídeos os fenômenos da interferência e difração nas ondas mecânicas e eletromagnéticas; • Salientar que os mesmos fenômenos são observados e ondas com naturezas diferentes; 	<ul style="list-style-type: none"> • Etapa 07 - Aferição processual e formativa da aprendizagem
05	9ª aula	<ul style="list-style-type: none"> • Montagem do experimento do laser/fio de cabelo; 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconstruir o experimento do laser para medir a espessura de um fio de cabelo de um integrante do grupo; 	<ul style="list-style-type: none"> • Etapa 08 – Avaliação da UEPS, segundo evidências da aprendizagem significativa.
	10ª aula	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo da espessura do fio de cabelo; 	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo da espessura do fio de cabelo; 	

Fonte: Tabela elaborada pelo pesquisador (2022)

5 RELATO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

5.1 LOCAL DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática foi aplicada aos estudantes do 1º ano do Ensino Médio/Itinerário do Colégio COC BLUMENAU, localizado no Município de Blumenau -SC-. Este colégio é parceiro do Sistema COC de Educação e Comunicação, utilizando seu sistema de ensino/material didático. Por ser uma rede privada de educação todas as salas de aula estão equipadas como seguintes recursos didáticos:

- 01 quadro branco para canetões;
- 01 computador/monitor;
- 01 projetor multimídia;
- carteiras individuais estofadas;
- sistema de som integrado;
- Internet de alta velocidade cabeada;
- Wi-fi;
- Diversos pontos de energia elétrica;

Possuem ainda sistema de ar condicionado que pode ser operado pelo professor.

Foi escolhida a turma do 1º ano do Novo Ensino Médio para aplicação dessa sequência didática, pois a mesma possui no seu itinerário o assunto de ondulatória. Esta turma de itinerário era composta por 13 alunos que seguiram até o término da aplicação da sequência didática. Cabe ressaltar que o mesmo produto educacional pode ser aplicado a alunos do 2º e 3º ano do Ensino Médio, conforme disposição do conteúdo a ser ministrado.

5.2 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional foi aplicado durante cinco semanas, onde cada módulo é composto por duas aulas cada. Ocorreu nas semanas dos dias 14, 21 e

28 de setembro, e 05 e 19 de outubro do ano de 2022. Conforme descrito anteriormente, foi aplicada a turma de 1º ano do colégio COC-BLUMENAU.

Como na grande maioria das escolas os alunos são meramente receptores de informação/conhecimento, ocupando o papel de coadjuvantes, algumas orientações se fizeram necessárias.

Logo no início da sequência didática os alunos foram orientados da importância da observação e investigação dos experimentos, principalmente sobre as anotações dos fenômenos observados. Coube ainda ao professor nesse momento explicar o que é o método científico, suas principais partes e como é importante a observação e a criação de hipóteses.

Foram utilizados diversos recursos didáticos tecnológicos, TICs, experimentos, atividades entregues ou enviadas ao professor. Para coleta de dados referentes a aplicação do produto educacional foram utilizados:

- Fotos;
- Gravações de áudio;
- Gravações de vídeo;
- Relatórios;
- Questionários virtuais (Google Forms);

No início da aplicação do produto os alunos foram orientados a respeito do decorrer da sequência didática.

5.2.1 Módulo 01

5.2.1.1 - 1ª Aula

Ao iniciar a primeira aula foi pedido aos alunos que afastassem as carteiras e deixassem um espaço de aproximadamente 2m² para montagem e execução dos experimentos, conforme Figura 13:

Figura 13 - Disposição do experimento.



Fonte: do autor realizada em 2022

O primeiro experimento elaborado pelo professor foi o da cuba com água e fendas. Foi posta uma carteira e sobre ela a cuba com água e a fenda. Os alunos foram orientados a ficarem ao redor do experimento para que conseguissem observar o comportamento da água ao passar pela fenda de 1,0 cm, conforme Figura 14:

Figura 14 - Cuba e fenda de 1,0cm



Fonte: do autor realizada em 2022

Ao fazer ondas com uma régua na água, os alunos foram chamados a atentar para o que observavam, conforme responderam posteriormente:

- *oscilações passando pela fenda;*
- *formação de um "U" com a água;*
- *ondas retornando ao bater na fenda;*
- *curvas ao passar pela fenda;*

Sucessivamente as fendas eram alteradas para outras larguras e os alunos observavam atentamente na Figura 15:

Figura 15 - Cuba e fenda de 2,0 cm.



Fonte: do autor realizada em 2022

Conforme as fendas foram alteradas, os alunos eram questionados a respeito do que observavam com as alterações, Figura 16.

Figura 16 - Cuba e fenda.



Fonte: do autor realizada em 2022

E as respostas mais inusitadas pareceram:

- *formação de curvas menos visíveis após passar pela fenda;*
- *formação e um "U" menos visível;*
- *oscilações menos intensas;*
- *voltas ao passar pela fenda;*

Ao chegar na maior fenda, a de 4,0 cm, (Figura 17), os alunos observaram:

Figura 17 - Cuba e fenda de 4,0 cm.



Fonte: do autor realizada em 2022

- *a oscilação passou direto;*
- *um "U" bem fraquinho;*
- *nada mais acontece;*
- *a água parou de voltar;*

Foram orientados a anotar individualmente suas observações, a fim de terem seus registros.

Como último momento dessa primeira aula, foi substituída a fenda por um obstáculo de 1,0 cm, com o intuito de demonstrar aos alunos que a fenda se comporta como um obstáculo negativo, Figura 18:

Figura 18 - Cuba e obstáculo de 1,0cm



Fonte: do autor realizada em 2022

Ao ser alterada a fenda por um obstáculo de igual dimensão de 1,0cm, os alunos foram arguidos sobre a observação e as respostas corriqueira foram:

- *a oscilação passou pelo obstáculo;*
- *a formação de um “U” após o obstáculo;*
- *parece com o desenho do primeiro experimento (fenda 1,0 cm);*
- *a onda não voltou, refletiu;*

5.2.1.2 - 2ª Aula

Como foram aulas geminadas, ao término do experimento da cuba com água e fendas/obstáculos, o professor montou e apresentou o experimento do laser/obstáculos, conforme Figura 19:

Figura 19 - Montagem do experimento laser/obstáculos.

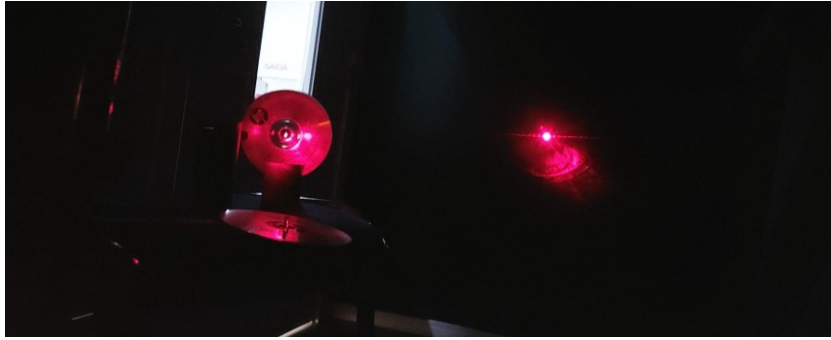


Fonte: do autor realizada em 2022

Vale destacar que a montagem e a execução desses experimentos são de inteira responsabilidade do professor, como a orientação da observação pelos alunos, pois nesse primeiro módulo o objetivo é buscar o interesse e a dúvida do que está ocorrendo nos experimentos.

O primeiro obstáculo proposto foi o fio de cabelo, que ao ser atingido pelo laser formou os padrões de interferência e difração na parede da sala, conforme Figura 20:

Figura 20 - Montagem do experimento laser e fio de cabelo



Fonte: do autor realizada em 2022

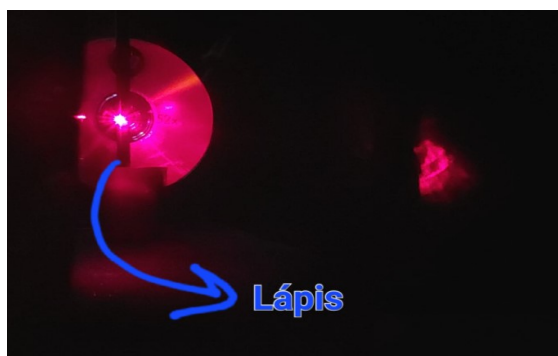
Diversos alunos se aproximaram ao máximo da parede, para observarem o fenômeno. Quando questionados sobre o que acreditavam que estava acontecendo e o porquê da formação dos padrões na parede, foram observadas as seguintes respostas:

- *ocorre uma interferência;*
- *o fio de cabelo tem escamas e elas criaram os desenhos na parede;*
- *o laser reflete no fio de cabelo e cria o padrão;*
- *a luz do laser passa pelo interior do fio de cabelo.*

Na sequência alteramos o obstáculo para um fio de cobre e posteriormente um lápis, Figura 21. De forma unânime ocorreu à seguinte conclusão:

- *conforme o obstáculo vai ficando mais espesso o padrão vai ficando mais difícil de se ver. Até sumir por inteiro o caso do lápis.*

Figura 21 - Montagem do experimento laser e lápis



Fonte: do autor realizada em 2022

Ao término da aplicação dos experimentos de difração/interferência a sala foi reorganizada e o professor compartilhou um link do Google Forms, com o intuito de averiguar os conhecimentos prévios ou subsunçores relacionados ao assunto de ondulatória que serão retomados como partida do módulo 02. O questionário foi elaborado com 05 (cinco) questões subjetivas (abertas) para uma melhor amostragem das concepções dos alunos.


5.2.2 - Módulo 02

5.2.2.1 - 3ª Aula

A terceira aula foi iniciada apresentando, via PowerPoint, as respostas mais recorrentes recebidas no questionário Google Forms. Neste momento não houve preocupação em evidenciar o que é certo ou errado, visto que o objetivo era de averiguar os conhecimentos acerca dos experimentos abordados. Abaixo o resultado do questionário aplicado aos alunos.

Tabela 1 - Questão 1


01) Abaixo temos o experimento retratado em sala de aula. O que você observou no mesmo?		
Respostas: 13	Qtde	%
Ondas no outro lado da fenda	6	46,15
Formação de um "U" pela água ao passar pela fenda	3	23,08
A fenda influencia na forma/propagação da água	4	30,77



Fonte: Elaboração própria a partir do Google Forms realizado em 2022.

Tabela 2 - Questão 2

02) Você observou alguma mudança quando foi alterada a largura da fenda? Descreva o que observou de forma simples e objetiva.		
Respostas: 13	Qtde	%
Intensidade da onda mudou	5	38,46
Se dissiparam/passaram com maior facilidade	3	23,08
O formato de "U" foi alterado	5	38,46




Fonte: Elaboração própria a partir do Google Forms realizado em 2022.

Tabela 3 - Questão 3

03) O que você observou no experimento do laser?

Respostas: 13

	Qtde	%
Interferências diferentes conforme o tipo de obstáculo	4	30,77
Reflexões diferentes do fio projetado na parede	3	23,08
Não há interferência do laser	1	7,69
Com o laser se percebe a textura do cabelo que parecia ser liso	1	7,69
Houve uma refração/divergência da luz ao encontrar os obstáculos	4	30,77



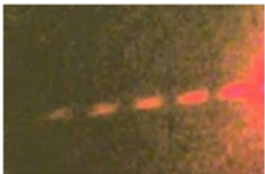
Fonte: Elaboração própria a partir do Google Forms realizado em 2022.

Tabela 4 - Questão 4

04) O que achas que são aquelas marcações do laser na parede?

Respostas: 13

	Qtde	%
Espaços no fio de cabelo	7	53,85
O fio de cabelo refletido com o laser	3	23,08
Interferência do objeto em frente ao laser	2	15,38
Raios que refletem no CD e vão para parede	1	7,69



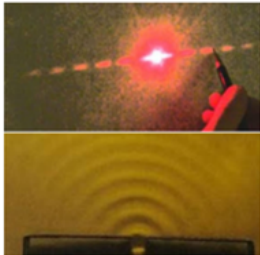
Fonte: Elaboração própria a partir do Google Forms realizado em 2022.

Tabela 5 - Questão 5

05) Na sua opinião, existe algo em comum entre os experimentos observados? Justifique;

Respostas: 13

	Qtde	%
Interferência	3	23,08
Espaços existentes nos objetos/obstáculos	3	23,08
O tamanho do obstáculo influencia na interferência	2	15,38
Nada	1	7,69
Vejo a formação do "U" em ambos os casos	1	7,69
Conforme o obstáculo a rota da onda vai mudando	2	15,38
Nos dois casos, não sei o que, atravessam o objeto	1	7,69



Fonte: Elaboração própria a partir do Google Forms realizado em 2022.

Após a apresentação dos resultados aos alunos, iniciou-se um pequeno debate sobre as respostas mais recorrentes. Importante reforçar que o professor se manteve isento na ou nas respostas mais apropriadas, entretanto já foram inseridos alguns termos e conceitos a respeito do fenômeno a ser estudado.

A partir desse ponto em diante começou a ser apresentado aos alunos a parte conceitual, características, classificação e os elementos de uma onda.

Um vídeo contextualizando a ondulatória em nosso cotidiano, elaborado pelo professor, foi apresentado aos alunos. Nele foi possível observar inúmeros exemplos de ondulatória, desde ondas no mar até ondas eletromagnéticas. Os alunos ficaram

extremamente envolvidos e empolgados com o assunto a ser estudado. O professor explicou a definição de uma onda, sua natureza, suas classificações, quais partes compõem uma onda e o cálculo da velocidade de uma onda. Finalizando a terceira aula foi pedido aos alunos que pesquisassem exemplos de tecnologia, sua aplicação e seu funcionamento de forma simplificada para próxima aula.

5.2.2.2 - 4ª Aula

A quarta aula foi iniciada pela atividade de pesquisa encaminhada na última aula. Foram apresentados os exemplos pesquisados pelos alunos e feito os devidos apontamentos pelo professor. Dando continuidade foi utilizado o simulador PHET INTERACTIVE SIMULATIONS (Phet Colorado). Esse simulador foi projetado no datashow para que todos alunos tivessem a mesma visualização e explicação. A simulação escolhida foi a de uma onda mecânica propagando-se em uma corda e nos líquidos. Nelas foram observados os conceitos de amplitude, frequência, período, comprimento de onda e velocidade de uma onda. Tendo demonstrado e alterando os elementos de uma onda no simulador, foi resolvida pelo professor uma lista de exercícios, que serviram como exemplo para próxima atividade. Ao término dessa aula, os alunos receberam uma outra lista de exercícios que deveria ser resolvida no caderno para discussões no próximo encontro. Obs: estas listas estão disponíveis no produto educacional.

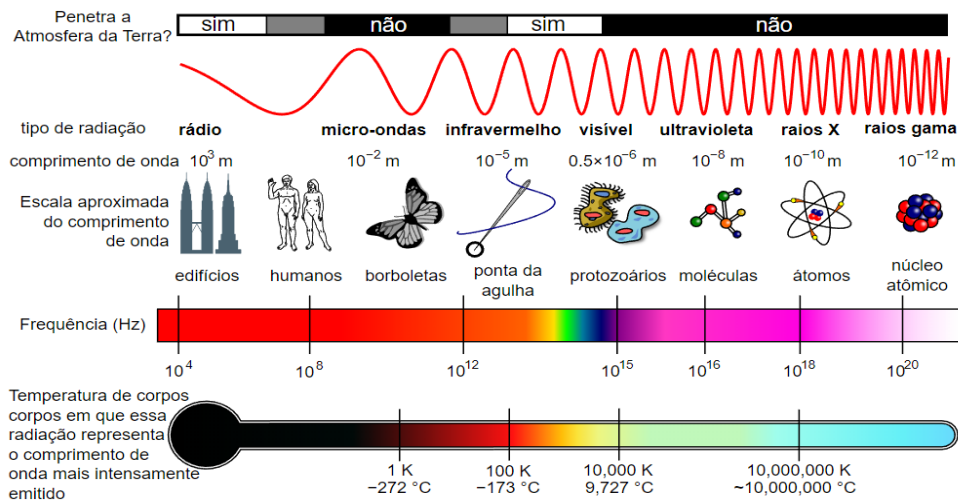
5.2.3 - Módulo 03

5.2.3.1 - 5ª Aula

A aula começou pela lista de exercícios propostos no término do último encontro. Nesse momento foram tiradas dúvidas pontuais. Uma dúvida comum, na maioria dos alunos, ocorreu nos gráficos e suas escalas. Alguns deles eram Amplitude versus Distância e outros eram Amplitude x Período o que produziu uma certa confusão na interpretação. Visto que os alunos já sabem os conceitos de ondulatória, seus principais parâmetros e cálculos foi apresentado novamente o espectro eletromagnético, Figura 22, com a intenção de fazer os devidos paralelos com uma

onda mecânica. A imagem do espectro foi projetada para os alunos, que puderam perceber as faixas de frequência de uma onda eletromagnética e seus exemplos.

Figura 22 - Espectro Eletromagnético.



Fonte: Espectro EM pt.svg. (2020, outubro 26). *Wikimedia Commons*. Retrieved 23h02min, abril 24, 2023 from https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Espectro_EM_pt.svg&oldid=502416583.

5.2.3.2 - 6ª Aula

Nesta sequência foi comprovado o comportamento ondulatório de uma radiação eletromagnética. Para tal feito foi utilizado um forno de micro-ondas e uma barra de chocolate. Foi levado para sala de aula um forno de micro-ondas, disponibilizado pelo colégio e o mesmo foi colocado próximo a lateral da sala, Figura 23:

Figura 23 - Forno de micro-ondas na sala de aula



Fonte: do autor realizada em 2022

Como a turma era composta por 13 alunos cada um recebeu uma barra de chocolate, pois dessa forma puderam fazer o experimento individualmente. Para turmas maiores a sugestão é uma barra por grupos, de acordo com a divisão. Primeiramente o professor fez o experimento que consistia em colocar uma barra de chocolate, paralela ao vidro, durante aproximadamente 30 s dentro de um micro-ondas na potência máxima. Vale lembrar, que o prato giratório deve ser retirado e o uso de um papel toalha no fundo do forno evita grandes sujeiras. Ao término do tempo a barra é retirada e a marca de meio comprimento de onda fica visível na barra, Figura 24:

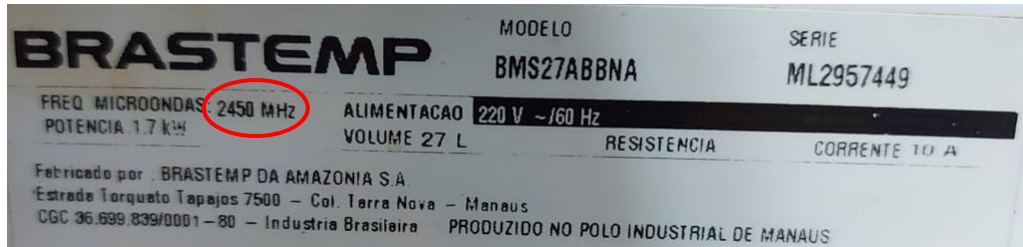
Figura 24 - Meio comprimento de onda



Fonte: do autor realizada em 2022

Com esta medida e a informação da frequência de operação do micro-ondas, Figura 25, foi calculada a velocidade da onda eletromagnética. Valor este muito próximo da velocidade da luz no vácuo.

Figura 25 - Frequência do micro-ondas



Fonte: do autor realizada em 2022

Feita a demonstração pelo professor, cada aluno de posse de sua barra de chocolate, replicou o experimento, Figura 26, entretanto como nem todos tomaram o cuidado de colocar corretamente a barra e selecionar 30 s, de modo que a barra não teve as marcações corretas e em alguns casos chegou a ter certo derretimento.

Figura 26 - Barra de chocolate e aluna



Fonte: do autor realizada em 2022

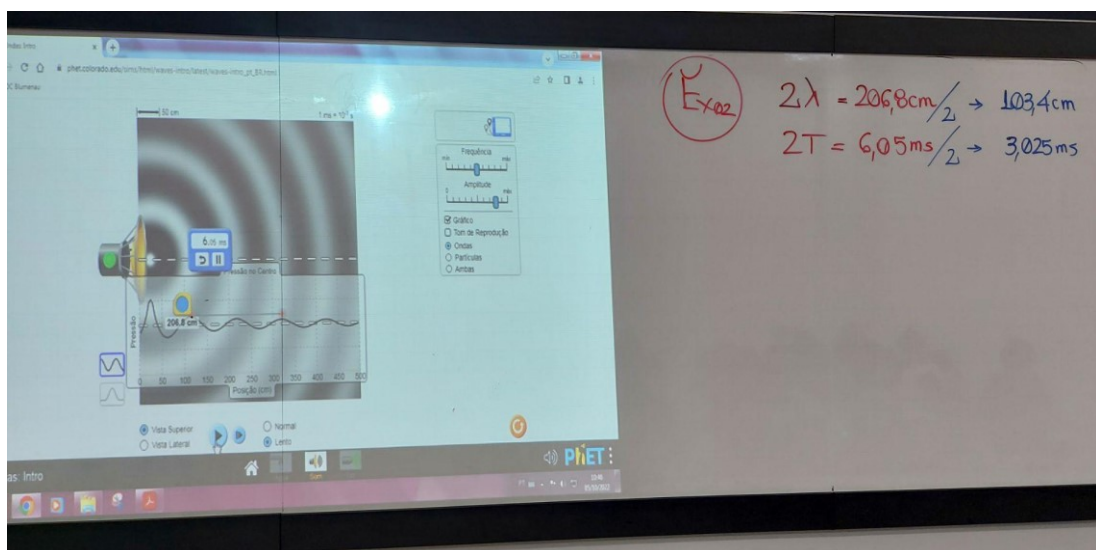
Os alunos adoraram fazer o experimento, pois além de verem a formação dos nós na barra de chocolate, puderam calcular a velocidade da luz e dessa forma comprovar que existe uma onda eletromagnética propagando-se no seu interior. Para uma melhor assimilação pelos alunos, foi ainda mostrado como ocorre o movimento de um transmissor e sua emissão de onda eletromagnética. Para isso foi usado o simulador de Ondas de Rádio, do Phet Colorado.

5.2.4 - Módulo 04

5.2.4.1 - 7ª Aula

O principal objetivo dessa sétima aula foi o de mostrar similaridades entre uma onda sonora e uma onda luminosa. Como os alunos já sabem e experimentaram que o som é um exemplo de onda mecânica e a luz um exemplo de onda eletromagnética este encontro ocorreu de forma muito natural. Foi novamente apresentado aos alunos o simulador Phet Colorado, porém agora fazendo paralelos simultâneos entre o simulador de som e o simulador de luz. Foi alterada a frequência/período da onda sonora e por consequência o comprimento de onda no simulador. Coletamos as informações do simulador e calculamos a velocidade da onda. Na sequência, aumentamos a frequência da onda sonora e medimos novamente o comprimento de onda e a velocidade da onda permanecia a mesma, pois a fonte e o meio era o mesmo. Esses conceitos foram incessantemente frisados pelo professor, pois na oitava aula foram apresentados os fenômenos ondulatórios da difração e interferência. Todas essas simulações foram projetadas no quadro e os valores coletados e marcados no mesmo, Figura 27:

Figura 27 - Simulador de ondas



Fonte: do autor realizada em 2022

Os cálculos eram sempre pedidos aos alunos que fizessem. Foi um momento muito interessante, pois os alunos interagiram muito coletando os dados e propondo as alterações dos parâmetros da onda, conforme Figura 28.

Figura 28 - Alteração dos parâmetros

$2\lambda = 206,8 \text{ cm} / 2 \rightarrow 103,4 \text{ cm}$
 $2T = 6,05 \text{ ms} / 2 \rightarrow 3,025 \text{ ms}$
 $V = \frac{\lambda}{T}$
 $V = \frac{103,4 \cdot 10^{-2}}{3,025 \cdot 10^{-3}}$
 $V \approx 34,2 \cdot 10^1$
 $V \approx 342 \text{ m/s} \text{ ou } 3,42 \cdot 10^2 \text{ m/s}$

13 alunos
 12 alunos
 1G {**}
 2G {**}
 3G {**}
 4G {**}

Fonte: do autor realizada em 2022

O professor ainda mencionou que todos esses cálculos poderiam ter sido feitos com o simulador da luz, porém a velocidade encontrada seria muito próxima da velocidade da luz.

Figura 29 - Cálculo da velocidade da onda sonora



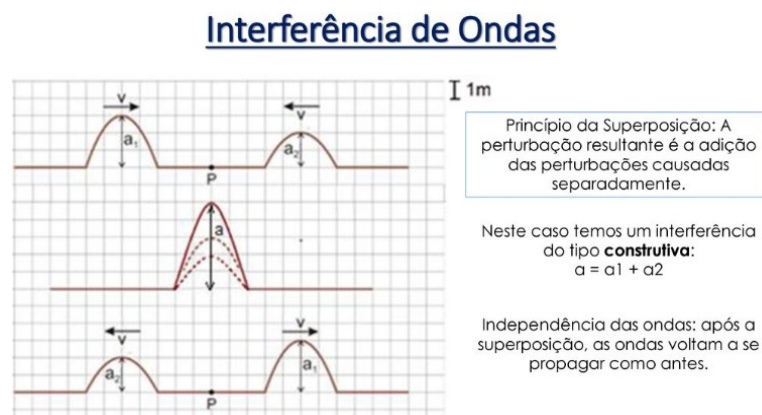
Fonte: do autor realizada em 2022

Ficou evidente para os alunos que a velocidade da onda permanecia a mesma, pois o meio e a fonte sonora eram a mesma.

5.2.4.2 - 8ª Aula

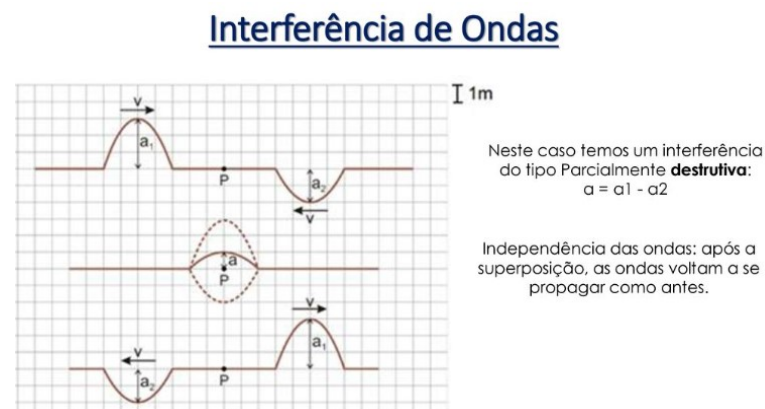
Na sequência ao cálculo da velocidade da onda sonora foi iniciada a apresentação dos fenômenos da difração e interferência. Como parte introdutória foram apresentados dois vídeos do YouTube, relatados no produto educacional e que demonstravam os fenômenos mencionados. Posteriormente aos vídeos foi feito um resumo no quadro aos alunos a respeito dos fenômenos observados, como podem ser vistos nas Figuras 30, 31 e 32 respectivamente:

Figura 30 - Interferência construtiva



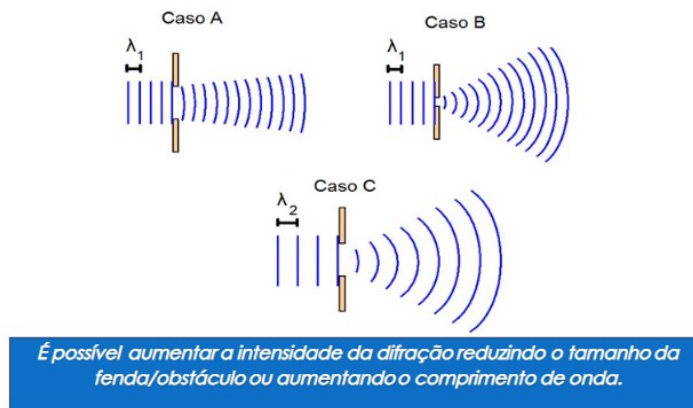
Fonte: pesquisada no site <https://slideplayer.com.br/slide/8574159/>, (2022)

Figura 31 - Interferência destrutiva



Fonte: pesquisada no site <https://slideplayer.com.br/slide/8574159/>, (2022)

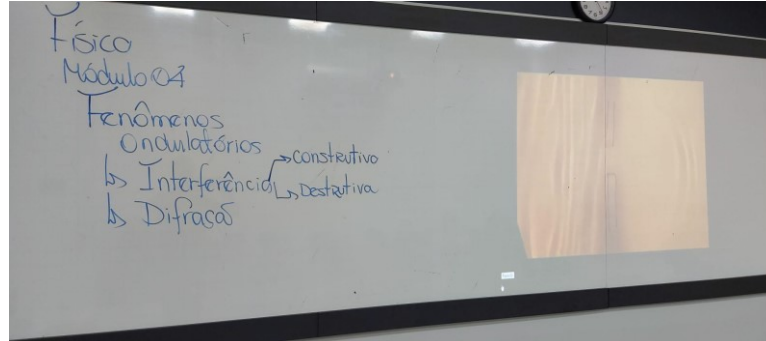
Figura 32 - Difração

Difração de Ondas

Fonte: pesquisada no site <https://slideplayer.com.br/slide/8574159/>, (2022)

Tendo apresentado os fenômenos de interferência e difração, (Figura 33), foram feitas algumas perguntas à sala sobre os fenômenos observados no Módulo 01.

Figura 33 - Vídeo da difração



Fonte: do autor realizada em 2022

01) Qual o fenômeno observado na cuba com água?

R: De forma unânime a resposta foi difração de uma onda. (Dados do produto educacional, setembro, 2022)

02) Qual a relação do tamanho da fenda com o fenômeno observado?

R: Uma resposta muito comum foi a formação do tipo de desenho ao passar pela fenda. (Dados do produto educacional, setembro, 2022)

03) Vocês saberiam explicar o que ocorreu com o laser ao passar pelo fio de cabelo?

R: Um tipo de difração. (Dados do produto educacional, setembro, 2022)

04) Lembrem que trocamos o fio de cabelo por um fio de cobre e depois por lápis, certo! Agora vocês saberiam explicar o ocorrido?

R: Conforme o obstáculo foi aumentando a difração foi deixando de existir. (Dados do produto educacional, setembro, 2022)

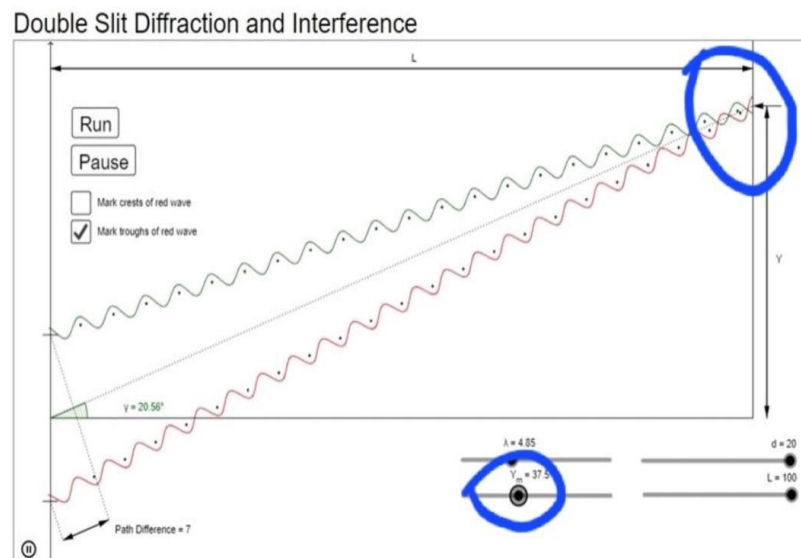
Nesse momento foram feitas pelo professor algumas explicações que ainda os alunos não tinham. A difração está relacionada com a ordem de grandeza entre o comprimento de onda e a espessura do obstáculo/fenda. No caso do laser e do fio de cabelo, as ordens de grandeza foram compatíveis. No caso do fio de cobre e lápis, suas ordens de grandeza eram muito maiores, não ocorrendo o fenômeno da difração.

05) O porquê da formação de franjas mais fortes e mais fracas no experimento do laser?

R: Neste momento não houve uma unanimidade nas respostas, porém houve a menção da interferência. (Dados do produto educacional, setembro, 2022)

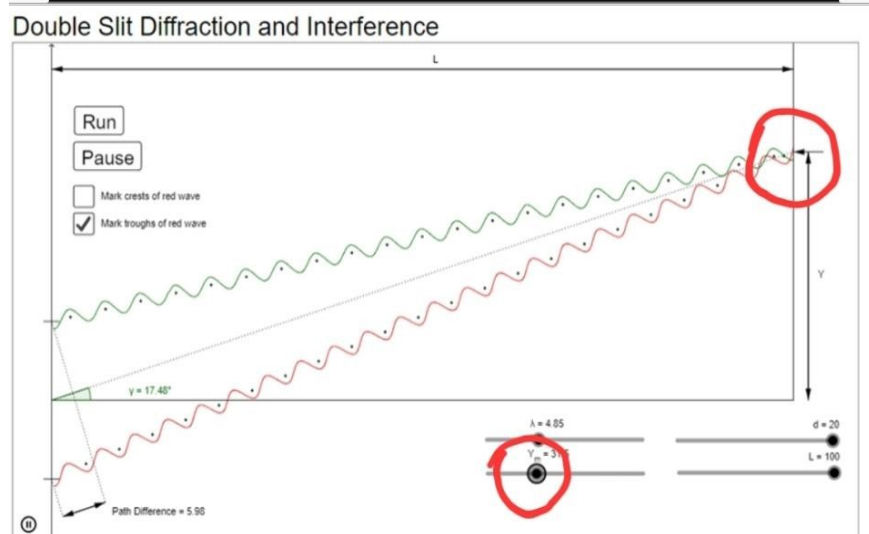
Para demonstrar o que estava ocorrendo para o aparecimento das franjas, o professor utilizou o simulador Physics-Interactive Physics Simulations. Dessa forma ficou acessível a compreensão dos fenômenos de interferência construtiva, destrutiva e parcial, que ocorreram no laser e no fio de cabelo, conforme Figuras 34, 35 e 36.

Figura 34 - Interferência destrutiva



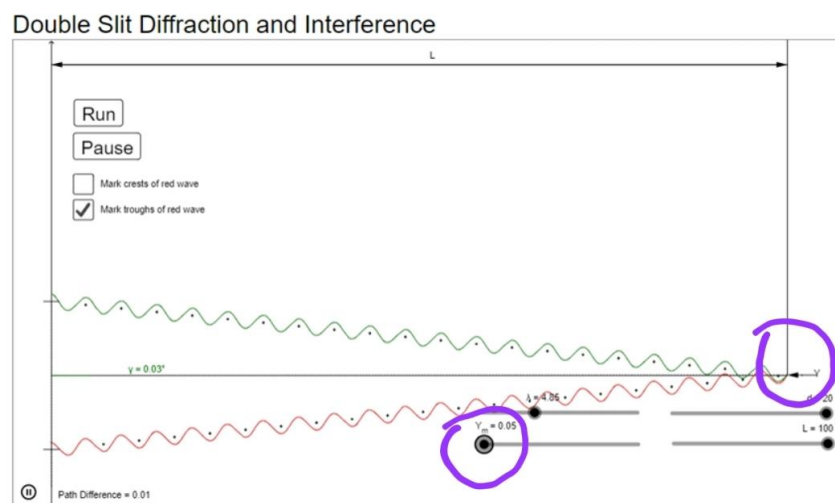
Fonte: pesquisada no site <https://ophysics.com/l4.html>, (2022)

Figura 35 - Interferência parcial



Fonte: pesquisada no site <https://ophysics.com/l4.html>, (2022)

Figura 36 - Interferência parcial – II



Fonte: pesquisada no site <https://ophysics.com/l4.html>, (2022)

Nos encaminhamentos finais da oitava aula foi pedido aos alunos que formassem grupos de 03 (três alunos). Como uma aluna não estaria presente no último módulo, foram criados quatro grupos com três integrantes. Foi enviado o link do material em PDF e pedido aos grupos que lessem com muita atenção o roteiro, pois existiam objetos a serem levantados e trazidos pelos grupos. Finalizamos a

aula com uma breve revisão de prefixos e potência de base 10, pois sua utilização seria frequente no último encontro.

5.2.5 - Módulo 05

5.2.5.1 - 9ª e 10ª Aulas

De posse dos roteiros, os grupos foram organizados em pontos estratégicos da sala. Como eram quatro grupos com três integrantes, os mesmos ficaram dispostos nas laterais da sala de aula de forma a poderem circular ao redor do experimento com facilidade, conforme Figura 37:

Figura 37 - Experimento feito pelos alunos

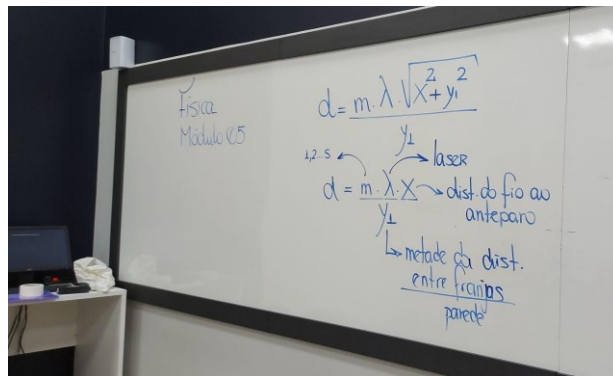


Fonte: do autor realizada em 2022

Neste último módulo o professor e orientador Dr. Esley Scatena Gonçalves esteve presente para os devidos acompanhamentos e observações. O fato de estar conosco foi de grande ajuda, pois pode circular junto com o professor auxiliando nas dúvidas dos alunos. Todos grupos estavam empolgadíssimos, em razão da possibilidade de estarem executando o experimento para medir a espessura de um fio de cabelo.

Tendo todos grupos montado o experimento, foi pontuado no quadro a equação para cálculo da espessura da fenda/obstáculo, que em nosso caso seria a espessura do fio de cabelo, Figura 38:

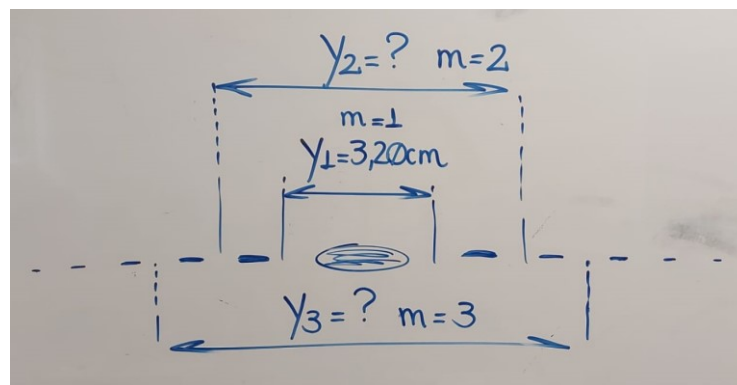
Figura 38 - Equação para espessura da fenda/obstáculo.



Fonte: do autor realizada em 2022

Foi necessário ainda o desenho das franjas que ajudou significativamente os alunos na coleta de dados, Figura 39:

Figura 39 - Franjas



Fonte: do autor realizada em 2022

Ainda existiram algumas dificuldades nas medições feitas pelos alunos, entretanto foram prontamente orientados de como fazê-las e os cuidados significativos ao coletá-las.

Foi sugerido que usassem valores diferentes entre franjas, com o intuito de comprovar que a espessura do fio de cabelo tenderia a permanecer a mesma. Ao preencherem a tabela 6, proposta no roteiro, os grupos se concentraram em fazer o cálculo da espessura, conforme observado na Figura 40:

Tabela 6 – Dados coletados

MEDIDA	X (m)	- m - Ordem de difração	Y (m)	$y_i = Y/2$ (m)	d (μm)
01	1,56	1	$3,20 \times 10^{-2}$	$1,60 \times 10^{-2}$	63,3
02	1,56	2			
03	1,56	3			
04	1,56	4			
05	1,56	5			
				Média (d)→	

Fonte: próprio autor, 2022

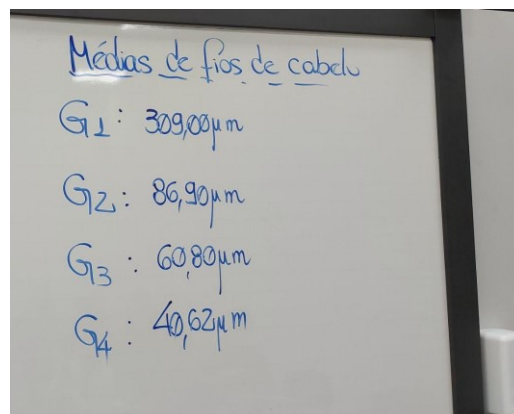
Figura 40 – Cálculo da espessura



Fonte: do autor realizada em 2022

Finalizando o módulo, os alunos fizeram a média dos valores encontrados para espessura de fio de cabelo. Os valores encontrados estavam na mesma ordem de grandeza o que corroborou a veracidade do experimento, Figura 41.

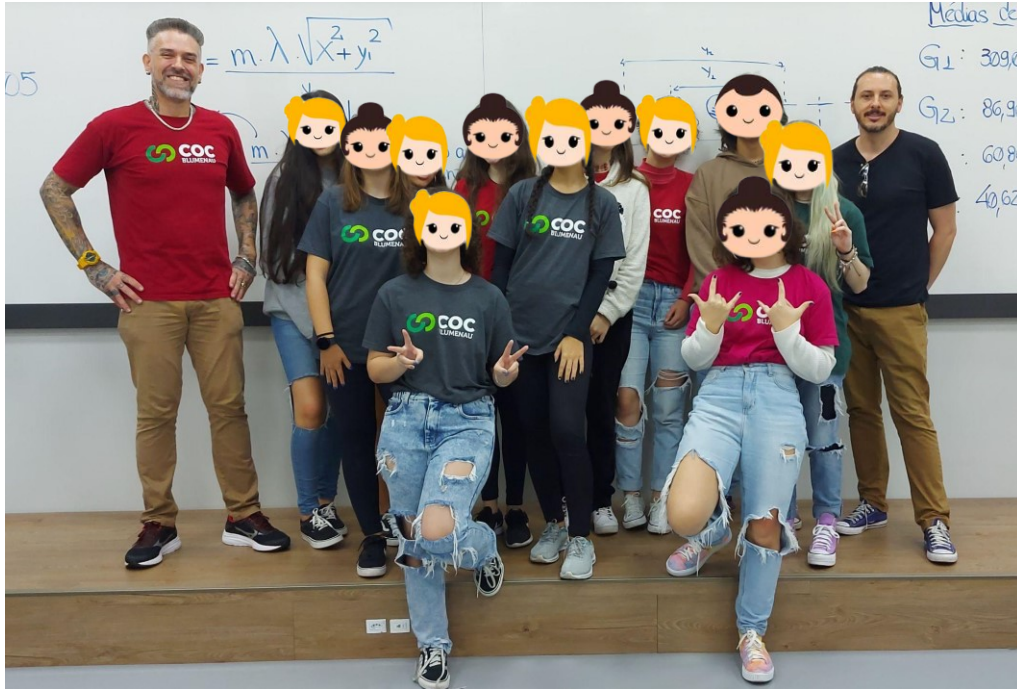
Figura 41 - Valores encontrados



Fonte: do autor realizada em 2022

Registramos o momento final com uma foto de todos os grupos com o professor Giancarlo Schluter, e o professor orientador Dr. Esley Scatena Gonçalves, Figura 42.

Figura 42 - Grupos, mestrando em física e professor orientador.



Fonte: do autor realizada em 2022

6 ANÁLISE QUALITATIVA DOS RESULTADOS

O produto educacional foi criado na forma de uma sequência didática, que teve como principal objetivo fazer com que o aluno concluísse que a luz é uma onda e sofre fenômenos comuns a uma onda mecânica, que em nosso caso foi uma cuba com água.

A ideia principal foi de começar o produto educacional apresentando dois experimentos aos alunos, entretanto sem grandes explicações físicas nesse primeiro momento, o que causou um grande estranhamento aos docentes, visto que estão acostumados com o método tradicional de ensino. No experimento da cuba/obstáculo logo ocorreram frases do tipo: “...a uma formação de “U” ao passar pela fenda...” “...o desenho em “U” foi desaparecendo ao aumentarmos as aberturas das fendas...”. Como os alunos não conheciam os termos corretos da ondulatória foram deixados à vontade para as devidas observações.

Na sequência da mesma aula, o experimento do laser e fio de cabelo foi apresentado à sala. Logo na montagem foi nítido o envolvimento e participação dos alunos, que se estendeu durante a observação do padrão formado na parede. Começamos com o fio de cabelo e o laser e as primeiras falas começaram a aparecer espontaneamente: “que legal a imagem formada”, “isso é muito TOP”, enfim frases de espanto e admiração. Quando questionados pelo professor sobre o que observavam na parede, surgiram os seguintes relatos: “são desvios nas escamas do fio de cabelo”, “deve ser reflexo do fio de cabelo”, enfim, frases comuns para leigos no assunto de ondulatória.

Todos os questionamentos foram plenamente pertinentes e válidos, visto que não tiveram o conteúdo de ondulatória. A primeira atividade foi responder um questionário via Google Docs, com o intuito de buscar os conhecimentos prévios dos alunos. Algo muito comum, e observado nas respostas, foi a dificuldade em expressar e explicar o que estava ocorrendo com o laser e o fio de cabelo. Não entendiam o que ocasionava a formação das franjas ou desenhos claros e escuros como relatados pelos alunos.

Tendo como base este ponto de partida foi proposto como produto educacional uma sequência didática (SD) com elementos de uma (UEPS) que foi fundamentada na teoria sócio interacionista de Lev Vygotsky, cujo ponto central é a

obtenção de conhecimento através da interação do sujeito com o meio e pela teoria da aprendizagem de David Paul Ausubel que é uma teoria cognitivista, cujo intuito é explicar a sistemática interna da mente humana com relação ao aprendizado e à estruturação do conhecimento e nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), que são fundamentadas na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) de Moreira (2010).

A utilização da SD e os elementos de uma UEPS facilitou a interação dos alunos com o professor. Deixando de serem meros coadjuvantes no aprendizado para serem protagonistas em diversos momentos do produto educacional.

Sua elaboração e aplicação foi ao encontro da BNCC, que propõe ênfase à dimensão investigativa das Ciências da Natureza, aproximando os alunos do métodos de investigação científica como: apontar problemas, levantar questões, localizar informações ou variáveis expressivas, sugerir e experimentar hipóteses, criar argumentos e explicações, selecionar e operar instrumentos de medida, conceber e efetuar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e elaborar ações de intervenção, sobre os conteúdos da área.

Dessa forma, durante a aplicação do produto, foi possível pôr em prática inúmeras das fases da proposta investigativa. Os alunos tiveram a oportunidade de exercer o protagonismo, pois existiram momentos que tiveram que deliberar sobre a elaboração, execução e observação dos experimentos.

Outro ponto relevante foi o comprometimento dos alunos junto à SD. Todos, sem exceção, tiveram um engajamento ímpar, seja na observação dos experimentos, na utilização dos simuladores, na obtenção dos itens para os experimentos, enfim, foi surpreendente os depoimentos a serem observados: “...*nossa professor! isso é muito interessante!...*” ou ainda, “...*como a física é interessante quando experimentamos...*”

Dúvidas permearam alguns momentos do produto educacional, principalmente quando os alunos tiveram que tomar decisões sobre a elaboração dos experimentos. Como montar, a que distância colocar, onde medir, como coletar os dados, esses foram alguns itens observados na execução do produto, entretanto foi facilmente contornado com o auxílio do professor e ou interação com outros grupos.

Foi nítida a falta de experiência em manusear alguns instrumentos, como por exemplo uma trena, que inúmeras vezes era mal posicionada ou utilizada pelos alunos. Alguns grupos ainda tiveram dificuldade na execução do experimento, devido

a falta de liderança entre si, o que propiciou uma desorganização nas tarefas a serem executadas, nos dados coletados e cálculos proferidos.

Outro ponto interessante foi a junção da parte prática com os simuladores virtuais. Nesses momentos o engajamento foi total, pois foi possível averiguar e testar algo prático de forma on-line. A habilidade nata dessa geração pelo virtual é fato e a interação foi completa.

Vale ressaltar, que apesar dessas pequenas dificuldades, toda a aplicação do produto educacional ocorreu em cinco semanas totalizando dez aulas. Não houve atrasos e praticamente não há necessidade de ajustes no tempo de aplicação e execução, todavia caso exista a necessidade de adaptação existe a possibilidade de acordo à realidade local da instituição de ensino.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos ambientes escolares do Ensino Médio descobrimos inúmeros professores do Ensino de Física com uma imensa dificuldade em edificar a compreensão, o entendimento e o pensamento crítico de uma forma agradável, contextualizada e prática.

As pesquisas reiteram que o Ensino de Física atual tem como principal diretriz a resolução de exercícios, visando uma preparação para provas, concursos e vestibulares. Livros férteis em exercícios, muitas vezes fora de aplicação, onde prevalecem a memorização e soluções algébricas.

A Física é ensinada de forma desarticulada por intermédio de conceitos, fórmulas matemáticas, exercícios enfadonhos que somente estimulam a memorização e mecanização. Fica evidente que a busca de metodologias diferentes para o ensino-aprendizagem de Física se faz necessário e nesse caminho o ato de experimentar é de extrema relevância com afirmam muitos autores.

Assim sendo, foi proposta uma Sequência Didática, com o intuito de lançar aos alunos uma proposta diferente ao estudo da ondulatória e alguns fenômenos observados. Sua aplicação foi motivada pela possibilidade de apresentar o conteúdo inicialmente por dois fenômenos ondulatórios experimentais, que na sequência dos módulos propiciaram aos alunos sua explicação e entendimento.

No decorrer dos Módulos e suas respectivas aulas, observou-se um potencial significativo de aprendizagem do tópico abordado, visto que os estudantes aumentaram o interesse, os questionamentos e principalmente puderam experimentar a Física aplicada.

Vale ressaltar, que devido a empolgação dos 13 alunos com a aplicação do produto educacional a outra parte da turma, que estava em outro itinerário, ficou profundamente interessada em estudar Física. Frase do tipo foi mencionada: *“se soubesse que não seria somente fórmulas e exercícios teria escolhido esse itinerário”*.

Esta atividade, como referida anteriormente, foi aplicada a alunos do 1º ano do Ensino Médio em 2022 e a sequência didática partiu de dois fenômenos físicos experimentais, que foram aplicados e explicados pelo professor. Caminhou para uma sequência que propiciou aos alunos concluir que a luz também tem comportamento ondulatório e calculando a espessura de um fio de cabelo no último encontro.

Poucas foram as dificuldades encontradas, tendo em vista que o planejamento da sequência didática foi profundamente pensado pelo professor e seu orientador. Semanas de reuniões, alteração de estratégias, tipos de experimentos, simuladores etc, tudo organizado de tal forma que a execução se ocorre perfeita.

Alunos motivados, comprometidos e interessados nas aulas de física semanais, esses foram alguns dos fatores significativos observados durante essas cinco semanas.

Vale ressaltar que pequenos contratempos existiram, interrupções indesejadas das aulas, alteração de horário, feriados, porém nada que compromettesse a aplicação do produto.

Outro elemento evidenciado foi a estrutura do colégio onde foi aplicado o produto. Salas equipadas, ambientes limpos e uma estrutura impecável sem dúvida corroboraram muito para o êxito desse projeto. Sabemos que essa não é uma realidade comum em nosso país, logo cabe ao professor pequenos ajustes no planejamento do produto educacional. Ajustes estes, que são fatores preponderantes para um total sucesso motivacional e educacional dos alunos.

Outro fator relevante foi a possibilidade de prorrogação estendida pelo MNPEF em acordo com a CAPES, possibilitando a aplicação do produto educacional ter ocorrido em tempos de pandemia COVID-19, de forma presencial e controlada.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. Novak, I.D e HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978.
- AUSUBEL, David P. **A aprendizagem significativa**. São Paulo: Moraes, 1982.
- CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica**. Del saber sabio al saber enseñado. 3ª ed. Buenos Aires: Aique, 2000.
- CHIQUETTO, Marcos José. **O currículo de física do ensino médio no Brasil: discussão retrospectiva**. Revista e-curriculum, v. 7, n. 1, 2011.
- DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. Sequências didáticas para o oral e para o escrito: apresentação de um procedimento. In.: SCHNEUWLY, B.; DOLZ, J. **Gêneros orais e escritos na escola**. [Tradução e organização Roxane Rojo e Glais Sales Cordeiro] Campinas, SP: Mercado de Letras, p. 95 – 28, 2004,
- FINKEL, D. **Teaching with your mouth shut**. Portsmouth, NH: Boynton/Cook Publishers, 1999.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. 36.ed. São Paulo: Paz e Terra, 2007.
- GIORDAN, M. **Computadores e Linguagens nas Aulas de Ciências**. Ijuí, RS: Editora da Unijuí, 2008.
- GIORDAN, M.; GUIMARÃES, Y. A. F. **Estudo Dirigido de Iniciação à Sequência Didática**. Especialização em Ensino de Ciências, Rede São Paulo de Formação Docente (REDEFOR). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- HECHT, E. **Óptica**. Fundação Calouste Gulbenkian; 2ª edição, 2002.
- MORAES, José Uibson Pereira et al. **As TIC como facilitadoras da aprendizagem significativa no ensino de física**, 2012.
- MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa subversiva. **Série-Estudos-Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB**, 2006.
- MOREIRA, Marco Antonio. O que é afinal aprendizagem significativa? (after all, what is meaningful learning?) Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. **Qurriculum, La Laguna, Espanha**, 2012.
- MOREIRA, Marco Antonio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, v. 32, p. 73-80, 2018.
- NUSSENZVEIG, H. M. Ótica, **Relatividade e Física Quântica: Curso de Física básica**. São Paulo: Blucher, 1998.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica: fluidos, oscilações e ondas, calor**. Editora Blucher, 2018.

PAULO, Iramaia Jorge Cabral de; MOREIRA, Marco Antônio. Abordando conceitos fundamentais da mecânica quântica no nível médio. **Revista brasileira de pesquisa em educação em ciências**. Porto Alegre. Vol. 4, n. 2 (maio/ago. 2004), p. 63-73, 2004.

POSTMAN, Neil; WEINGARTNER, Charles. **Teaching as a subversive activity**. New York: Dell Publishing Co, p. 219, 1969.

RABELLO, E.T. e PASSOS, J. S. **Vygotsky e o desenvolvimento humano**. Disponível em <http://www.josesilveira.com>; dia 16 de janeiro de 2023.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kenneth S. Física, Volumen II. **Editorial Continental**, 2002.

SKINNER, B. F. **Tecnologia do ensino**. São Paulo: Herder, 1972.

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. **A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. SEARS. ZEMANSKY Física IV: **ótica e física moderna**. 2004.

YOUNG, Hugh D. Física IV: SEARS e ZEMANSKY: **ótica e física moderna** / Hugh D. Young, Roger A. Freedman; colaborador A. Lewis Ford; tradução Daniel Vieira; revisão técnica Adir Moysés Luiz. – 14. ed. – São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

ZANELLA, Andréa Vieira. **Zona de desenvolvimento proximal: análise teórica de um conceito em algumas situações variadas**. *Temas psicol.* [online]., vol.2, n.2, p. 97-110. ISSN 1413-389X, 1994.

Produto
Educativo

MPEF



A ÓPTICA

FÍSICA



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UFSC - BLUMENAU



UFSC
Centro Tecnológico de Ciências Exatas e Educação
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 52

Giancarlo Schlüter

PRODUTO EDUCACIONAL

A ÓPTICA FÍSICA

Blumenau
2023
Giancarlo Schlüter

A ÓPTICA FÍSICA

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA O ENSINO DA ÓPTICA FÍSICA, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 52 – UFSC/Blumenau – SC, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. Dr. Esley Scatena Gonçalves

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao universo cósmico por ter me propiciado saúde e determinação durante esses anos de mestrado, que coincidiram com a Pandemia Covid 19, sem nunca desanimar e esmorecer nos estudos.

À minha amada esposa e Mestre Janaina que sempre acreditou e incentivou esse sonho, nunca poupando incentivos e amparo.

Gratifico também meu grande amigo e agora Mestre Professor Marcos de Oliveira que trilhou junto comigo esse caminho árduo, porém extremamente recompensador.

Ao meu grande amigo de vida Professor e Mestre Joceli Fabrício Coutinho (Pipo) que sempre acreditou e nesse sonho agora realizado.

Um reconhecimento especial a meus pais que nunca pouparam esforços para me fornecerem uma educação de qualidade, culminando nessa pessoa dedicada, disciplinada e justa que me tornei.

Reconheço e agradeço ainda meu professor e orientador Dr. Esley Scatena Gonçalves que sempre esteve disponível em me atender e orientar nessa dissertação. Nunca poupando sua gentileza, preocupação e cuidado na criação de um eficaz produto educacional.

Remeto ao PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF - UFSC - CAMPUS BLUMENAU meu último agradecimento pela organização e qualidade de ensino público e gratuito.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	80
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	81
3 PRODUTO EDUCACIONAL/ROTEIROS.....	83
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	113
REFERÊNCIAS.....	115

1 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Segundo a BNCC (2014, p. 547), “é importante ressaltar que aprender ciências vai além de aprender seu conteúdo conceitual”. Isso aumenta a importância deste tópico/produto educacional para melhor compreender e contextualizar a descrição ondulatória da luz. Pensando nisso, foi elaborado e implementado um produto educacional na forma de uma sequência didática (SD), guiado pela teoria sóciointeracional de Lev Vygotsky e pela teoria da aprendizagem de David Paul Ausubel.

A sequência didática foi desenvolvida no MNPEF sendo dividida em 05 módulos compostos por 02 aulas de 30 minutos facilmente adaptáveis para aulas de 40 ou 45 minutos. Pode ser aplicado em turmas do ensino médio com o conteúdo de ondas no currículo. O produto educacional fornece uma sequência de ensino para o fenômeno ondulatório da luz, especialmente os efeitos de interferência e difração.

O principal objetivo desse produto educacional é fazer com que os alunos concluam que a luz tem um comportamento ondulatório, semelhante a uma onda mecânica em uma cuba de água. Todo o produto educacional desenvolve-se primeiramente pela observação de dois experimentos executados pelo professor.

As ondas em uma cuba com água e a interação de um laser com o fio de cabelo são os instrumentos motivacionais observados em nosso primeiro encontro. No decorrer dos módulos essas observações vão se materializando, com o auxílio de questionários, vídeos listas de exercícios e simuladores, convergindo ao ápice em nosso último encontro, onde os alunos literalmente colocam a mão na elaboração do experimento.

Nesse último momento fica nítido que a Física só faz sentido quando experimentada pelos alunos. Nesta sequência didática (SD) vemos que o ensino de Física não precisa ser algo teórico e enfadonho, mas sim interessante e motivador quanto contextualizado e visto na prática por meio de experimentos realizados pelos próprios discentes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Vygotsky (1978), afirma que a intervenção pedagógica atua no desenvolvimento proximal, momento este em que as transformações são mais transformadoras. Seja por meio de experimentos, jogos, participação do educador, intermediação da família ou interferência de um profissional, aparecerá o impulso da ZDP do aluno, ponto este de transformação frequente para a realização da mesma tarefa de forma autônoma.

Outro teórico que contribuiu significativamente para a elaboração dessa Sequência Didática (SD) foi o estadunidense de Nova York, David Paul Ausubel e sua teoria sobre a aprendizagem. Para Ausubel *et al.* (1980), a aprendizagem significativa é um processo no qual o indivíduo relaciona uma nova informação de forma não arbitrária e substantiva com aspectos relevantes presentes na sua estrutura cognitiva.

Sua pesquisa tem como foco a sala de aula, buscando criar um enfoque aplicável a este ambiente. Quanto mais sabemos, mais aprendemos significativamente, em oposição a teoria Behaviorista que afirma que só é possível aprender se alguém ensinar.

A aquisição de conhecimento pode ser uma experiência significativa e abrangente, alcançada ao conectá-la com um aspecto expressivo da estrutura cognitiva. Essa interação de conhecimento e sua ancoragem é chamada de subsunção. Para facilitar esse processo, Ausubel propõe o uso de organizadores avançados, que auxiliam na assimilação de novos aprendizados.

Para ocorrer a aprendizagem significativa se faz necessário o entendimento da modificação do conhecimento e reconhecer a relevância que os processos mentais têm nesse desenvolvimento. São necessárias duas situações para que a aprendizagem ocorra. Primeiramente o aprendiz/aluno necessita querer aprender, caso prefira somente memorizar o conteúdo a mesma será mecânica. Como segunda condição, o conteúdo a ser aprendido deve ser lógico e psicologicamente significativo. Sua lógica está atrelada a natureza do conteúdo e o significado psicológico ao repertório de cada indivíduo.

No conceito de Moreira (2006), a aprendizagem significativa se caracteriza pela inter-relação do novo conhecimento e o conhecimento prévio. Nessa sequência

o novo conhecimento adquire significado para o aluno e o conhecimento prévio ganha mais relevância.

Cabe a nós professores de Física a utilização de situações problemas que façam sentido para os alunos, dessa maneira é possível aumentar os níveis de complexidade e conseqüentemente introduzir novos conhecimentos Físicos. Portanto, as situações propostas e trabalhadas no ensino de Física “devem fazer sentido para os alunos. É claro que situações abstratas, complexas, também devem ser trazidas ao ensino, mas no momento apropriado” (MOREIRA, 2018, p.77).

3 PRODUTO EDUCACIONAL/ROTEIROS

PLANOS DE AULA

IDENTIFICAÇÃO GERAL DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Disciplina: Física;

Série: 1º ano do Ensino Médio;

Número de Módulos/Aulas: O produto educacional foi elaborado para 05 módulos sendo cada um composto por 02 aulas de 45min;

IDENTIFICAÇÃO - ROTEIROS

AULAS 01 e 02

Disciplina: Física

Turma a ser aplicada: 1º ano do Ensino Médio

SABERES

Demonstração de **experimentos** sobre difração:

1º a) Água e fenda de 1,0cm em uma forma de bolo;

2º b) Água/fenda de 2,0cm em uma forma de bolo;

3º c) Água/fenda de 4,0cm em uma forma de bolo;

4º d) Água/anteparo de 1,0cm em uma forma de bolo;

5º e) laser/fio de cabelo;

6º f) laser/fio de cobre 1,0mm;

7º g) laser/lápis;

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- ✓ Apresentar aos alunos o fenômeno da difração/interferência de uma onda mecânica (água/forma);
- ✓ Apresentar aos alunos o fenômeno da difração/interferência de uma onda eletromagnética (laser/fio de cabelo);
- ✓ Motivar os alunos a responderem um questionário elaborado no Google Forms, sem a preocupação com termos técnicos e sim um cuidado em retratarem o que foi observado individualmente;

PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS

1ª aula (±45min): Elaboração e demonstração dos experimentos da difração da água;

2ª aula (±45min): Elaboração e demonstração do experimento da difração do laser;

2ª aula (Término): encaminhar aplicação de um questionário aberto, que irá aferir as concepções prévias dos alunos sobre os fenômenos observados e os paralelos entre os experimentos;








Obs: o mesmo deverá ser respondido no máximo em 24h;


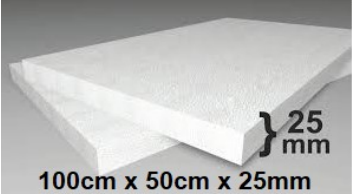



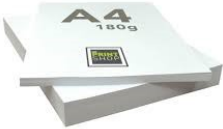
O questionário foi desenvolvido no Google Forms e o mesmo encontra-se disponível no link: <https://forms.gle/DQNkHjKzPpUmCLa68>

RECURSOS DIDÁTICOS

- ✓ 01 Laser na cor vermelha;



✓ 03 CD's	
✓ 01 fio de cabelo;	
✓ 01 fio de cobre 1 mm;	
✓ 01 lápis;	
✓ 01 fita crepe;	
✓ 01 trena de 3m;	
✓ 01 forma assadeira grande (nº04);	 <p>Medidas internas</p>

✓ 01 estilete	
✓ 01 placa de isopor com as respectivas medidas: Comprimento: 1000 mm Largura: 500 mm Espessura: 30 mm	
✓ 01 caneta retroprojektor	
✓ 01 tesoura sem ponta	
✓ 01 jarra de 2 L	
✓ 04 folhas de papel A4	

- ✓ 01 régua 30 cm



PRÉ-MONTAGEM - ANTES DA APLICAÇÃO

ÁGUA/FENDA EM UMA FORMA DE BOLO

- ✓ Cortar, com o auxílio do estilete, 04 placas de isopor com as seguintes dimensões: 27,5cm (largura da forma), 5,5cm (profundidade da forma) e 25mm (espessura do isopor);
- ✓ Inserir 03 fendas de 1,0cm, 2,0cm e 4,0cm de largura e profundidade de 3,5cm conforme Fig.01;
- ✓ Cortar 01 fenda/obstáculo de 1cm de espessura e 3,5 de profundidade conforme Fig.01;

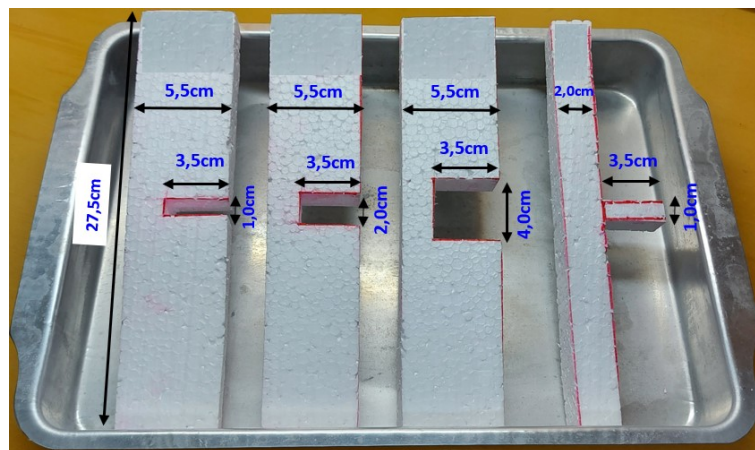


Fig. 01

LASER/FIO DE CABELO;

- ✓ Elaborar 03 suportes com o miolo de papel higiênico, conforme Fig. 02 e 02a e Fig. 03 e 03a;

Obs: Os suportes a Fig. 02 e 02a serão para apoio do laser e os da Fig.03 e 03a serão para os cds;

- ✓ Fixar um fio de cabelo, um fio de cobre 1,0 mm e um lápis em 03 CD's diferentes, conforme Fig. 04, Fig.04a, Fig. 05 e Fig. 06;



Fig. 02



Fig. 02a



Fig. 03



Fig. 03a



Fig. 04



Fig. 04a



Fig. 05



Fig. 06

APLICAÇÃO



Módulo 01

AULAS 01 e 02 - 90min



AULA 01 - 45min

a) Fenda 1,0 cm

b) Fenda 2,0 cm

c) Fenda 4,0 cm

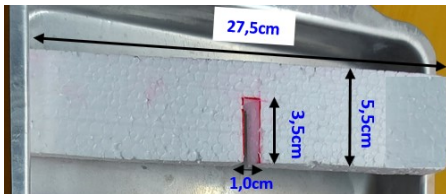


Fig.07

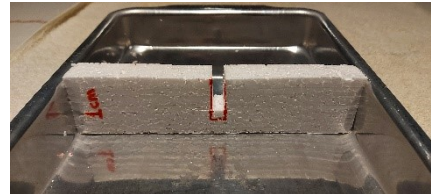


Fig.08



1ª Aula - Tempo de aplicação: ± 35 min

1. Montar o obstáculo da Fig.08 utilizando o modelo confeccionado da Fig.07;
2. Levar o experimento, de preferência para o centro da sala, onde os alunos ao redor possam verificar o fenômeno da difração;
3. Posteriormente acrescentar água na forma, até que toda a fenda fique submersa;

4. Com o auxílio de uma régua criar perturbações (ondas) que possam se propagar pela fenda;
5. Repetir o experimento com as fendas de 2,0cm e posteriormente com 4,0cm instigando os alunos à observação atenciosa em cada um dos casos;

d) Obstáculo 1,0cm

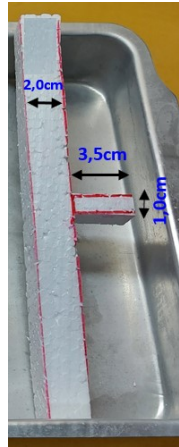


Fig.09



Fig.10



1ª Aula - Tempo de aplicação: ±10min

1. Montar o obstáculo da Fig.10 utilizando o modelo confeccionado da Fig.09;
2. Acrescentar água até a cobertura de toda a base da barreira ficando somente o obstáculo para fora;
3. Repetir o procedimento das ondulações com a régua, alertando os alunos para a observação;



AULA 02 - 45min

e) laser/fio de cabelo;



Fig. 11

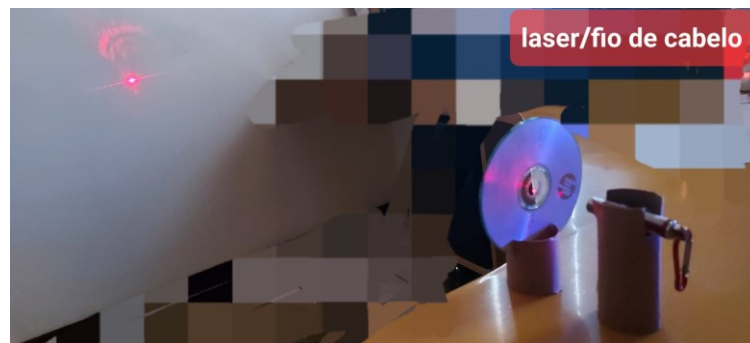


Fig. 12

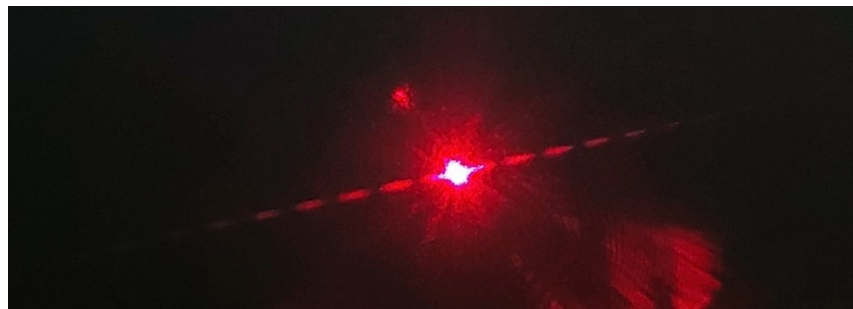


Fig. 13

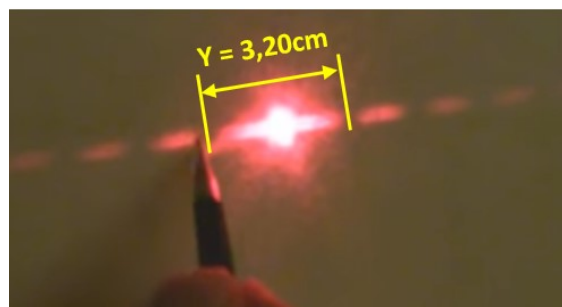


Fig. 14



2ª Aula - Tempo de aplicação: ±25min

1. Montar o experimento da Fig.11 em sala de aula. A altura $H \cong 0,80\text{m}$ é a altura de uma carteira dos alunos e $X = 1,56\text{m}$ a distância do obstáculo (cd) ao anteparo (parede);
2. Posicionar o laser de tal forma que atinja o fio de cabelo preso ao CD, formando o padrão de difração/interferência observada na Fig.12 e ampliada Fig.13;
3. Colar uma folha de papel A4 na parede onde se forma o padrão da Fig.14 e medir com o auxílio de uma régua a distância entre os centros máximos do primeiro padrão de interferência $Y=3,20\text{cm}$;
4. Instigar nos alunos a observação minuciosa do fenômeno observado, após o laser atingir o fio de cabelo;

f) laser/fio de cobre 1,0mm;

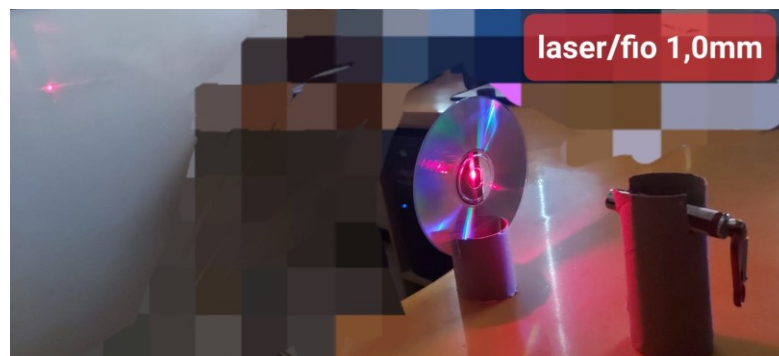


Fig. 15



Tempo de aplicação = ±10min

1. Refazer o experimento da Fig. 11 alterando o obstáculo para o cd com fio de 1,0mm conforme Fig. 15;
2. Chamar a atenção dos alunos para o fenômeno observado, assim como as similaridades ou diferenças;

g) laser/lápis:

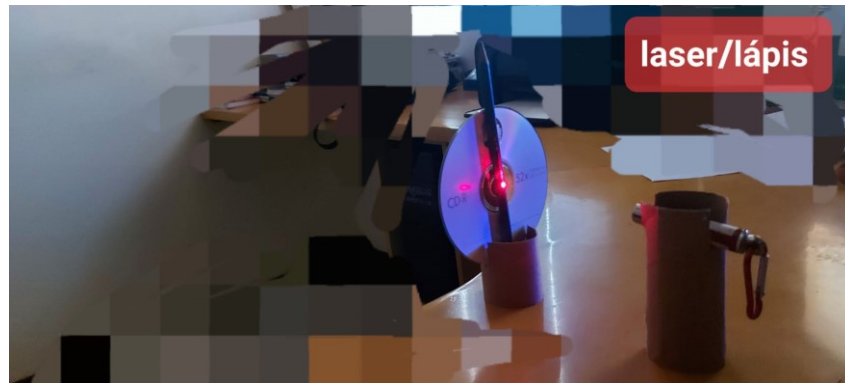


Fig. 16



Tempo de aplicação = ±10min

1. Refazer o experimento da Fig. 11 alterando o obstáculo para o cd com lápis conforme Fig. 16;
2. Chamar a atenção dos alunos para o fenômeno observado, assim como as similaridades ou diferenças;

FECHAMENTO: Aulas 01 e 02

Após a realização dos experimentos de difração/interferência com a forma e o laser, aplicar o questionário elaborado no Google Forms com o objetivo de mensurar os conhecimentos prévios dos alunos sobre fenômenos observados.

Material de apoio: Concepções prévias sobre ondulatória

(GOOGLE FORMS)



Google Forms

<https://forms.gle/DQNkHjKzPpUmCLa68>



Módulo 02

AULAS 03 e 04 - 90min

SABERES

- ✓ Natureza de uma onda;
- ✓ Alguns fenômenos ondulatórios;
- ✓ Elementos de uma onda;
- ✓ Radiação eletromagnética,
- ✓ Luz como onda.

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

O aluno deverá ser capaz de:

- ✓ Definir o que é uma onda;
- ✓ Compreender a natureza de uma onda;
- ✓ Como se classificam;
- ✓ Identificar os elementos de uma onda;
- ✓ Calcular os principais parâmetros de uma onda;

PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS



3ª Aula - Tempo de aplicação = ±20min

O professor deve apresentar de forma objetiva aos alunos, via quadro ou projeção, Fig.17, as respostas mais recorrentes recebidas no questionário aplicado via Google Forms. Sem a preocupação do que é certo ou errado! O intuito é verificar os conhecimentos prévios ou subsunções comuns nos alunos. Após enumeradas as respostas mais recorrentes, o professor segue

a partir desse ponto apresentando a parte conceitual, características, classificação e elementos de uma onda.



Fig.17



3ª Aula - Tempo de aplicação = ±5min

Com o intuito de motivar os alunos ao estudo da ondulatória, o professor apresentará um vídeo com exemplos de ondas mecânicas e eletromagnéticas existentes em nosso dia-a-dia.

Material de apoio: Exemplos de fenômenos ondulatórios

(VÍDEO)

You Tube Link

<https://www.youtube.com/watch?v=-BtkkhD7bkM&list=UUZr-AXj2FZhpvTXzp4Re74Q&index=1>



3ª Aula - Tempo de aplicação = ±20min

Após terem visto o vídeo do link acima, com vários tipos de ondas mecânicas e eletromagnéticas, o professor começa a explicar os seguintes pontos:

- ✓ O que é uma onda;
- ✓ Sua natureza;
- ✓ Suas classificações;
- ✓ Os elementos de uma onda;

Material de apoio:

Introdução à ondulatória

(POWER POINT)



<https://drive.google.com/file/d/1791z00Nx93p5Qb6wl7rJk-WEujbO5aUN/view?usp=sharing>



4ª Aula - Tempo de aplicação = ±20min

Nesse momento o professor irá utilizar o simulador PHET INTERACTIVE SIMULATIONS (Phet Colorado) para demonstrar aos alunos o que é uma onda e uma onda mecânica propagando-se em uma corda e nos líquidos. Nessa simulação o objetivo principal será o de visualizar o que é amplitude, frequência, período e comprimento de onda. Dessa forma ficará menos abstrata a parte matemática da onda, o que permitirá posteriormente aos alunos um melhor entendimento na resolução de exercícios. Abaixo os Links 01 e 02 que podem ser acessados pelo professor para uma melhor compreensão e condução do simulador Phet Colorado. Não é interessante ainda o professor demonstrar as ondas sonoras e luminosas no simulador, pois as mesmas serão abordadas no final da Aula 05;

LINK₀₁:

You Tube Link

<https://www.youtube.com/watch?v=UP1eOZo1Z1Y>

LINK₀₂:

You Tube Link

https://www.youtube.com/watch?v=3StZ24s_5io.

Obs₀₁: o professor poderá utilizar os simuladores online ou offline conforme links abaixo:

Obs₀₂: caso utilize a versão offline é necessário ter instalado o JAVA.

Online – Introdução às ondas:



https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/waves-intro

Online – Ondas em cordas:



https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html

Offline download – Introdução às ondas:



<https://drive.google.com/file/d/1F2Lf7TDmDHw56zEakADxmKbNSREBcUc4/view?usp=sharing>

Offline download – Ondas em cordas:



https://drive.google.com/file/d/1ZSpaJRw1tGm-SBlqbO-_AgP-PzvfB1Bw/view?usp=sharing

JAVA download:



https://drive.google.com/file/d/1ZSpaJRw1tGm-SBlqbO-_AgP-PzvfB1Bw/view?usp=sharing



4ª Aula - Tempo de aplicação = ±10min

Cabe ao professor resolver alguns exercícios de ondulatória que exemplifiquem, período, frequência, comprimento de onda, amplitude e velocidade de uma onda. Dessa forma os alunos terão exemplos para poderem resolver e exercitarem individualmente uma nova lista de exercícios. Como sugestão de resolução pelo professor, seguem exercícios abaixo:

Material de apoio:

Lista 01-Professor-

Exercícios de Ondulatória - Elementos de uma Onda

(PDF)



<https://drive.google.com/file/d/1fG9QEbo3dKBARTnnDE0BidZBLS5tew8T/view?usp=sharin>

g



4ª Aula - Tempo de aplicação = ±15min

Agora é o momento em que os alunos colocaram a mão na massa, ou melhor, nos exercícios. A lista abaixo tem como objetivo propiciar ao aluno o reconhecimento e o cálculo dos elementos de uma onda.

Obs: a lista pode ser compartilhada, projetada ou impressa aos alunos que deverão resolver no seu caderno. No início da 5ª aula o professor irá retomar a lista para sua resolução e discussão de dúvidas caso existam. Como sugestão a lista abaixo:

Material de apoio:

Lista 02 -Alunos-

Exercícios de Ondulatória - Elementos de uma Onda**(PDF)**

<https://drive.google.com/file/d/16-55jmsv0EIduYwte9Zat0Ndo4XM-x-Y/view?usp=sharing>



Módulo 03

AULAS 05 e 06 - 90min

SABERES

- ✓ Elementos de uma onda;
- ✓ Radiação eletromagnética,
- ✓ Espectro Eletromagnético;

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

O aluno deverá ser capaz de:

- ✓ Entender que a Luz é uma onda e faz parte de um espectro eletromagnético;
- ✓ Comprovar que a onda eletromagnética possui características similares a onda mecânica;
- ✓ Compreender que a frequência da luz visível é associada às cores;
- ✓ Saber que existem outras faixas de frequência acima e abaixo da luz visível;
- ✓ Identificar semelhanças e diferenças entre uma onda mecânica e eletromagnética;

PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS



5ª Aula - Tempo de aplicação = ±14min

Nesse momento o professor retomará a última atividade, lista 02, e fará sua resolução e as devidas correções de rota.



5ª Aula - Tempo de aplicação = ±16min

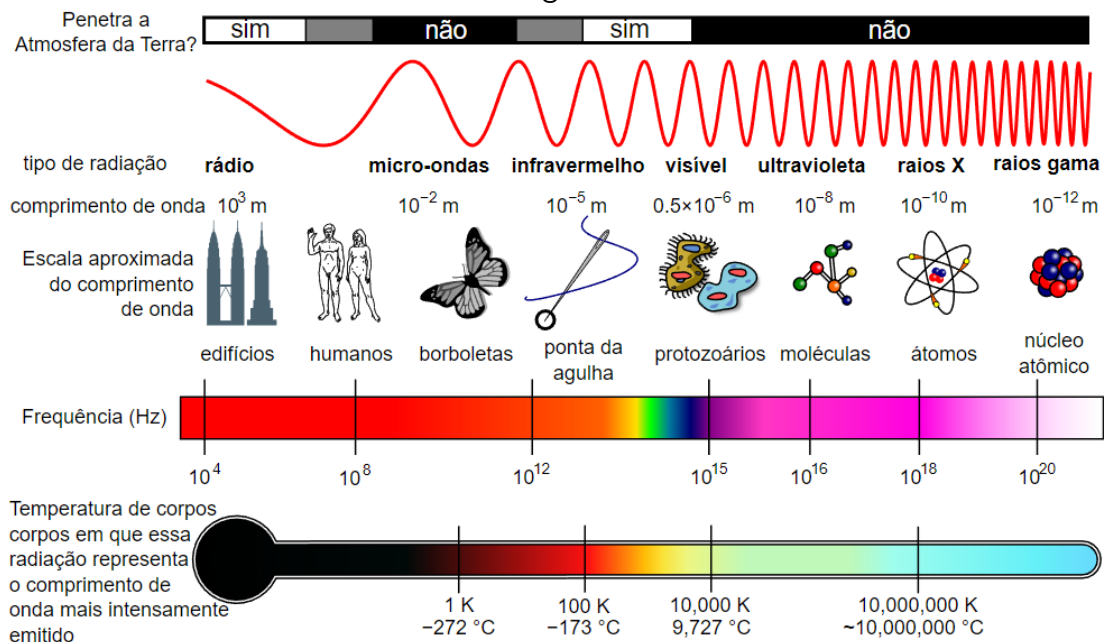
Partindo da premissa de que os alunos já sabem como uma onda mecânica se comporta, sua classificação, quais seus parâmetros relevantes e seus cálculos, será apresentada a onda eletromagnética e suas similaridades com essa onda.



5ª Aula - Tempo de aplicação = ±15min

Nesse final da 5ª aula, é apresentado novamente o espectro eletromagnético, porém com o objetivo de explicar sua divisão em frequências/comprimentos de onda. Essa apresentação pode ser feita por intermédio de uma projeção, Fig.18, caso seja possível, ou via um esboço feito no quadro pelo professor.

Fig. 18



Fonte: Espectro EM pt.svg. (2020, outubro 26). *Wikimedia Commons*. Retrieved 23h02min, abril 24, 2023 from https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Espectro_EM_pt.svg&oldid=502416583.



6ª Aula - Tempo de aplicação = ±40min

Tendo apresentado o espectro eletromagnético aos alunos, suas características e suas propriedades para cada frequência/comprimento de onda, o professor irá comprovar para os alunos o comportamento ondulatório de uma onda eletromagnética. O experimento aplicado será o de medir o comprimento de onda (λ) das micro-ondas com o auxílio de um forno micro-ondas e uma barra de chocolate e, posteriormente, comparar com o comprimento de onda calculado com as especificações técnicas do forno de micro-ondas.

RECURSOS DIDÁTICOS

✓ 01 micro-ondas	
✓ 03 barras de Chocolate	
✓ 01 régua de 30cm	
✓ 01 extensão	

O experimento consiste em colocar uma barra de chocolate dentro do micro-ondas sem o prato giratório e observar a formação dos padrões de onda na barra de chocolate.

1. Instalar o micro-onda sobre a mesa do professor ou em um local onde os alunos possam observar o experimento;
2. Retirar o prato giratório do forno;
3. Acrescentar a barra de chocolate, livre da embalagem, no interior do micro-ondas conforme Fig.19;

IMPORTANTE: Retirar o mecanismo de rotação do prato do micro-ondas, pois mesmo deve ficar parado com o chocolate sobre si.



Fig. 19

4. Selecionar 30s com a potência máxima, dessa forma ao término do tempo, ficará marcado no chocolate os nós da onda eletromagnética conforme Fig.20. Recomenda-se ao professor testar tempos e potências diferentes, pois isso pode variar dependendo do forno.



Fig.20

5. Posteriormente será medida a distância entre os nós, marcas no chocolate Figs. 21 e 22 com uma régua.

Obs: centralizar a régua no meio das marcações.

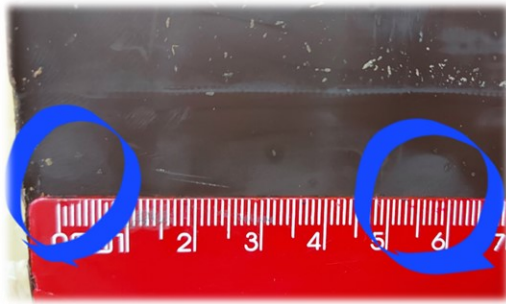


Fig.21

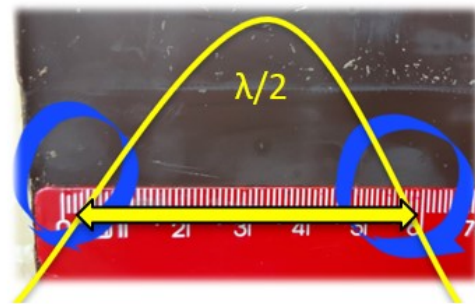


Fig.22

6. O valor encontrado é de aproximadamente 6,0cm, o que equivale a meio comprimento de onda ($\lambda/2$) ou 0,12m o (λ);

7. Desse momento em diante o professor irá comprovar essa medida através de um cálculo utilizando a frequência fornecida pelo fabricante do micro-ondas e a velocidade da luz (c);

Obs: apesar da velocidade de uma onda eletromagnética no vácuo ser aproximada para $3 \cdot 10^8 \text{m/s}$, utilizaremos esse valor para o interior do micro-ondas.

8. Na Fig.23 temos as especificações técnicas referentes ao micro-ondas.



Fig.23

9. Com o auxílio da Fig.23 o professor utilizará a frequência de operação do micro-ondas ($f=2450\text{MHz} \rightarrow 2,450 \cdot 10^9 \text{Hz}$) e a velocidade aproximada da luz, ($v=3 \cdot 10^8 \text{m/s}$) para calcular o comprimento de onda (λ).

10. Tendo as informações acima o professor irá fazer os cálculos no quadro, demonstrando aos alunos o valor encontrado e comparando com os valores medidos no experimento:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$3 \cdot 10^8 = \lambda \cdot 2,450 \cdot 10^9$$

$$\lambda \cong 0,12\text{m ou }12\text{cm}$$



6ª Aula - Tempo de aplicação = ±5min

Com o intuito de corroborar a atividade anterior e fixar que o forno do micro-ondas produz uma onda eletromagnética com as características já abordadas nos módulos anteriores, o professor apresentará uma simulação do Phet Colorado - Ondas de Rádio e Campos Eletromagnéticos.

Online – Ondas de Rádio e Campos Eletromagnéticos:



https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/radio-waves/latest/radio-waves.html?simulation=radio-waves&locale=pt_BR

Após ter calculado o comprimento de onda das micro-ondas e comparado com o valor esperado serão apresentados no quadro os cálculos aos alunos, dando ênfase à influência do comprimento de onda/frequência em uma onda eletromagnética (luz/cores) e onda mecânica (som/altura). Dessa forma o início do encontro 07 estará encaminhado com o uso de simulador.



Módulo 04

AULAS 07 e 08 - 90min

SABERES

- ✓ Espectro Eletromagnético;
- ✓ Fenômenos Ondulatórios;
- ✓ Interferência e Difração;

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- ✓ Estabelecer paralelos entre ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas, no que se refere às suas características e elementos de uma onda;
- ✓ Caracterizar o espectro eletromagnético;
- ✓ Enfatizar que os parâmetros de uma onda e os fenômenos ondulatórios estudados se aplicam também para luz, porém em uma escala muito menor;

PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS



7ª Aula - Tempo de aplicação = ±45min

Tendo o professor demonstrado pelo experimento do micro-ondas o comportamento ondulatório de uma onda eletromagnética, agora serão apresentadas algumas similaridades com uma onda sonora e a influência da frequência na formação de um som. O professor deve retornar ao Simulador PHET COLORADO e agora dar ênfase à simulação das Ondas Sonoras e Ondas Luminosas. O principal objetivo é fazer o aluno perceber as consequências da alteração da frequência em uma onda sonora e luminosa.

Online – Introdução às ondas (SOM/LUZ):



https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html

Para corroborar a explicação é interessante demonstrar a alteração da frequência audível x formato de onda, através do aplicativo: **PHYPHOX** **Acústica** **Gerador_de_Tom**. Caso haja disponibilidade de internet, é interessante que os alunos instalem o aplicativo **Phyphox**. Dessa forma poderão fazer os ajustes individualmente ou em grupos, observando as alterações explicadas.

Obs: o aplicativo encontra-se disponível para baixar em sua loja de Apps, Fig. 19.



Fig.19



8ª Aula - Tempo de aplicação = ±45min

Estando os alunos familiarizados com a ondulatória, a identificação e cálculo dos principais parâmetros de uma onda, os mesmos serão apresentados aos fenômenos da difração e interferência das ondas. Serão apresentados dois

vídeos que demonstram os fenômenos da interferência e difração conforme links 03 e 04 respectivamente.

LINK₀₃: Interferência de Ondas

You Tube Link

<https://www.youtube.com/watch?v=DdOxvOOCITs>

LINK₀₄: Difração

You Tube Link

<https://www.youtube.com/watch?v=CcGETee11mI>

Fica sob responsabilidade do professor, após o término dos vídeos, fazer um resumo no quadro, Fig.20, Fig.21 e Fig.22, sobre as interferências construtivas, destrutivas e sobre a difração.

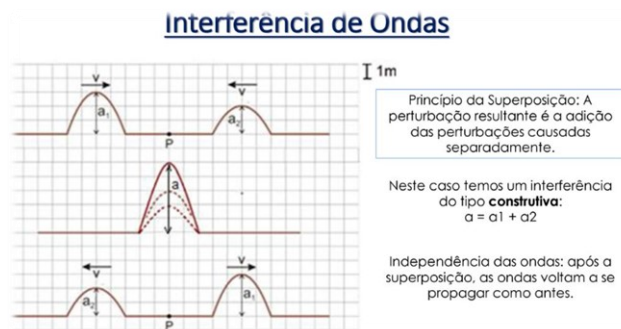


Fig.20

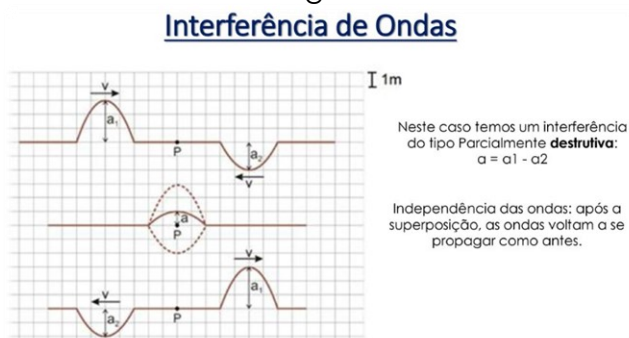
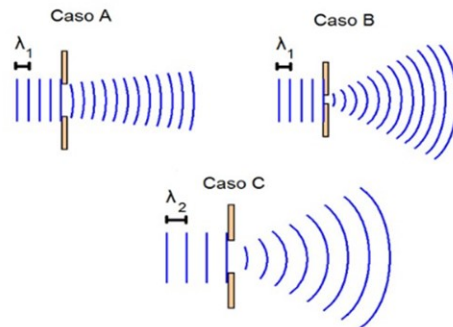


Fig.21

Difração de Ondas



É possível aumentar a intensidade da difração reduzindo o tamanho da fenda/obstáculo ou aumentando o comprimento de onda.

Fig.22

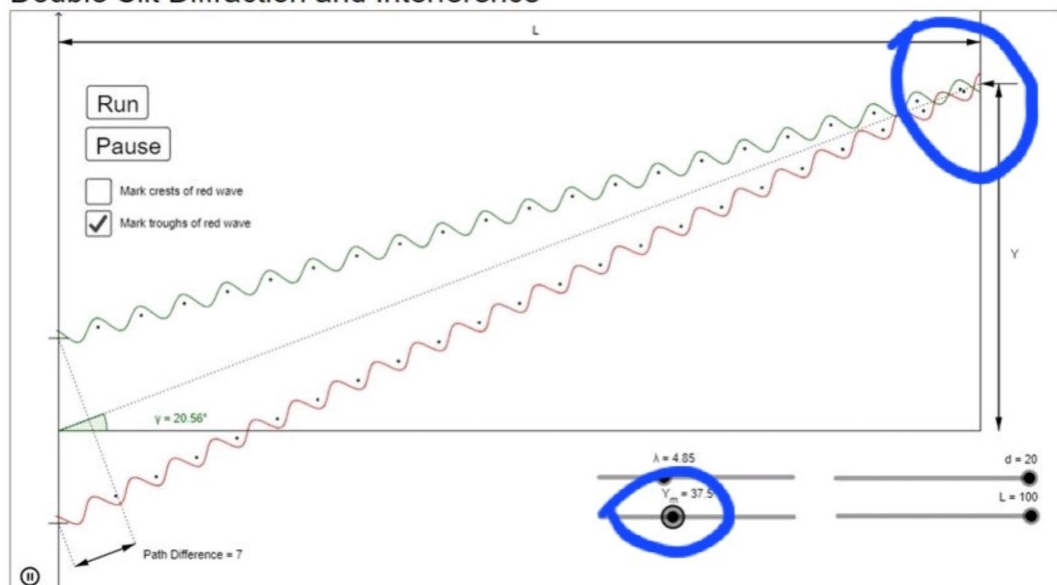
Tendo explicado os conceitos de Interferência e Difração é apresentado aos alunos o simulador: **oPhysics-Interactive Physics Simulations**. Com a utilização desse simulador é possível demonstrar as interferências do laser ao passar pelo fio de cabelo. Franjas escuras (interferência destrutiva) e claras (interferência construtiva) O simulador encontra-se on-line no link a seguir:

<https://ophysics.com/l4.html>

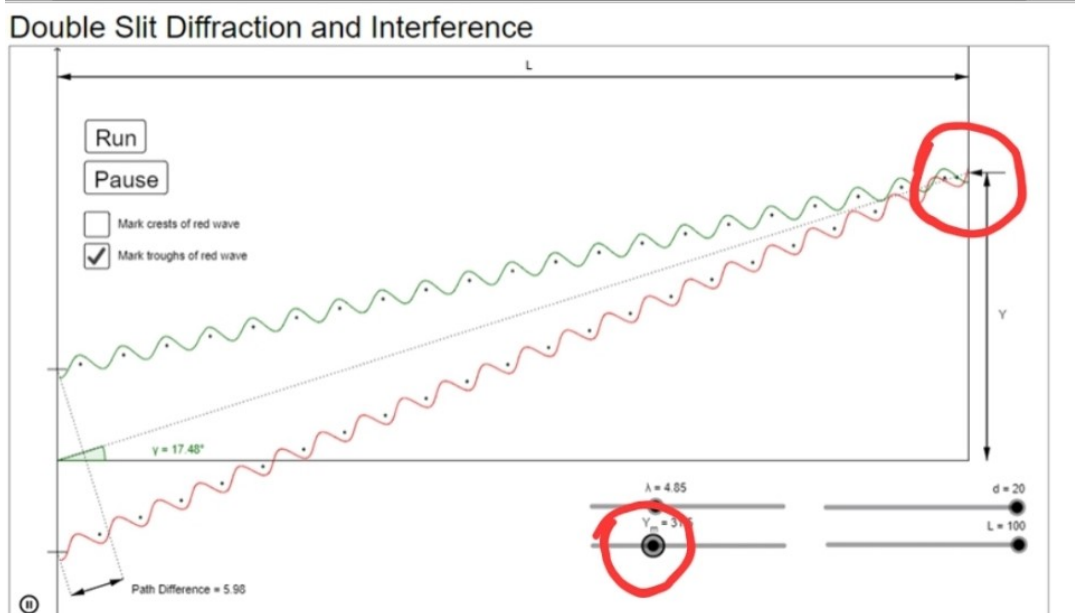
É importante reiterar que ao alterarmos o Y_m do simulador obtém-se na parede os padrões de interferência, conforme figuras abaixo.

Interferência destrutiva

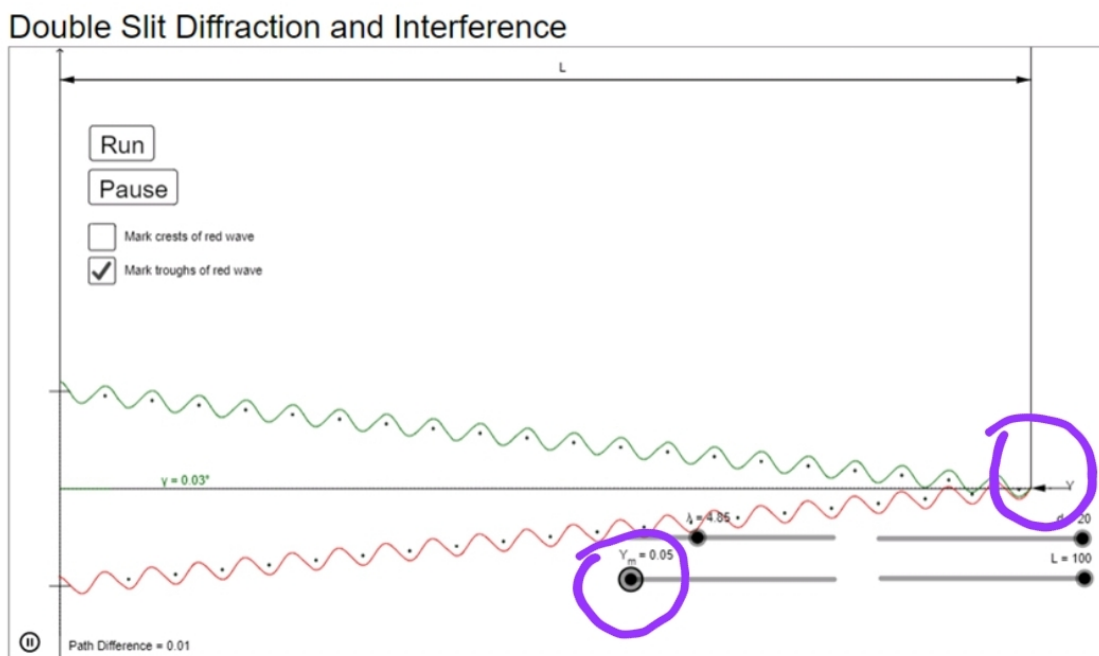
Double Slit Diffraction and Interference



Interferência com concordância parcial de fase



Interferência Construtiva



Após demonstrar a difração e as interferências no simulador, compartilhar com os alunos o roteiro da última atividade que será realizada no Módulo 05.

Obs: fazer uma breve revisão de prefixos e transformações de unidades relacionados a comprimento, pois serão utilizadas no roteiro. Como sugestão compartilhar a Tabela 01 abaixo com os alunos.

Prefixo	Símbolo	Potência de 10	Prefixo	Símbolo	Potência de 10
ato	a	10^{-18}	quilo	k	10^3
fento	f	10^{-15}	mega	M	10^6
pico	p	10^{-12}	giga	G	10^9
nano	n	10^{-9}	tera	T	10^{12}
micro	μ	10^{-6}	peta	P	10^{15}
mili	m	10^{-3}	exa	E	10^{18}
centi	c	10^{-2}			
deci	d	10^{-1}			

Tabela 01

Importante: o experimento deve ser realizado em grupos de no máximo 04 alunos.

Material de apoio:

Roteiro 01 -Alunos-

Difração da Luz e Espessura do fio de cabelo

(PDF)



https://drive.google.com/file/d/1rAee6yOHjeYLLS2b86NMhf4uXjF9zRth/view?usp=share_link



Módulo 05

AULAS 09 e 10 - 90min

SABERES

- ✓ Montagem do experimento do laser/fio de cabelo;
- ✓ Cálculo da espessura do fio de cabelo;
- ✓ Determinação do erro da medição;

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- 1º Montagem e execução do experimento do laser para medir a espessura de um fio de cabelo de um integrante do grupo;
- 2º Cálculo da espessura do fio de cabelo;
- 3º Cálculo do erro entre a medida feita e a medida calculada pelo grupo;

PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS



9ª e 10ª Aulas - Tempo de aplicação = ±90min

De posse do roteiro o professor acompanha a montagem do experimento dos alunos, prestando assistência e suporte quando necessário.

Para a próxima aula fica como sugestão ao professor retomar a discussão sobre a atividade do laser aplicada aos. Dessa forma poderá fazer os últimos apontamentos ou tirar alguma dúvida específica sobre o experimento aplicado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi muito motivador a implementação desse produto educacional, principalmente por apresentar dois fenômenos ondulatórios de uma maneira totalmente diferente da tradicional. Os fenômenos da difração e interferência foram apresentados por experimentos pelo professor e somente nas aulas e semanas posteriores é que foram feitas as explicações. Invertendo a ordem normal da apresentação do conteúdo.

Essa metodologia proposta no produto didático fez com que a atenção dos alunos aumentasse, permitindo ao professor uma total liberdade em fazer os devidos questionamentos a respeito dos fenômenos observados.

Houve uma expectativa quanto a receptividade e participação dos alunos, visto que o formato de explicação do conteúdo por etapas semanais foi totalmente inovador para os alunos.

No primeiro momento presenciou-se a participação e comprometimento dos discentes nas atividades, seja pelas perguntas feitas ou pela atenção dispendida, superando e muito as expectativas.

A aplicação do produto educacional ocorreu de forma tranquila e receptiva pelos grupos de alunos. Mostraram-se aplicados e interessados com a metodologia aplicada, visto que o formato de apresentação do conteúdo, por meio de experimentos e em módulos semanais, não é trabalhado normalmente com os alunos.

Outro fator preponderante no sucesso da aplicação do produto educacional foi a organização e planejamento minucioso de toda execução por parte do professor e orientador do produto. Ficou evidente, através do engajamento dos alunos, que o formato do produto didático foi bem elaborado e conduzido.

Pouquíssimas dificuldades foram encontradas, pois o professor e seu orientador planejaram e seguiram integralmente a estrutura do processo de ensino. Seja através de reuniões semanais, mudanças de estratégia, tipos de experimentos, simuladores e muito mais.

Tudo foi planejado para funcionar perfeitamente. Alguns dos fatores notáveis observados nas últimas cinco semanas foram alunos motivados, entusiasmados e

interessados em suas aulas semanais de física. Vale ressaltar que houve pequenas interrupções como mudanças de horário e feriados, mas nada que tenha impactado a aplicação do produto educacional.

A excelente estrutura da escola onde os produtos foram utilizados, as salas de aula bem equipadas e um ambiente limpo, sem dúvida, contribuíram muito para o sucesso do projeto. Entendemos que não é uma realidade de todas escolas do Brasil, entretanto o formato do produto educacional permite adaptações na aplicação dos módulos semanais almejando resultados similares aos encontrados.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. Novak, I.D e HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978.

AUSUBEL, David P. **A aprendizagem significativa**. São Paulo: Moraes, 1982.

CHESMAN, Carlos; MACEDO, Augusto; ANDRÉ, Carlos. **Física moderna experimental e aplicada**. Editora Livraria da Física, 2004.

GIORDAN, M.; GUIMARÃES, Y. A. F. **Estudo Dirigido de Iniciação à Sequência Didática**. Especialização em Ensino de Ciências, Rede São Paulo de Formação Docente (REDEFOR). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MOREIRA, Marco Antônio. Aprendizagem significativa subversiva. **Série-Estudos-Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB**, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. Potentially meaningful teaching units–PMTU. **Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS**, 2011.

RABELLO, E.T. e PASSOS, J. S. **Vygotsky e o desenvolvimento humano**. Disponível em <http://www.josesilveira.com>; dia 16 de janeiro de 2023.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. SEARS. ZEMANSKY **Física IV: ótica e física moderna**. 2004.

YOUNG, Hugh D. **Física IV: SEARS e ZEMANSKY: ótica e física moderna** / Hugh D. Young, Roger A. Freedman; colaborador A. Lewis Ford; tradução Daniel Vieira; revisão técnica Adir Moysés Luiz. – 14. ed. – São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.