



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL

EM ENSINO DE FÍSICA

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**O USO DE RECURSOS DA PLATAFORMA MOODLE NO ENSINO DE
ONDULATÓRIA E ACÚSTICA A TURMAS DA SEGUNDA SÉRIE DO ENSINO
MÉDIO**

Laelton Lima dos Santos

BRASÍLIA – DF

2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



INSTITUTO DE FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA

**O USO DE RECURSOS DA PLATAFORMA MOODLE NO ENSINO DE
ONDULATÓRIA E ACÚSTICA A TURMAS DA SEGUNDA SÉRIE DO ENSINO
MÉDIO**

Laelton Lima dos Santos

Dissertação realizada sob orientação do Professor Olavo Leopoldino da Silva Filho e apresentada à banca como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física – Área de Concentração “Física na Educação Básica” pelo Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade de Brasília.

BRASÍLIA - DF

2016

**O USO DE RECURSOS DA PLATAFORMA MOODLE NO ENSINO DE
ONDULATÓRIA E ACÚSTICA A TURMAS DA SEGUNDA SÉRIE DO ENSINO
MÉDIO**

LAELTON LIMA DOS SANTOS

Orientador:

Olavo Leopoldino da Silva Filho

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovado por:

Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho

Dr. Antony Marco Mota Polito

Dr. Júnio Márcio Rosa Cruz

Dr. Paulo Henrique Alves Guimarães

Brasília

Dezembro de 2016

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, que mesmo sem ter a oportunidade de estudar além do ensino básico sempre me incentivaram a seguir no caminho dos estudos, mostrando a importância deste para o futuro.

Dedico também aos meus professores, que forneceram o conhecimento necessário para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por permitir que eu tivesse a oportunidade de cursar este mestrado, de modo que a sequência de eventos contribuiu não apenas para a minha admissão no Mestrado, mas para que eu não fosse obrigado a desistir do mesmo.

À minha família, pelo apoio dado em todos os momentos e pela paciência em relação à constante ausência.

Ao meu orientador, o Professor Olavo Leopoldino da Silva Filho, pela forma como me ajudou a concluir esse projeto, tendo paciência nos momentos de dificuldades.

Ao professor José Eduardo Martins, por toda a ajuda fornecida com o uso da plataforma Moodle® do Instituto de Física, assim como as ajudas técnicas durante a elaboração do material.

À professora Maria de Fátima da Silva Verdeaux, por me incentivar a buscar um mestrado mesmo antes do surgimento do MNPEF.

A todos os professores do Polo UnB do MNPEF, pela forma como as disciplinas foram conduzidas e por todo o conhecimento que consegui adquirir nesta jornada.

Aos meus colegas alunos, sem os quais o caminho teria sido bem mais difícil, em especial ao Jefferson de Sousa Pereira, que sempre esteve à disposição quando precisei de sua ajuda.

RESUMO

O Currículo de Física para o Ensino Médio é bem extenso para ser ensinado com qualidade durante o ano letivo, tendo em vista a carga horária que a disciplina usualmente dispõe. A utilização de ferramentas de Educação a Distância aplicadas pontualmente em turmas regulares de Ensino Médio pode mitigar esse problema. Sendo assim, propomos neste trabalho que parte do conteúdo de Ondulatória e de Teoria do Som, que consta do programa da Segunda Série do Ensino Médio e que dificilmente seria ensinado com suas particularidades durante o tempo disponível, seja desenvolvida à distância, sendo apresentado via Moodle®, enquanto o restante do conteúdo seja ministrado em sala de aula.

Palavras-Chave: Ensino de Física, Educação a Distância, Moodle®, Ondulatória, Acústica, Aprendizagem significativa, Tecnologias da informação e comunicação.

ABSTRACT

The Curriculum of Physics for Secondary Education is very extensive to be taught with quality during the school year, given the weekly hours generally scheduled for the discipline. The use of new information technologies can be very helpful in such a case. The present work shows that one can profit from presenting part of the Second High School Year contents in the form of distance learning. This may help teaching features of the topics that would hardly be taught with its special features during the time available. This work applied this technique using Moodle® platform to teach part of the content of waves and sound theory, while the rest of the content was taught in the classroom.

Keywords: Physics Teaching, Distance Education, Moodle®, Undulating, Acoustics, Meaningful learning, Information technology and communication

LISTA DE IMAGENS

Figura 1: Mapa conceitual - Introdução à Ondulatória.....	34
Figura 2: Mapa conceitual - Classificação das ondas.....	34
Figura 3: Mapa Conceitual - Acústica.....	35
Figura 4: Gráfico que mostra o número total de acertos para cada questão do Pré-teste considerando todos os alunos que realizaram o mesmo.....	43
Figura 5: Gráfico que mostra o índice percentual de acertos para cada questão do Pré-teste considerando todos os alunos que realizaram o mesmo.....	44
Figura 6: Gráfico que mostra o número total de acertos para cada questão do Pré-teste considerando apenas os alunos que concluíram todas as atividades do Moodle®.....	44
Figura 7: Gráfico que mostra o índice percentual de acertos para cada questão do Pré-teste considerando apenas os alunos que concluíram as atividades no Moodle.....	45
Figura 8: Gráfico que mostra o número de acertos para cada questão do Pós-teste.....	51
Figura 9: Gráfico que mostra a porcentagem de acertos para cada questão do Pós-teste.....	51
Figura 10: Equações de Frequência e Período de uma onda.....	65
Figura 11: Onda em uma corda (Wave On a String - (PHET)).....	66
Figura 12: Mapa conceitual - Introdução à ondulatória.....	67
Figura 13: Onda transversal em uma mola (PROF2000).....	68
Figura 14: Onda longitudinal em uma mola (FERRARO).....	68
Figura 15: Simulador de ondas: Long Wave (SBFÍSICA).....	69
Figura 16: Onda numa corda.....	70
Figura 17: Ondas na superfície da água (PIXABAY).....	70
Figura 18: Ondas sonoras (CAVALCANTE).....	71
Figura 19: Mapa conceitual - Classificação das ondas.....	72
Figura 20: Amplitude de uma onda (SÓ BIOLOGIA).....	73
Figura 21: Comprimento de onda.....	74
Figura 22: Equação. Velocidade da onda.....	74
Figura 23: Reflexão regular em uma superfície polida.....	78
Figura 24: Reflexão difusa.....	79
Figura 25: Refração da luz na água.....	80
Figura 26: Difração (MARQUES).....	81
Figura 27: Simulador: Standing waves (SBFÍSICA).....	81
Figura 28: Polarização vertical da luz (TAROGRAME, 2014).....	82

Figura 29: Óculos 3D (CENTRO DE EXCELENCIA EM OFTALMOLOGIA).....	82
Figura 30: Ouvido Humano (WIKIPÉDIA)	86
Figura 31:Equação da Velocidade Média.....	90
Figura 32: Resultado de um exame de Ecografia (LEWIS, 2013)	92
Figura 33: Ecolocalização (NAUKA 21)	92
Figura 34: Efeito Doppler (WOOD).....	93
Figura 35: Equação da Frequência Aparente.....	93
Figura 36: Simulador: Doppler (SBFÍSICA)	94
Figura 37: Simulador: Doppler Wave Fronts (SBFÍSICA).....	95
Figura 38: Mapa Conceitual - Acústica.....	96
Figura 39: Violão (WIKIPÉDIA)	97
Figura 40: Equação de Taylor	100
Figura 41: Modos de vibração de uma corda (ETHAN)	101
Figura 42: Comprimento de onda numa corda	101
Figura 43: Tubos sonoros (FERRARO)	102
Figura 44: Tubo Aberto (SÓ FÍSICA).....	103
Figura 45: Comprimento de onda em tubos abertos.....	103
Figura 46: Tubos Fechados (SÓ FÍSICA)	104
Figura 47: Comprimento de onda de um tubo fechado	104

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1	Metodologias diferenciadas no ensino de Ondulatória e Acústica para o Ensino Médio. 14	
2.2	O ensino de Física em ambientes de EAD.....	16
2.3	O uso de Modelos Computacionais no Ensino de Física para alunos do Ensino Médio 17	
2.4	Relevância da Revisão Bibliográfica.....	19
3	REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1	Lev Vygotsky.....	21
3.1.1	Introdução.....	21
3.1.2	A importância da linguagem.....	22
3.1.3	Zona de desenvolvimento proximal (ZDP).....	23
3.1.4	Mediação	24
3.1.5	Sociointeracionismo	25
3.2	David Ausubel	26
3.2.1	Aprendizagem significativa.....	26
3.2.2	Subsunçoes	27
3.2.3	Tipos de aprendizagem significativa	27
3.2.4	Organizadores prévios	28
3.2.5	Mapas conceituais.....	29
3.3	Relações entre Vygotsky e Ausubel e o uso da plataforma virtual como mediadora	30
3.4	Contextualização.....	31

4	PRODUTO: FUNDAMENTOS E ESTRUTURA.....	32
4.1	Metodologia Geral do Trabalho.....	32
4.2	Lista dos Conceitos que Foram Abordados	33
4.3	Mapa Conceitual	33
4.4	A Plataforma Moodle®	35
4.5	O Formato de Lição como uma implementação de mapas conceituais	36
4.6	Estrutura da lição	37
4.7	Apresentação Breve do Produto Educacional.....	38
4.8	Estratégias para a aplicação em sala de aula.....	41
4.8.1	Aplicação com aulas expositivas.....	42
4.8.2	Aplicação em laboratório de informática	42
5	RELATO DE APLICAÇÃO E DISCUSSÃO	43
5.1	RESULTADOS DO PRÉ TESTE	43
5.2	Levantamento dos Subsunçores	46
5.3	DIFICULDADES ENCONTRADAS NA APLICAÇÃO.....	47
5.4	RESULTADOS DAS ATIVIDADES ASSOCIADAS AOS MÓDULOS	49
5.5	RESULTADOS DO PÓS-TESTE	50
5.6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	52
6	CONCLUSÃO	54
7	Bibliografia.....	55
8	PRODUTO EDUCACIONAL	61
8.1	Questões do Pré-Teste	61
8.2	Questões do Pós-Teste	62
8.3	Lições de Acústica	63
	Módulo 01- Ondulatória	63
	Ondas	63
	Classificação das ondas	67

Características da onda	72
Questionário final de ondulatória.....	75
Módulo 02 - Fenômenos ondulatórios.....	78
Questionário final de Fenômenos Ondulatórios	83
Módulo 03 - Bioacústica	86
Audição Humana	86
Módulo 04 - Acústica	88
Características do Som.....	88
Fenômenos Acústicos	89
Efeito Doppler.....	93
Questionário final de Acústica.....	96
Módulo 05 - Instrumentos Musicais.....	99
Cordas vibrantes	99
Tubos Sonoros	101
Questionário sobre Cordas e Tubos	105

1 INTRODUÇÃO

Um problema recorrente no Ensino Médio em escolas públicas, é a falta de tempo para ministrar todo o conteúdo do currículo das disciplinas. Tal fato ocorre porque o currículo é extenso e a carga horária é reduzida, inviabilizando uma explicação completa e de qualidade de todos os tópicos. Para se ter uma dimensão, a carga horária de Física nas escolas públicas do Distrito Federal chegam a ser 50% menor do que é praticado em algumas escolas privadas.

Por esse motivo, surge a necessidade de buscar alternativas para que o conteúdo seja ministrado com qualidade, de modo que os alunos não sejam prejudicados nos vestibulares e no Enem, já que a falta de um conteúdo os deixaria sem condições de competir em igualdade com alunos de escolas particulares em virtude da diferença de carga horária.

Dessa forma, uma solução aqui proposta é a utilização de recursos do Moodle® (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*), que consiste num ambiente virtual de aprendizagem, como elementos mediadores do aprendizado de uma parte do conteúdo. Neste caso, foram selecionados os temas de Ondulatória e Acústica, a serem trabalhados com a segunda série do Ensino Médio.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a elaboração deste material foram consultadas as edições de 2011 a 2015 do Caderno Brasileiro do Ensino de Física, da Revista Experiências no Ensino de Ciências, da Revista Investigações no Ensino de Ciências e da Revista Brasileira do Ensino de Física. Na revista Experiências no Ensino de Física não foi encontrado nenhum artigo relevante para os objetivos deste trabalho.

Para melhor organização do material, os artigos serão divididos nos seguintes assuntos:

- Metodologias diferenciadas no ensino de ondulatória e acústica para o Ensino Médio;
- O ensino de Física em ambientes de Educação a Distância (EaD).
- O uso de modelos computacionais no ensino de Física para alunos do Ensino Médio;

2.1 Metodologias diferenciadas no ensino de Ondulatória e Acústica para o Ensino Médio.

Neste tópico serão tratados os artigos que propõem metodologias aplicadas ao ensino de Ondulatória e Acústica, dando ênfase àqueles com foco no Ensino médio, podendo incluir artigos voltados ao nível superior que mostrem alguma relevância na prática de sala de aula. Os textos foram selecionados tendo em vista a semelhança no assunto tratado com o objeto deste trabalho, podendo apresentar graus diversos de relevância para o tema.

O artigo de Ludke, Cauduro, Vieira e Bohrer (2012) propõe a realização de um único experimento, no qual é possível verificar a ocorrência do efeito Doppler e se medir a velocidade de propagação do som no ar.

O experimento consiste numa montagem de um amplificador ligado a um gerador de áudio e um microfone ligado a um computador cujo software permite que se identifique o tempo de viagem do som. Para a verificação do efeito doppler é utilizado um carrinho de brinquedo movido a pilhas como fonte sonora em movimento.

O artigo não propõe uma metodologia para o uso desse experimento em sala de aula, nem mostra resultados de uma aplicação, se limitando descrever o aparato, propondo a sua

utilização no ensino de acústica, deixando a cargo do professor a elaboração de uma aula que faça uso desse aparato.

Neves (2013), de uma forma semelhante, trata da importância do uso de experimentos em sala de aula como elemento motivador e enriquecedor do aprendizado, enfatizando o uso de materiais de baixo custo, de modo a tornar os experimentos acessíveis a qualquer realidade educacional.

O trabalho ainda propõe a montagem de um aparato movido a pilha para a realização de experimentos de ondulatória, podendo ser usado para o ensino sobre ondas estacionárias e polarização de ondas. Mais uma vez o autor se limita a propor o experimento, sem relatar dados de uma eventual aplicação do mesmo.

O trabalho de Cavalcante, Peçanha e Teixeira (2013) propõe, na mesma linha dos demais, o uso de experimentos de baixo custo no ensino de ciências como elemento facilitador dos processos de ensino-aprendizagem. Neste sentido, é proposto um conjunto de práticas com o uso do computador para a coleta de dados, em que é possível verificar os fenômenos da interferência, da geração de ondas estacionárias, da ressonância, além de permitir o cálculo da velocidade do som no ar. A montagem do aparato é semelhante à apresentada em outros artigos, e mais uma vez os autores não chegam a propor um roteiro para a aplicação do material em sala de aula.

O trabalho de Errobidart, H. A., Gobara, Piupelli e Errobidart, N. C. G. (2014) segue a linha de outros trabalhos descritos anteriormente ao afirmar que as atividades experimentais são pouco utilizadas no ensino de Física, explicando que o fato se deve à falta de incentivo e de laboratórios bem equipados em grande parcela das escolas.

Uma solução clara é o uso de experimentos de baixo custo, e o artigo propõe o uso deste tipo de aparato no ensino de acústica e, especificamente, dos mecanismos de funcionamento da audição humana. Nesse sentido, há uma descrição do ouvido humano seguido de uma proposta experimental para a simulação do mesmo.

O modelo do ouvido é construído com dois baldes plásticos, dois canos de PVC com uma luva para a ligação dos mesmos e um bastidor plástico de tamanho ajustável, além de uma fonte sonora para a visualização do modelo em funcionamento. Assim, quando a fonte sonora é ativada, o sistema passa a vibrar de modo que a energia das vibrações passa por todo o aparato, mostrando os processos por meio dos quais o som se propaga pelo ouvido.

Já o trabalho de Lago (2015) propõe o uso da guitarra elétrica como organizador prévio para as aulas de acústica, servindo como elemento motivador e aproximando o conteúdo da realidade dos discentes. Embora o artigo se inicie com algumas demonstrações matemáticas onde se utiliza o cálculo diferencial, ele se desenrola com uma descrição das características do instrumento de modo que, com isso, há uma descrição dos fenômenos, tanto do ponto de vista ondulatório como eletromagnético.

Há ainda no trabalho de Lago uma discussão sobre o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) associadas ao uso do instrumento em sala de aula. O autor coloca ainda que o uso de outros instrumentos musicais pode ser utilizado na apresentação e na discussão do conceito de timbre.

2.2 O ensino de Física em ambientes de EAD

Serão analisados aqui os trabalhos relacionados ao ensino de Física com recursos de EAD em todas as esferas de ensino, de modo que as experiências anteriores podem contribuir para o enriquecimento deste trabalho, assim como indicar formas de utilização de recursos que ainda não foram explorados.

O artigo escrito por Costa e Weiss (2012) analisa o ensino de Física na modalidade à distância, com o objetivo de realizar um levantamento bibliográfico do assunto de modo a indicar caminhos a serem estudados. O trabalho abordou teses e dissertações listados no Qualis 2009 (Cnpq) nas áreas de Física e Matemática, de modo que 24 artigos foram selecionados para leitura sendo 16 produzidos por brasileiros. Ao final, os autores chegam à conclusão de que a quantidade de trabalhos publicados na área segue crescendo com o tempo, mas ainda há assuntos não explorados, como as áreas de docência e tutoria, em que não foi encontrado nenhum artigo, indicando uma lacuna a ser preenchida por trabalhos posteriores.

Abegg e Bastos (2012) fazem uma análise do uso da ferramenta Wiki do Moodle[®] como forma de mediação do ensino de Física em um estudo de caso. Há ainda uma associação do uso dessa ferramenta com o processo de *peer instruction*, (instrução entre pares) no qual os processos de ensino-aprendizagem se dão por meio de discussões entre os discentes.

A ferramenta Wiki consiste em um hipertexto produzido de forma colaborativa por um grupo de pessoas, de modo que todos podem escrever e editar, com links que remetem a outros textos, gerando um grande documento que explica determinado assunto. Inicialmente foi

realizada uma aula presencial expositiva sobre a produção colaborativa de conhecimento, na qual foram formados dois grupos. O próximo passo foi seleção dos temas das Wikis para só então organizar a sua produção. Ao final do trabalho, os autores concluíram que o Wiki é uma boa ferramenta de mediação do ensino na forma colaborativa, mas que ainda há muitos estudos a serem realizados sobre o assunto até que seja esgotado.

Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2014) apresentam uma proposta pedagógica na qual o ensino de Física se dá por meio de Módulos Temáticos Virtuais (MTVs). Para tanto, propõem o uso de *objetos virtuais* como mediadores do processo de ensino-aprendizagem. Um Módulo temático virtual consiste num elemento mediador que atua como instrumento didático baseado em uma sequência de ensino investigativa. O uso de objetos virtuais é essencial nesse trabalho devido à facilidade com que podem ser encontrados em repositórios e à forma como sua inserção pode quebrar a linearidade presente no sistema de ensino tradicional. O trabalho é bastante completo, já que oferece a metodologia de elaboração dos MTVs, assim como estratégia para que a aplicação no contexto de sala de aula.

Lacerda e Silva (2015) propõem o uso das TIC's como instrumentos de mediação no ensino de Física, seu trabalho tem por objetivo investigar o impacto do uso de um Ambiente Virtual de Aprendizado (AVA) no ensino de Física a alunos de graduação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Em seu trabalho, ele propõe a criação de um AVA na plataforma Moodle® contendo conteúdo e questionários. A ideia básica é remeter os alunos a um artigo científico que explique determinado tópico sempre que os alunos errem uma questão relacionada a este tópico.

Os conteúdos trabalhados através da plataforma foram Ondas Mecânicas, Ondas eletromagnéticas, Óptica, Relatividade Geral, Termodinâmica e Mecânica Quântica. Segundo os autores, a aplicação foi considerada bem-sucedida, já que a maior parte dos alunos teve um bom desempenho nas avaliações propostas.

2.3 O uso de Modelos Computacionais no Ensino de Física para alunos do Ensino Médio

Aqui serão tratados os trabalhos referentes ao uso de simulações e modelos computacionais no ensino de Física para o Ensino Médio, não se limitando, porém, ao ensino

de Acústica, que é o foco deste trabalho, mas considerando pesquisas e relatos de experiências com simulações que sejam relevantes.

O artigo de Araujo, Veit e Moreira (2012) traz a problemática das aulas antiquadas e pouco atraentes aos alunos de Ensino Médio e propõe o uso de modelos computacionais analisados a partir do diagrama V de Gowin¹, o que, segundo os autores pode contribuir para a ocorrência da aprendizagem significativa. Desse modo, o aluno será levado a interagir com um modelo computacional, e após esta interação, deverá formular um diagrama com o auxílio do docente de modo a organizar o conhecimento adquirido, validando assim o modelo estudado e a sua proximidade com a realidade. A proposta é que o aluno já inicie a interação com o material tendo em mente quais serão os objetivos, e o que é necessário analisar para a realização da atividade seguinte, o que favorece o espírito investigativo.

Outro trabalho analisado foi o de Guedes (2015), segundo o qual, não há recursos para o uso de laboratórios na maioria das escolas de Ensino Médio, implicando na necessidade de outras soluções para o ensino de Física. Uma alternativa proposta para o ensino é o uso de aplicativos para celular como ferramenta de experimentação.

Em seu trabalho é proposto um método para análise de ondas estacionárias, que utiliza uma corda, um peso, um amplificador e um celular com o aplicativo *Patone*. Segundo o autor, o uso de um celular ao invés de um computador na realização do experimento reduz os custos, simplificando a sua realização.

Ferracioli, Gomes e Camiletti (2012) tratam da modelagem computacional como instrumento mediador do ensino de Física, buscando investigar a integração de ambientes computacionais em sala de aula para alunos do ensino superior.

O artigo trata inicialmente de modelos computacionais quantitativos e semiquantitativos, discute as diferenças existentes entre esses tipos, chegando à conclusão de que, para alunos de graduação, os modelos quantitativos são mais adequados. Isso se dá, argumentam os autores, em virtude do formalismo matemático desenvolvido no curso. Já os

¹ Diagrama V é um instrumento heurístico proposto, originalmente, por D.B. Gowin (1981; Gowin e Alvarez, 2005), para a análise do processo de produção de conhecimento (ou seja, análise das partes desse processo e a maneira como se relacionam) ou para "desempacotar" conhecimentos documentados em artigos de pesquisa, livros, ensaios, etc.. Por isso mesmo, é também chamado de Vê epistemológico, Vê do conhecimento, Vê heurístico ou, ainda, Vê de Gowin. (Moreira, M. A., *Revista Chilena de Educación Científica*, 2007, vol. 6, N. 2, pp. 3-12)

modelos semiquantitativos apresentam observações coerentes com a realidade, porém sem que possam ser usados dentro de um rigor matemático maior.

A modelagem computacional cria um mundo artificial onde o estudante pode operar com facilidade, simulando experimentos reais sem os mesmos custos ou as mesmas dificuldades técnicas, barateando as práticas e tornando acessíveis outras que seriam impraticáveis em sala de aula.

2.4 Relevância da Revisão Bibliográfica

Através da leitura dos artigos acima citados, foi possível verificar que não há uma publicação anterior que trate do tema deste trabalho, e que embora haja diversas publicações que tratam do uso recursos de informática, tais como aplicativos softwares e modelos computacionais, e outras poucas que tratam de EAD no ensino da Física, nenhuma delas propôs o uso dessas ferramentas no Ensino Médio regular, de modo que a isso demonstra a importância do mesmo para o ensino de Física.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho terá como principais referenciais teóricos algumas das ideias de Vygotsky e Ausubel, uma vez que estará centrado na ideia de aprendizagem significativa. Ainda que essa noção não seja explícita em Vygotsky, podem-se traçar relações entre alguns conceitos que comparecem em sua teoria e aqueles da abordagem de Ausubel.

Para tanto, serão abordados alguns conceitos chave, tais como a Zona de Desenvolvimento Proximal e o sociointeracionismo, de Vygotsky e a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

Como é sabido, a teoria de Ausubel estabelece alguns requisitos para a ocorrência de aprendizagem significativa, como a necessidade de existir uma base conceitual prévia na estrutura cognitiva do aluno e, também, o interesse do mesmo em interagir com o material didático.

Já as ideias de Vygotsky nos mostram a importância da mediação através da linguagem no processo de aprendizado, e estabelece que o estímulo proposto para o ensino deva sempre estar um pouco além das capacidades já adquiridas pelo discente, uma vez que, sem isso, não há desenvolvimento.

Estaremos abordando também os mapas conceituais, que podem ajudar o discente a organizar os elementos de sua estrutura cognitiva, evidenciando as relações que existem entre os conceitos que o discente já sabe e os que estão sendo aprendidos.

Uma vez que este trabalho usará, como elemento mediador da aprendizagem, o ambiente virtual Moodle[®], estaremos indicando como tal ambiente virtual, em uma de suas formas de apresentação do conteúdo², adequa-se de maneira natural à estrutura dos mapas conceituais. Por conseguinte, estabeleceremos uma conexão entre o uso desse ambiente virtual de aprendizagem e a abordagem de aprendizagem significativa de Ausubel e mostraremos como tal ambiente pode ser usado para, inclusive, fornecer dados sobre os mapas mentais formados pelos alunos ao longo de seu aprendizado.

² A forma de “Lição”, em que, como mostraremos, podem ser espelhados os mapas mentais.

3.1 Lev Vygotsky

3.1.1 Introdução

O trabalho de Vygotsky busca explicar o desenvolvimento da humanidade como um todo, e dessa forma a sua contribuição para ensino e aprendizagem são de fundamental importância para as práticas educacionais.

Vygotsky toma como ponto de partida que os processos culturais passam a fazer parte da natureza das pessoas; assim, os processos de ensino-aprendizagem devem levar em consideração elementos da cultura do indivíduo, o que permite concluir que o planejamento das atividades de ensino deve levar em conta a realidade do aluno. (REGO, 1995 p. 25)

Segundo ele, os processos mentais superiores têm origem em processos sociais, o que significa que não há como se falar em desenvolvimento cognitivo sem que haja a interação com social. Desse modo, através de seu desenvolvimento o indivíduo é capaz de se socializar, e através da socialização ocorre o desenvolvimento do indivíduo, gerando uma espécie de ciclo virtuoso de evolução contínua. (MOREIRA – 1999, p. 110)

Para Vygotsky existem também as funções psicológicas elementares, que são as mesmas existentes nos demais animais. Tais funções são responsáveis pelas ações que estão ligadas à satisfação das necessidades imediatas, ou seja, às necessidades de alimento e segurança, entre outras. Essas funções não são aprendidas por meio da interação, mas fazem parte do que o indivíduo traz consigo desde o nascimento.

As funções psicológicas superiores são aquelas que distinguem os seres humanos dos demais animais. Assim, por exemplo, há a capacidade da fala e a capacidade de abstração, que permitem que o ser humano interaja com um mundo que não está totalmente ao seu alcance, fazendo-o através do domínio dos conceitos. (REGO, 1995 p. 53 e 54)

Enquanto um animal, como um macaco, por exemplo, guia seus atos por seus instintos, buscando satisfazer suas necessidades básicas, o ser humano realiza a maior parte de suas atividades sem uma relação imediata com a satisfação dessas necessidades, guiando-se pelos padrões da sociedade na qual está inserido.

Compreendendo a organização dos processos mentais superiores, é possível entender o desenvolvimento do indivíduo e traçar estratégias para melhor ensinar e melhor aprender. Nesse sentido, o trabalho de Vygotsky vem elucidar a forma como esse desenvolvimento se dá a partir das relações sociais e da interação com o mundo que cerca o indivíduo. Desse modo, mesmo antes de adquirir a capacidade da fala, o ser humano já está observando e interagindo com o mundo, que é resultado da cultura da sociedade na qual está inserido.

3.1.2 A importância da linguagem

Para Vygotsky, a linguagem apresenta um papel central no desenvolvimento do homem, pois seu domínio capacitou os seres humanos a manipular o mundo, permitindo a interconexão de conceitos abstratos e, por sua vez, a realização de tarefas mais difíceis do que aquelas que seriam possíveis apenas com o uso dos processos psicológicos elementares.

Através da manipulação de signos ocorre a interação com o mundo, o que significa que é a interação com os signos à sua volta que faz o indivíduo se apoderar do pensamento abstrato (REGO, 1995, p.43).

O uso da linguagem traz alterações na forma de pensar do ser humano. Em primeiro lugar, o uso da linguagem permite que se possa lidar com objetos em sua ausência, o que significa que não há a necessidade da presença do objeto para que se possa pensar nele; em segundo lugar, permite o uso de processos de generalização e abstração; por fim, permite a transmissão de ideias entre pessoas, ampliando a capacidade de adquirir e acumular conhecimento (REGO, 1995, p.53 - 54).

Além disso, a linguagem permite o planejamento de atividades futuras, permitindo a simplificação de atividades complexas, dividindo-as em atividades menores e mais fáceis de serem executadas, modificando a forma como o ser humano lida com as situações do dia a dia e ampliando o seu horizonte de ações.

3.1.3 Zona de desenvolvimento proximal (ZDP)

Para explicar o aprendizado de determinada habilidade, Vygotsky divide o desenvolvimento do indivíduo, tendo como critério as atividades que estão dentro das capacidades ou além das mesmas.

Desse modo, no processo de aprendizado, há de se levar em conta o desenvolvimento real, que nada mais é que o desenvolvimento já adquirido pelo indivíduo, ou seja, as capacidades que possui de fazer algo sem a ajuda de outras pessoas. O desenvolvimento real é o nível já consolidado, que é o conjunto de habilidades já adquiridas pelo educando.

Entretanto, outro elemento importante é o desenvolvimento potencial do indivíduo, que se refere ao aprendizado que ainda não ocorreu, mas que se encontra dentro das capacidades do indivíduo. Dessa forma, temos os elementos que podem ser executados mediante ajuda, podendo ser aprendidos pelo indivíduo após algum tempo ou algum estímulo.

O nível de desenvolvimento potencial está associado às atividades que o indivíduo consegue realizar mediante ajuda de outros, e é assim que ocorre o aprendizado mediante interação social do indivíduo com o meio que o cerca. Vygotsky valoriza a interação, uma vez que ele reconhece que a interação é a responsável pelo desenvolvimento das funções psicológicas superiores. (REGO – 1995, p. 72-73)

Todas as habilidades que estão acima do nível de desenvolvimento real mas que o aprendiz consegue realizar mediante a obtenção de ajuda externa pode formar o que Vygostky chamou de Zona de Desenvolvimento Proximal ou Potencial (ZDP).

Para ele, ao realizar uma tarefa com a ajuda de outra pessoa ou de um grupo, o educando passa a assimilar o que está ao seu alcance, de modo a desenvolver-se. Com isso, o educando atinge um novo nível de desenvolvimento real e passa ser capaz de realizar novas tarefas com ajuda que antes não seriam possíveis. O que significa que ao aprender algo novo, é possível expandir não apenas as habilidades já existentes, como também o potencial para a aquisição de conhecimento.

Dessa forma o aprendizado sempre ocorre na ZDP, já que, caso o indivíduo seja exposto a um estímulo que não esteja dentro de suas capacidades, esse estímulo não poderá concretizar um aprendizado e nem um desenvolvimento.

Como exemplo, podemos citar o caso de uma criança de 6 anos de idade que consegue, com a ajuda de outra pessoa, resolver um jogo de palavras cruzadas, atividade que se encontra dentro de sua ZDP já que ele não seria capaz de resolvê-lo sozinho. Porém, se o mesmo jogo e a mesma ajuda fossem oferecidos a uma criança menor, que ainda não domina a escrita, ela sequer seria capaz de encontrar as palavras corretas, pois a tarefa está muito acima de suas capacidades. (REGO, 1995, p. 73 - 74)

Cabe ressaltar que o aprendizado expande os limites do conhecimento e das habilidades, de modo que, o que é zona de desenvolvimento proximal hoje, provavelmente se tornará desenvolvimento real no futuro. Isso torna o processo de aprendizado um processo dialético e mutável, no qual só é possível traçar limites dentro de um curto espaço de tempo. Dessa forma, todo novo aprendizado abre caminho para que outros conhecimentos e habilidades sejam adquiridos.

O conceito de zona de desenvolvimento proximal será de muita importância no desenvolvimento deste trabalho, tendo em vista que é ideia chave para o desenvolvimento intelectual dos estudantes, além de guiar a estratégia de ensino. Assim, buscar-se-á realizar a mediação do processo de aprendizado, conduzindo o aprendiz a expandir sua zona de desenvolvimento real.

Mais adiante será estabelecida uma relação entre a ideia mais abstrata de zona de desenvolvimento proximal e uma concretização sua, do ponto de vista conceitual, na noção de organizadores prévios de Ausubel.

3.1.4 **Mediação**

Vygotsky vê o processo de ensino como um processo de mediação entre os aprendizes e o mundo natural e social, de modo que, administrando-se a interação com os elementos que os cercam, busca-se como resultado facilitar o aprendizado. Nessa perspectiva, o professor não é o responsável pelo desenvolvimento em si, mas sim um mediador entre o mesmo e seu aluno.

Sendo assim, cabe ao educador o planejamento das atividades através das quais o discente irá interagir com o mundo, com o conteúdo e com os colegas de classe, de forma que o aprendizado possa ocorrer. Tal planejamento deve levar em consideração, precisamente, a

zona de desenvolvimento proximal do aluno. Vale mencionar, neste ponto, que as zonas de desenvolvimento proximais conceituais de diferentes alunos não serão exatamente as mesmas³ e uma abordagem que se apresente flexível quanto à sua capacidade de se adequar a tais diferenças seria profundamente desejável.

A interação com os colegas é de extrema importância no processo, pois ela permite que o aluno troque experiências com pessoas que estão num estágio de desenvolvimento semelhante, porém não igual, o que permite a troca de informações e coloca o aluno na zona de desenvolvimento proximal.

3.1.5 Sociointeracionismo

No processo de aprendizagem, a interação com outros indivíduos é um importante elemento na mediação do conhecimento. Assim, o estudante é capaz de aprender diversos conceitos por meio da convivência com aqueles que o cercam. Mesmo quando o aprendizado se dá no contexto da sala de aula, por exemplo, a interação ajuda a dar significado às lições apresentadas pelo professor.

Assim, a aprendizagem ocorre desde a infância, pela interação com os pais, passando mais tarde a acontecer pela interação com a sociedade de uma forma geral, com a linguagem fazendo a mediação do processo.

A interação social pode ser explorada mesmo em ambientes virtuais de aprendizado, através de ferramentas como chats, fóruns e atividades colaborativas. Sendo que cada indivíduo lida com a nova informação de modo diferente. O contato com outras formas de ver o conceito é importante para que o desenvolvimento do aluno aconteça.

³ É preciso lembrar que Vygotsky constrói seu discurso a partir de uma perspectiva relacionada ao desenvolvimento cognitivo, que se encontra em um plano mais abstrato e, portanto, generalizável, do que aquela do desenvolvimento conceitual, que admitiria menor possibilidade de generalização e, portanto, de agrupamento dos diferentes membros do grupo social considerado. É importante levar em consideração essa diferença de plano em que se estabelecem as abordagens de Vygotsky e Ausubel. Mais adiante, trazendo a perspectiva de Vygotsky para o plano do desenvolvimento conceitual, apresentaremos as relações que acreditamos existir entre ambas as abordagens.

3.2 David Ausubel

3.2.1 Aprendizagem significativa

David Ausubel desenvolveu a teoria da Aprendizagem Significativa, explicando a forma como um novo conhecimento pode ser adquirido pelo indivíduo e quais são os requisitos para a ocorrência do processo.

Um ponto central para compreender o trabalho de Ausubel, é o conceito de estrutura cognitiva, que compreende o conjunto de conhecimentos e habilidades que um indivíduo já possui. Um conhecimento faz parte da estrutura cognitiva de uma pessoa quando está ligado a outros saberes que a pessoa domina. A estrutura cognitiva de um indivíduo nada mais é que a estrutura hierárquica de conceitos e paradigmas já assimilados por ele, e que são responsáveis pelas suas visões de mundo.

Há duas maneiras de um novo conhecimento ingressar na estrutura cognitiva de um indivíduo. Uma delas é através do aprendizado mecânico, ou seja, aquele aprendizado que se dá de maneira literal e arbitrária. Essa forma de aprendizado acontece quando o indivíduo não possui nenhum elemento ao qual o novo conhecimento possa se fixar. Uma das desvantagens dessa forma de aprendizado é o fato de que o conhecimento arbitrário e literal é difícil de ser assimilado e mantido e, portanto, exige-se um esforço maior nesta tarefa. (MOREIRA, 1999, p. 154 -155)

A outra forma de aquisição de conhecimento é a aprendizagem significativa, que consiste na assimilação de um novo conceito ou conhecimento, de modo que este se ligue a elementos já presentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Assim, o processo é facilitado à medida que o novo conhecimento interage com o conhecimento previamente existente, de modo que ambos passam a integrar um novo conhecimento mais completo em relação aos conceitos iniciais.

Para melhor compreender o conceito de aprendizagem significativa, que é um dos mais fundamentais para este trabalho, é necessário entender alguns dos principais elementos da teoria de Ausubel, tais como: subsunçores, os tipos de aprendizagem significativa e os organizadores prévios.

3.2.2 Subsunoçores

O subsunçor é definido como um elemento preexistente na estrutura cognitiva do indivíduo e que servirá como base para que um novo conhecimento seja adquirido, sendo elemento fundamental para a ocorrência da aprendizagem significativa.

Os subsunoçores podem ser adquiridos através do aprendizado mecânico, uma vez que ao iniciar um aprendizado em uma área ainda não explorada, não há conhecimento prévio a que o novo conceito possa se fixar. Dessa forma, o único modo de começar a aprender é através de um aprendizado literal do conceito.

Para o aprendizado de um conhecimento que já possua elementos prévios é necessário que o material utilizado possua elementos que se relacionem com a estrutura cognitiva do aprendiz. Quando isso ocorre, dizemos que o material é potencialmente significativo. O material instrucional de uma lição só será potencialmente significativo ao se relacionar de alguma forma com a estrutura cognitiva do indivíduo. Se não houver relação entre o material e os subsunoçores, não ocorrerá a aprendizagem significativa.

3.2.3 Tipos de aprendizagem significativa

Segundo Ausubel, a aprendizagem significativa pode acontecer por descoberta ou por recepção. Na aprendizagem por descoberta o aluno é responsável por aprender o conceito de maneira autônoma, tirando suas conclusões a partir da solução de um problema dado. Já na aprendizagem por recepção, o aprendiz recebe as informações de forma pronta, tendo apenas que se debruçar ativamente sobre o material, buscando relacioná-lo aos seus subsunoçores. (AUSUBEL, 2003 p. 4-5)

Ausubel alerta para o fato de que ambos os processos podem ocorrer de forma mecânica ou significativa, conforme o processo instrucional seja conduzido e organizado.

A aprendizagem significativa pode ocorrer por:

Subordinação: quando o conceito a ser aprendido se relaciona de alguma forma ao subsunçor existente. Essa relação pode ser do tipo derivativa, quando o conceito novo está contido no conceito prévio, sendo apenas mais um exemplo dele. Ou a relação pode ser

correlativa, quando a ideia nova amplia o sentido da ideia antiga, gerando um novo conceito mais abrangente.

Um exemplo é o conceito de força gravitacional que, ao ser aprendido na primeira série do Ensino Médio, subordina-se ao conceito de força contido na Segunda Lei de Newton, que é o conceito mais geral.

Superordenação; ocorre quando o novo conceito é mais amplo que o subsunçor equivalente, de tal forma que ele ingressa na estrutura cognitiva numa posição hierarquicamente superior à ideia preexistente.

Para exemplificar a Superordenação, há o caso da força Gravitacional, estudado na primeira série do Ensino Médio, que é o caso geral dos movimentos sob a ação da gravidade estudados no início do ano. Assim, o estudante entra inicialmente em contato com os movimentos na superfície da Terra para, só então, compreender o caso mais geral do movimento dos corpos celestes.

Combinação: ocorre quando não há uma relação hierárquica direta entre a ideia nova e o subsunçor relacionado. É o que ocorre com o uso de metáforas, por exemplo. Nesse caso, a relação é criada para facilitar o aprendizado, permitindo que o novo conceito se fixe ao já existente.

Nesse último tipo de aprendizagem significativa, todas as metáforas utilizadas no ensino de qualquer disciplina servem de exemplo. Lembrando que nesse caso o que importa é a relação de semelhança utilizada no processo de aprendizagem.

3.2.4 Organizadores prévios

Para facilitar o processo de aprendizado, Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios, que são materiais introdutórios que visam manipular a estrutura cognitiva do indivíduo facilitando o aprendizado do novo conceito.

A principal função dos organizadores prévios é servir de ponte entre o conteúdo e o aprendiz, destacando elementos supostamente presentes na estrutura conceitual do indivíduo

que possam servir como subsunçor para a ancoragem do novo conceito. (MOREIRA, 1999, p.155)

Elementos introdutórios, como revisão de conteúdos anteriores e exemplos presentes no cotidiano do aluno, são considerados pseudo-organizadores prévios, e se apresentam de modo a facilitar o processo de aprendizado. Segundo Ausubel, pseudo-organizadores prévios são elementos apresentados com o objetivo de introduzir de forma geral o conteúdo, ao passo que os organizadores prévios são usados para um tópico específico. (SOUZA e MOREIRA, 1981)

3.2.5 Mapas conceituais

Os mapas conceituais são diagramas que indicam graficamente as relações existentes entre diversos conceitos e ideias dentro de certo tema central. Eles podem ser de extrema utilidade nos processos de ensino e aprendizagem.

Esses diagramas devem ser organizados de forma hierárquica, ou seja, tendo os conceitos mais gerais no topo, seguidos dos conceitos mais específicos, de modo que sejam traçadas, por meio de linhas, setas e palavras, as relações existentes entre eles e a sua relação com a questão focal.

Segundo a teoria de Ausubel, uma nova ideia pode ser aprendida significativamente se o aprendiz for capaz de ligá-la aos conhecimentos que já possui em sua estrutura cognitiva. No contexto dessa teoria, portanto, os mapas conceituais se constituem em uma importante ferramenta de ensino, tendo em vista que, através deles, é possível visualizar as relações que existem entre os subsunçores e os conceitos aprendidos.

Assim, os mapas podem ser desenvolvidos pelo docente como estratégia para evidenciar as correlações entre as ideias. Cabe destacar que um mapa conceitual é uma representação de determinado tema a partir da estrutura cognitiva de quem o criou, de modo que é necessária uma explicação prévia para que ele faça sentido ao aluno.

Os mapas também podem ser desenvolvidos pelos alunos, podendo ser avaliados de forma subjetiva pelo professor, que não está interessado em encontrar mapas certos ou errados,

mas sim em buscar elementos que o permitam avaliar se houve ou não aprendizagem significativa. De fato, é esperado que diferentes alunos formem diferentes mapas mentais a partir daquele usado pelo professor para organizar os conceitos a serem apresentados.

Neste trabalho os mapas conceituais serão utilizados para a construção do material de ensino na forma de Lição Moodle®. Desta forma, ao final de algumas lições, serão inseridos mapas conceituais, facilitando assim a organização e assimilação dos conteúdos estudados pelo aluno. Como isso será mostrada uma visão geral das associações entre os assuntos estudados, de modo que cada aluno seja capaz de organiza-los em sua própria estrutura cognitiva, levando em consideração sua individualidade.

Espera-se com isso que os alunos sejam capazes de aprender um conceito ou estudar certo fenômeno, passando a conhecer a sua relação com a ideia central, fazendo com que já se construam, em sua estrutura cognitiva, as relações de um dado assunto dentro de um conteúdo mais amplo.

3.3 Relações entre Vygotsky e Ausubel e o uso da plataforma virtual como mediadora

As ideias de Ausubel e Vygotsky se relacionam na medida em que o conceito de zona de desenvolvimento proximal está associado à ponte entre o desenvolvimento consolidado e o conhecimento ou habilidade a ser aprendido; da mesma forma, dentro da teoria da aprendizagem significativa, há o conceito de subsunçor, que é condição para a ocorrência do aprendido. Dessa forma o estímulo dado pelo material potencialmente significativo deve atuar na ZDP do discente, possibilitando a ocorrência do aprendido. Dessa forma, se o estímulo estiver muito distante do desenvolvimento real do indivíduo, não existirão subsunçores disponíveis para que o novo conceito possa se ancorar, sendo necessária neste caso, uma metodologia voltada para a aprendizagem mecânica.

Nessa perspectiva, o material dentro da plataforma Moodle® deve atuar como potencialmente significativo, funcionando como o elemento mediador do aprendido.

Para que o material disponível na plataforma cumpra esse requisito é necessário um conhecimento prévio do desenvolvimento real do grupo em relação à Física Ondulatória e

Acústica, o que demanda que haja um pré-teste para averiguar a profundidade do conhecimento já adquirido pelos alunos.

Assim, o material elaborado, com o auxílio dos dados obtidos no pré-teste, leva em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes, buscando maior interação entre o material do curso e a estrutura cognitiva dos discentes.

Elementos da plataforma Moodle[®] como chat, fórum e atividades em grupo podem favorecer a interação social num ambiente controlando, onde, a princípio o aluno pode expressar suas ideias sem medo de censura por partes dos colegas, o que ocorre com frequência numa sala de aula regular.

3.4 Contextualização

O ambiente Moodle[®] se organiza segundo os pressupostos teóricos expostos anteriormente, de modo que, num primeiro momento, serão explorados alguns pré-requisitos, tais como:

- O conceito de velocidade;
- A ideia já existente, porém, não formalizada de reflexão de ondas;
- As noções básicas de período de frequência;
- O conhecimento existente a respeito das ondas e dos fenômenos ondulatórios.

Alguns pseudo-organizadores prévios são utilizados na parte introdutória do conteúdo, de modo a resgatar situações do cotidiano do aluno que estão relacionados aos conteúdos estudados. Desse modo, é possível iniciar a exposição do tema citando eventos corriqueiros que terão sua explicação baseada no estudo da ondulatória.

O ensino de cada tópico é feito através de uma lição no Moodle[®], em que o aluno tem acesso a simuladores, vídeos e textos, além, é claro, de atividades nas quais ele tentará aplicar o conteúdo aprendido a situações problema.

O uso de fóruns poderá favorecer a interação entre os alunos, de modo que, juntos, eles possam construir e fixar melhor o conteúdo aprendido. Assim, mesmos os alunos que tiverem mais dificuldade poderão, com a ajuda dos colegas, concluir a lição de modo a consolidar o conteúdo.

4 PRODUTO: FUNDAMENTOS E ESTRUTURA

Neste capítulo será explicada a metodologia adotada no desenvolvimento do trabalho, desde o planejamento das atividades em ambiente Moodle®, até a aplicação do produto educacional aos alunos.

4.1 Metodologia Geral do Trabalho

Este trabalho foi desenvolvido com alunos de duas turmas regulares de 2º ano do Ensino Médio do Centro Educacional Darcy Ribeiro, localizado no Paranoá, Cidade Satélite de Brasília-DF, com o uso de elementos de EAD como instrumentos de ensino dos conteúdos de Física Ondulatória e Acústica dentro de uma perspectiva focada em conceitos que são básicos para a área. O colégio possui turmas de Ensino Médio no turno vespertino com as disciplinas organizadas na forma de semestralidade.

Dentro da plataforma Moodle® foram apresentados textos, vídeos e simuladores como elementos mediadores do aprendizado, além de atividades através das quais foi possível avaliar o aprendizado dos alunos.

A estratégia de apresentação dos textos e de seus questionários intermediários se deu pelo uso da atividade Moodle® chamada Lição, uma vez que este formato alia o fornecimento os materiais de ensino intercalados com algumas questões.

Pequenos testes ao final de cada unidade foram utilizados com o objetivo de verificar indícios da ocorrência de aprendizagem significativa. Tais testes foram montados a partir de questões objetivas, de modo que se pudesse averiguar o entendimento dos conceitos vistos naquela unidade.

A análise dos dados foi feita de maneira predominantemente qualitativa, de modo que os resultados estatísticos aqui apresentados terão por função embasar melhor as discussões suscitadas.

4.2 Lista dos Conceitos que Foram Abordados

Os conteúdos trabalhados por meio da plataforma Moodle[®] foram:

- Conceituação e classificação das ondas;
- Período e frequência;
- Elementos de uma onda;
- Fenômenos ondulatórios;
- Processo de Audição humana;
- Características do som;
- Fenômenos causados pela reflexão do som: reforço, reverberação e eco;
- Cordas vibrantes e tubos sonoros;
- Efeito Doppler.

Através desses tópicos pretende-se que o aluno adquira os conceitos necessários para a compreensão de diversos fenômenos ondulatórios e acústicos que o acompanham em seu cotidiano.

4.3 Mapa Conceitual

O uso dos mapas conceituais durante as atividades tem por objetivo a consolidação do conteúdo estudado pelo aluno, assim como a sua organização para melhor assimilação. Os mapas abaixo foram estrategicamente inseridos ao final de Lições específicas, após o fechamento de tópicos elencados nos mesmos.

O final da primeira Lição foi inserido o mapa conceitual abaixo, em que algumas relações básicas foram traçadas com o objetivo de levar o aluno a melhor assimilar as ideias estudadas.

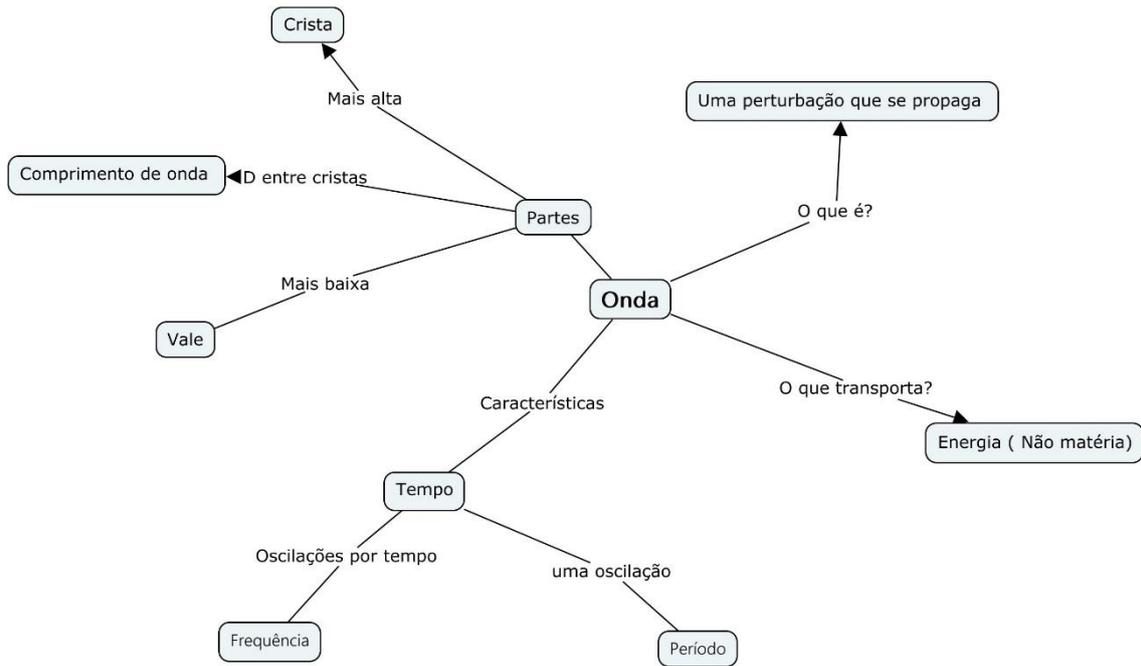


Figura 1: Mapa conceitual - Introdução à Ondulatória.

Ao final da segunda lição foi adicionado um mapa conceitual que mostra as características que possibilitam a classificação e a diferenciação das ondas quanto ao meio no qual se propagam, ao número de dimensões nas quais se propagam e na forma como ocorrem as oscilações.

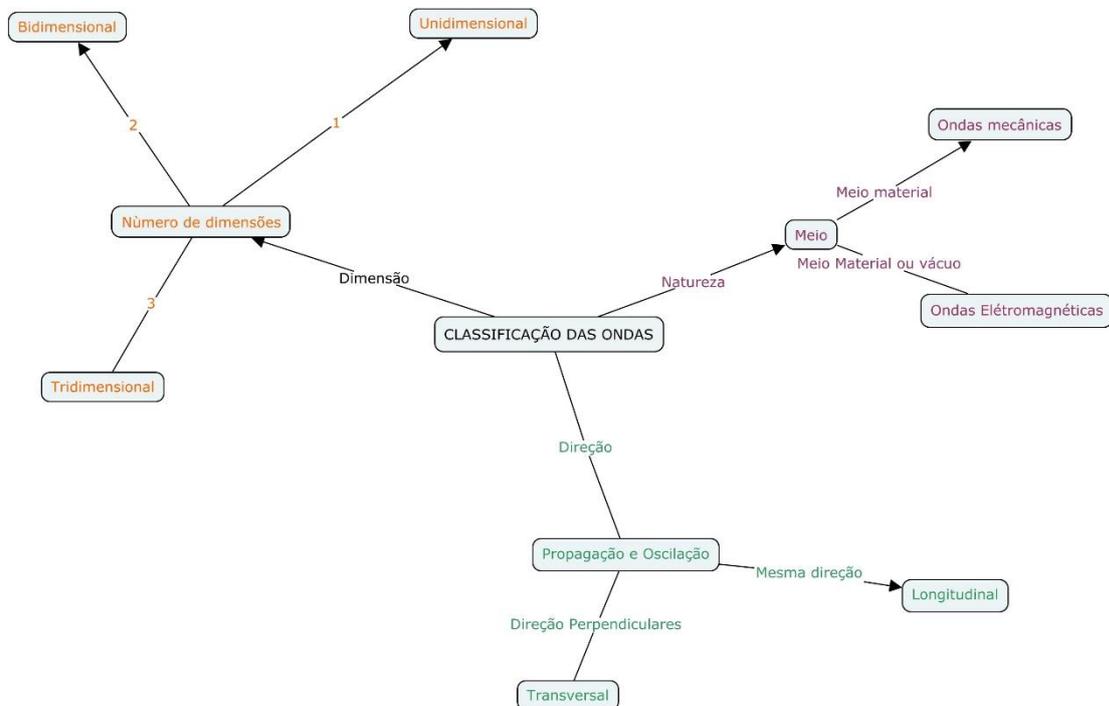


Figura 2: Mapa conceitual - Classificação das ondas

No final da Lição sobre Acústica, foi adicionado o mapa conceitual abaixo, que trata das características do som, além de explicar de forma sucinta as relações que regem alguns fenômenos acústicos.

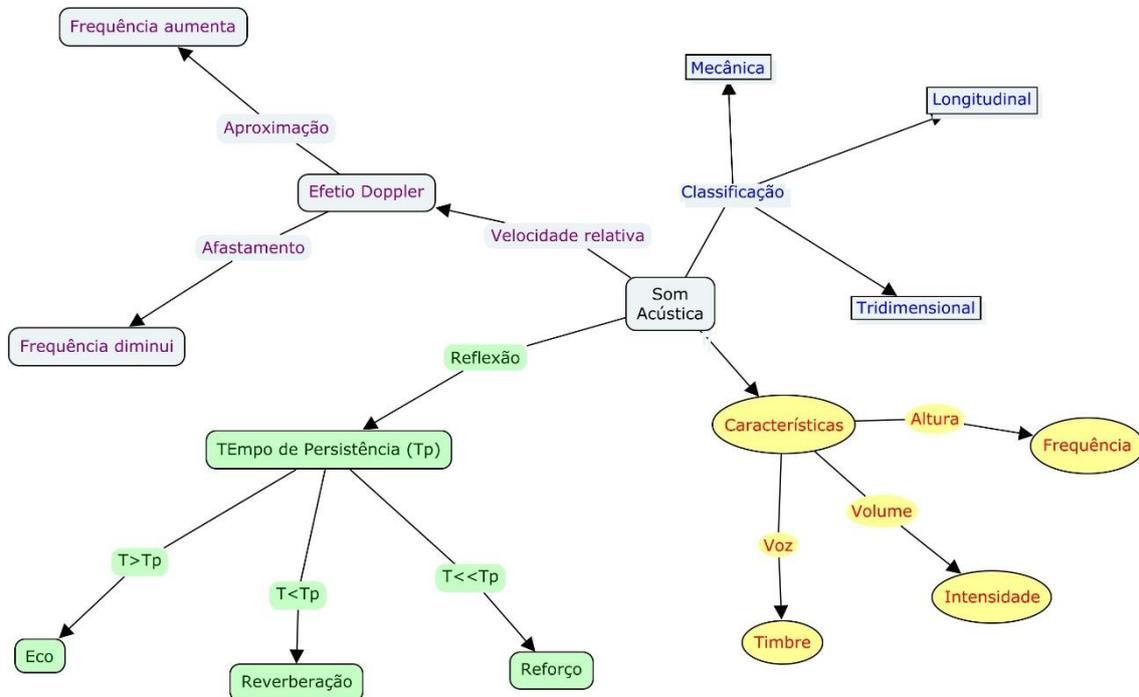


Figura 3: Mapa Conceitual - Acústica

4.4 A Plataforma Moodle®

O Moodle® (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*) consiste num ambiente virtual de aprendizagem com diversos recursos. Nesse ambiente virtual de aprendizagem (AVA) podem ser criados cursos em diversas áreas do conhecimento. A plataforma foi criada a partir da pedagogia socioconstrutivista, de modo que as atividades cooperativas ocupam um lugar de destaque. (Silva, 2013 p. 19)

Os recursos de interatividade presentes na plataforma pretendem suscitar grande interação entre seus usuários, de modo que possa haver uma contínua construção e reconstrução do conhecimento. (Silva, 2013 p. 19)

Diversos tipos de atividades podem ser desenvolvidos no ambiente Moodle®, de modo que a estruturação de um curso pode ser tornar bem dinâmica. Cada atividade permite a interação com usuário de uma forma diferente.

As atividades disponíveis no Moodle® são as seguintes:

- Base de dados: nesta atividade os alunos montam um banco de dados sobre determinado assunto, podendo este ser composto por textos, imagens, sons, entre outros.
- Chat: é uma ferramenta de comunicação síncrona, ou seja, duas ou mais pessoas devem estar *online* ao mesmo tempo para trocar mensagens.
- Escolha: consiste num pequeno formulário de perguntas e respostas;
- Fórum: é uma ferramenta de comunicação assíncrona, trocando mensagens sem a necessidade de que todos os participantes estejam *online* ao mesmo tempo.
- Glossário: consiste na criação de um dicionário relacionado ao conteúdo abordado no curso.
- Ferramentas externas: o Moodle® permite inclusão de atividades hospedadas em outro endereço eletrônico.
- Lição: nesta atividade, o conteúdo pode ser apresentado através de diversas mídias e é apresentado de forma intercalada com algumas perguntas.
- Pesquisa e avaliação: atividade composta por questionários que podem ser utilizados para avaliação dos alunos ou para se realizar uma pesquisa a respeito de determinado assunto.
- Questionário: permite que sejam desenvolvidos vários tipos de exercícios no ambiente virtual.
- Scorm/AICC: consiste num conjunto de padrões para a criação de objetos *online*.
- Tarefa: permite a edição de textos diretamente no AVA, assim como o envio de arquivos para o ambiente.
- Wiki: permite a criação de textos de forma individual ou colaborativa, de modo que os vários textos produzidos possam formar um hiperdocumento.

4.5 O Formato de Lição como uma implementação de mapas conceituais

Uma lição é uma atividade do Moodle® que mescla a apresentação de conteúdo, que pode se dar na forma de textos, vídeos, arquivos de áudio ou simuladores, com questões a serem respondidas. (Silva, 2013 p. 102)

Este tipo de atividade serve aos propósitos deste trabalho em virtude do fato de que cada lição pode abordar um ou mais tópicos do curso de uma forma completa, já incluindo diversos recursos e a própria avaliação. Assim, pode-se elaborar um conjunto de lições dinâmicas que deverá facilitar o aprendizado do aluno.

O fato de que a avaliação já está contida na lição facilita a organização das tarefas, que não irão se acumular para o aluno, além de possibilitar a imediata verificação da ocorrência ou não da aprendizagem significativa. Ao final de algumas das lições, serão inseridos mapas conceituais com o intuito de organizar os elementos aprendidos pelos alunos.

As lições foram disponibilizadas na página inicial do curso e, à medida que o aluno for passando por cada uma, o acesso será liberado para as demais atividades. Isso impede que o aluno seja exposto a uma lição sem ter concluído outra que lhe seja pré-requisito.

A partir dessa organização espera-se que o discente seja capaz de entender mais claramente as relações entre os conceitos que estarão sendo trabalhados e então consiga relacioná-los aos elementos presentes em sua estrutura cognitiva.

4.6 Estrutura da lição

Cada lição é constituída por um pequeno texto onde serão explicados os principais elementos teóricos, além de outros elementos motivadores, tais como vídeos, arquivos de áudio ou simuladores inseridos estrategicamente, com o objetivo de facilitar a ocorrência da aprendizagem.

Os textos serão elaborados de modo que o conteúdo possua uma relação com a realidade dos alunos. Tal contextualização terá por influência direta as respostas obtidas no pré-teste aplicado previamente. Através do conjunto de respostas ao teste, é possível coletar elementos para a formulação de organizadores prévios que serão convenientemente inseridos no texto.

Arquivos de multimídia serão inseridos com o intuito de permitir que o aluno possa visualizar, e no caso dos simuladores, até interagir, com os fenômenos conhecendo a sua forma de funcionamento. Neste ponto, a escolha da plataforma Moodle[®] nos permite um nível de interação muito difícil de se alcançar em uma sala de aula regular.

O material disponível na lição deverá ser suficiente para a realização do questionário, de modo que, num primeiro momento, o aluno não terá a necessidade de buscar material complementar, tornando mais simples o processo de aprendizado – o que não impede que os alunos mais interessados busquem outras fontes de pesquisa.

As questões ao final da lição terão por objetivo avaliar principalmente a compreensão das leis e dos fenômenos da Física Ondulatória, de forma que, embora o formalismo matemático também seja parte do conteúdo e, portanto, seja parte da lição, a avaliação do trabalho será focada na sua dimensão qualitativa.

4.7 Apresentação Breve do Produto Educacional

O produto educacional aqui desenvolvido refere-se a um ambiente construído dentro da plataforma Moodle® e que foi disponibilizado a alunos do segundo ano do Ensino Médio do Centro de Ensino Fundamental Darcy Ribeiro, no Paranoá – DF, e por meio do qual foram ensinados conceitos de Física Ondulatória e Acústica.

Nessa plataforma estão disponíveis materiais em diversas mídias que podem ser utilizados por professores em sua forma original, ou de forma separada do ambiente virtual. O curso Lições de Acústica, está disponível no endereço: <https://ifserv.fis.unb.br/moodle/course/view.php?id=534>, e é acessível a todos os usuários cadastrados no Ambiente Virtual de Aprendizagem.

Além do material, são descritas as estratégias adotadas no uso dos materiais e os resultados encontrados no trabalho, de modo que outros professores possam adaptá-lo às suas necessidades.

Assim, o material disponível na plataforma foi organizado em módulos, cada módulo podendo conter uma ou mais Lições. Ao final de quatro dos cinco módulos produzidos, foram inseridos questionários de avaliação do conteúdo estudado, contendo questões objetivas sobre o assunto.

O primeiro módulo de estudo trata dos tópicos de introdução à ondulatória, e é composto por três Lições: a primeira leva o título de Ondas, e tem por objetivo discutir os principais conceitos ligados ao tema. Possui alguns textos, intercalados com perguntas e ao final, uma atividade é proposta com o uso de um simulador de ondas em cordas, solicitando que

os alunos façam uma discussão a respeito do assunto em uma atividade escrita que integra a lição.

Ao final dessa primeira lição é apresentado um mapa conceitual onde são organizados os conceitos tratados na lição, servindo como síntese para que o aluno melhor entenda as relações entre os conceitos apresentados na atividade.

Ainda no primeiro módulo, temos a segunda lição, que aborda a Classificação das Ondas. Neste módulo são apresentados textos e imagens que explicam cada um dos critérios de classificação das ondas. Há ainda um modelo computacional simplificado que demonstra a diferença entre ondas transversais e longitudinais. Mais uma vez, há a apresentação de um mapa conceitual ao final da lição, facilitando a assimilação e organização do conteúdo aprendido.

Para finalizar o primeiro módulo do curso, existe uma Lição sobre as características da onda, apresentando tópicos ainda não tratados nos anteriores, como a amplitude, o comprimento de onda e a velocidade de propagação de uma onda. Nessa Lição, além de textos e imagens, há o uso de um vídeo que mostra a amplitude de uma onda longitudinal.

Por apresentar um pequeno formalismo matemático, essa lição contou com uma questão de resposta numérica. Nela, o aluno deveria ler seu texto motivador e seu comando, fazer os cálculos numa folha e escolher a opção correta entre quatro opções.

No segundo módulo, foram apresentados diversos fenômenos ondulatórios, optando-se por inseri-los numa só lição, haja vista que o objetivo não é uma discussão matemática aprofundada dos fenômenos, mas a simples compreensão qualitativa. Aqui, além de textos e imagens, foram inseridos um vídeo e um modelo computacional para melhor compreensão do fenômeno da interferência.

O terceiro módulo faz uma discussão simplificada da audição humana em apenas uma lição, discutindo de forma superficial a anatomia do ouvido humano e o processo que leva o estímulo ao cérebro. Nessa lição foi inserido o vídeo de uma animação no qual a audição é explicada. Foi também apresentado outro vídeo em que é possível ouvir todas as frequências de 20 Hz a 20 kHz, sendo solicitado em seguida que o aluno escrevesse quais são os limites máximo e mínimo para a sua audição.

O quarto módulo aborda a Acústica, sendo que, na primeira parte, o assunto abordado são as características do som, em que se discute o timbre, a altura e a intensidade do som, fazendo uso de textos e vídeos para melhor a compreensão.

A segunda lição explica os fenômenos acústicos, começando pelo fenômeno da ressonância e em seguida o da reflexão, já tratado anteriormente. Neste ponto, entretanto, a discussão ocorre em torno do reforço sonoro, da reverberação e do eco.

Uma lição específica foi destinada a explicar o Efeito Doppler, com a inserção de dois modelos computacionais, nos quais é possível visualizar o comportamento da frequência e do comprimento de onda no processo.

O último módulo traz como elementos motivadores os instrumentos musicais. Na primeira lição são abordadas as cordas vibrantes, quando são discutidos os elementos que definem a velocidade de propagação de uma onda na corda e, conseqüentemente, a frequência de som emitido por ela. Há ainda uma apresentação dos modos de vibração de uma onda na corda, retomando o assunto de reflexão e interferências. Nessa atividade foi inserida uma videoaula de violão, em que se ensina a afinar o instrumento.

Na segunda lição do módulo o tema são os tubos sonoros, abordando a vibração do ar dentro de um tubo para a produção de som. Dentro do módulo ainda há um questionário sobre cordas vibrantes e tubos sonoros, além de uma atividade final do curso, composta por quinze questões discursivas.

Com esses elementos, o curso Lições de Acústica ficou organizado conforme o índice abaixo.

1. Ondas:
 1. Onda;
 1. Definições
 2. Período e frequência;
 2. Classificação:
 1. A Natureza das ondas
 2. A dimensão;
 3. A Propagação;
 3. Características da onda
 1. Amplitude da Onda

2. Comprimento de Onda
3. Velocidade de propagação;
4. Questionários Final de Ondulatória
2. Fenômenos Ondulatórios:
 1. Fenômenos Ondulatórios:
 1. Reflexão;
 2. Refração;
 3. Difração;
 4. Interferência;
 5. Polarização;
 6. Questionário Final de Fenômenos ondulatórios.
3. Bioacústica:
 1. Audição Humana
4. Acústica:
 1. Características do som;
 2. Fenômenos Acústicos;
 1. Ressonância
 2. Reflexão
 3. Efeito Doppler
 4. Questionário Final de Acústica.
5. Instrumentos Musicais;
 1. Cordas vibrantes;
 2. Tubos sonoros;
 3. Questionário sobre Cordas e Tubos;
 4. Atividade Final

4.8 Estratégias para a aplicação em sala de aula

Embora o foco deste trabalho seja o uso de ferramentas de educação a distância em turmas regulares de Ensino Médio, o conteúdo presente no Produto Educacional pode ser aplicado num contexto presencial e adaptado conforme as necessidades do docente e as especificidades de cada turma.

Por este motivo, foi elaborada uma metodologia alternativa para a aplicação presencial do material aqui desenvolvido. Cabe ressaltar, que as alternativas aqui apresentadas são apenas

uma sugestão metodológica, e não foram utilizadas durante a aplicação deste Produto Educacional.

4.8.1 Aplicação com aulas expositivas

A primeira alternativa para a aplicação deste material, é em aulas expositivas, e tem como pré-requisito a presença de um projetor ou de uma televisão e um computador em sala de aula. O tempo necessário é de 20 horas-aula, possibilitando a utilização de uma aula para o conteúdo de cada uma das lições, com mais uma aula para discussões adicionais e resolução de questões com os alunos.

Os textos do material estão em uma linguagem acessível aos alunos, de modo que podem ser apresentados aos alunos antes das aulas, ou simplesmente servir de auxílio para o professor na preparação das aulas.

Para as lições em que são apresentados modelos computacionais, o mesmo deve ser apresentado e todos os seus parâmetros e os alunos, de modo que estes possam sugerir testes a serem realizados no mesmo, deixando assim a aula mais interessante.

4.8.2 Aplicação em laboratório de informática

Uma outra forma de se aplicar o material aqui apresentado é em um laboratório de informática onde os alunos poderiam interagir de forma mais livre com os textos e modelos computacionais. Para que este formato seja viável é desejável que o laboratório disponha de ao menos um computador para cada 2 alunos, viabilizando assim o trabalho em dupla para a execução das tarefas.

Cabe lembrar que o conteúdo aqui deve ser apresentado em pdf para a leitura do aluno e os simuladores dever ser previamente baixados nos computadores para evitar problemas de durante as aulas.

Desta forma, os alunos interagem com o material, e ao final de cada módulo entregam as questões ao professor. Assim, são necessárias 15 horas-aula, sendo uma hora para cada lição, mais uma hora para as atividades de cada módulo e uma hora para a atividade final.

Neste modelo de aplicação o professor fica à disposição para dirimir as dúvidas que surgirem ao longo do processo.

5 RELATO DE APLICAÇÃO E DISCUSSÃO

5.1 RESULTADOS DO PRÉ TESTE

A aplicação do pré-teste se deu numa aula presencial, com a participação dos alunos presentes em ambas as turmas em que a atividade foi aplicada, totalizando 51 alunos. As turmas realizaram a atividade em momentos distintos e não receberam o resultado até o término da aplicação do projeto, já que este resultado poderia afetar a sondagem final.

O pré-teste foi elaborado com dezessete questões, às quais os alunos deveriam responder de forma discursiva. Observe que dos 51 alunos que realizaram o pré-teste, apenas 25 completaram as atividades propostas no ambiente virtual, de modo que os ambos os resultados estão apresentados abaixo.

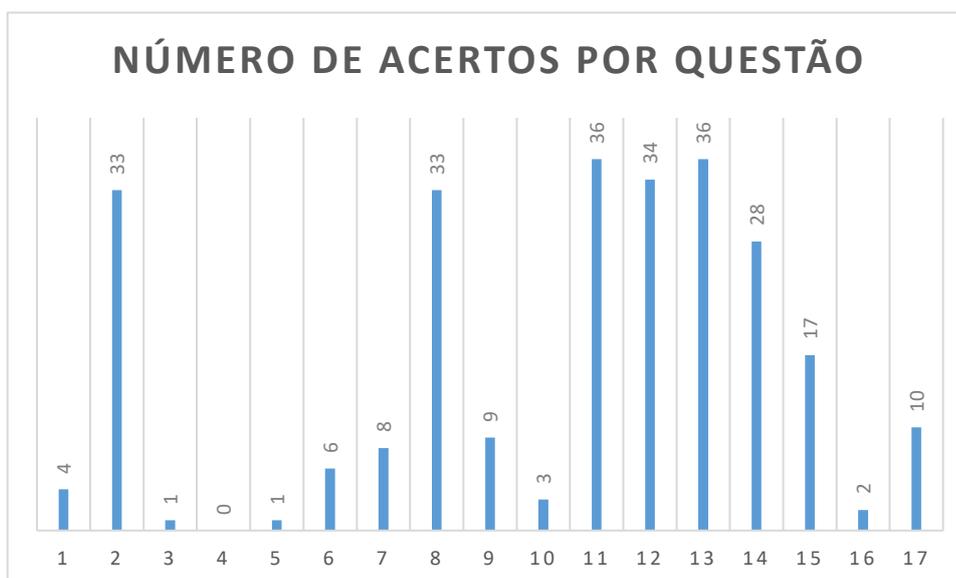


Figura 4: Gráfico que mostra o número total de acertos para cada questão do Pré-teste considerando todos os alunos que realizaram o mesmo.

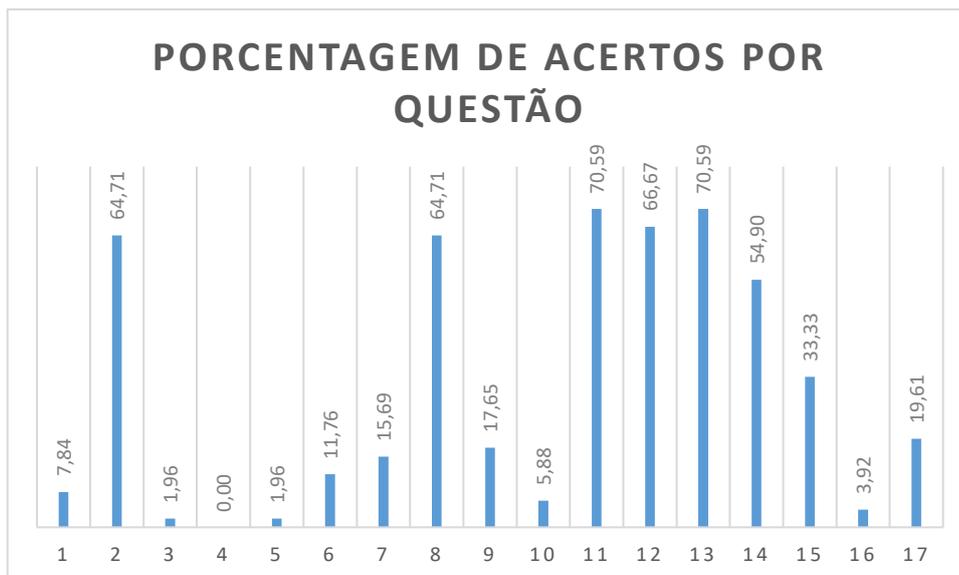


Figura 5: Gráfico que mostra o índice percentual de acertos para cada questão do Pré-teste considerando todos os alunos que realizaram o mesmo.

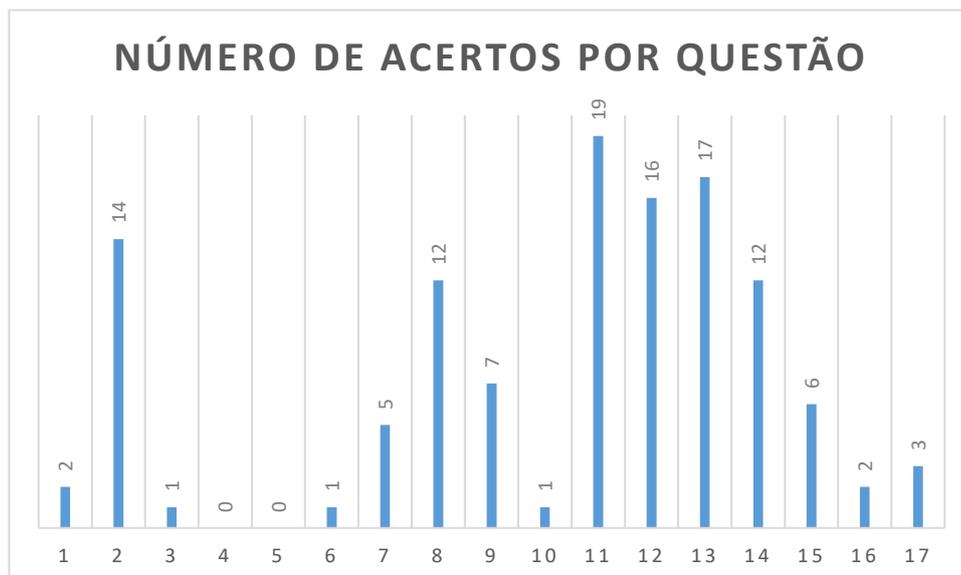


Figura 6: Gráfico que mostra o número total de acertos para cada questão do Pré-teste considerando apenas os alunos que concluíram todas as atividades do Moodle®.

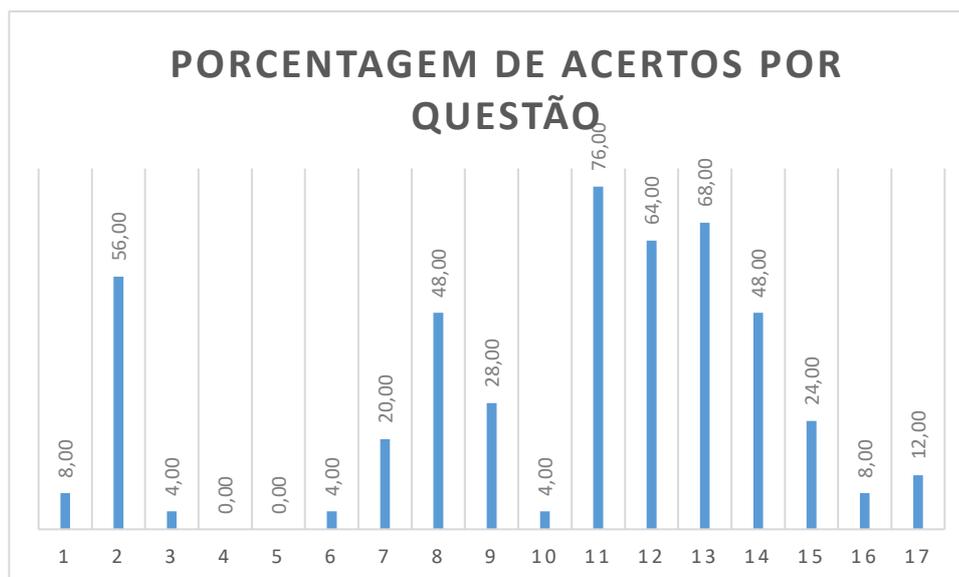


Figura 7: Gráfico que mostra o índice percentual de acertos para cada questão do Pré-teste considerando apenas os alunos que concluíram as atividades no Moodle.

Fica claro que na maior parte das questões, não foi possível verificar um conhecimento estabelecido sobre o assunto, de modo que em apenas 6 questões o índice de acertos foi superior a 50%, e que, em outras 6 questões, o índice de acertos não alcançou os 10%. Isso demonstra a presença de alguns elementos na estrutura cognitiva dos alunos. Entretanto, a grande maioria não possuía conhecimentos significativos no momento da aplicação do teste.

O índice geral de acerto ficou em 30,1%, valor condizente com uma sondagem inicial, demonstrando a existência de subsunçores e de algum conhecimento prévio, que pôde ser utilizado posteriormente nos textos presentes na plataforma.

É importante notar que as questões com menor desempenho foram justamente aquelas que exigiam do aluno o conhecimento mais claro e formal de alguns conceitos, como o que são ondas, ondas mecânicas e eletromagnéticas, o período, a frequência, o timbre. Este fato nos permite concluir que os discentes não dominavam as definições formais de ondulatória, embora fossem capazes de perceber a influência de fenômenos ondulatórios em suas vidas.

Já as questões com maior índice de acertos foram aquelas ligadas às observações do dia a dia, as quais o aluno poderia responder com base em algum conceito teórico, ou apenas pela experiência pessoal ou mesmo usando o senso comum, deixando evidente alguns subsunçores que poderia indicar organizadores prévios no material. Como exemplo, percebemos que, embora os alunos não fossem capazes de descrever o conceito formal de onda, podiam citar exemplos, como ondas na água, ondas em cordas, o som e a luz, demonstrando algum conhecimento.

Há ainda que se comentar o fato de que os conceitos de posição e velocidade, necessários para uma compreensão mais fácil do tema de ondulatória, não se mostram presentes na maior parte dos alunos, mostrando uma clara deficiência ocorrida na série anterior, quando o tema deveria ser ensinado.

Todos estes elementos foram analisados e utilizados com o objetivo de elaborar um conjunto de textos e atividade potencialmente significativos para compor as Lições do curso.

5.2 Levantamento dos Subsúncos

No início do trabalho com os alunos foi aplicado um pré-teste composto por 17 questões com o objetivo de mapear os conhecimentos que o aluno já possui. Com os resultados desse teste foi possível conhecer os subsúncos presentes na maior parte dos discentes para então desenvolver um material introdutório mais adequado ao contexto dos alunos.

Essa primeira atividade foi aplicada em sala de aula sem que os alunos fossem avisados da mesma. Com isso, esperavam-se respostas espontâneas, sem qualquer tipo de pesquisa ou estudo prévio.

Os subsúncos coletados na avaliação prévia dos alunos possibilitam a elaboração de um material que seja mais adequado às necessidades dos discentes, com uma possibilidade de alcançar a aprendizagem significativa. Dessa forma, a criação de um material potencialmente significativo permite a atuação dentro da zona de desenvolvimento proximal dos alunos.

Alguns elementos importantes foram observados a partir da análise do pré-teste, e foram levados em consideração na confecção dos textos utilizados na plataforma. Esses elementos também serviram de parâmetro para a avaliação dos resultados finais da aplicação.

O primeiro elemento observado foi o fato de que alguns alunos já eram capazes de fazer uma associação entre ondas e energia e, embora nem todos tenham feito a associação da forma correta, o fato mostra um ponto a ser trabalhado no material proposto, valorizando assim o conhecimento prévio dos discentes. Uma distorção conceitual a ser desconstruída nas atividades da plataforma é o fato de que houve associação restritiva entre o conceito de ondas e a energia elétrica.

Dentre os exemplos de ondas citados, o que aparece com maior frequência está ligado ao som, o que mostra que já há uma de que o som é um tipo de onda na estrutura cognitiva dos alunos, sendo este um elemento a ser explorado, uma vez que um dos focos deste trabalho é o

ensino de Acústica. Outros fenômenos lembrados pelos alunos foram: a luz, as ondas eletromagnéticas usadas nas telecomunicações e o movimento da água ao ser atingida por um objeto que cai.

Quanto aos conceitos que compõem o conhecimento dos fenômenos ondulatórios foi possível notar que a grande parte dos estudantes não domina os conceitos de período e frequência, sendo que alguns deles chegaram a confundir os dois, dando respostas trocadas às perguntas sobre o assunto. Houve ainda alunos que confundiram o conceito de frequência com aquele de intensidade de uma onda, o que revela a necessidade de um cuidado maior na produção dos textos a respeito destes elementos.

Nas perguntas referentes ao conteúdo estudado no 1º ano do Ensino Médio foi possível notar que algum conhecimento existe, ainda que de forma desorganizada, já que em muitas das respostas à questão 6 ficou claro a relação entre velocidade e deslocamento, faltando, porém que uma associação fosse feita com o tempo. Em relação à questão 7, ligada ao conceito de posição, houve muitos alunos que descreveram a necessidade de um referencial, mas a grande maioria não foi capaz de formular uma boa resposta.

Alguns fenômenos acústicos também foram trabalhados na atividade de diagnóstico, como o eco, por exemplo. Foi possível notar que os alunos sabem do que se trata tal fenômeno, mas, na maioria dos casos, as explicações para a ocorrência do mesmo não foram boas. Curiosamente, na questão 15, alguns alunos foram capazes de descrever o eco como uma consequência da reflexão de ondas sonoras, o que não aconteceu na questão que perguntava diretamente sobre o mesmo fenômeno.

Em relação às qualidades do som, para a maior parte dos alunos, o único elemento que permite a distinção entre dois sons é a sua tonalidade, havendo poucos registros de conhecimento a respeito da intensidade ou do timbre como elemento ligado à fonte sonora. Na questão 11, grande parte descreveu o som como uma onda unidimensional, e na questão 12 houve mais uma vez a confusão entre frequência e velocidade.

5.3 DIFICULDADES ENCONTRADAS NA APLICAÇÃO

A primeira dificuldade encontrada na aplicação do projeto a alunos de escola pública foi que, embora todos os alunos tenham afirmado inicialmente que possuíam acesso à internet

e a utilizavam diariamente, muitos deles tiveram dificuldade em interagir com a interface do Moodle[®], tanto no momento da realização do cadastro, como na realização das atividades do curso.

Para superar esta dificuldade os alunos receberam inicialmente um e-mail com instruções para a inscrição e utilização da página, o que não se mostrou uma solução eficaz, tornando necessária a utilização de duas aulas presenciais voltadas a auxiliar esses alunos no processo de inscrição e na interação com o material proposto. A iniciativa foi parcialmente eficaz restando ainda algumas dúvidas que foram respondidas posteriormente via e-mail. Tal dificuldade mostra que, em futuras aplicações, pode-se adotar a estratégia de se apresentar a plataforma Moodle[®] e dar aos alunos alguma proficiência em seu uso antes de utilizá-la para a apresentação de material pedagógico.

Outra medida tomada, no sentido de auxiliar os alunos com pouco conhecimento de informática, foi a de estar disponível em algumas manhãs no laboratório de informática da escola, que possui apenas 10 computadores em funcionamento. Desses, seis contam com o sistema operacional Linux, e apresentavam problemas de exibição em algumas atividades, restando apenas 4, onde o Windows permitia que a página rodasse perfeitamente. A procura dos alunos nos horários disponibilizados foi baixa, e alguns alunos desistiram das atividades sem sequer procurar ajuda para sua realização.

Um problema já previsto foi a falta de maturidade e organização por parte dos alunos para a realização das atividades durante o tempo disponível, que foi de cerca de um mês. No intuito de auxiliar neste ponto, foi proposto que cada tópico da atividade fosse realizado em uma semana, deixando um tempo suficiente para o desenvolvimento das mesmas.

Esta medida não foi totalmente efetiva, já que alguns alunos, mesmo com avisos presenciais e via e-mail, deixaram a maior parte das atividades para a última semana antes do fechamento da atividade, de modo que vários alunos iniciaram as atividades e não conseguiram concluí-las.

Em uma das turmas participantes havia dois alunos com deficiência auditiva, o que exigiu uma maior atenção no momento de avaliar estes alunos e no momento de orientar as atividades, já que em certas lições havia vídeos e arquivos de áudio para que o aluno verificasse as características do som. Esse é um tema que, evidentemente, exige atenção redobrada no

ensino da Acústica em particular. Talvez uma melhor adequação do projeto seja, no futuro, a adoção de metodologias que possam ser mais inclusivas com relação a esses alunos.

Outro entrave foi que, por três vezes, durante a aplicação do projeto, o sistema esteve fora do ar, de modo que os alunos não conseguiam ter acesso às atividades. Como o fato geralmente ocorria no fim de semana, acabou atrapalhando muitos alunos, já que aqueles que trabalham dispunham apenas desse período para a realização das tarefas.

Pelos motivos citados acima, a quantidade de alunos que iniciou as atividades e não conseguiram concluí-las foi elevado, demonstrando que a evasão é um desafio a ser enfrentado no uso de recursos de EAD para o Ensino Médio.

Dentre os cinquenta alunos inscritos para a realização das atividades oito não realizaram nenhuma das atividades, e outros dezessete concluíram apenas algumas atividades, não chegando a concluir a atividade final, que foi composta apenas por questões discursivas.

5.4 RESULTADOS DAS ATIVIDADES ASSOCIADAS AOS MÓDULOS

Como explicado anteriormente, o conteúdo presente no AVA foi dividido em cinco tópicos, totalizando dez lições divididas entre eles. Para quatro desses cinco tópicos foram propostos questionários para avaliar o aprendizado do aluno naquele assunto, de modo que foi possível ao aluno dimensionar o que foi aprendido antes de seguir para o conteúdo seguinte.

Cada questionário foi avaliado com uma nota entre zero e dez, à qual o aluno tinha acesso após o término, podendo optar por realizar uma segunda tentativa, caso julgasse o resultado insatisfatório. Desse modo, a lição poderia ser refeita a fim de melhorar o entendimento de determinado assunto.

O questionário sobre ondulatória foi respondido por 28 alunos no total, e a média alcançada nesta atividade foi de 6,90 pontos em dez, mostrando um bom índice de acertos. Lembrando que as questões sondavam o aprendizado relacionado à definição de onda, a classificação das ondas e às partes destas, sendo este primeiro tópico a base para as demais atividades.

O segundo tópico trata dos diversos fenômenos ondulatórios aplicados a todos os tipos de ondas, sem aprofundar as especificidades de cada tipo de onda. Nessa atividade, a média

alcançada pelos 31 alunos que a concluíram foi de 7,06, o que mais uma vez indica a ocorrência da aprendizagem significativa.

No módulo sobre a audição humana foi proposta uma atividade na qual os alunos deveriam ouvir um arquivo de áudio com som de 20 Hz a 20 kHz e descrever os limites da própria audição. O objetivo desta atividade foi que os alunos percebessem as diferenças entre os valores encontrados com os limites humanos. Tal atividade, evidentemente, precisaria ser adaptada para alunos com deficiência auditiva.

O tópico seguinte tratava de Acústica, contendo as características do som, além de alguns fenômenos acústicos, como o eco e o efeito Doppler. A nota média entre os 29 alunos que concluíram esta atividade foi de 7,53. Esse foi o módulo que obteve os melhores resultados dentre os quatro avaliados.

O último tópico tratava de cordas vibrantes e tubos sonoros, proporcionando textos e explicações sobre o funcionamento de instrumentos musicais. Neste questionário a nota média entre os 28 alunos que o concluíram foi de 6,00. Embora tal resultado esteja abaixo das médias dos outros módulos, ainda pode ser considerado um bom resultado.

5.5 RESULTADOS DO PÓS-TESTE

Em virtude das dificuldades já citadas anteriormente, o número de alunos que concluiu todas as atividades do curso foi bem reduzido, consistindo de apenas 25 alunos, ou seja, menos de 50% dos alunos que iniciaram a atividades.

Em contrapartida, o índice de acertos subiu consideravelmente em relação à sondagem inicial, que embora tenha sido feita em um formato diferente, possui questões com os mesmos objetos avaliados. Tal fato nos permite concluir que, para os alunos que seguiram o planejamento e realizaram todas as atividades propostas, houve considerável aprendizado.

É importante ressaltar que o pós-teste avalia o mesmo conhecimento do pré-teste, e sofreu apenas algumas adaptações para melhor cumprir seus objetivos. As questões 1 e 2 da sondagem inicial foram unidas na questão 01, assim como as questões 6 e 7 foram unidas na questão 5. Além disso, algumas questões tiveram uma nova redação com o objetivo de deixar mais claro o que se esperava dos alunos.

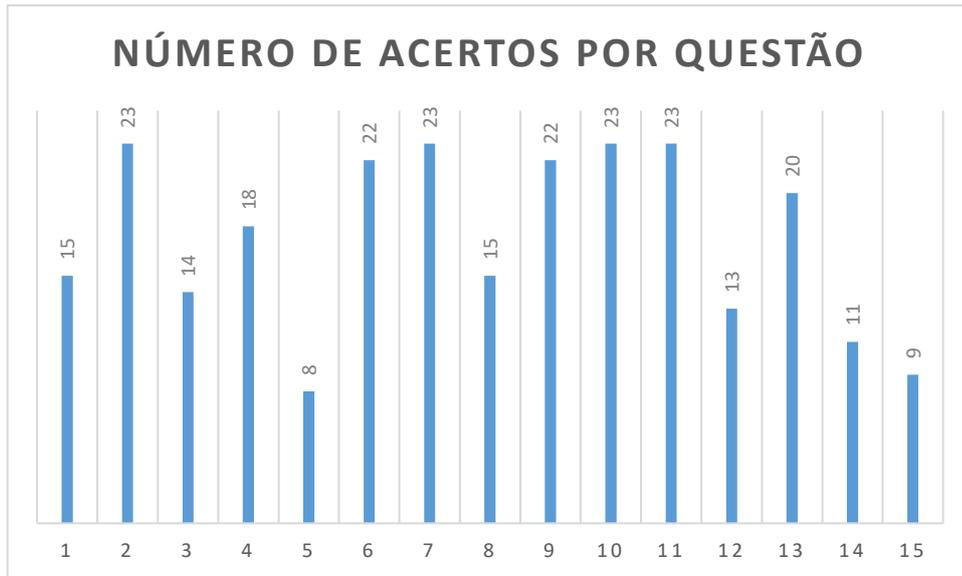


Figura 8: Gráfico que mostra o número de acertos para cada questão do Pós-teste

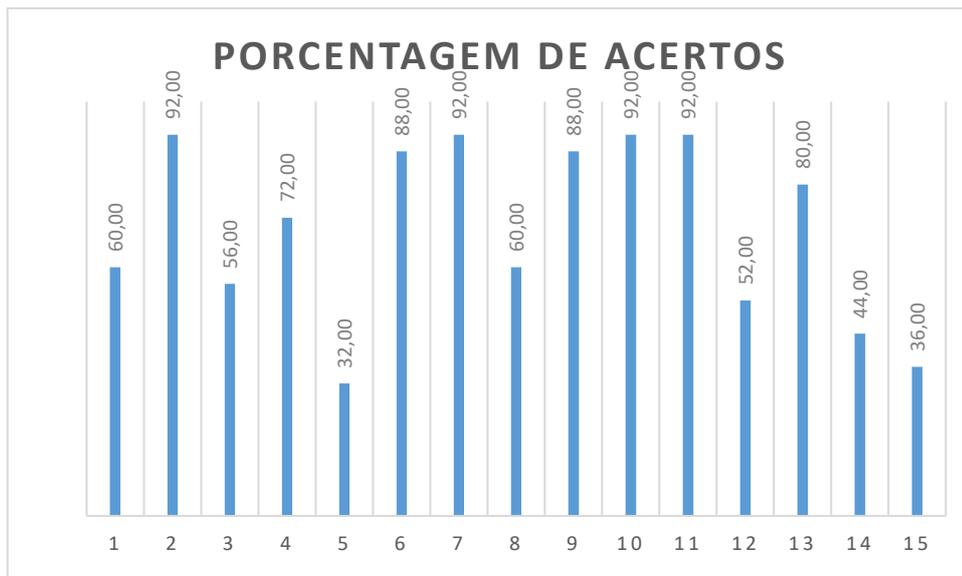


Figura 9: Gráfico que mostra a porcentagem de acertos para cada questão do Pós-teste.

Na primeira questão do pós-teste, que corresponde às questões 1 e 2 do pré-teste, foi possível notar um crescimento dos conhecimentos ligados à definição de onda. Uma quantidade maior de alunos foi capaz de descrever uma onda e citar exemplos de forma satisfatória.

O mesmo fato foi observado nas demais questões mais conceituais, que são as questões 2, 3, 4, 5 e 8, mostrando que houve uma evolução quanto à compreensão dos conceitos, que foram o ponto baixo na sondagem inicial. A única dentre essas questões que permaneceu com

um índice de acertos inferior a 50% foi a que trata do conceito de velocidade e aceleração, que não era o foco deste trabalho.

Em relação às demais questões, que tratam da compreensão de fenômenos cotidianos também houve aprendizado, o que pode ser demonstrado pelo crescimento percentual dos acertos.

Apenas as duas últimas questões permaneceram abaixo dos 50% de acertos, ainda que com maior número de acertos relativamente ao pré-teste. A questão 14 trata dos mecanismos de fala, que pode ser associado às vibrações nos instrumentos musicais tanto de cordas, no sentido de se pensar a vibração das pregas vocais, como de tubos sonoros, tendo em vista a anatomia da fala.

A questão 15 tinha por objetivo verificar se os alunos são capazes de associar o tamanho do instrumento com a faixa de frequência produzida por ele. Nesse item, os acertos subiram de 17% para 36%, demonstrando um crescimento, mas ainda abaixo do esperado, já que o conhecimento sobre comprimento de onda deveria ser suficiente para que os alunos fizessem a associação.

A questão doze apresentou um pequeno decréscimo percentual na quantidade de acertos, indicando que as informações fornecidas no material podem não ter deixado claro que o fenômeno da interferência ocorre com todos os tipos de ondas, inclusive sonoras.

5.6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Comparando os resultados do pré-teste com o do pós-teste é possível notar que houve um aumento no número de acertos por alunos, de modo que, fica claro que as atividades no ambiente Moodle® mostraram-se proveitosas e geraram aprendizado naqueles que participaram.

Como já discutido anteriormente, a maior dificuldade encontrada durante a aplicação foi a falta de organização dos alunos, o que teve como consequência o fato de que cerca de metade dos alunos não concluíram todas as atividades do curso. Pode-se também atribuir essa evasão às dificuldades iniciais no uso da plataforma.

Mesmo com essas dificuldades entende-se que o resultado foi positivo, já que os alunos concluintes tiveram um bom desempenho nas atividades do curso e na atividade final. Os resultados mostram que o material é potencialmente significativo, e que os alunos dispostos a interagir com o mesmo podem alcançar a aprendizagem significativa.

Se compararmos os resultados da sondagem final, percebemos que os índices de acertos das questões que tratavam de assuntos não abordados de forma explícita nas lições, como as questões 14 e 15, foi inferior ao das questões diretamente tratadas. Esse fato demonstra que alguns alunos não assimilaram de forma significativa o conteúdo ministrado, haja vista que a competência para lidar com situações ainda não explicadas não foi alcançada.

A questão 14, trata do processo de produção da voz humana, e é equivalente à questão 16 do pré-teste que teve um índice de acerto de 8%, subindo para 44%, mostrando uma evolução, mas evidenciando a dificuldade em se interpretar o fenômeno descrito. O mesmo acontece na questão 15 do pós-teste, que equivale à questão 17 do pré-teste, que teve uma evolução de 12% para 33%.

6 CONCLUSÃO

O uso de ferramentas de aprendizagem virtual se mostrou uma boa opção para a complementação de conteúdo em escolas da rede pública, onde a carga horária da disciplina é na maioria das vezes insuficiente para que todo o conteúdo seja vencido. Nesse trabalho, foi possível o ensino de Física Ondulatória e Acústica fora do horário de aula, possibilitando o melhor aproveitamento do tempo para o ensino de Termodinâmica e Óptica Geométrica para as turmas de 2º ano do Ensino Médio.

Um desafio para as próximas aplicações é impedir que a desistência ocorra de forma tão acentuada. Tendo em vista que algumas medidas foram tomadas nesse trabalho para evitar o problema, há a necessidade de se pensar em uma alternativa mais eficaz para as próximas aplicações.

Conforme descreve a teoria de Ausubel, o requisito para a aprendizagem significativa é um material potencialmente significativo, desde que o aprendiz esteja disposto a interagir com o material. Desse modo, o grande índice de desistência não demonstra a má qualidade do material elaborado, mas sim uma falta de vontade dos discentes em interagir com o mesmo, bem como a necessidade de desenvolver estratégias que levem a um maior envolvimento destes (em particular, estratégias que envolvam a superação das dificuldades apresentadas anteriormente).

A metodologia aqui utilizada pode ser replicada em outros contextos e com outros conteúdos. Em particular, em Escolas nas quais a plataforma Moodle[®] já seja de uso ordinário, a utilização do presente material é imediata.

O objetivo deste trabalho foi buscar alternativas para a melhoria do ensino, ao mesmo tempo em que busca solucionar a falta de tempo de exposição a materiais potencialmente significativos, fonte de desigualdade entre alunos de escolas públicas e privadas.

7 Bibliografia

ABEGG, I.; BASTOS, P. Ensino de Física Colaborativo mediado pelo Wiki do Moodle: Descrição e Análise de casos de Estudos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Maria - RS, v. 29, n. Especial 2, p. 729-757, Outubro 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29nesp2p729/23063>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

ADMINOFTHISSITE'S CHANEL. Hearing Test HD. **Youtube**, 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=H-iCZELJ8m0>>. Acesso em: 17 Março 2016.

ARAUJO, S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Modelos computacionais no ensino-aprendizagem de Física: Um referencial de trabalho. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre - RS, 17(2), 2012. 341-366. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID295/v17_n2_a2012.pdf>. Acesso em: 6 abril 2016.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimento**: Uma perspectiva cognitiva. 1ª Edição PT. ed. Lisboa , Portugal: Paralelo Editora, LDA, 2003. 227 p.

BOTTONE, B. Patitucci - Bach. **YouTube**, 2009. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=jx9Tp8oRu9w>>. Acesso em: 17 março 2016.

CASTILLODELASCS. Experimento: Cuerda vibrante, onda estacionaria 4. **YouTube**, 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ttAfd7atV7Q>>. Acesso em: 17 Março 2015.

CAUDURO, J. et al. Velocidade do som no ar e Efeito Doppler em um único experimento. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, Santa Maria, RS, v. 34, Fevereiro 2012. ISSN 1806-1117. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v34n1/v34n1a17.pdf>>. Acesso em: 15 Fevereiro 2016.

CAVALCANTE, A.; PEÇANHA, R.; TEIXEIRA, A. D. C. Ondas estacionárias em cordas e determinação de densidade linear de um fio. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, Setembro 2013.

CAVALCANTE, K. G. Som, Infrassom e Ultrassom. **Mundo Educação**. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/som-infrassom-ultrassom.htm>>. Acesso em: 17 dezembro 2015.

CENTRO DE EXCELENCIA EM OFTALMOLOGIA. Como funciona um óculos 3D. **Ceo - Porto Alegre**. Disponível em: <<http://www.ceoportoaalegre.com.br/como-funcionam-os-oculos-3d/>>. Acesso em: 17 dez. 2015.

CIFRA CLUB. Como Afinar Seu Violão. **Youtube**, 2010. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=fUi2jhuhXsw>>. Acesso em: 18 março 2016.

DIOGO, R. C. Amplitude de uma onda longitudinal. **Youtube**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=CZ2x67FyHhY>>. Acesso em: 15 Janeiro 2016.

ERROBIDART, H. A. et al. Ouvido Mecânico: um dispositivo experimental para o estudo da propagação e transmissão de uma onda sonora. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo, v. 36, Março 2014.

ETHAN. Tuning the quantum guitar. **The Ethan Hein Blog**. Disponível em: <<http://www.ethanhein.com/wp/2009/tuning-the-quantum-guitar/>>. Acesso em: 17 dezembro 2015.

FERNANDES, G. W. R.; RODRIGUES, A. M.; FERREIRA, C. A. Módulos temáticos virtuais: Uma proposta pedagógica para o ensino de Ciências e o uso das TICs. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Lisboa - Portugal, v. 32, n.3, p. 934-962, Dezembro 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n3p934/30783>>. Acesso em: 15 Janeiro 2016.

FERRACIOLI, L. et al. Ambientes de Modelagem computacional no aprendizado exploratório de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Vitória - ES, v. 29 Especial 2, p. 679 - 707, Outubro 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29nesp2p679/23061>>. Acesso em: 12 Dezembro 2015.

FERRARO, G. Conceito de onda. Natureza das ondas. Tipos de ondas. **Os Fundamentos da Física**. Disponível em: <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/11/cursos-do-blog-termologia-optica-e-ondas_19.html>. Acesso em: 17 dezembro 2015.

FERRARO, G.; SOARES, P. A. D. T.; RAMALHO, F. **Física: Os Fundamentos da Física**. 10ª. ed. São Paulo: Moderna, v. 2, 2009.

FERRARO, N. G. Cordas vibrantes / Tubos sonoros. **Fundamentos da Física**. Disponível em: <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/12/cursos-do-blog-termologia-optica-e-ondas_17.html>. Acesso em: 18 dezembro 2015.

GUEDES, A. G. Estudo de ondas estacionárias em uma corda com a utilização de um aplicativo gratuito para smartphones. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo - SP, v. 37, n. 2, Abril 2015. ISSN 1806-9126. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v37n2/0102-4744-rbef-37-02-2502.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 8ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2008.

HENRIQUE, J. Como Funciona o Ouvido Humano. **Youtube**, 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=hV_ZRq4f_0M>. Acesso em: 17 Março 2016.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

LACERDA, A. L.; SILVA, T. Possibilidades pedagógicas na perspectiva de uma educação online. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis - SC, v. 32, n.1, p. 157-179, Abril 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n1p157/29041>>. Acesso em: 15 Janeiro 2016.

LAGO, B. L. A guitarra como um instrumento para o ensino de física e ondulatória. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo -Sp, Março 2015. ISSN 1806-9126. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v37n1/0102-4744-rbef-37-01-1504.pdf>>. Acesso em: 07 Março 2016.

LEWIS, T. 5 Fascinating Facts About Fetal Ultrasounds. **Live Science**, 2013. Disponível em: <<http://www.livescience.com/32071-history-of-fetal-ultrasound.html>>. Acesso em: 17 dezembro 2015.

MARQUES, D. Difração de ondas. **Brasil Escola**. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/difracao-ondas.htm>>. Acesso em: 16 dez. 2015.

MATIAS, R.; FRATTEZI, A. **Física Geral para o Ensino Médio**. 2ª. ed. São Paulo: Harbra, v. Único, 2011.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 3ª. ed. São Paulo: EPU, 1999. 195 p.

NAUKA 21. Эхолокация скоро дойдет до смартфонов. **Nauka 21**. Disponível em: <<http://nauka21vek.ru/archives/50434>>. Acesso em: 15 janeiro 2016.

NEVES , U. M. D. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v. 25, Fevereiro 2013.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. 1ª. ed. São Paulo - SP: Edgard Blücher LTDA, v. 2, 1997.

PHET. Wave on a String. **phet**. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_p>. Acesso em: 2 março 2016.

PIXABAY. Pixabay. Disponível em: <<https://pixabay.com/en/wave-concentric-waves-circles-water-64170/>>. Acesso em: 12 out. 2015.

PROF2000. Tipos de ondas. **Prof2000**. Disponível em: <<http://www.prof2000.pt/users/mrsd/8ano/ondas.htm>>. Acesso em: 15 dezembro 2015.

REGO, T. C. **Vygotsky: Uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 1ª. ed. Petropolis, RJ: Vozes, 1995. 138 p.

RUI, R. Física na Audição Humana. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, 2007. ISSN 1807/2763. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/tapf/v18n1_Rui.pdf>. Acesso em: 8 Março 2016.

SANTANA, M. D. F.; CARLOS , J. Regularidades e dispersões no discurso da aprendizagem significativa em David Ausubel e Paulo Freire. **Aprendizagem significativa em revista**, João Pessoa, v. 3, p. 12-22, Dezembro 2013. ISSN 2.

SBFÍSICA. Doppler. **Pion.sbfísica**. Disponível em: <<http://www.pion.sbfisica.org.br/pdc/index.php/por/content/download/4523/27963/Doppler.swf>>. Acesso em: 17 março 2016.

SBFÍSICA. Doppler Wave Fronts. **Pion.sbfisica**. Disponível em: <<http://www.pion.sbfisica.org.br/pdc/index.php/por/content/download/1583/10750/DopplerWaveFronts.swf>>. Acesso em: 18 março 2016.

SBFÍSICA. Long Waves - Modelo computacional. **Pion.SbFísica**. Disponível em: <http://www.pion.sbfisica.org.br/pdc/index.php/por/content/download/1597/10832/long_wave.swf>. Acesso em: 10 dezembro 2015.

SBFÍSICA. Standing Waves. **Pion.SbFísica.** Disponível em: <<http://www.pion.sbfisica.org.br/pdc/index.php/por/content/download/4308/26842/standingwaves.swf>>. Acesso em: 8 julho 2015.

SEGEV, I. Inbal Segev performs Bach's Cello Suite No. 1 in G major: Prelude. **YouTube**, 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=jpFj-h1sKvs>>. Acesso em: 17 Março 2016.

SILVA, C. D. et al. Produção de conhecimento sobre ensino de Física: Tendências, Lacunas, Novas questões. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis - SC, v. 29, p. 708 - 728, Outubro 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29nesp2p708/23062>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

SILVA, R. S. D. **Moodle para autores e tutores**. 3^a. ed. São Paulo: Novatec, 2013.

SÓ BIOLOGIA. **Só Biologia.** Disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/Ondas2.php>. Acesso em: 17 dez. 2012.

SÓ FÍSICA. Tubos fechados. **Só Física.** Disponível em: <<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/tubos2.php>>. Acesso em: 8 abril 2015.

SÓ FÍSICA. Tubos Sonoro. **Só Física.** Disponível em: <<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/tubos.php>>. Acesso em: 12 Abril 2015.

SOUZA, C. M. S. G. D.; MOREIRA, M. A. Pseudo-Organizadores prévios como elementos facilitadores da aprendizagem em Física. **Revista Brasileira de Física**, Porto Alegre, RS, v. 11 n° 1, p. 303-315, 1981.

SOUZA, P. A. L. et al. Estudo sobre a ação mediada no Ensino de Física em Ambiente Virtual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Goiania - GO, v. 29 Especial 1, p. 420 - 447, Setembro 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29nesp1p420/22929>>. Acesso em: 28 nov. 2015.

TAROGRAME. Polarisation de lumière. **Tarogramme**, 2014. Disponível em: <<https://tarogramme.wordpress.com/2014/03/30/polarisation-de-lumiere/>>. Acesso em: 17 dez. 2015.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 4ª Edição Brasileira. ed. São Paulo - SP: Livraria Martins Fontes Editora Ltda, 1991. 90 p. Disponível em: <<http://www.egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/vygotsky-a-formac3a7c3a3o-social-da-mente.pdf>>. Acesso em: 12 Julho 2015.

WIKIPÉDIA. Ficheiro:Ear-anatomy-text-portuguese.PNG. **Wikipédia**. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ear-anatomy-text-portuguese.PNG>>. Acesso em: 12 outubro 2015.

WIKIPÉDIA. Partes de una guitarra. **Wikipédia**. Disponível em: <https://es.wikiversity.org/wiki/Partes_de_una_guitarra>. Acesso em: 17 dezembro 2015.

WOOD, D. What is Doppler Radar? **Study.com**. Disponível em: <<http://study.com/academy/lesson/what-is-doppler-radar-definition-uses.html>>. Acesso em: 17 dezembro 2015.

8 PRODUTO EDUCACIONAL

8.1 Questões do Pré-Teste

1. O que é, para você, uma onda?
2. Cite alguma situação do cotidiano onde se perceba a presença de uma onda no sentido físico da palavra.
3. Cite uma diferença entre uma onda eletromagnética e uma onda mecânica.
4. Descreva de forma sucinta o que você entende por período de uma onda.
5. Descreva de forma simplificada o que você entende por frequência de uma onda.
6. O que é velocidade? E como este conceito está ligado à ideia de posição.
7. Como podemos descrever a posição de um objeto?
8. É possível ouvir o som de uma explosão em um ambiente onde não há matéria (ar, água ou qualquer outro material)?
9. Descreva de uma forma simplificada o fenômeno do eco. Ele ocorre em qualquer ambiente ou existe alguma condição para que ele aconteça?
10. Que características permitem identificar os sons de dois instrumentos musicais distintos ou a voz de duas pessoas conhecidas?
11. O som da voz de uma pessoa desloca-se em linha reta numa única direção, ou se propaga em todas as direções? Explique.
12. Quando ocorre uma tempestade de raios, o que percebemos primeiro, a luz do relâmpago ou o som do trovão? O que isso tem a ver com a velocidade?
13. Um professor planeja uma aula e precisa decidir qual o melhor lugar para a realização da mesma. Onde é mais fácil para o professor se fazer escutar, em uma sala fechada ou em um ambiente aberto?
14. Às vezes, nas telecomunicações, ocorre o que chamamos de interferência. Esse fenômeno ocorre quando o sinal de uma fonte atrapalha o sinal de outra fonte. Esse fenômeno ocorre apenas com ondas eletromagnéticas ou também se aplica ao som?
15. Sabemos que a reflexão ocorre quando a luz incide sobre certa superfície e retorna para o meio de origem. Isso também ocorre com o som?
16. Você conhece o processo por meio do qual o corpo humano consegue produzir som ao falar? Explique.
17. Existe alguma relação entre o tamanho de um instrumento musical e a faixa de frequência produzida por ele em comparação a um instrumento semelhante? Pense no exemplo do violino e do violoncelo para guiar sua resposta.

8.2 Questões do Pós-Teste

- 01- Descreva com suas palavras o que é uma onda e cite exemplos.
- 02- Descreva com suas palavras a diferença entre uma onda eletromagnética e uma onda mecânica.
- 03- Descreva de forma sucinta o que você entende por período de uma onda.
- 04- Descreva de forma simplificada o que você entende por frequência de uma onda.
- 05- Como podemos descrever a posição de um objeto? Como o conceito de posição está associado ao conceito de velocidade?
- 06- É possível ouvir o som de uma explosão em um ambiente onde não há matéria (ar, água ou qualquer outro material)?
- 07- Descreva de uma forma simplificada o fenômeno do eco. Ele ocorre em qualquer ambiente ou existe alguma condição para que ele aconteça?
- 08- Que características permitem identificar os sons de dois instrumentos musicais distintos ou a voz de duas pessoas conhecidas?
- 09- O som da voz de uma pessoa desloca-se em linha reta numa única direção, ou se propaga em todas as direções? Explique.
- 10- Quando ocorre uma tempestade de raios, o que percebemos primeiro, a luz do relâmpago ou o som do trovão? O que isso tem a ver com a velocidade?
- 11- Um professor planeja uma aula e precisa decidir qual o melhor lugar para a realização da mesma. Onde é mais fácil para o professor se fazer escutar, em uma sala fechada ou em um ambiente aberto? Explique a diferença.
- 12- Às vezes, nas telecomunicações, ocorre o que chamamos de interferência. Esse fenômeno ocorre quando o sinal de uma fonte atrapalha o sinal de outra fonte. Esse fenômeno ocorre apenas com ondas eletromagnéticas ou também se aplica ao som?
- 13- Sabemos que a reflexão ocorre quando a luz incide sobre certa superfície e retorna para o meio de origem. Isso também ocorre com o som?
- 14- Você conhece o processo por meio do qual o corpo humano consegue produzir som ao falar? Explique.
- 15- Existe alguma relação entre o tamanho de um instrumento musical e a faixa de frequência produzida por ele em comparação a um instrumento semelhante? Explique sua resposta pensando no exemplo do violino e do violoncelo.

8.3 Lições de Acústica

Módulo 01- Ondulatória

Ondas

Definições

Perturbação: é qualquer alteração ocorrida em uma das variáveis que compõe o sistema em análise, ou seja, qualquer abalo ocorrido no meio. Deste modo, podemos citar como exemplo de perturbação um recipiente contendo areia no qual deixa-se cair uma pedra. Quando a pedra toca a superfície da areia, ela provoca uma perturbação, pois a forma da superfície se altera com o impacto.

Pulso: consiste numa perturbação com duração definida que se propaga num meio material ou imaterial. O que significa que a alteração não se restringe ao local onde ela ocorreu, ela viaja através do tempo e do espaço. Seguindo o raciocínio já empregado anteriormente, temos como exemplo de pulso, um recipiente cheio de água no qual deixamos cair uma pedra, o impacto na superfície altera o formato desta superfície, porém esta alteração não se restringe ao local atingido, ela se propaga para além desta distância.

Oscilação: Uma oscilação é um movimento de vai e vem que se repete diversas vezes ao longo do tempo, é o que ocorre por exemplo com a corda de um violão quando perturbada de modo que cada ponto esteja oscilando.

Onda: é uma propagação de energia de um ponto a outro do espaço sem que haja transporte de matéria, ou simplesmente uma oscilação que se propaga no espaço e no tempo.

Onda periódica: é constituída por um conjunto de pulsos que são emitidos em intervalos regulares gerando oscilações ao longo do tempo.

Questão

De acordo com as definições estudadas acerca do que é uma onda. Escolha a alternativa que melhor descreve uma onda periódica.

A - Uma onda consiste num conjunto de oscilações que se propaga no espaço sem que haja transporte de matéria ou de energia.

B - Uma onda periódica consiste num conjunto de perturbações emitidas em intervalos de tempo regulares e que transportam energia através do espaço sem que haja arrasto de matéria.

C - Ondas periódicas são aquelas que possuem uma frequência variável e se propagam no espaço transportando energia.

D - Uma onda periódica consiste num conjunto de oscilações que se propagam num meio transportando matéria e energia através do espaço e do tempo.

Período e Frequência

Período é o tempo gasto para que uma oscilação seja completada, ou seja, tempo gasto para que o sistema oscilante volte ao estado inicial; por ser o tempo que o processo oscilatório leva para acontecer, o período é medido em unidades de tempo, frequentemente em segundos.

Já a Frequência corresponde ao número de oscilações completadas em uma unidade de tempo.

Como exemplos fora do contexto da ondulatória podemos citar o fato de que as aulas regulares do Ensino Médio ocorrem com frequência de 5 dias letivos por semana, ou com a frequência de 6 aulas por dia, sendo o período de duração de uma aula igual a 45 min aproximadamente.

A unidade de Frequência no SI (Sistema Internacional de Unidades) é o Hertz (Hz), nome dado em homenagem a Heinrich Hertz, que demonstrou a existência das ondas de rádio. 1 hertz equivale a uma oscilação por segundo. Outra unidade muito usada para frequência é o rpm (rotações por minuto), dessa forma, como 1 minuto possui 60 s, temos que 1 hertz equivale a 60 rpm.

Como se pode observar pelas definições acima, período e frequência são grandezas inversas, ou seja, a frequência é o inverso matemático do período, da mesma forma que o período é o inverso matemático da frequência.

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{ou} \quad T = \frac{1}{f}$$

Onde

f é a frequência; e

T é o período

Figura 10: Equações de Frequência e Período de uma onda

Assim, também há equivalência inversa entre suas unidades de medida.

$$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$$

Questão

Uma corda esticada recebe 30 pulsos a cada minuto em uma de suas extremidades.

Sabendo disso, podemos afirmar que:

A frequência da onda será de 2 Hz e o período será de 30 s.

A onda gerada na corda possui frequência de 0,5 s e período de 2 Hz.

A onda gerada na corda possui 0,5 Hz de frequência e 2 s de período

A onda gerada na corda possui 2 Hz de frequência e 0,5 s de período

Questão

Sabendo que 1 Hz (uma oscilação por segundo) equivale a 60 rpm (sessenta rotações por minuto). Em qual dos casos abaixo a conversão de unidades de frequência está correta?

20 Hz equivale a 120 rpm

900 rpm equivale a 20 Hz.

20 rpm são 0,5 Hz.

720 rpm equivalem 12 Hz.

Onda numa corda

Nesta sessão será desenvolvida uma atividade experimental simulada e é recomendado que você tenha em mãos um caderno para a realização de anotações sobre os resultados do experimento.

Nesta simulação temos uma corda esticada que pode ter sua extremidade fixa, solta ou infinita (painel na parte superior direita). Ao iniciar a simulação as oscilações poderão ser emitidas manualmente com o uso do mouse ou do toque na tela, conforme o dispositivo utilizado.

Abaixo da simulação seguem algumas atividades propostas, utilizando o simulador, que deve permanecer aberto em outra aba. Anote todos os resultados que julgar importantes.

Para visualizar o simulador, clique no link abaixo.

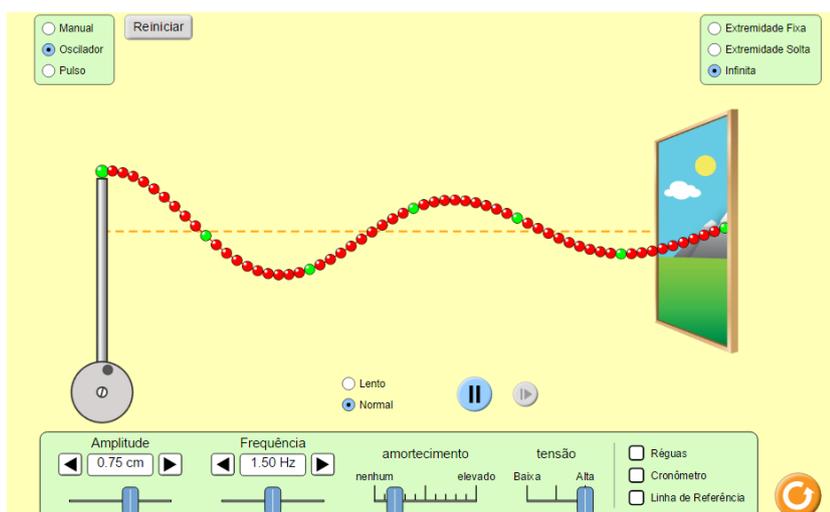


Figura 11: Onda em uma corda (Wave On a String - (PHET))

1) No modo Manual, emita pulsos consecutivos e observe o comportamento da corda em três casos: com a corda presa, com a corda solta e com a corda infinita. Quais as diferenças observadas entre os três casos?

2) Passe para o modo oscilador (canto superior esquerdo da tela). Altere a amplitude e a frequência da onda no painel inferior e observe como a corda se comporta conforme estas variáveis se alteram. Anote os resultados.

3) Ainda no modo oscilador, observe e anote o que acontece com o comprimento de onda quando alteramos a tensão da corda, que consiste na força responsável por esticar a corda.

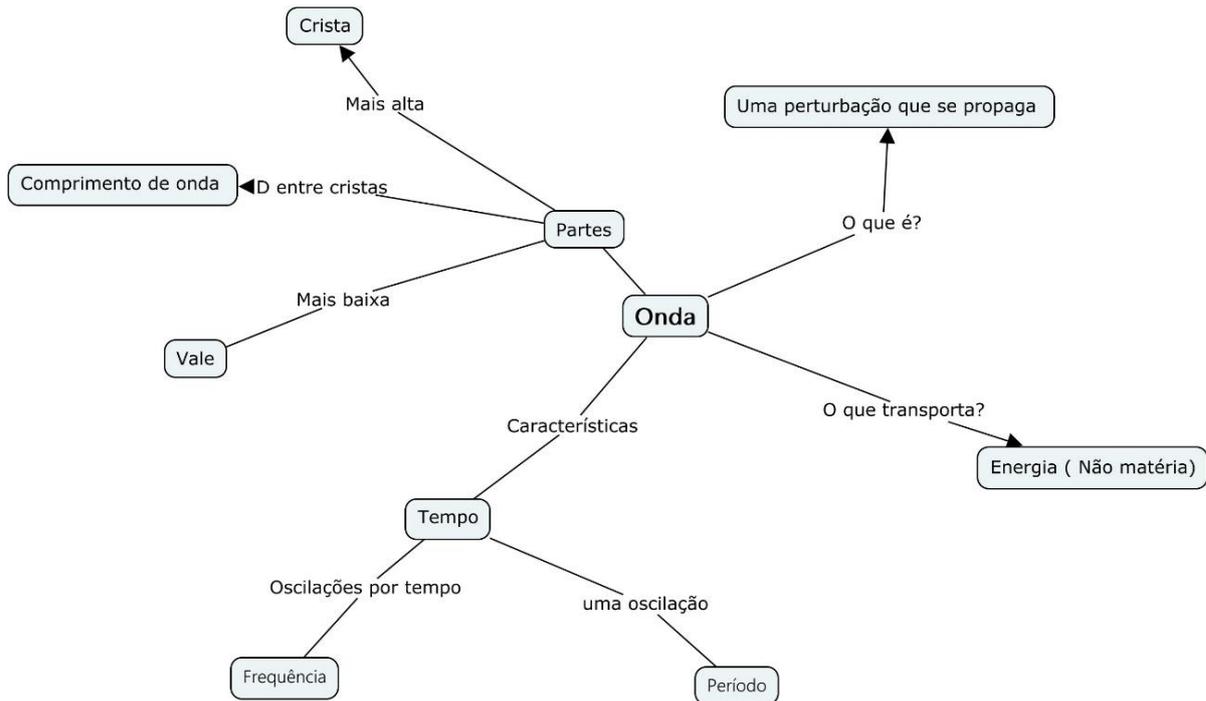


Figura 12: Mapa conceitual - Introdução à ondulatória

Classificação das ondas

A Natureza das ondas

ONDA MECÂNICA: é aquela que apenas se propaga em meios materiais, ou seja, na presença de matéria, como ar, água ou rochas. Como exemplos temos ondas em cordas, o som, os terremotos além de outros.

As ondas mecânicas são formadas quando uma partícula sofre uma perturbação em um meio com características elásticas que permitam a propagação da energia.

ONDA ELETROMAGNÉTICA: consiste numa oscilação dos campos elétrico e magnético e, portanto, não depende da presença de matéria para se propagar. Como exemplo podemos citar a luz as ondas de rádio, o raio x entre outros.

As ondas eletromagnéticas se formam quando uma carga elétrica é acelerada, de modo que esta oscilação crie uma oscilação de campo magnético e uma oscilação de campo elétrico.

Oscilação

A Oscilação: neste critério de classificação são avaliadas as direções de oscilação e de propagação.

ONDAS TRANSVERSAIS: oscilam numa direção perpendicular (que forma um ângulo de 90°) à propagação da onda, o que significa que as partículas oscilam numa direção e a onda se propaga em outra direção.

Na figura abaixo, temos uma onda transversal em uma mola, notem que os trechos da mola se deslocam para cima e para baixo enquanto energia da oscilação se propaga para a frente.

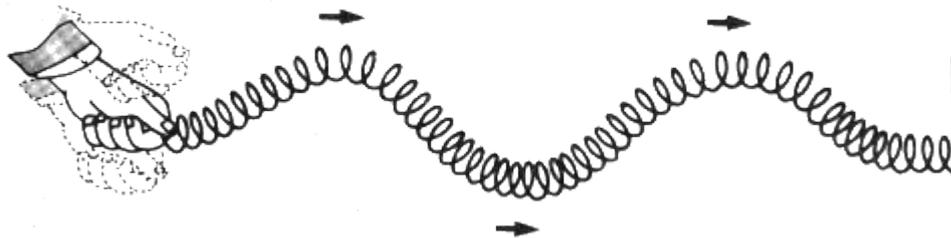


Figura 13: Onda transversal em uma mola (PROF2000)

ONDAS LONGITUDINAIS: as oscilações ocorrem na mesma direção em que a onda se propaga, ou seja, o movimento de vai e vem das partículas está sempre alinhado à direção de oscilação.

Na figura abaixo temos uma oscilação longitudinal em uma mola, notem que os movimentos dos trechos da mola devem ocorrer na mesma direção em que a onda se propaga, porém, hora no mesmo sentido, hora no sentido oposto.

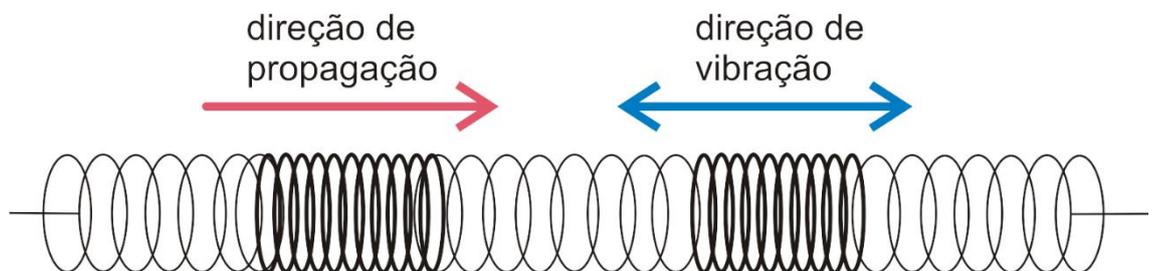


Figura 14: Onda longitudinal em uma mola (FERRARO)

Abaixo há um simulador de ondas.

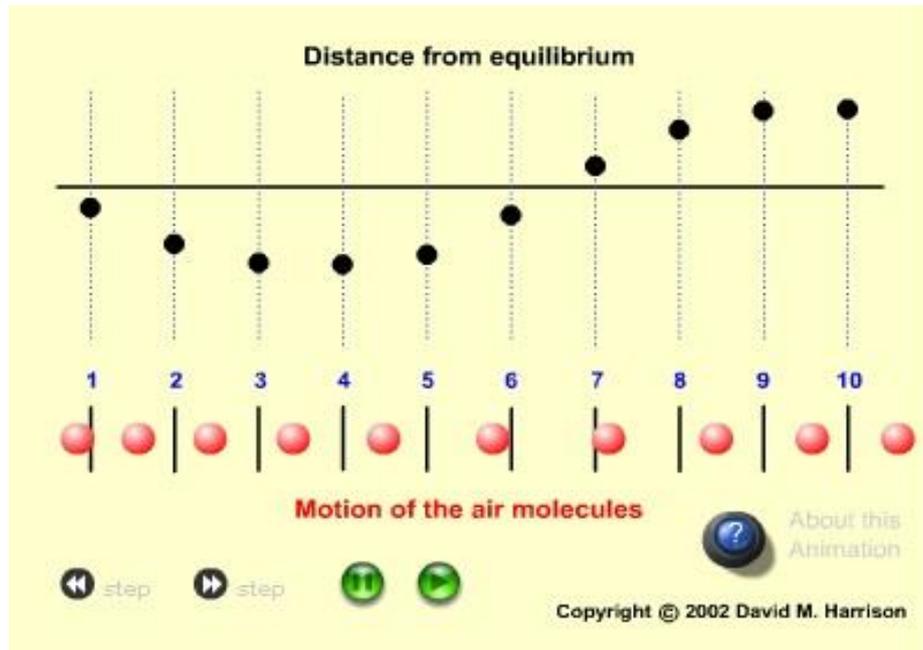


Figura 15: Simulador de ondas: Long Wave (SBFÍSICA)

Existem ainda as oscilações mistas, nas quais ocorrem vibrações transversais e longitudinais ao mesmo tempo. Temos como exemplo as ondas na superfície da água.

Propagação

Propagação: refere-se ao número de dimensões em que a onda se propaga.

ONDAS UNIDIMENSIONAIS: propagam-se em apenas uma dimensão, o que significa que os pulsos se movem apenas em uma direção.

Ex: ondas em cordas.



Figura 16: Onda numa corda

ONDAS BIDIMENSIONAIS: propagam-se em duas dimensões, o que significa que os pulsos têm a sua propagação restrita a um único plano. Esse tipo de onda possui frentes de onda circulares.

Ex: ondas na superfície da água.



Figura 17: Ondas na superfície da água (PIXABAY)

ONDAS TRIDIMENSIONAIS: propagam-se em três dimensões. Esse tipo de onda possui frentes de onda esféricas.

Ex: ondas sonoras.



Figura 18: Ondas sonoras (CAVALCANTE)

Questão - Em relação às ondas sonoras, podemos classificá-las corretamente como.

- a) Ondas eletromagnéticas, transversais e unidimensionais.
- b) Ondas mecânicas, transversais e bidimensionais.
- c) Ondas eletromagnéticas, transversais e longitudinais.
- d) Ondas mecânicas, longitudinais e tridimensionais.

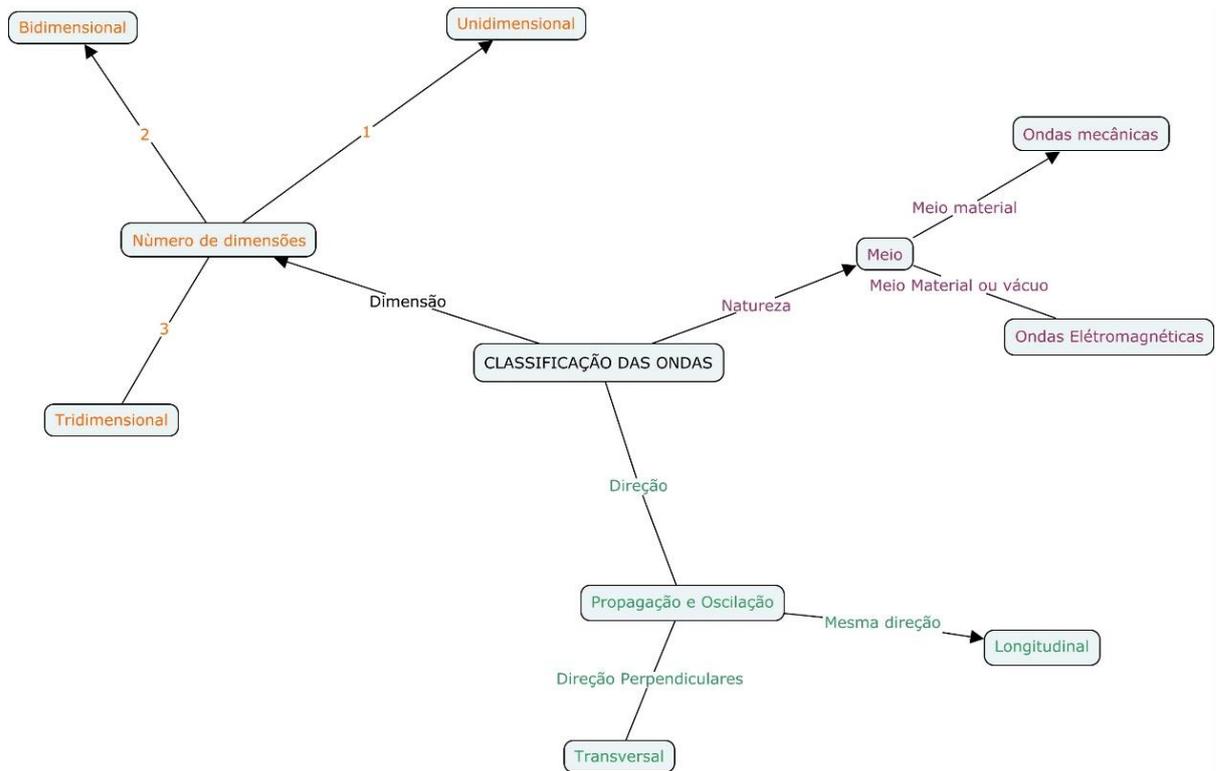


Figura 19: Mapa conceitual - Classificação das ondas

Características da onda

Amplitude da Oscilação

A amplitude de uma oscilação é determinada pela maior distância entre um ponto oscilante e sua posição de repouso. Quanto maior for a amplitude de uma onda, maior será a quantidade de energia por ela transportada.

Na figura abaixo é possível observar a amplitude de uma onda transversal aplicada a uma corda.

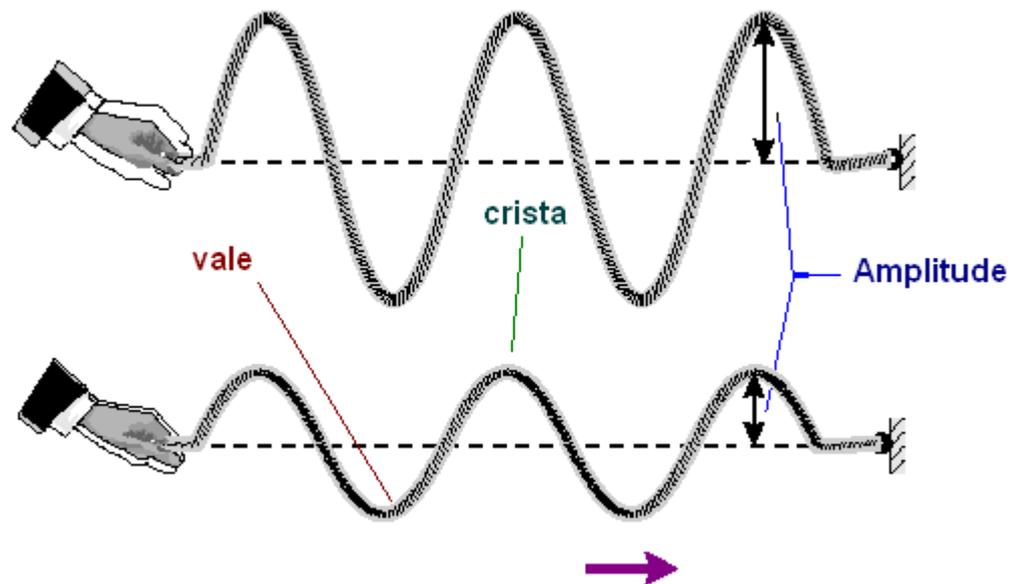


Figura 20: Amplitude de uma onda (SÓ BIOLOGIA)

Para este tipo de oscilação, nomeamos crista o ponto mais alto da oscilação, da mesma forma que o vale é o ponto mais baixo da mesma. Assim, a amplitude pode ser entendida como a distância do centro da oscilação à crista ou ao vale.

O vídeo abaixo mostra o comportamento da amplitude de uma onda longitudinal.

Vídeo: Amplitude de uma onda longitudinal (DIOGO)

Comprimento de Onda

Para entender bem o conceito de comprimento de onda, é necessário compreender o conceito de fase de uma onda. Fase é a posição de um dado ponto na oscilação, ou seja, dois pontos que estão em mesma fase são pontos que em qualquer momento analisado estarão oscilando juntos, de modo que quando um ponto estiver no vale da onda, outro ponto em mesma fase também estará.

Em contrapartida, dois pontos em oposição de fase estão sempre em posições opostas dentro da oscilação, o que significa que quando um deles estiver na crista, o outro estará no vale. A distância entre pontos consecutivos em oposição de fase é metade do comprimento de onda.

Comprimento de onda é a distância entre dois pontos consecutivos em mesma fase. Pode ser encontrado facilmente como a distância entre duas cristas ou entre dois vales. Na imagem abaixo é possível observar três formas de visualizar o comprimento de onda de uma onda longitudinal.

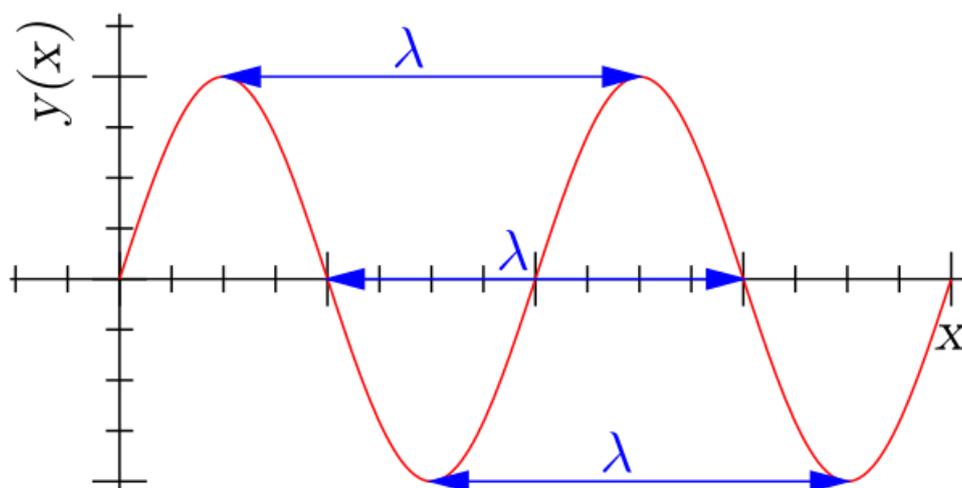


Figura 21: Comprimento de onda

Velocidade de propagação

A velocidade com que uma onda se propaga em um dado meio depende apenas das características do meio no qual ela está inserida, de modo que a velocidade sofrerá mudança sempre que houver uma mudança no meio.

Embora a velocidade de propagação não esteja atrelada à frequência ou ao comprimento de onda, podemos utilizar estes elementos para determinar a velocidade, já que estas grandezas variam junto com a velocidade. De modo que:

$$v = \lambda \cdot f$$

Onde:

v é a velocidade de propagação;

λ é o comprimento de onda; e

f é a frequência da onda.

Figura 22: Equação. Velocidade da onda

Questão - Uma corda é colocada para oscilar com uma frequência de 60 Hz, de modo que a amplitude desta oscilação é de 25 cm e o comprimento de onda mede 50 cm. A velocidade de propagação da onda é:

- a) 30 m/s
- b) 10 m/s
- c) 40 cm
- d) 20 m/s

Questionário final de ondulatória

Questão 1 - Sabendo que a velocidade do som no ar é de aproximadamente 340 m/s, determine o comprimento de onda associado à frequência de 20 Hz, que é a menor frequência que o sistema auditivo humano é capaz de perceber.

Questão 2 - O Tsunami é comumente conhecido como onda gigante, e ocorre quando uma grande quantidade de água se desloca pela superfície do oceano, podendo inclusive atingir as cidades costeiras causando grande destruição. Em virtude destas características, é possível concluir que um tsunami é uma onda segundo a definição física da palavra.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 3 - Quando alguns corpos são aquecidos acima de determinada temperatura, eles passam a emitir um brilho, que começa avermelhado e se altera com a temperatura. Este brilho se deve à radiação térmica dos corpos, que pode ser visível ou não visível. A radiação térmica é uma onda eletromagnética, e para corpos em temperatura ambiente ela não é visível, estando na faixa do espectro infravermelho.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 4 - Uma corda é colocada para vibrar de modo que a distância entre duas cristas consecutivas seja igual a 20 cm e a distância entre uma crista e o centro da oscilação é 10 cm. Com essas informações podemos concluir que:

Escolha uma opção:

- a) O comprimento de onda é 20 cm e a amplitude é 10 cm.
- b) A amplitude é de 40 cm e o comprimento de onda é 20 cm.
- c) Tanto a amplitude como o comprimento de onda valem 20 cm.
- d) A amplitude desta onda é de 20 cm e seu comprimento de onda é igual a 10 cm.

Questão 5 - Um terremoto ocorre quando há uma perturbação abaixo da superfície da Terra, de modo que uma grande quantidade de energia viaja através das rochas chegando à superfície, onde causam oscilações.

Acerca dos terremotos, é correto afirmar que;

Escolha uma opção:

- a) O terremoto não é uma onda, pois não é capaz de transportar energia através do espaço.
- b) O terremoto não é uma onda, já que transporta apenas energia através do espaço.
- c) O Terremoto é uma onda eletromagnética, já que não precisa de matéria para se propagar
- d) O terremoto é uma onda mecânica, pois se propaga apenas em meio material.

Questão 6 - Como sabemos, a velocidade de propagação de uma onda pode ser calculada como o produto entre o comprimento de onda e a frequência. Podemos concluir então que se a frequência de uma onda sonora for alterada, sem que o meio seja alterado, sua velocidade de propagação também irá se alterar.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 7 - Escolha dentre as opções abaixo àquela que não preenche os requisitos para ser classificada como onda mecânica.

Escolha uma opção:

- a) Radiação gama.
- b) Ondas na superfície da água.
- c) Som.
- d) Ondas em cordas.

Questão 8

As ondas de rádio consistem em ondas eletromagnéticas através das quais é possível associar um sinal de telecomunicação. Todas as ondas eletromagnéticas se propagam a aproximadamente 300000000 m/s. com essa informação calcule o comprimento de onda correspondente à frequência da rádio CBN, que em Brasília, transmite em 95,3 MHz. (1 MHz = 1000000 Hz)

Escolha uma opção:

- a) O comprimento de onda é de exatamente 14 m.
- b) O comprimento de onda é de aproximadamente 30 cm.
- c) O comprimento de onda é de aproximadamente 3,15 m.
- d) Com estas informações não é possível descobrir o comprimento de onda.

Questão 9 - Quando um objeto cai na superfície da água, gera uma onda mecânica e bidimensional, em que as partículas executam uma oscilação mista, ou seja, parte transversal e parte longitudinal.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Módulo 02 - Fenômenos ondulatórios

Reflexão

O fenômeno da reflexão ocorre quando uma onda incide sobre a superfície de separação entre dois meios distintos e volta ao meio de origem. Isso ocorre nos espelhos, assim como em todos os objetos que são visíveis sem que sejam fontes primárias de luz.

Existem dois tipos de fontes de luz: as fontes primárias e as fontes secundárias. As fontes primárias de luz são aquelas que possuem luz própria, ou seja, não dependem de nenhum outro objeto para brilhar. Alguns exemplos presentes no cotidiano que qualquer pessoa são o Sol, as demais estrelas, e as lâmpadas usadas em residências e edifícios. Já as fontes secundárias não apresentam luz própria, de modo que só são visíveis porque refletem a luz que chega até elas. As fontes secundárias só são visíveis na presença de uma fonte primária.

A reflexão que ocorre nos espelhos, são capazes de refletir a luz de forma regular, ou seja, os raios de luz que chegam ao espelho juntos são refletidos juntos.

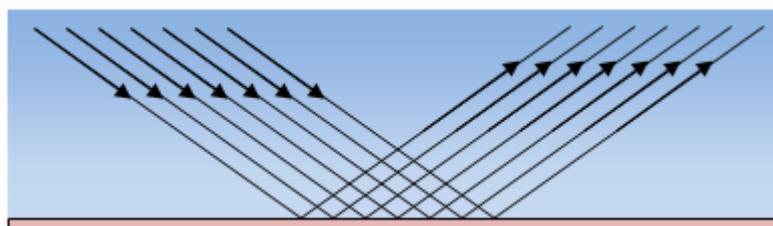


Figura 23: Reflexão regular em uma superfície polida

A reflexão difusa ocorre quando os raios de luz não são refletidos de forma igualitárias, cada raio toma uma direção independente dos demais. Esse tipo de reflexão ocorre com a maioria dos materiais e faz com que os objetos sejam visíveis, porém que não seja possível ver a imagem refletida em sua superfície.

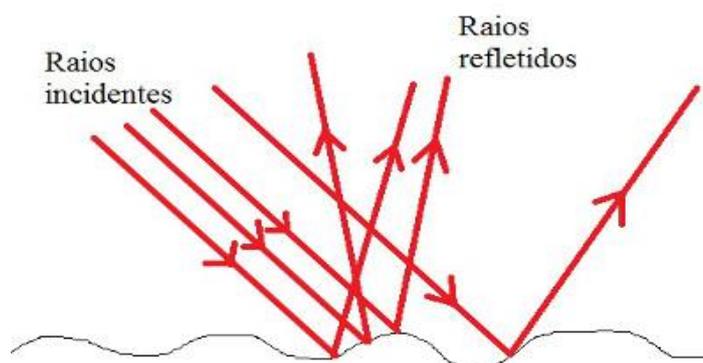


Figura 24: Reflexão difusa

Refração

No fenômeno da refração a velocidade de propagação de uma onda se altera quando a onda passa de um meio para outro. Vale lembrar que com a mudança do meio ocorre uma mudança no comprimento de onda, porém, sem alterar a frequência, já que a frequência de propagação de uma onda depende apenas da fonte.

Outro fato relevante é que a velocidade de propagação de uma onda sonora depende apenas do meio onde ela está inserida, de modo que em um meio como o ar, por exemplo, todas as ondas sonoras terão a mesma velocidade.

Com a alteração na velocidade de propagação e no comprimento de onda, pode haver uma mudança na direção de propagação, caso a incidência da onda com a superfície se dê de forma oblíqua. É fácil observar a ocorrência da refração da luz quando ela passa da água para o ar.

Na imagem abaixo é possível visualizar o desvio na trajetória da luz através das características da imagem, em que o urso parece não ter a cabeça conectada ao corpo.



Figura 25: Refração da luz na água

Difração

O fenômeno da difração ocorre quando uma onda contorna um obstáculo cujas dimensões são da mesma ordem de grandeza de seu comprimento de onda. Percebemos um exemplo de difração quando duas pessoas conversam estando uma delas em cada lado de um muro, e ainda assim conseguem se ouvir mutuamente, ou quando uma pequena abertura num ambiente sem qualquer fonte de luz é capaz de iluminar boa parte do lugar, ou quando passa por uma pequena abertura e se espalha como se a onda tivesse começado naquele ponto.

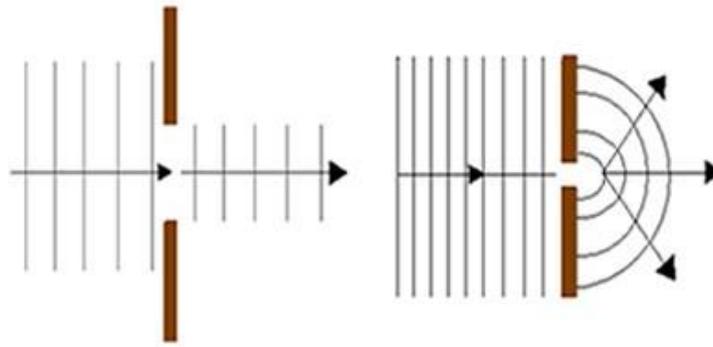


Figura 26: Difração (MARQUES)

Interferência

Acontece quando duas ondas ocupam o mesmo lugar no espaço. A interferência pode ser construtiva, quando os pulsos se somam; ou destrutiva, quando os pulsos se subtraem. Quando duas ondas de mesma amplitude interferem destrutivamente, ocorre o que chamamos de interferência destrutiva total.

Ondas estacionárias: em algumas situações a interferência entre ondas gera, devido à reflexão, pontos em que a interferência que ocorre é sempre destrutiva, estes pontos são chamados de nós, enquanto os pontos em que a interferência é construtiva são chamados de ventres.

Vídeo: Corda vibrante e Onda estacionária (CASTILLODELASCS, 2011)

Abaixo temos um simulador onde é possível observar a superposição de duas ondas senoidais formando uma onda estacionária por meio da interferência.

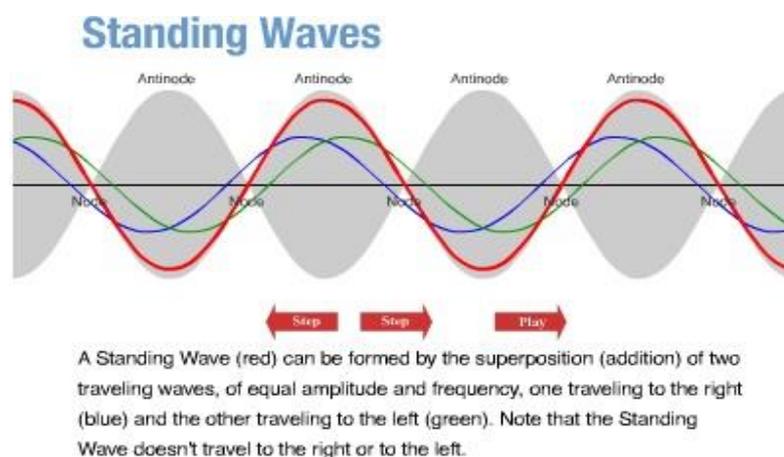


Figura 27: Simulador: Standing waves (SBFÍSICA)

Polarização

Este fenômeno ocorre apenas com ondas transversais e consiste na limitação da direção de oscilação de uma onda. Assim, uma onda que oscila em todas as direções pode ter sua oscilação limitada a uma direção por um polarizador.

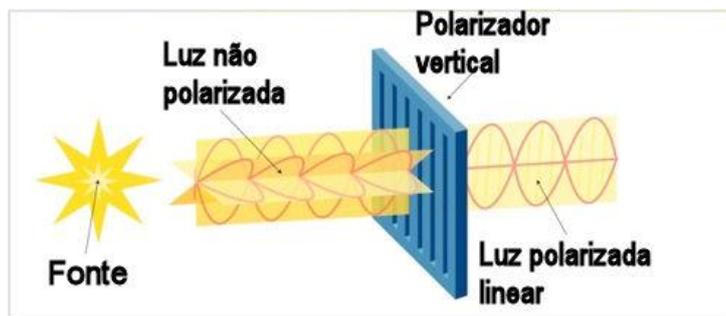


Figura 28: Polarização vertical da luz (TAROGRAME, 2014)

A polarização da luz é utilizada em óculos de sol para limitar a quantidade de luz que chega aos olhos. Outra aplicação ocorre no cinema 3D, onde a tela produz duas imagens, uma polarizada horizontalmente e outra polarizada verticalmente, sendo cada lente um polarizador que só permite a visualização de uma das imagens. Desta forma, quando cada olho vê uma imagem, o cérebro interpreta que a imagem na tela possui profundidade.

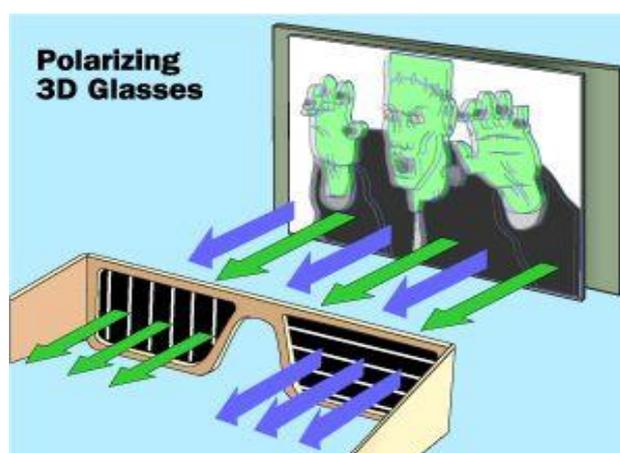


Figura 29: Óculos 3D (CENTRO DE EXCELENCIA EM OFTALMOLOGIA)

Questionário final de Fenômenos Ondulatórios

Questão 01 - Os fenômenos da reflexão e da refração têm em comum o fato de pressupor a existência de dois meios distintos, sendo que na reflexão a onda transita entre os meios e na refração a onda incide e retorna ao meio de origem.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 02 - Qual dos eventos abaixo não é consequência da reflexão de uma onda?

Escolha uma opção:

- a) Ao olhar diretamente para um espelho plano, uma pessoa pode ver a sua imagem no espelho.
- b) Em alguns ambientes, após ouvir um som emitido, é possível escutar este se repetindo uma ou mais vezes.
- c) É possível ouvir a voz de uma pessoa do outro lado de uma parede pois as ondas sonoras podem contornar alguns obstáculos.
- d) Quando uma corda é colocada para vibrar, os pulsos passam por ela de uma extremidade à outras repetidas vezes.

Questão 3 - A interferência entre ondas eletromagnéticas pode causar problemas nas telecomunicações, já que um sinal pode sofrer interferência de inúmeros outros.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 4 - Qual das opções abaixo não descreve um fenômeno que pode ocorrer quando uma onda incide sobre a superfície de separação entre dois meios.

Escolha uma opção:

- a) Uma onda que passa de um meio para o outro poderá sofrer uma mudança em sua velocidade de propagação e como consequência uma mudança em sua frequência.
- b) Ao incidir sobre a superfície de separação entre dois meios, a onda pode retornar ao meio de origem, o que caracteriza a reflexão.
- c) Ao passar de um meio para o outro, a onda poderá sofrer reflexão e refração ao mesmo tempo.
- d) Uma onda que passa de um meio para o outro poderá sofrer uma mudança em sua velocidade de propagação e como consequência uma mudança em seu comprimento de onda.

Questão 5 - O fenômeno da difração acontece porque cada ponto da onda carrega a informação da vibração, sendo capaz de dar início a uma nova onda completa.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 6 - O fenômeno da polarização permite que um ambiente fechado e desprovido de fontes luminosas seja parcialmente iluminado caso haja uma pequena abertura na parede.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 7 - A reflexão da luz só ocorre em superfícies perfeitamente lisas.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 8 - Qual dos fenômenos ondulatórios listados abaixo é responsável por permitir que o ser humano seja capaz de ver objetos que não produzem luz.

Escolha uma opção:

- a) Difração
- b) Refração
- c) Reflexão
- d) Interferência
- e) Polarização

Questão 9 - A respeito do fenômeno da refração, é correto afirmar que:

Escolha uma opção:

- a) Acontece quando uma onda passa de um meio para o outro, tendo sua frequência alterada.
- b) Ocorre quando uma onda altera sua frequência.
- c) Sempre irá ocasionar desvio na trajetória da onda.
- d) Ocorre quando uma onda passa de um meio para o outro, alterando sua velocidade de propagação.

Questão 10 - A polarização limita a direção de oscilação em uma onda e, portanto, só pode acontecer em ondas transversais.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Módulo 03 - Bioacústica

Audição Humana

Ouvido humano

O ouvido humano é um órgão capaz de converter os estímulos de uma onda sonora provenientes do meio em estímulos nervosos. O ouvido é formado pelo ouvido externo, o ouvido médio e o ouvido interno.

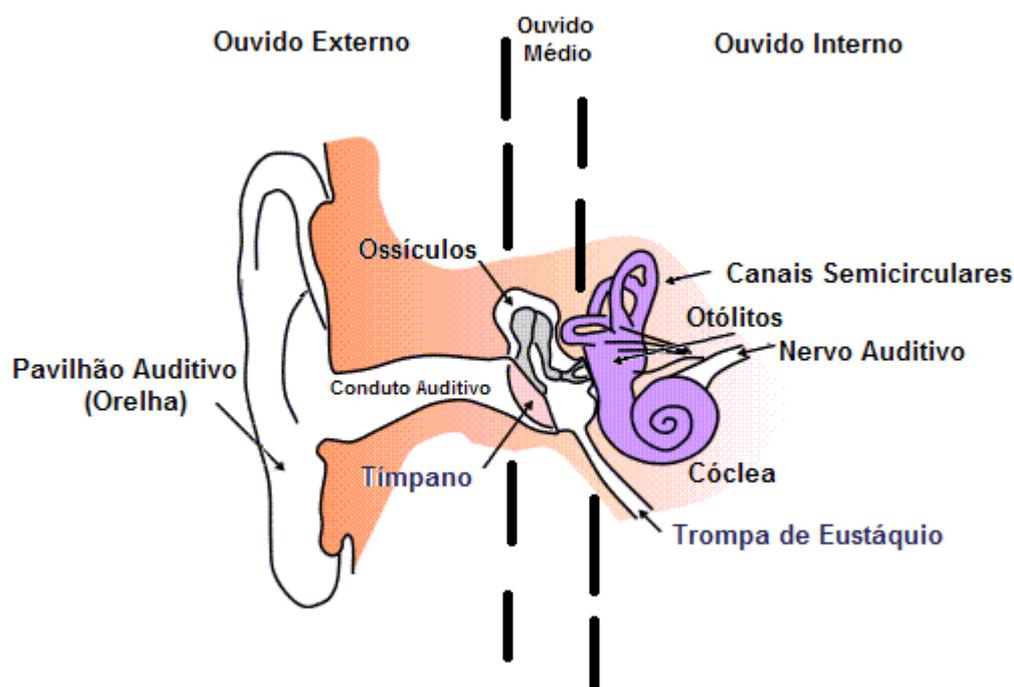


Figura 30: Ouvido Humano (WIKIPÉDIA)

O ouvido externo possui a função de coletar os sons advindos do ambiente e encaminhá-los até o ouvido médio, o canal auditivo tem cerca de 7 mm de diâmetro e 25 mm de profundidade, terminando na membrana timpânica. As características do canal auditivo permitem uma ampliação considerável para sinais de 2.000 Hz até 6.000 Hz. Outra função do ouvido externo é proteger a membrana timpânica e manter a umidade necessária à manutenção das suas características elásticas.

O ouvido médio inicia-se com a membrana timpânica e é preenchido por ar, além de conter um sistema de três pequenos ossos em contato direto com o tímpano, que são o martelo, em contato com o tímpano, a bigorna e o estribo, este último em contato com a cóclea. Desse

modo, as vibrações chegam à membrana timpânica fazendo-a se mover, esse movimento é transmitido ao conjunto de ossos, passando pelo martelo, pela bigorna e chegando ao estribo, que tem a função de transmitir a energia do movimento à cóclea, no ouvido interno.

O ouvido interno converte os estímulos mecânicos em um sinal elétrico que será levado ao córtex auditivo. A cóclea constitui o labirinto anterior, e é constituído por três tubos paralelos que estão dispostos de forma espiral. O órgão de Corti tem a função de transformar o sinal que chega até ele em sinais elétricos que podem ser interpretados pelo sistema nervoso central.

Recepção e transmissão pelo ouvido

Inicialmente o estímulo sonoro chega à membrana timpânica através do canal auditivo, fazendo-a vibrar, de modo que com isso, o sistema de ossículos também vibre amplificando o estímulo e transmitindo-o para a cóclea, passando pela janela oval.

Na próxima etapa o estímulo segue para a membrana basilar, que levará o estímulo ao órgão de Corti, onde a energia da onda sonora será transformada em impulsos nervosos e transmitido ao nervo auditivo.

Vídeo: Como funciona o ouvido humano: Animação (HENRIQUE, 2013)

Características da audição humana

O ouvido humano é capaz de perceber sons no intervalo de frequência entre 20 Hz e 20000 Hz, porém esses valores se alteram ao longo da vida, de modo que os limites superior e inferior se aproximam conforme a idade avança.

No vídeo abaixo são emitidas todas as frequências no intervalo de 20 Hz até 20 kHz, recomenda-se que se escute o mesmo com fones de ouvido e em um volume não muito elevado, pois algumas frequências podem causar incomodo quando em alta intensidade.

Vídeo com a faixa de frequências audíveis: Hearing Test Hd (ADMINOFTHISSITE'S CHANEL, 2012)

Pelas características elásticas do sistema auditivo, a membrana timpânica permanece vibrando durante um certo intervalo de tempo após receber um estímulo, este intervalo é chamado de tempo de persistência auditiva, e no caso dos seres humanos é de aproximadamente 0,1 s. Sons dentro deste intervalo podem ser interpretados como um único som ou como sons simultâneos.

Tendo por base o vídeo exibido na página anterior, escreva abaixo quais são os limites mínimo e máximo das frequências que você conseguiu ouvir. Caso seja necessário, assista novamente ao vídeo.

Vídeo com a faixa de frequências audíveis: Hearing Test Hd (ADMINOFTHISSITE'S CHANNEL, 2012)

Lembrando que os limites de 20 Hz e 20000 Hz são gerais, e que cada pessoa possui limites diferentes.

Módulo 04 - Acústica

Características do Som

Timbre

TIMBRE: característica que permite identificar a fonte do som. Pode ser descrito como a voz de uma pessoa ou de um instrumento musical.

Quando um instrumento musical emite uma nota, a frequência desta nota não é a única a ser emitida, mas o que se escuta é o conjunto de várias frequências emitidas simultaneamente. A frequência mais grave é chamada de fundamental, as outras são os harmônicos da primeira. O conjunto de harmônicos de uma nota emitida por um instrumento determina o seu timbre.

Abaixo temos dois vídeos onde uma mesma obra de J.S. Bach é executada em um violoncelo e em um contrabaixo elétrico. Observem que embora ambos os vídeos mostrem a mesma música, o instrumento utilizado na execução nos permite observar diferenças.

Vídeo: Inbal Segev performs Bach's Cello Suite No. 1 in G major: Prelude (SEGEV, 2015)

Vídeo: Patitucci - Bach (BOTTONI, 2009)

Questão - A banda Helloween, de Heavy Metal, possui em sua formação um vocalista, um baixista, um baterista, e dois guitarristas. Além do fato de que cada guitarrista toca um arranjo diferente dentro de cada canção, há alguma forma de diferenciar o som destas guitarras?

- a) O fato de que cada guitarra nesta banda ser fabricada com materiais diferentes, faz com que o som de cada uma possua características específicas que possibilitam diferenciar o timbre das guitarras, mesmo que ambas estejam tocando a mesma nota musical.
- b) Apenas será possível diferenciar os sons das guitarras caso os guitarristas usem a mesma guitarra.
- c) Não há como diferenciar o som das guitarras, mesmo que estejam tocando notas diferentes.
- d) Mesmo que as guitarras tenham um timbre diferente, é impossível diferenciar os sons caso ambas toquem a mesma nota.

Fenômenos Acústicos

Ressonância

Vibrações forçadas

Acontece quando um objeto é colocado para vibrar em uma dada frequência em virtude de uma perturbação constante em qualquer frequência, assim há um corpo ou onda transmitindo energia continuamente ao objeto, fazendo-o oscilar.

Frequência natural

Todo corpo possui um conjunto de frequências naturais de vibração, de modo que em função do material de que é feito e do formato que possui, cada objeto irá vibrar de uma forma diferente quando sofre uma perturbação. É essa característica que nos permite diferenciar o som de dois objetos diferentes caindo no chão, um objeto metálico por exemplo, irá apresentar uma gama de frequências diferente de um objeto de madeira na mesma situação.

Ressonância

Ocorre quando um corpo recebe uma vibração forçada com uma frequência igual à sua frequência fundamental de vibração, o que faz com que a amplitude de sua vibração aumente a

cada período. Quando a ressonância acontece as vibrações do corpo tornam-se maiores a cada ciclo, acumulando mais energia até que se alcance o limite elástico do material.

Questão - Uma forma comum de afinar um violão é comparar os sons produzidos pelas suas cordas. Dessa forma, quando a corda mais grave é tocada na quinta casa do instrumento, o som produzido deve ser igual ao som da segunda corda mais grave. Quando o violão está perfeitamente afinado, é comum que a corda Lá (segunda mais grave) comece a vibrar quando a corda Mi (mais grave) é tocada na quinta casa, este fenômeno ocorre porque:

- a) A corda Lá começa a vibrar em virtude das sucessivas reflexões do som no ambiente.
- b) A vibração da corda Lá, faz com que a corda Mi entre em ressonância, fazendo-a vibrar também.
- c) É impossível que o fenômeno descrito no texto acima aconteça.
- d) A corda Lá entra em ressonância com a corda Mi, pois quando esta é tocada, emite um som cuja frequência coincide com a frequência natural de corda Lá.

Reflexão de ondas sonoras

Tempo de persistência auditiva

É o tempo que a membrana timpânica permanece vibrando após receber um estímulo, ou seja, o tempo que o som permanece nos ouvidos de uma pessoa, mesmo após cessado o estímulo. No caso dos seres humanos, o tempo de persistência auditiva é de aproximadamente 0,10 s, podendo variar entre a população em virtude de diversos fatores, tais como, idade e predisposição genética.

Lembrando que a velocidade é definida como a razão entre o deslocamento e o intervalo de tempo.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Figura 31: Equação da Velocidade Média

Reforço

Ocorre quando o intervalo de tempo entre a audição do som original e o seu reflexo é praticamente nulo, gerando a sensação de que o sinal é mais forte do que parece na realidade. Este fenômeno é observado quando, por exemplo, um professor ministra uma aula num ambiente fechado, como a sala de aula, que favorece a percepção do que está sendo dito ou quando; e em seguida tenta usar o mesmo volume de voz em um ambiente aberto, como uma quadra de esportes, onde geralmente o som é mais difícil de se ouvir.

Reverberação

Acontece quando o tempo de retorno do som é inferior ao tempo de persistência auditiva, porém não pode ser desprezado, neste caso o ouvinte percebe o reflexo de um sinal sonoro como uma espécie de prolongamento do som.

Alguns músicos simulam digitalmente este fenômeno com o objetivo de simular determinado ambiente e aparentar determinadas condições de acústica.

Eco

Ocorre quando o tempo de retorno do som é superior ao tempo de persistência auditiva, de modo que o reflexo é interpretado como um outro som idêntico ao primeiro, neste caso o ouvinte percebe o estímulo original, e depois de certo intervalo de tempo percebe-o novamente como um outro som idêntico ao primeiro.

Questão - Sabendo que o tempo de persistência auditiva do ser humano é de aproximadamente 0,1 s e que a velocidade do som no ar é de aproximadamente 340 m/s, determine a menor distância a partir da qual a presença de um obstáculo que cause a reflexão do som pode gerar eco.

- a) 19m
- b) 17m
- c) 15m
- d) 13m

Exemplos da reflexão do som

A reflexão de ondas sonoras é utilizada na medicina nos exames de ecografia, onde um aparelho gera ondas com frequência acima da região audível, essas ondas são refletidas pelos órgãos internos e retornam ao aparelho de modo que pelo tempo de retorno é possível mapear o interior do corpo.



Figura 32: Resultado de um exame de Ecografia (LEWIS, 2013)

Um outro exemplo interessante na natureza são os sistemas de eco localização, que é a forma como alguns animais se orientam no espaço. O morcego por exemplo, emite um som de alta frequência que é refletido e retorna para ele, possibilitando que o ambiente seja mapeado, e que seja possível distinguir obstáculos.

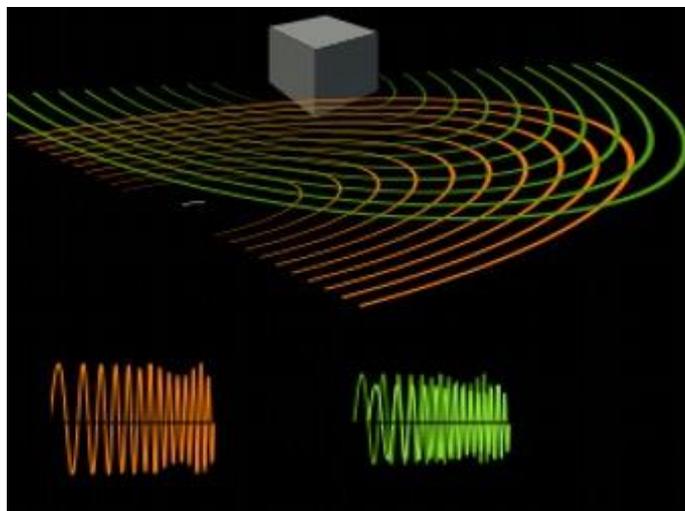


Figura 33: Ecolocalização (NAUKA 21)

Efeito Doppler

O Efeito Doppler consiste numa alteração na frequência observada, em virtude do movimento relativo entre o observador e a fonte sonora, o som percebido possui uma frequência diferente do som emitido pela fonte sonora, assim, se observador e fonte estiverem se aproximando, o som percebido será mais agudo que o emitido pela fonte, porém se eles estiverem se afastando, o som percebido será mais grave que o emitido pela fonte.

Na imagem abaixo é possível observar o efeito do movimento de um carro que se aproxima do observador A e se afasta do observador B. A consequência do movimento é que A escutará um som mais agudo que o som emitido, caracterizado pelo encurtamento do comprimento de onda, enquanto B escutará um som mais grave que o emitido, caracterizado pelo alongamento do comprimento de onda.

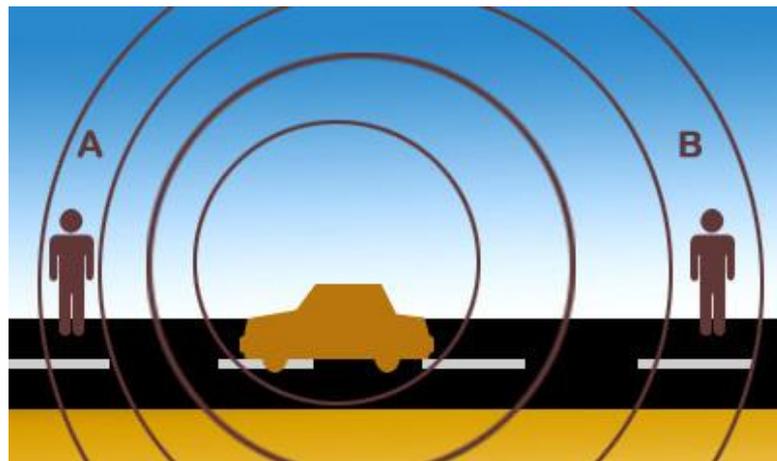


Figura 34: Efeito Doppler (WOOD)

Segue abaixo a equação que relaciona a frequência percebida pelo observador em função dos elementos da onda.

$$\frac{f_o}{f_f} = \frac{v_s \pm v_o}{v_s \pm v_f}$$

Onde:

f_o é a frequência observada;

f_f é a frequência emitida pela fonte;

v_o é a velocidade do observador;

v_f é a velocidade da fonte sonora; e

v_s é a velocidade do som no meio.

Figura 35: Equação da Frequência Aparente

Cabe destacar que o sentido considerado positivo será do observador para a fonte sonora, o que determina os sinais na equação. Desse modo, quando o observador se aproximar da fonte, sua velocidade será positiva, quando se afastar, sua velocidade será negativa; quando a fonte se aproximar do observador, terá velocidade negativa, e quando se afastar terá velocidade positiva.

No simulador abaixo é possível visualizar a ocorrência do Efeito Doppler com o movimento do observador, de modo que o número de comprimentos de ondas que chega ao ouvido por unidade de tempo aumenta quando o observador se aproxima e diminui quando ele se afasta.

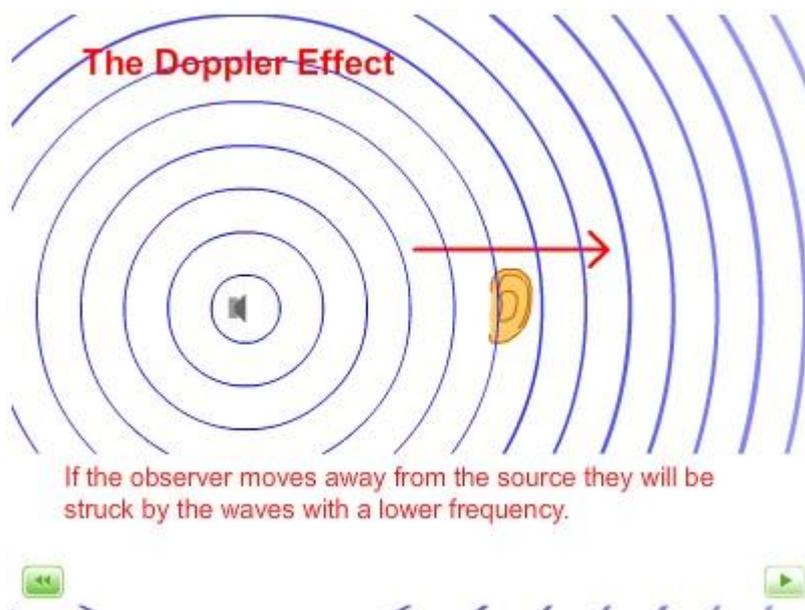


Figura 36: Simulador: Doppler (SBFÍSICA)

No segundo simulador temos o efeito gerado pelo movimento da fonte sonora no comprimento de onda.

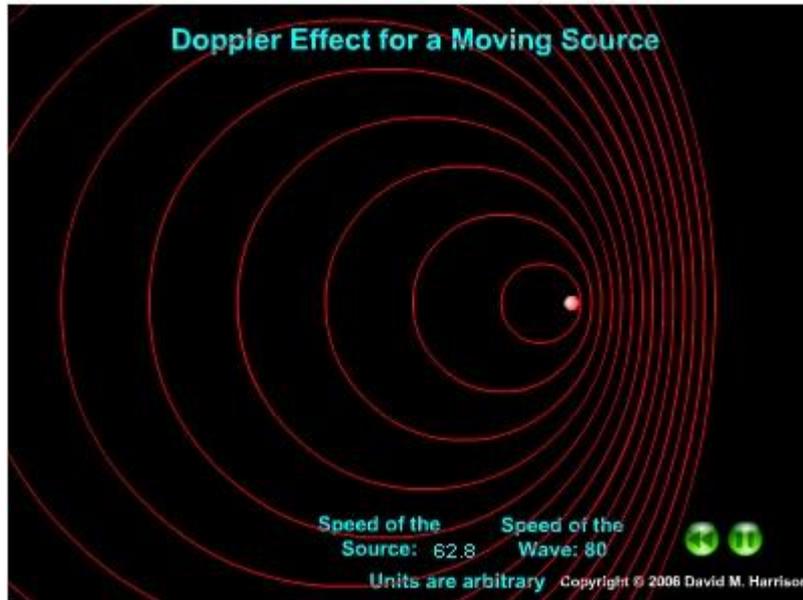


Figura 37: Simulador: Doppler Wave Fronts (SBFÍSICA)

Questão - Em eventos automobilísticos, é comum se observar que o som de um veículo sofre pequenas alterações quando ele está se aproximando ou se afastando, este fato se deve ao fenômeno do efeito doppler. Qual das alternativas abaixo melhor explica essa alteração no som.

- a) Em virtude do Efeito Doppler, o som do automóvel parece mais agudo ao observador na plateia quando ele está se aproximando e mais grave quando está se afastando, porém, para o piloto do veículo, o som permanece inalterado em todas as situações.
- b) Em virtude do Efeito Doppler, o som do automóvel parece mais agudo para seu condutor quando se aproxima do público e mais grave quando se afasta.
- c) Em virtude do Efeito Doppler, o som do veículo parece mais grave quando ele se aproxima e mais agudo quando ele se afasta.
- d) Em virtude do Efeito Doppler, o som do automóvel parece ser mais intenso quando o veículo se aproxima e menos intenso quando se afasta.

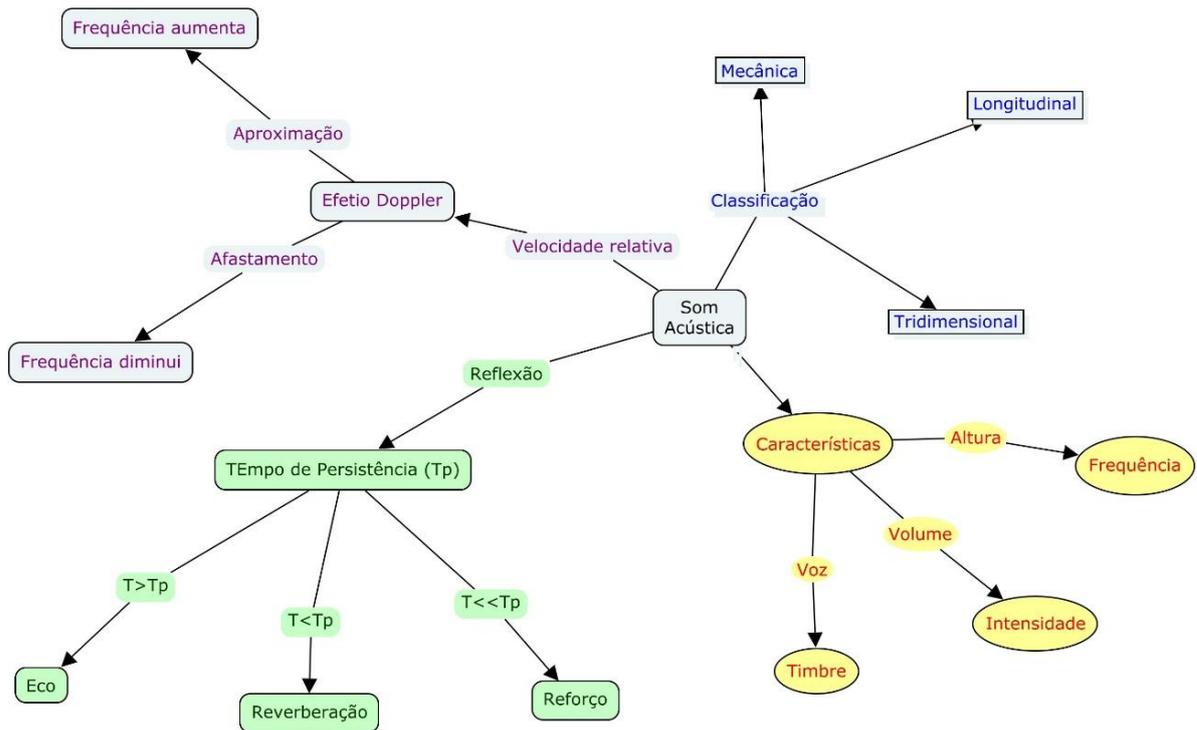


Figura 38: Mapa Conceitual - Acústica

Questionário final de Acústica

Questão 1 - Para que ocorra o fenômeno do eco, é necessário que haja uma superfície na qual o som possa refletir para retornar ao ouvinte.

Escolha uma opção:

- Verdadeiro
- Falso

Questão 2 - Um professor prepara uma aula sobre acústica para um grupo de 30 alunos, e precisa escolher o melhor ambiente para a mesma. Sabendo que ele não possui equipamento de som, e que suas opções são uma sala de aula comum, com capacidade para 50 alunos, e uma quadra de esportes ao ar livre, qual deve ser sua opção para que os alunos possam ouvi-lo com mais facilidade.

Escolha uma opção:

- a) O professor deverá escolher a quadra de esportes, pois em um ambiente mais aberto os alunos poderão ficar mais à vontade, criando um melhor ambiente de ensino e facilitado a audição de sua voz.
- b) O professor deverá escolher a sala de aula, pois as paredes facilitam a reflexão do som, gerando um eco que facilitará a compreensão da aula.
- c) O professor deverá optar pela sala de aula, pois a reflexão do som de sua voz nas paredes da sala causará um reforço no som.
- d) O professor deverá escolher a quadra de esportes, pois as sucessivas reflexões do som que poderiam acontecer na sala de aula poderiam fazer com que os alunos tivessem dificuldade de escutar o professor.

Questão 3 - O efeito doppler ocorre quando a fonte sonora se aproxima do ouvinte, de modo este, percebe um som mais grave que o originalmente emitido.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 4 - Um violão é composto de várias partes, como mostra a imagem abaixo.



Figura 39: Violão (WIKIPÉDIA)

O corpo do violão também é chamado de caixa de ressonância, o que explica o fato de ser possível ouvir o som do violão sem a necessidade de uma caixa de som.

Assinale a opção que melhor explica o funcionamento do violão.

- a) Quando uma corda é posta para vibrar, o corpo do violão entra em ressonância com ela, de modo que este passe a vibrar na mesma frequência, aumentando assim a intensidade do som produzido no instrumento.
- b) O corpo do violão não é capaz de aumentar ou diminuir a intensidade do som produzido na corda.
- c) Quando uma corda é colocada para vibrar, o corpo do violão entra em ressonância com ela, o que diminui a intensidade do som produzido pela corda.
- d) Quando uma corda é colocada para vibrar, o corpo do violão exerce uma resistência à vibração, impedindo que a corda fique em movimento por muito tempo.

Questão 5 - O fenômeno do efeito doppler altera a frequência percebida de um som, não mudando a frequência original do som, que apenas pode ser alterada na fonte sonora.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 6 - Um efeito muito utilizado por músicos é o reverb, que consiste numa simulação das reverberações geradas por um determinado ambiente. Deste modo, um instrumentista é capaz de simular um ambiente no qual não se encontra, reproduzindo suas características acústicas. Dentre as opções abaixo, marque aquela que melhor descreve o funcionamento deste tipo de efeito.

- a) Uma reverberação pode ser simulada se o som original for gravado e repetido num intervalo de tempo pequeno, de modo que para o ouvinte, o efeito será igual ao do fenômeno.
- b) Uma reverberação pode ser simulada se o som original for gravado e repetido num intervalo de tempo muito longo, de modo que para o ouvinte, o efeito será igual ao do fenômeno.

- c) Uma reverberação pode ser simulada se o som original for gravado e for repetido várias vezes consecutivas.
- d) Uma reverberação pode ser simulada se o som original for gravado e repetido num intervalo de tempo superior a 10 s, de modo que para o ouvinte, o efeito será igual ao do fenômeno.

Questão 7 - Caso uma pessoa grite em uma sala de 25 m² (5 m de comprimento e 5 m de largura) será possível escutar o eco do som da sua voz após 2 s.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Módulo 05 - Instrumentos Musicais

Cordas vibrantes

Quando uma corda é colocada para vibrar entre duas extremidades fixas, como em um instrumento musical por exemplo, as sucessivas reflexões dos pulsos nestas extremidades podem dar origem à ondas estacionárias, que são ondas nas quais há pontos em que a interferência ente os diversos pulsos refletidos sempre será destrutiva total.

É possível encontrar diversos exemplos de instrumentos musicais que se utilizam de cordas vibrantes para produzir som. O violino, o violoncelo e o violão são instrumentos acústicos, ou seja, produzem sons audíveis sem a necessidade a amplificação do mesmo, já a guitarra e o baixo elétrico necessitam de um sistema de amplificação para funcionar.

Velocidade de ondas em cordas

Como sabemos, a velocidade com que uma onda se propaga depende apenas das características do meio no qual ela está inserida, assim, as características da corda irão afetar a velocidade com que a onda se propaga.

Tendo em vista que o comprimento de onda está diretamente ligado ao comprimento da corda, chegamos à conclusão de que quanto maior for a velocidade da onda maior será a frequência.

A equação abaixo descreve a velocidade de uma onda em uma corda.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Onde :

v é a velocidade da onda na corda;

F é a força de tração na corda; e

μ é a densidade linear da corda.

$$\mu = \frac{\text{massa}}{\text{comprimento}}$$

Figura 40: Equação de Taylor

Observando a equação acima, vemos que um aumento na força de tensão na corda faz aumentar a velocidade da onda, porém, não de forma direta. Isso nos faz perceber que para obter um som mais agudo é necessário que a força aplicada para esticar a corda deverá ser maior.

Da mesma forma, a densidade da corda também irá influenciar a velocidade, porém, quando a densidade linear aumenta, a velocidade cai, o que traz a conclusão de que para obter sons mais graves é necessário que as cordas de um instrumento sejam mais grossas.

Segue abaixo um vídeo da Tv Cifra Club, no qual se ensina a afinar um violão.

Vídeo: Como afinar seu violão (CIFRA CLUB, 2010)

Observe, nos 6 primeiros minutos, que quando se quer aumentar a frequência de uma corda, aumenta-se a força de tração, e que quanto mais fina for a corda, maior será a sua frequência de afinação.

Modos de Vibração

Quando uma corda é colocada para vibrar entre duas extremidades fixas, como em um instrumento musical por exemplo, as sucessivas reflexões dos pulsos nestas extremidades dão origem à ondas estacionárias. Pelas características do sistema, as extremidades da corda oscilante serão sempre nós, já que a corda estará presa nestes pontos.

A imagem abaixo mostra os diversos harmônicos de uma onda numa corda vibrante.

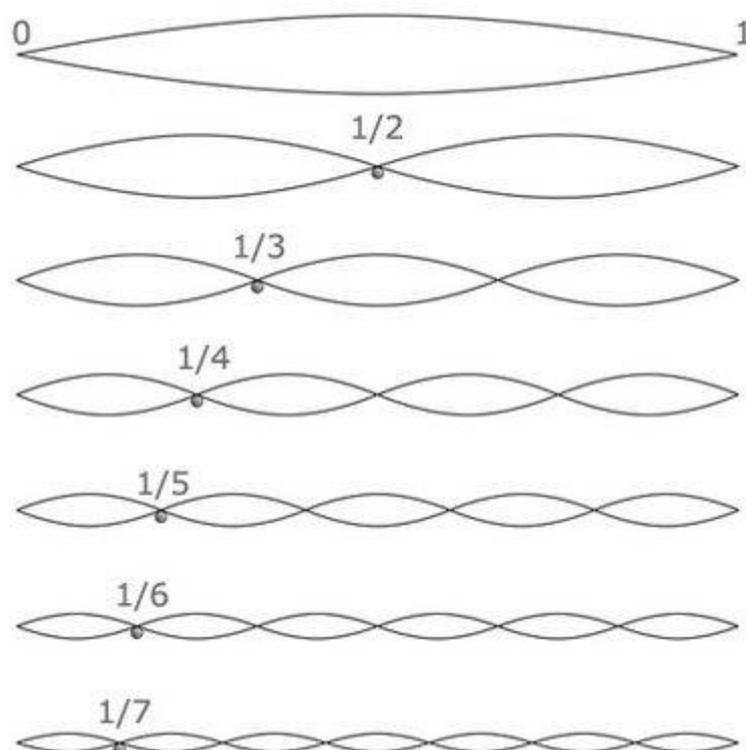


Figura 41: Modos de vibração de uma corda (ETHAN)

É possível notar que o comprimento de onda está diretamente ligado ao modo de vibração e ao comprimento de onda, de modo que a relação entre estas grandezas é dada por.

$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

Onde:

λ é o comprimento de onda;

L é o comprimento da corda; e

n é o número de ventres.

Figura 42: Comprimento de onda numa corda

Tubos Sonoros

O ar vibrando dentro de uma flauta por exemplo, gera pontos de pressão e de rarefação dentro do tubo, o que define a frequência sonora que será emitida pelo instrumento. Neste caso, também observamos o aparecimento de nós e de ventres dentro do tubo, o que define o modo de vibração da onda estacionária.

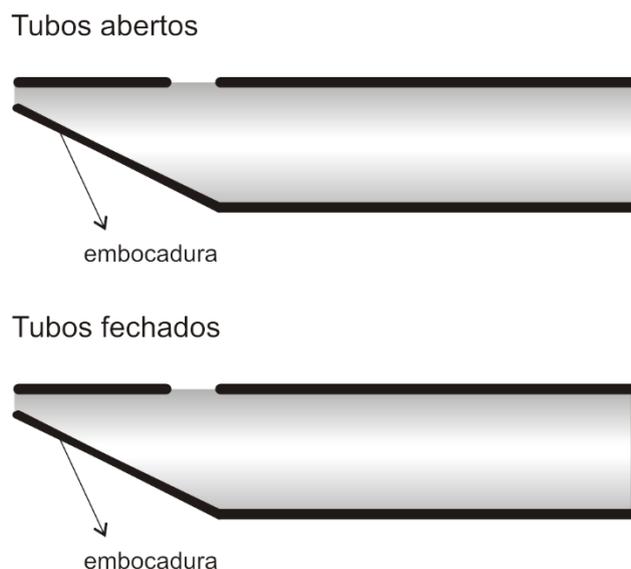


Figura 43: Tubos sonoros (FERRARO)

Como observamos na imagem acima podemos ter instrumentos musicais de tubo aberto, nos quais os dois lados do tubo estão abertos, como a flauta doce por exemplo; e instrumentos de tubo fechado, nos quais um dos lados do tubo é fechado, como a flauta transversal por exemplo.

Tubos Abertos

Nos instrumentos de tubo aberto temos o uma simetria semelhante à que ocorre nas cordas vibrantes, com a diferença que nas extremidades do tubo temos a formação de ventres, e não nós.

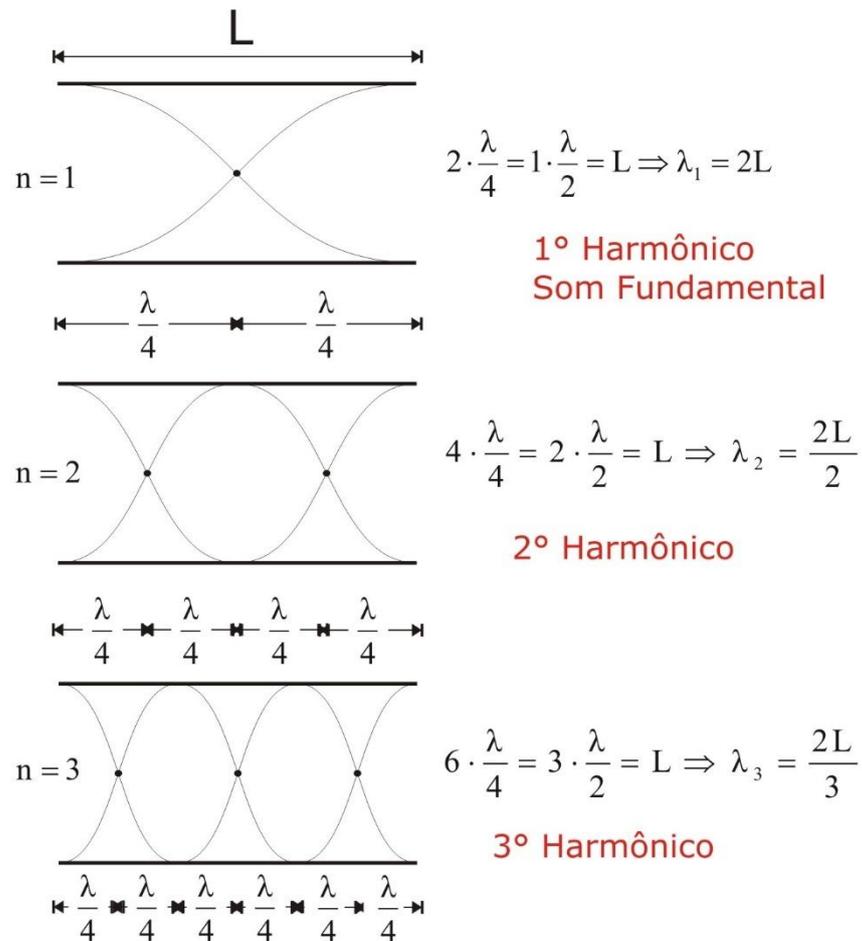


Figura 44: Tubo Aberto (SÓ FÍSICA)

De modo que podemos concluir que:

$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

Onde:

λ é o comprimento de onda;

L é o comprimento do tubo; e

n é o número de nós.

Figura 45: Comprimento de onda em tubos abertos

Tubo Fechado

A assimetria do tubo fechado se deve ao fato de que um dos lados é aberto e o outro lado é fechado, o que faz com que em um dos lados se tenha um nó, e no outro lado se tenha

um ventre. Esta assimetria faz com que o comportamento matemático deste tipo instrumentos seja diferente dos instrumentos de tubo aberto.

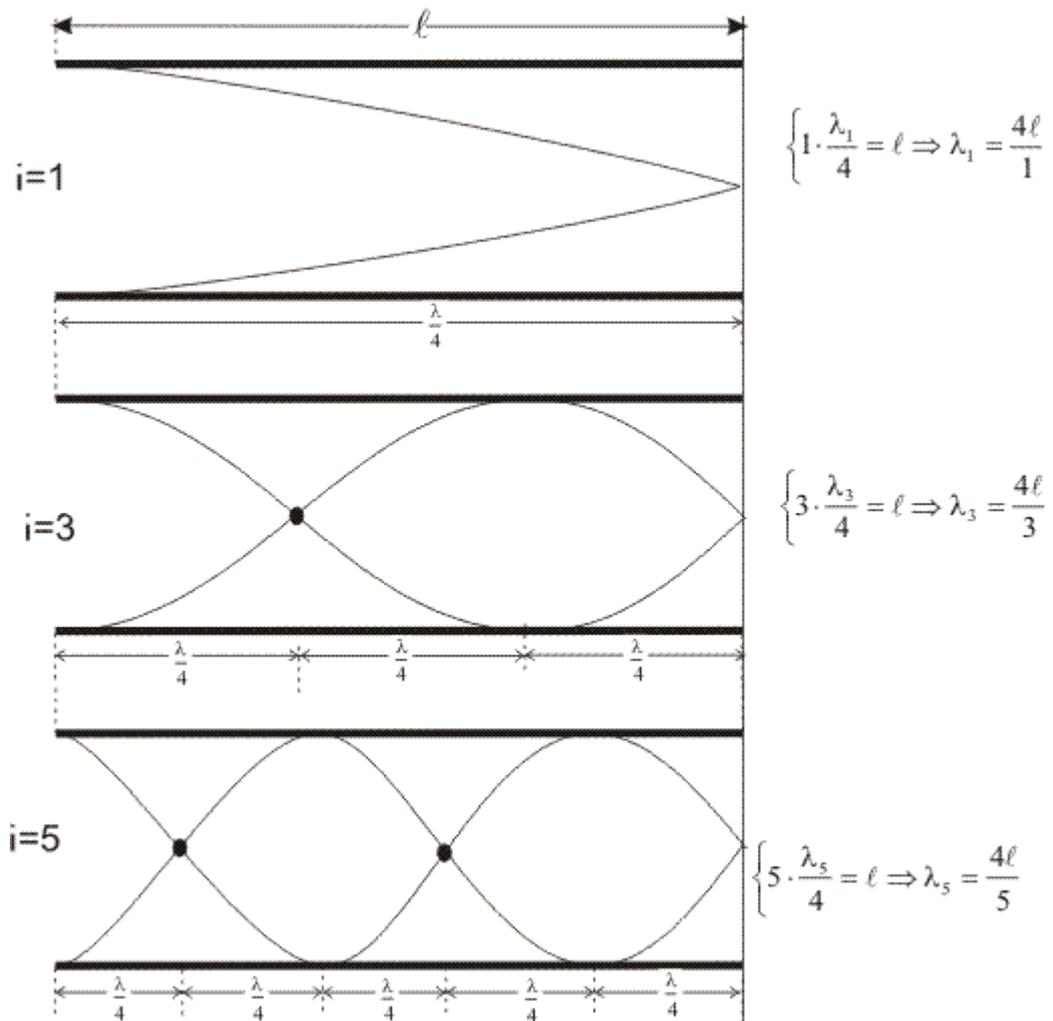


Figura 46: Tubos Fechados (SÓ FÍSICA)

De modo que:

$$\lambda = \frac{4L}{2n-1}$$

Onde:

λ é o comprimento de onda;

L é o comprimento do tubo; e

n é o número de nós.

Figura 47: Comprimento de onda de um tubo fechado

Questionário sobre Cordas e Tubos

Questão 1 - O modo fundamental de vibração de uma corda, também chamado de primeiro harmônico, e ocorre quando, em sua vibração, a corda apresenta apenas um nó e um ventre.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 2 - A flauta doce é considerada um instrumento de tubo aberto, já que as duas extremidades do tubo estão abertas.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 3 - A flauta transversal, é considerada um instrumento de tubo aberto, pois uma de suas extremidades é aberta e a outra fechada.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 4 - Quando uma corda é colocada para vibrar em seu segundo modo de vibração, o comprimento de onda equivale ao comprimento da corda.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 5 - Em uma corda que vibra em seu estado fundamental (1º modo), o comprimento de onda é igual ao dobro do comprimento da corda.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 6 - Em um tubo sonoro, a frequência emitida é controlada a partir da manipulação das aberturas laterais do instrumento. Sabendo que uma flauta doce apresenta um som mais grave quando todas as aberturas estão fechadas pelos dedos, e um som mais agudo quando todas elas estão livres, escolha dentre as opções abaixo a que melhor descreve o funcionamento deste instrumento.

Escolha uma opção:

- a) O instrumento é formado por um tubo aberto nas duas extremidades, de modo que o instrumentista possa soprar de um lado para que o som saia do outro lado. Quando as aberturas laterais estão livres para a passagem do ar, isso cria nós naqueles pontos, manipulando assim o comprimento de onda, e com todas fechadas, teremos o primeiro modo de vibração, com maior comprimento de onda, e portanto, frequência maior.
- b) O instrumento é formado por um tubo aberto nas duas extremidades, de modo que o instrumentista possa soprar de um lado para que o som saia do outro lado. Quando as aberturas laterais estão livres para a passagem do ar, isso cria naqueles pontos nós, manipulando assim o comprimento do tubo, e com todas fechadas, teremos o primeiro modo de vibração, com maior comprimento do tubo, e portanto, frequência maior.
- c) O instrumento é formado por um tubo aberto nas duas extremidades, de modo que o instrumentista possa soprar de um lado para que o som saia do outro lado. Quando as aberturas laterais estão livres para a passagem do ar, isso cria naqueles pontos nós, manipulando assim a velocidade de propagação da onda, e com todas fechadas, teremos o primeiro modo de vibração, com maior velocidade de propagação, e portanto, frequência menor.

- d) O instrumento é formado por um tubo aberto nas duas extremidades, de modo que o instrumentista possa soprar de um lado para que o som saia do outro lado. Quando as aberturas laterais estão livres para a passagem do ar, isso cria nós naqueles pontos, manipulando assim o comprimento de onda, e com todas fechadas, teremos o primeiro modo de vibração, com maior comprimento de onda, e portanto, frequência menor.
- e) O instrumento é formado por um tubo aberto nas duas extremidades, de modo que o instrumentista possa soprar de um lado para que o som saia do outro lado. Quando as aberturas laterais estão livres para a passagem do ar, isso cria ventres naqueles pontos, manipulando assim o comprimento de onda, e com todas fechadas, teremos o primeiro modo de vibração, com maior comprimento de onda, e portanto, frequência maior.

Questão 7 - Os instrumentos de cordas, como o violão, o violino e o violoncelo são tocados de modo que uma das mãos pressiona a corda contra o braço do instrumento, enquanto a outra mão é responsável por fazer a corda vibrar. A respeito deste assunto, marque a alternativa correta.

- a) Em um instrumento de cordas vibrantes, a frequência emitida pelo instrumento é controlada através da pressão exercida nas cordas por uma das mãos, fazendo variar o comprimento da corda e, por consequência, a frequência que ela emite. Assim, quanto maior a porção vibrante da corda, maior será a frequência emitida.
- b) Em um instrumento de cordas vibrantes, a frequência emitida pelo instrumento é controlada através da pressão exercida nas cordas por uma das mãos, de modo que quanto maior a porção de corda que oscila, menor será o comprimento de onda, e por consequência, maior a frequência.
- c) Em um instrumento de cordas vibrantes, a frequência emitida pelo instrumento é controlada através da pressão exercida nas cordas por uma das mãos, fazendo variar a força de tração na da corda e, por consequência, a frequência que ela emite.
- d) Em um instrumento de cordas vibrantes, a frequência emitida pelo instrumento é controlada através da pressão exercida nas cordas por uma das mãos, de modo que quanto maior a porção de corda que oscila, maior será o comprimento de onda, e por consequência, menor a frequência.

Questão 8 - Em uma corda de 90 cm que vibra em seu terceiro modo de vibração, o comprimento de onda será igual a 60 cm.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso