



O VIOLÃO COMO INSTRUMENTO DIDÁTICO

Luiz Pugginelli Brandão

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

Orientadora:
Maria Lúcia Netto Grillo

Rio de Janeiro
Agosto de 2017

O VIOLÃO COMO INSTRUMENTO DIDÁTICO

Luiz Pugginelli Brandão

Orientadora:

Maria Lúcia Netto Grillo

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

Aprovada por:

Dr^a. Maria Lúcia Netto Grillo

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Dr. Vitor Luiz Bastos de Jesus

Instituto Federal do Rio de Janeiro

Dr^a. Ana Mónica Ferreira-Rodrigues

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

Agosto de 2017

Dedico esta dissertação aos meus pais Jair dos Reis Brandão (em memória) e Glória Pugginelli Brandão por me darem condições de hoje estar aqui.

Às minhas filhas Mariana Brandão, Mariana Lisboa e Thaisa Lisboa por me ajudarem nas várias vezes em que precisei revisar e corrigir os textos.

À minha esposa Elaine Lisbôa pela força e, principalmente, pela paciência que demonstrou, nos vários momentos de ausência em função das aulas e, também, das horas dedicadas ao estudo.

Ao Sr. Adelino Carlos, o “Carlinhos”, pelo grande apoio e ajuda durante a execução de toda a parte experimental.

À Prof^a. Léia Coelho por sua importante ajuda na revisão final deste trabalho.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Maria Lúcia Grillo por confiar em mim para a realização deste trabalho.

Agradecimentos

À CAPES e à Sociedade Brasileira de Física (SBF) pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida, sem o qual, devido aos altos custos envolvidos em estudos como este, nós, professores da Educação Básica, não conseguiríamos nos aperfeiçoar e, automaticamente, contribuir, de alguma forma, para uma melhora na qualidade do ensino em nosso país.

RESUMO

O VIOLÃO COMO INSTRUMENTO DIDÁTICO

Luiz Pugginelli Brandão

Orientadora:

Maria Lúcia Netto Grillo

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

Apresentamos neste trabalho uma proposta para a compreensão de diversos fenômenos ondulatórios, por meio de experimentos cuja reprodução é possível por professores e alunos da Educação Básica, principalmente os de Ensino Médio, utilizando-se materiais facilmente encontrados no mercado popular. Para isso, foi elaborado um vídeo sobre tais experimentos, o qual foi colocado numa mídia digital, visando a facilitar o acesso tanto de professores quanto de alunos ao produto elaborado. Com exceção do fenômeno de polarização, todos os outros descritos são reproduzidos quando se toca o violão, instrumento musical muito comum encontrado entre os estudantes das escolas secundárias. Uma vantagem deste produto em relação a outros é que todos os fenômenos ondulatórios relacionados às ondas mecânicas estão contidos num único material. Assim, o objetivo deste trabalho é tornar o ensino de Física (principalmente na área de Acústica) mais prazeroso para nossos alunos diminuindo um pouco sua “matematização” e aproveitando o violão como nosso laboratório portátil.

Palavras-chave: Acústica, Ensino de Física, Educação.

Rio de Janeiro

Agosto de 2017

ABSTRACT

THE VIOLÃO AS A DIDACTIC INSTRUMENT

Luiz Pugginelli Brandão

Supervisor:

Maria Lúcia Netto Grillo

Master's Dissertation submitted to the Post-Graduation Program in Physics Teaching at the Professional Master's Course of Physics Teaching of UNIRIO (MNPEF), as part of the requirements necessary to obtain the Master's degree in Physics Teaching.

We present in this work a proposal for the understanding of several wave phenomena, through experiments whose reproduction is possible by teachers and students of Basic Education, especially those of High School, using materials easily found in the popular market. To do so, a video was prepared on such experiments, which was placed on digital media, in order to facilitate the access of both teachers and students to the product elaborated. With the exception of the phenomenon of polarization, all others described are reproduced when playing the guitar, a very common musical instrument found among high school students. An advantage of this product over others is that all wave phenomena related to mechanical waves are contained in a single material. Thus, the objective of this work is to make the teaching of Physics (mainly in the area of Acoustics) more enjoyable for our students, reducing their mathematics a little and using the guitar as our portable laboratory.

Keywords: Acoustic, Physics education, Education

Rio de Janeiro

August 2017

Sumário:

Capítulo 1	Introdução.....	1
Capítulo 2	O Violão e a Comunicação.....	4
	2.1- Quanto à origem.....	4
	2.2 - Quanto ao instrumento.....	5
	2.3 - Quanto à estrutura do violão.....	5
	2.4 - A física do violão.....	7
	2.5 - Escalas Musicais.....	8
	2.6 - Comunicação.....	10
	2.7 - Comunicação entre os animais	10
Capítulo 3	Base Teórica.....	13
	3.1 - Ondas.....	13
	3.2 - Som.....	16
Capítulo 4	A Música na Sociedade e o Ensino de Física.....	23
Capítulo 5	Teorias de Aprendizagem.....	30
	5.1- Ausubel.....	30
	5.2 - Gardner.....	32
	5.3 - Aprendizagem Ativa.....	33
Capítulo 6	Fenômenos Ondulatórios.....	35
	6.1 - Reflexão em cordas.....	35
	6.2 - Refração em cordas.....	36
	6.3 - Difração.....	37
	6.4 - Polarização.....	38
	6.5 - Interferência.....	39
	6.6 - Ressonância.....	43
	6.7 - Batimento.....	44
Capítulo 7	Aplicação do Produto.....	45
Capítulo 8	Sugestões de Roteiros.....	50
	8.1 - Formas de propagação das Ondas.....	50
	8.2 - Fenômenos Ondulatórios.....	53
	8.2.1 - Reflexão.....	53
	8.2.2 - Refração.....	55
	8.2.3 - Difração e Polarização.....	56
	8.2.4 - Interferência - Ondas Estacionárias.....	59

8.2.5 - Ressonância e Batimento.....	64
8.2.6 - Violão.....	66
Apêndice.....	71
Referências Bibliográficas.....	78

Ilustrações:

Figura 1: Corpo de um violão.....	6
Figura 2: Modelo de monocórdio.....	9
Figura 3: Representação do monocórdio e da relação entre a fração da corda “selecionada” com o som emitido em cada caso.....	9
Figura 4: Onda longitudinal.....	13
Figura 5: Onda transversal.....	14
Figura 6: Som produzido por um diapasão.....	17
Figura 7: Pulso em corda com extremidade fixa.....	35
Figura 8: Pulso em corda com extremidade livre.....	36
Figura 9: Onda se propagando de uma corda para outra com densidades diferentes.....	36
Figura 10: Refração em cordas.....	37
Figura 11: Difração.....	38
Figura 12: Polarização da luz.....	39
Figura 13: Interferência em 1 dimensão.....	40
Figura 14: Onda incidente e onda refletida.....	41
Figura 15: Onda em uma corda de violão.....	42
Figura 16: Reflexão de um pulso com extremidade fixa e livre.....	54
Figura 17: Polarização – onda em corda.....	58
Figura 18: Equipamento de ondas estacionárias.....	64

Capítulo 1

Introdução

A Física Ondulatória está presente no cotidiano das pessoas, seja através de um aparelho celular, na comunicação entre os seres vivos (som), e seja num simples olhar (luz). O Eletromagnetismo, a Óptica e a Acústica são partes da Física que fazem uso de seus conceitos. Compreendê-los é essencial para o melhor entendimento da Física Ondulatória e de alguns fenômenos naturais.

Na grade curricular do Estado do Rio de Janeiro, como na maioria dos estados brasileiros, a disciplina de Física é contemplada com dois tempos semanais, em cada uma de suas séries, o que é muito pouco para um aprendizado qualificado. Sendo assim, a Física Ondulatória acaba sendo colocada em segundo plano no Ensino Médio e, muitas vezes, deixada de lado.

Nas Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) elaborados pelo Ministério da Educação para auxiliar Estados e Municípios na confecção de sua grade curricular, a presença da Física Ondulatória, no Ensino Médio, aparece, diversas vezes, em temas como: som, imagem e informação.

Essa abordagem implica trabalhar tanto a natureza ondulatória comum ao som e à luz, quanto reconhecer suas especificidades. Isso inclui, quanto ao som, suas características físicas, relacionando-as às fontes, “volume”, timbre ou escalas musicais, os meios que aprimoram sua transmissão, amplificam ou reduzem sua intensidade e sua interação com a matéria, como a produção do “eco”. (PCN+, 2000, p.74).

Para compreendermos melhor o som, precisamos aprender sobre as ondas mecânicas e os fenômenos a elas associados. Outro fato importante, e que não podemos deixar de lado, é que devemos preparar nossos alunos não só para a vida, mas também para realizarem as provas do Enem, porta de entrada de muitos estudantes à Universidade Pública (com exceção da UERJ que não faz parte do Enem), a uma vida mais digna, em condições de igualdade com outros estudantes

da rede privada de ensino. Fazendo uma análise das provas do Enem, desde 2010, observa-se que o tema Física Ondulatória está presente nas provas de todos os anos, conforme tabela 1, que foi confeccionada a partir de dados obtidos no site do Inep (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira Legislação e Documentos). Na parte referente ao Enem, foram separadas as questões relacionadas ao assunto Ondas e, dentre elas, as questões sobre Ondas Mecânicas. A partir desses dados, foi montada a tabela 1 com o total de questões específicas sobre Física Ondulatória num universo de 25 questões, sendo que desse total, 7 questões são sobre ondas mecânicas; e o percentual entre esses dois assuntos, nos últimos 7 concursos. Levando-se em consideração que o programa da prova abrange todo o conteúdo de Física ministrado nas três séries do Ensino Médio, o percentual desse conteúdo é significativo. Percebemos, então, uma contradição naquilo que é apresentado pelos órgãos competentes na área de Educação em nosso país, pelos pesquisadores em ensino e pelo próprio Enem e o que é feito na prática pelos Estados, em seus currículos mínimos. Para uns a Física Ondulatória é importante e para outros não!

Tabela 1- Questões sobre ondas nas últimas provas do Enem

Ano	Física Ondulatória de (Total Questões)	Ondas Mecânicas (Total de Questões)	Percentual (Questões de Ondas) (%)	Percentual (Ondas Mecânicas) (%)
2010	3	1	20	6,7
2011	1	0	6,7	0,0
2012	2	1	13,3	6,7
2013	3	2	20	13,3
2014	5	1	33,3	6,7
2015	6	1	40	6,7
2016	5	3	33,3	20

O som, que é uma onda mecânica gerada de forma harmoniosa, produz belas melodias para nossos ouvidos. As notas musicais associadas às palavras originam músicas que, de alguma forma, podem estimular nossos alunos a se interessarem por estudar o som. Atualmente, as palavras chaves na educação brasileira são a interdisciplinaridade e a contextualização, e a música pode fazer esse elo de comunicação não só com a Física, mas também com outras disciplinas como, por

exemplo, a Matemática, a Filosofia, a História, etc. Propomos o ensino de ondas aproveitando os interesses e os conhecimentos prévios de música dos estudantes, conforme indica a teoria de Ausubel, que será apresentada no capítulo 5.

A ideia principal deste trabalho é apresentar, a partir de experimentos, os fenômenos ondulatórios, principalmente aqueles relacionados às ondas mecânicas, e mostrar que todos eles, com exceção da polarização, aparecem quando o violão é tocado. Organizamos a apresentação de nossa dissertação da seguinte maneira: no Capítulo 2, uma abordagem sobre o violão e também o surgimento da comunicação entre os seres vivos, principalmente entre os seres humanos; no Capítulo 3 a base teórica que norteia nosso trabalho; no Capítulo 4 a música e sua importância nas sociedades grega e brasileira, principalmente; no Capítulo 5 apresentamos algumas teorias sobre aprendizagem, principalmente a de Ausubel, que foi a base usada em nosso trabalho; no Capítulo 6 falamos sobre os fenômenos ondulatórios que serão vistos nos experimentos e roteiros que podem auxiliar aos professores; no Capítulo 7 relatamos a sequência didática empregada na aplicação do produto em salas de aula do Ensino Médio do Colégio Estadual João Alfredo e finalmente, no Capítulo 8 temos sugestões de roteiros para os experimentos, a conclusão e em seguida um apêndice com as considerações finais, analisando algumas tabelas e gráficos.

Capítulo 2

O violão e a comunicação:

“O violão, em sua simplicidade, mesmo quando pinho tosco se cobre de vernizes e arabescos em madrepérola e pedrarias, parece ter sido criado para a linguagem sonora e sincera dos simples; dos que sofrem e se queixam, dos que acreditam na poesia das frases musicais; dos que estão sós e precisam falar consigo mesmo sem parecer que estão loucos; dos que não sabem declarar o seu amor como os demais; dos que precisam fugir à realidade, seca por demais para ser aceita sem um pouco de harmonia...”¹

2.1 – Quanto à origem:

Sua origem não é muito clara. Atualmente, existem duas hipóteses bastante aceitas: a 1ª que o violão seria derivado da khetara grega e a 2ª que seria derivado do alaúde árabe. Ambos os instrumentos foram levados à Península Ibérica. O nome “violão” é usado especificamente no Brasil e em Portugal, ao passo que em outros países é conhecido como guitarra. Foram os portugueses que deram ao instrumento o nome de violão, pois, ao se depararem com a “guitarra” (espanhol), viram que ela era igual à sua viola, sendo apenas um pouco maior. Assim colocaram o nome no aumentativo, ou seja, de “viola” passou a ser chamado de “violão” (BERTAGLIA, 2017).

Ao longo dos séculos, os instrumentos precursores do violão foram gradativamente modificados até o formato atual com 6 cordas. No Brasil, a viola, instrumento de 5 cordas, precursor do violão, foi introduzida pelos jesuítas portugueses, sendo usada na catequese dos índios, juntamente com o canto em grupo, com características do canto orfeônico. O canto orfeônico tem sua origem na França, no início do século XIX, com a criação da primeira sociedade coral chamada Orphéon. Sua finalidade inicial era a “civilização” dos costumes e lazer, ou seja, uma ferramenta importante para auxiliar na construção da identidade da pátria. No Brasil, essa prática começou no início do século XX, com a formação

¹www.raimundofloriano.com.br/views/comentar_Post/beleza-voz-violoes-e-talento-alice-passos-ygggoSwU4T1j9cq08mtS/nazareno-de-brito Acesso em 06/10/2017.

do orfeão das normalistas, na Escola Normal de São Paulo, por João Gomes Júnior, tendo grande influência sobre Heitor Villa-Lobos em seu projeto de educação musical nas escolas.

Segundo Fleury (1991), a confusão entre viola e violão começa em meados do século XIX, quando a viola é usada com a afinação própria do violão. Durante muitos anos, essa confusão persistiu. Nos dias atuais, a viola tornou-se a viola-caipira, instrumento típico do interior do país, e o violão, com sua forma atual, tornou-se um instrumento urbano. No final do século XIX, o violão adquiriu má fama por ser usado basicamente na música popular e pelo povo, sendo considerado um instrumento usado pela “vagabundagem”. A partir de então, o violão foi ocupando cada vez mais espaço. São Paulo e Rio de Janeiro tornaram-se os dois principais centros de seu desenvolvimento. Personagens da sociedade carioca dedicaram-se ao instrumento na tentativa de reerguê-lo. Ao longo dos anos, essa fama foi desfeita com o surgimento de excepcionais instrumentistas; entre eles, João Teixeira Guimarães (1883 – 1947), sobre cuja obra Villa-Lobos dizia, “Bach não teria vergonha de assiná-las como suas”.

2.2– Quanto ao instrumento:

Podemos encontrar vários tipos de violões no mercado. Tal variedade vai desde a quantidade de cordas, do material que é confeccionado (tipo de madeira) e de sua forma. É possível perceber que dois violões diferentes tocando uma música, ou trecho de uma música, soam de forma diferente.

2.3– Quanto à estrutura do violão:

Na história da humanidade, os instrumentos de corda tiveram grande presença. A evolução de um desses instrumentos chegou ao violão de hoje. A configuração moderna e o seu desenho foram confeccionados na Espanha. Ao longo do tempo, este instrumento sofreu grandes evoluções e, hoje em dia, possui uma grande variedade de formatos e tamanhos, cada qual mais apropriado a um estilo de execução musical. A figura 1 mostra as partes de um violão com seus elementos.

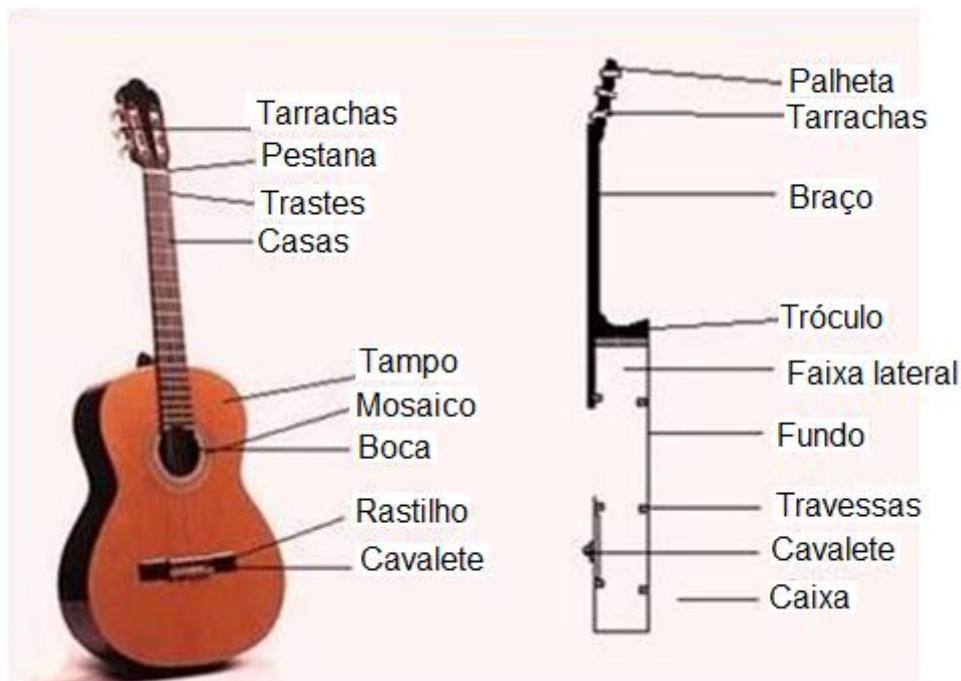


Figura 1 – Corpo de um violão

Disponível em: http://www.oviolao.com.br/partes_de_um_violao.jpg

Acesso em: março de 2107

Cada parte sua tem uma função:

- Palheta ou mão: É geralmente feita da mesma madeira do braço e em alguns casos é entalhada no mesmo bloco de madeira. É fixada na extremidade do braço formando um pequeno ângulo para facilitar o posicionamento das cordas sobre a pestana.
- Pestana: Pequena barra de osso, plástico ou madrepérola, fixada entre o início do braço e a cabeça, com um pequeno sulco para a passagem da corda que permite seu correto posicionamento. Serve para apoiar a corda na extremidade do braço.
- Tarrachas: Têm a finalidade de alcançar a afinação correta, apertando ou afrouxando as cordas, conforme a necessidade.
- Braço: É composto basicamente de uma barra maciça e rígida de madeira fixada ao corpo. Madeiras de grande resistência à tração são preferíveis; as mais usadas são o mogno e o cedro. Em geral, a parte livre do braço é mais curta que a dos instrumentos elétricos, com doze trastes da pestana até a junção com o corpo.

- Trastes: Pequenas barras de metal, montadas sobre o braço, e que definem os pontos exatos em que a corda deve ser dividida para obter cada uma das notas.
- Casas: Indicam exatamente a localização das notas musicais, entre dois trastes, no caso do violão e de outros instrumentos musicais.
- Tróculo: Reforço estrutural que ajuda na fixação do braço ao corpo do violão.
- Tampo: É a principal parte do corpo do violão, onde a sonoridade varia de acordo com tamanho, formato, madeira usada na sua confecção, etc. O tampo é o grande responsável pela sonoridade. Como as cordas são fixadas ao tampo, quando elas vibram todo o tampo vibra solidariamente. Este efeito é responsável pela maior parte da amplificação acústica.
- Boca: Orifício localizado no corpo do violão por onde o som se propaga.
- Mosaico: No ponto de junção entre as faixas laterais e o tampo, um friso é colado como elemento decorativo e também como reforço estrutural do conjunto.
- Cavelete: Usado para fixar as cordas ao corpo. O cavelete possui furos para a fixação das cordas e sobre ele é montado o rastilho.
- Rastilho: Uma barra de osso ou plástico que serve para apoiar e distanciar as cordas do corpo e da escala, além de transmitir a vibração das cordas ao tampo. A escala é uma tira fina, longa e de madeira que é laminada para frente do braço e acima da qual ficam as cordas.

2.4 – A física do violão:

A escolha do violão para o desenvolvimento deste trabalho ocorreu por ser um instrumento barato, de fácil transporte, de bela sonoridade e que é encontrado facilmente entre os jovens. Nas escolas de educação básica, principalmente no Ensino Médio, é comum encontrar grupos de alunos reunidos no pátio em torno de algum outro aluno portando esse instrumento.

O som desse instrumento é emitido por meio de três processos físicos: as ondas transversais estacionárias nas cordas, com o modo fundamental e seus harmônicos (com frequências múltiplas da fundamental); a propagação do som produzido pelas cordas para o corpo de madeira, onde são produzidos os modos ressonantes e, finalmente, a onda sonora propagada no ar que atinge nossos

ouvidos (GRILLO E PEREZ, 2013). A teoria sobre o som será detalhada no Capítulo 3.

2.5– Escalas Musicais:

Para os gregos, a música tinha um papel importante tanto social quanto cultural e também era a forma pela qual se comunicavam com seus deuses. O maior personagem dessa época, em relação à música, foi o filósofo e matemático Pitágoras.

Segundo a lenda, Pitágoras, ao passar diante de uma oficina de ferreiro, percebeu que as batidas de martelos produziam sons agradáveis (consonantes) aos ouvidos. Por intuição, Pitágoras deduziu que isso ocorria devido ao fato de esses martelos terem pesos diferentes. Verificou e encontrou que suas massas possuíam as seguintes relações entre elas, 12, 9, 8 e 6 unidades de medidas e que esses números estavam relacionados com os sons agradáveis. Note-se que o martelo de massa 6 unidades correspondia à metade ($1/2$) do de massa 12 unidades; o martelo de 8 unidades correspondia a dois terços ($2/3$) do martelo de massa 12 unidades e o martelo de 9 unidades correspondia a três quartos ($3/4$) do martelo de 12 unidades.

Pitágoras, então, criou um instrumento rudimentar denominado de monocórdio (ver figura 2), composto de uma única corda presa pelas extremidades a uma tábua, dividida em 12 espaços iguais (como se fosse o martelo de maior massa). Tomou como padrão o som emitido pela corda inteira (presa pelas extremidades). Ele observou que o som produzido pressionando-se metade ($1/2$) da corda era igual ao som da corda solta, porém mais agudo (mais alto, ou seja, de maior frequência) que o som padrão. Da mesma maneira, os sons produzidos pressionando-se a corda em ($2/3$) e ($3/4$) combinavam com o som padrão. Assim, Pitágoras descobriu a relação entre os números e os sons, as notas musicais. A essa relação deu o nome de harmonia musical. Essas notas quando tocadas simultaneamente produziam sons consonantes aos ouvidos.

A partir dessa descoberta, estava formada a primeira escala musical, conhecida como pitagórica. Essa escala formada pelos quatro sons descobertos por Pitágoras representam na escala atual a 1ª, a 4ª, a 5ª e a 8ª. Como

consequência, surgiu o tetracórdio: uma espécie de lira com quatro cordas, cada uma representando uma nota daquela escala.



Figura 2 – Modelo de monocórdio

Disponível em: http://www.pppedmat.ufop.br/arquivos/produtos_2010/Produto_Chrisley.pdf

Acesso em: julho de 2016

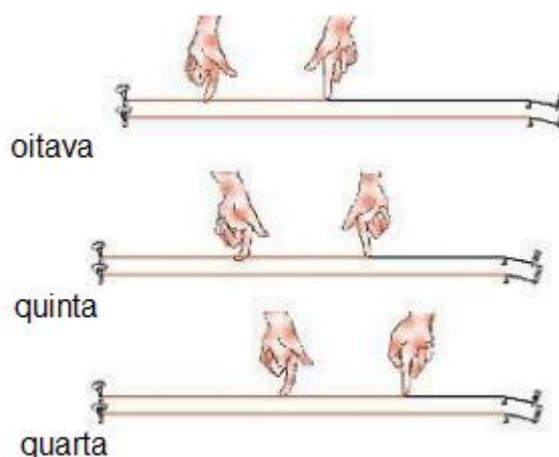


Figura 3 – Representação do monocórdio e da relação entre a fração da corda “selecionada” com o som emitido em cada caso.

Disponível em: <http://www.unifal-mg.edu.br/sspibid/sites/default/files/file/S02754.pdf>

Acesso em: julho de 2016

A figura 3 mostra que, mudando a posição do apoio central, obtemos a fração equivalente à parte da corda “selecionada”. A combinação dessas frações compõe a escala musical que usamos. Por exemplo, ao pressionar a corda no meio, obtemos um som uma oitava acima, no mesmo tom, porém mais agudo, cuja frequência está dobrada em relação à frequência inicial. Hoje, nas músicas do ocidente não usamos a escala pitagórica, mas, sim a escala igualmente

temperada, cuja relação de frequências entre notas sucessivas (intervalo) é constante.

2.6– Comunicação:

O principal “instrumento” de comunicação entre os animais é o som. Acredita-se que a comunicação entre o hominídeo, na idade da Pedra Lascada, começa a partir do momento em que ele começa a viver em pequenos grupos (sociedade dos caçadores e coletores). Por meio de gritos e gestos, procuram demonstrar suas intenções e as indicações de objetos. Com sua evolução, o hominídeo chega ao período paleolítico, conseguindo as primeiras formas articuladas de escrita. Nesse período ele já vive em grupos maiores onde a sociedade está mais estruturada. Para os historiadores, esse período se estende de 500.000 a. C. (paleolítico) até o final da Idade dos Metais (400 a. C.), assim denominada porque o homem começou a utilizar o cobre, o ferro e o bronze no seu dia a dia. No final da Idade dos Metais, o homem une a pictografia (ideias e objetos representados por desenhos) com os ideogramas (expressão das ideias sem o som) e as sílabas, formando palavras que juntas (letras ou sinais alfabéticos, correlacionados com a escrita e a voz humana), representam graficamente a fala (MOTA E BRAICK, 1997).

A partir desse momento o homem não parou de evoluir até chegarmos aos dias de hoje, onde temos várias maneiras de nos comunicar, mas ressaltando que o som é a mais importante forma de comunicação entre os homens, pela conversa ou pela música; esta então pode propiciar ao homem várias formas de satisfação.

2.7 – Comunicação entre os animais:

Entre os animais existem diversas formas de comunicação, dentre elas destacamos três: química, gestual e sonora.

- Comunicação Química: O feromônio é uma substância química liberada por insetos ou animais que afetam o comportamento de outros da mesma espécie. Existem muitas formas de feromônios que podem ser excretados como, por

exemplo, aqueles que alertam sobre o perigo; que avisam onde está a comida e aqueles que ajudam animais e insetos a encontrar um parceiro. Esses feromônios podem ser captados por meio do olfato ou da superfície do corpo.

Exemplo: As abelhas produzem vários tipos de feromônios. Numa colmeia existe apenas uma rainha. Isso acontece porque ela secreta uma substância que impede o desenvolvimento ovariano das outras abelhas operárias, mantendo-as estéreis, propiciando à abelha rainha o acasalamento com os zangões e, conseqüentemente, a manutenção da colmeia.

- Comunicação Gestual: Por meio de gestos a mensagem enviada pode ser compreendida sem a necessidade da emissão de um único som. Nos mamíferos, animais vertebrados, a face é uma região que contém mais músculos individuais e com grandes terminações nervosas, o que faz com que essa região seja responsável por grande parte da comunicação gestual. Os invertebrados, por possuírem um sistema nervoso menos desenvolvido que os vertebrados, se comunicam por meio do movimento do corpo, numa espécie de “balé de informações”.

Exemplo: Para fabricar o mel, as abelhas operárias saem em busca do pólen das flores dos arredores. Para que possam se deslocar, onde se encontram os mais produtivos agrupamentos de flores, algumas abelhas operárias são enviadas para explorarem o local. Após encontrarem, retornam à colmeia e realizam uma espécie de “dança” e assim comunicam a direção exata onde se encontram as flores.

Cabe registrar, em relação a várias aves, que, no período de acasalamento, o macho realiza uma série de movimentos com o corpo para atrair a atenção da fêmea. Caso consiga êxito, a fêmea se junta a ele nessa “dança” que pode durar várias horas, dependendo da espécie.

- Comunicação sonora: O som proporciona a comunicação entre os seres vivos (animais racionais e irracionais) por meio de mensagens precisas. Os animais quando emitem um som, seja através de um latido, de um rugido, de cantos ou de um som agudo, mandam uma mensagem concreta que é percebida por

outro de sua espécie, porém somente a espécie humana apresenta linguagem formada por sons complexos.

Para o som ser percebido pelo aparelho auditivo do ser humano, ele deve ter uma frequência compreendida entre 20 Hz e 20.000 Hz, aproximadamente. Sons abaixo de 20 Hz (infrassom) e acima de 20.000 Hz (ultrassom) não são captados pelo ouvido humano. Existem muitos animais que são capazes de emitir e captar ultrassons, o que permite sua comunicação e, também, sua orientação. Os exemplos mais conhecidos são os golfinhos, que utilizam sons para se comunicar e os morcegos que o utilizam como meio de orientação.

Exemplo: Os morcegos emitem ultrassons durante o voo que, ao colidirem diferentes obstáculos, sofrem o fenômeno de reflexão. O animal recebe o eco (som refletido nos obstáculos), cuja intensidade é menor que a emissão. Em função da diferença de intensidade, o morcego é capaz de detectar onde se encontra o obstáculo e, assim, conseguir se desviar. Também utiliza o mesmo método para se alimentar (MAGNO, 2017).

O som é uma onda mecânica que pode proporcionar aos seres humanos alegria, prazer, satisfação, etc. Uma dessas maneiras consiste na música instrumental ou cantada.

Capítulo 3

Base Teórica

3.1 – ONDAS

Onda é a propagação da energia gerada por uma perturbação que se desloca de um ponto a outro, sem transporte de matéria.

Quanto à natureza as ondas são classificadas em mecânicas e eletromagnéticas.

- Mecânica

É a onda que se propaga somente em meios materiais e necessita, para a propagação, da vibração dos pontos do meio.

Exemplos: Onda sonora, ondas em cordas, ondas na superfície da água.

- Eletromagnética

É a onda que se propaga em meios transparentes e translúcidos e também no vácuo. Essa onda não vibra os pontos do meio.

Exemplos: Luz, ondas de rádio.

Quanto ao tipo as ondas são classificadas em longitudinal, transversal e de torção.

- Longitudinal

A direção de propagação coincide com a direção de vibração dos pontos do meio (ver figura 4).

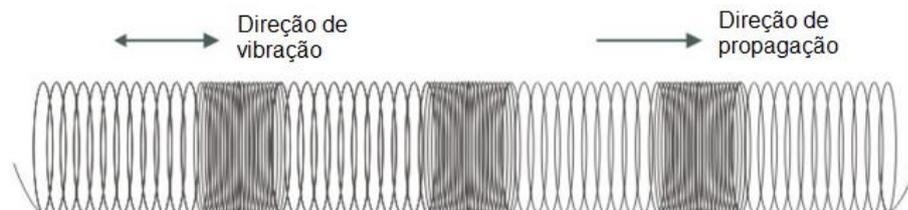


Figura 4 – Onda longitudinal

Disponível em: <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2010/11/resolucao-de-preparando-se-para-as.html>

Acesso em: julho de 2016

- Transversal

A direção de propagação é perpendicular à direção de vibração dos pontos do meio (ver figura 5).

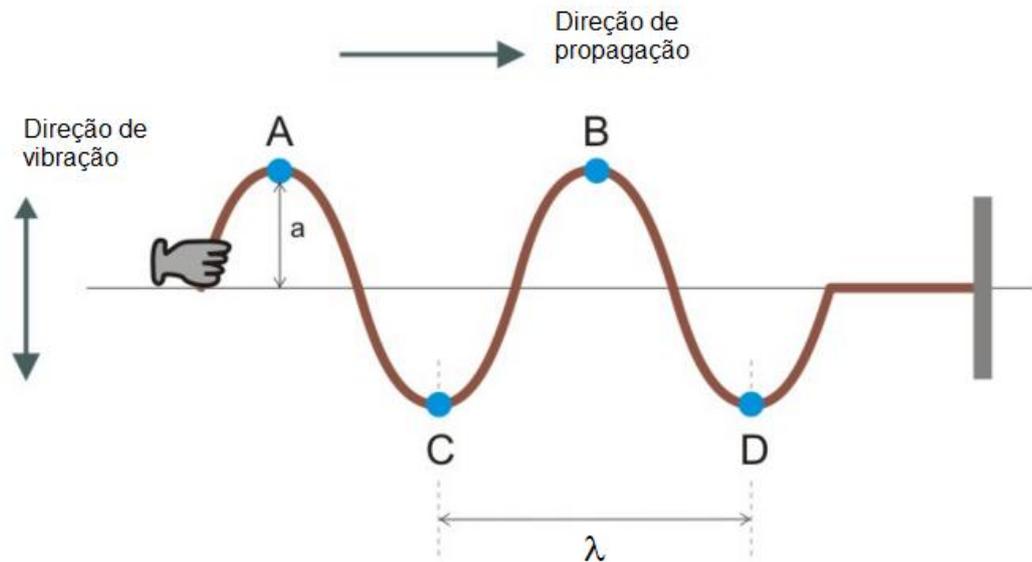


Figura 5 – Onda transversal

Disponível em: <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2010/11/resolucao-de-preparando-se-para-as.html>

Acesso em: julho de 2016

- Torção

A onda de torção é gerada a partir do movimento de rotação de uma corda.

Quanto à forma de propagação, as ondas são classificadas em Unidimensional, Bidimensional e Tridimensional.

- Unidimensional

Onda que se desloca numa única direção, como as ondas produzidas na corda de um violão.

- Bidimensional

Onda que se propaga numa superfície, como as ondas produzidas na superfície de uma piscina ou na membrana de um tambor.

- Tridimensional

Onda que se propaga no espaço, ou seja, em todas as direções, como as ondas sonoras.

Na figura 5 temos a representação gráfica e os componentes de uma onda.

- Amplitude (a)

É a medida do máximo afastamento dos pontos do meio, tanto para cima quanto para baixo, em relação à linha central da onda.

- Crista

É a posição de máximo dos pontos da onda para cima da linha central. Na figura 5 corresponde aos pontos A e B onde está localizada a amplitude.

- Vale ou Depressão

É a posição de máximo dos pontos da onda para baixo da linha central. Na figura 5 corresponde aos pontos C e D, também está localizado na posição onde ocorre a amplitude.

- Comprimento de onda (λ)

É a distância que a onda percorre num intervalo de tempo correspondente ao período. Distância compreendida entre duas cristas consecutivas ou dois vales consecutivos. A unidade no Sistema Internacional (SI) é o metro (m).

- Período (T)

É o intervalo de tempo necessário para formar uma onda, ou seja, o intervalo de tempo para que um comprimento de onda passe por determinado ponto do meio. A unidade de período no SI é o segundo (s).

- Frequência (f)

Corresponde ao número (n) de ondas formadas num determinado intervalo de tempo (Δt), ou seja, o número de ondas que passam por um ponto do meio, na unidade de tempo. Sua unidade no SI é o Hertz (Hz).

As grandezas período e frequência se relacionam através da expressão:

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

Equação Fundamental da Onda

$$V = \frac{\textit{distância percorrida}}{\textit{tempo gasto}} \rightarrow V = \frac{\lambda}{T} \quad (\text{eq. 1})$$

Substituindo na eq. 1

$$f = \frac{1}{T}$$

Encontramos

$$V = \lambda f \quad (\text{eq. 2})$$

onde: V = velocidade de propagação da onda

λ = comprimento de onda

T = período

f = frequência

A eq. 2 representa a velocidade de fase para qualquer tipo de onda (longitudinal, transversal ou de torção). Essa velocidade não depende das propriedades da onda, mas sim das propriedades do meio.

3.2 – Som:

O som pode ser definido como uma variação da pressão ambiente detectável pelo sistema auditivo dos seres vivos. Ao nível do mar, a menor variação de pressão ambiente detectável pelo sistema auditivo é denominada *limiar de audibilidade* enquanto a que pode provocar dor, *limiar da dor*. O sistema auditivo dos seres humanos é capaz de perceber os sons compreendidos entre 20 Hz e 20 kHz. Sons

com frequência inferior a 20 Hz são denominados de infrassons e, acima de 20 kHz, ultrassons.

Estruturas vibrantes como um diapasão perturbam ciclicamente as moléculas do ar ao seu redor, gerando localmente compressão e rarefação, (figura 6), o que provoca variação de pressão e, conseqüentemente, o som. O som é produzido quando a amplitude da vibração da pressão ambiente é maior que o limiar de audibilidade, e quando o período de variação da pressão ambiente estiver dentro da faixa de frequência de áudio. Somente a perturbação gerada pelo diapasão vai sendo transmitida de molécula para molécula através dos choques, não havendo deslocamento destas moléculas da região próxima do diapasão. Essa perturbação é denominada de *onda sonora*. A velocidade com que a onda sonora se desloca depende do meio em que ela se propaga. No ar, à temperatura ambiente, essa velocidade é da ordem de 340 m/s.

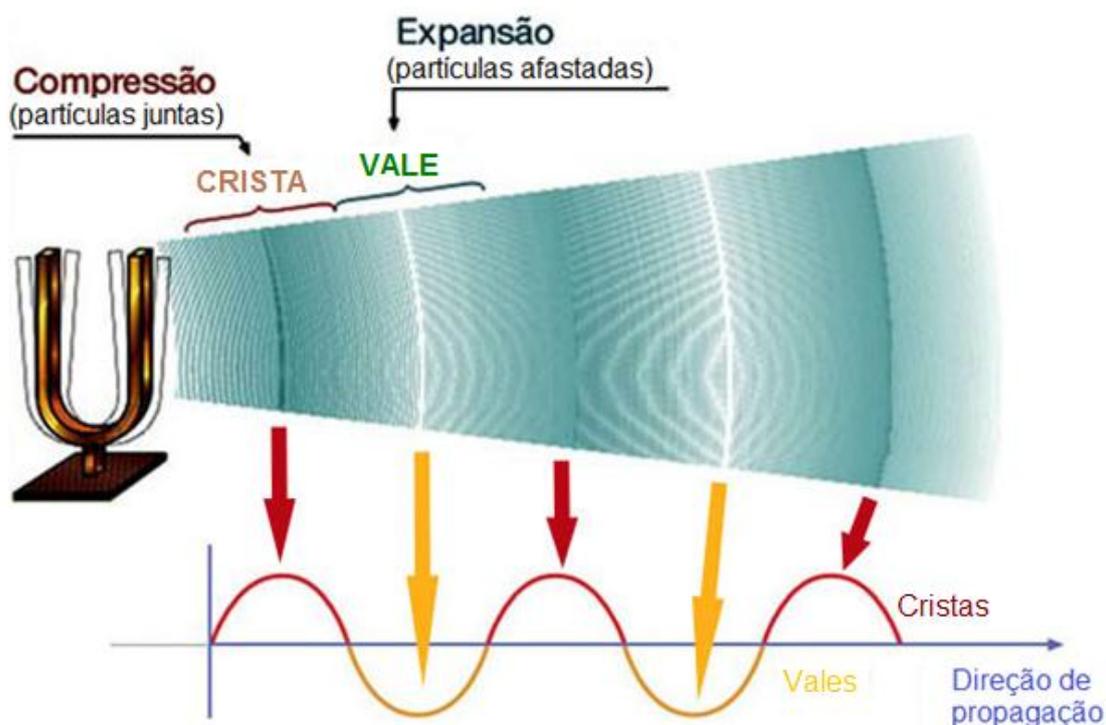


Figura 6 – Som produzido por um diapasão

Disponível em: <http://fisicaemantonio.blogspot.com/2012/12/conceito-de-onda-o-som-tal-como-luz-ou.html>

Acesso em: junho de 2017

A figura 6 representa um diapasão vibrando e produzindo uma onda sonora, cuja representação gráfica, está logo abaixo da onda produzida pelo diapasão. As regiões onde as moléculas (partículas) estão muito próximas umas das outras representam, no gráfico, as cristas enquanto, as regiões em branco onde as moléculas estão mais afastadas, os vales.

- Qualidades fisiológicas do som

Os sons podem ser distinguidos por suas qualidades fisiológicas (aquelas em que o ouvido humano normal é capaz de percebê-las) que são: altura, intensidade, timbre e duração, que estão relacionadas às diferentes propriedades das ondas sonoras.

Altura

É a qualidade pela qual o ouvido humano consegue distinguir os sons agudos dos sons graves. Em termos físicos, essa qualidade está relacionada com a frequência fundamental de vibração do som, isto é, da sua velocidade. Os sons graves possuem baixa frequência enquanto os agudos, alta frequência. Geralmente, o som emitido pela voz do homem é grave e o da mulher, agudo.

Intensidade sonora

É a qualidade por meio da qual se distingue o som forte do som fraco. Em termos físicos, relacionamos essa qualidade com a amplitude do som, ou seja, com a energia que ele transporta por unidade de área. Assim, para uma fonte sonora de potência P , a intensidade I da onda em um ponto distante d da fonte é a razão entre essa potência e a área A da esfera de raio d com o centro na fonte, cuja unidade no Sistema Internacional é W/m^2 . A intensidade de uma onda é proporcional ao quadrado de sua amplitude. No caso da onda sonora, um dos parâmetros que expressa a amplitude é dado pela diferença entre uma região de compressão (ou de rarefação) máxima e a pressão atmosférica normal.

$$I = \frac{P}{A} \quad (\text{eq. 3})$$

A unidade mínima audível para um ser humano é de 10^{-12} W/m². Esse valor é denominado I_0 . Uma grandeza associada à intensidade é o nível de intensidade sonora, para o qual usamos uma unidade adimensional denominada Bel, em homenagem a Alexander Graham Bell, mas na prática se usa o decibel (dB).

A escala de níveis de intensidade sonora é definida por:

$$NIS = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right) \text{ dB} \quad (\text{eq. 4})$$

Timbre

É a qualidade que distingue dois sons de mesma altura e intensidade. Essa qualidade permite distinguir dois sons de diferentes instrumentos, mesmo que eles estejam produzindo a mesma nota musical. Geralmente quando se afina um instrumento musical usa-se o diapasão, pois ele produz uma onda sonora pura, ou seja, associada a uma única frequência. Já os instrumentos musicais produzem ondas complexas, que resultam da superposição do modo fundamental com um conjunto de harmônicos superiores. O conjunto e a intensidade desses harmônicos diferem de um instrumento para outro e definem o timbre do instrumento.

Duração

Esta qualidade do som é muito importante, porém é muitas vezes esquecida como, por exemplo, na maioria dos livros didáticos adotados no Ensino Médio em nosso país.

É a extensão de um som. É determinada pelo tempo de emissão das vibrações. Em uma música as notas possuem tempos diferentes e são representadas por figuras diferentes: semibreve, mínima, semínima, colcheia, semicolcheia, fusa e semifusa. Os tempos de silêncio também possuem diferentes durações e são representados pelas pausas referentes a cada figura.

A duração do som é importante também para a proteção da saúde humana. Conforme podemos ver na tabela 2 de limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente da NR 15 (Norma Regulamentadora 15), o som que prejudica os seres humanos depende da intensidade e também da sua duração.

As normas reguladoras (NR), em geral, tratam do conjunto de requisitos e procedimentos relativos à segurança e medicina do trabalho, de caráter obrigatório

às empresas públicas ou privadas que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT). Especificamente, a NR-15 descreve as atividades, as operações e agentes insalubres, sendo elas qualquer tipo de ambiente que possa vir a oferecer algum risco para saúde dos trabalhadores, em nosso caso, a exposição ao som quanto à duração e à intensidade do som a que o trabalhador fica exposto.

A tabela 2 informa o tempo de exposição que o trabalhador pode ficar submetido para cada fonte sonora, dependendo de sua intensidade. O tempo de exposição acima da duração permitida poderá trazer danos irreparáveis à saúde desse trabalhador. Isso serve de alerta para nossos alunos, pois é muito frequente, por parte deles, o uso diário de fones de ouvidos.

Tabela 2 – Valores de limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Abaixo estão listados os 7 (sete) procedimentos que as empresas devem observar para que seus empregados não sejam prejudicados em sua saúde, devido ao tempo de exposição ao som.

1. Entende-se por ruído contínuo ou intermitente, para os fins de aplicação de limites de tolerância, o ruído que não seja ruído de impacto.

O limite de tolerância é a concentração máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante sua vida laboral. Já o ruído de impacto é aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 (um) segundo, a intervalos superiores a 1 (um) segundo (por exemplo: martelagem, bate-estaca, tiros e explosões, etc.)

2. Os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibéis (dB) com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (SLOW). As leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador.
3. Os tempos de exposição aos níveis de ruído não devem exceder os limites de tolerância fixados, conforme tabela 2.
4. Para os valores encontrados de nível de ruído intermediário será considerada a máxima exposição diária permissível relativa ao nível imediatamente mais elevado.
5. Não é permitida exposição a níveis de ruído acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos.
6. Se durante a jornada de trabalho ocorrer dois ou mais períodos de exposição a ruído de diferentes níveis, devem ser considerados os seus efeitos combinados, de forma que, se a soma das seguintes frações

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \quad (\text{eq. 5})$$

exceder a unidade, a exposição estará acima do limite de tolerância.

Na expressão 5, C_n indica o tempo total que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico, e T_n indica a máxima exposição diária permissível a este nível, segundo tabela 2.

7. As atividades ou operações que exponham os trabalhadores a níveis de ruído, contínuo ou intermitente, superiores a 115 dB(A), sem proteção adequada, oferecerão risco grave e iminente.

Capítulo 4

A Música na Sociedade e o Ensino de Física

A música pode constituir-se em um instrumento didático valiosíssimo para uma aprendizagem interdisciplinar e significativa. A educação na Idade Média denominada escolástica era a filosofia ensinada nas escolas da época pelos professores chamados de escolásticos. As sete artes liberais eram as matérias ensinadas, compostas do *trivium* (gramática, retórica e dialética) cuja função era desenvolver a expressão da linguagem, ou seja, a capacidade de o ser humano se comunicar, e do *quadrivium* (aritmética, geometria, astronomia e música), voltado para o estudo da matéria. Cada componente do *trivium* e do *quadrivium* tinha funções definidas. As do *quadrivium* eram: a aritmética com a teoria dos números; a música com a aplicação da teoria dos números; a geometria com a teoria do espaço e a astronomia com a aplicação da teoria do espaço.

Na Grécia Antiga, a música desempenhava papel importante na sociedade, fazendo parte da educação regular, bem como animava os festejos públicos, e também era usada como motivadora para os guerreiros nas batalhas. O estudo da música era a descrição matemática e filosófica de como o universo era construído, com os astros vibrando em conjunto, denominado de “harmonia das esferas”. Para os gregos a música refletia a harmonia cósmica.

No Brasil, a educação musical foi trazida pelos jesuítas, no início do século XV, com a finalidade de catequizar os habitantes locais, principalmente os índios, ao cristianismo. Com o objetivo de incentivar os alunos, os jesuítas usavam o canto em grupo, com características do canto orfeônico. Para Almeida (1942),

A música que os Jesuítas trouxeram era simples e singela, as linhas puras do cantochoão, cujos acentos comoviam os indígenas. [...] Havia uma influência indefinível e instintiva que atuava sobre a sensibilidade grosseira dos índios, naqueles cantos e naqueles hinos que lhes pareciam vozes celestiais, alguma coisa de extático e sobrenatural. (ALMEIDA, 1942, p.285).

Depois de 200 anos de atividades no Brasil, os jesuítas foram expulsos e tiveram seus colégios fechados. As reformas implantadas pelo Marquês de Pombal

deram pouco enfoque à educação musical. Com a chegada da Família Real, a música tornou-se, novamente, mais valorizada, pois a vida cultural da corte se intensificou. Assim, a educação musical nas escolas retoma seu lugar de destaque, devido ao apoio de D. João VI. Passada a euforia inicial pela chegada da Família Real, a música passou por altos e baixos até meados de 1930, quando o canto orfeônico, por intermédio de Villa-Lobos, tornou-se mais visível, espalhando-se por todo o país. No governo de Getúlio Vargas, o canto orfeônico tornou-se disciplina obrigatória em todas as escolas secundárias do Distrito Federal. Como descreve Cherñavsky (2003)

Villa-Lobos foi convidado pelo então secretário de Educação do Estado do Rio de Janeiro, Anísio Teixeira, para organizar e dirigir a Superintendência de Educação Musical e Artística (SEMA). Sua missão: ensinar a população a ouvir a moderna música brasileira. Uma das primeiras iniciativas tomadas pelo músico foi introduzir o canto orfeônico em todas as escolas públicas e particulares, de primeiro e segundo graus, do Distrito Federal. A experiência logo começou a ganhar força em São Paulo e ser reproduzida em novos estados, chamando a atenção de Getúlio, que havia assumido a Presidência da República pela primeira vez em 1930. Quando convidado pelo ministro da Educação de Getúlio, Gustavo Capanema, para integrar a Pasta, Villa-Lobos estendeu a sua experiência para o restante do País. (CHERÑAVSKY, 2003, p.3).

Através da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB 4.024/61), o canto orfeônico foi substituído pela Educação Musical. Com a promulgação da Lei 5.692, em 1971, que instituiu a obrigatoriedade do ensino das artes em uma disciplina única denominada Educação Artística, a música vai sendo afastada gradativamente da educação básica brasileira. Na elaboração da lei 5.692/71 (reforma do ensino de primeiro e segundo graus) constatam-se algumas influências, como a forte relação da educação com o mercado de trabalho, a racionalização do sistema educacional, a formação profissional no Ensino Médio, então 2º grau, e a reciclagem para atender à flexibilidade da mão de obra.

Para Amato (2006), faz-se relevante conhecer o passado do ensino de música nas escolas regulares e a situação em que este se encontra atualmente, no intuito de fornecer subsídios para a reflexão e o debate acerca de novas propostas

da educação musical na Educação Básica, já que, a partir da música, podem-se desenvolver as habilidades artísticas de todos os que têm acesso a essa linguagem na escola, disseminando-as para a comunidade.

Em 2008, foi sancionada pelo Presidente da República a Lei que obriga o ensino de Música nas escolas de Educação Básica do Brasil. Para Snyders (1992),

O ensino da música pode dar um impulso exemplar à interdisciplinaridade, fazendo vibrar o belo em áreas escolares cada vez mais extensas e que [...] para alguns alunos é a partir da beleza da música, da alegria proporcionada pela beleza musical, tão frequentemente presente em suas vidas de outra forma, que sentirão a beleza na literatura, o misto de beleza e verdade existente na matemática, o misto de beleza e eficácia que há nas ciências e nas técnicas. (SNYDERS, 1992, p.135).

Conforme os PCN's (2000), a interdisciplinaridade é a palavra chave para a Educação Básica. Graças a ela, várias disciplinas são interligadas proporcionando uma melhor compreensão dos fenômenos que acontecem diariamente. A música pode ser usada para fazer a ligação entre as diversas disciplinas ensinadas no Ensino Médio como, por exemplo, a Matemática, a História, a Filosofia e a Física. A Lei 9.394 indica que a interdisciplinaridade deve ser aplicada no nível médio, conforme texto abaixo.

A Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, denominada Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), 9ª edição, estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Foi atualizada em 20/5/2014, tendo como presidente da mesa da Câmara dos Deputados, o Sr. Henrique Eduardo Alves. Segundo o deputado Henrique Eduardo, no texto são encontradas as disposições sobre a organização da educação escolar; as responsabilidades dos entes federados, das escolas, dos pais e dos educadores; os níveis e modalidades de ensino; os requisitos para a formação e a valorização do magistério; e o financiamento da educação. O conhecimento da LDB é fundamental para que a educação seja compreendida como direito de todo cidadão brasileiro, desde a creche até os níveis mais avançados da formação superior. A acessibilidade é uma questão de justiça e uma marca de política pública de sociedades democráticas.

Na seção IV da LDB que trata do Ensino Médio, temos os artigos 35 e 36 que dizem:

Art. 35. O Ensino Médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Art. 36. O currículo do Ensino Médio observará o disposto na Seção I deste capítulo e as seguintes diretrizes:

I – destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;

II – adotará metodologias de ensino e de avaliação que estimulem a iniciativa dos estudantes;

III – será incluída uma língua estrangeira moderna, como disciplina obrigatória, escolhida pela comunidade escolar, e uma segunda, em caráter optativo, dentro das disponibilidades da instituição;

IV – serão incluídas a Filosofia e a Sociologia como disciplinas obrigatórias em todas as séries do Ensino Médio.

§ 1º Os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação serão organizados de tal forma que ao final do ensino médio o educando demonstre:

I – domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna;

II – conhecimento das formas contemporâneas de linguagem;

§ 3º Os cursos do ensino médio terão equivalência legal e habilitarão ao prosseguimento de estudos.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 2000) têm como função a elaboração ou a revisão dos currículos dos Estados e Municípios, aproveitando as propostas e experiências já existentes, incentivando a discussão pedagógica interna das escolas e a elaboração de projetos educativos, bem como servindo de material de reflexão para a prática de professores. No que se refere ao Ensino Médio, eles procuram relacionar as competências indicadas na Base Nacional Comum. Estão organizados em três grandes áreas: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias (Língua Portuguesa, Literatura, Línguas Estrangeiras, Artes, Educação Física e Informática); Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (Física, Biologia, Química e Matemática); Ciências Humanas e suas Tecnologias (Filosofia, Geografia, História e Sociologia). Especificamente na área de Ciências da Natureza e Matemática, pretendem explicitar as habilidades básicas e as competências específicas dessas disciplinas nos alunos manifestando a busca pela interdisciplinaridade, a contextualização e suas relações com o cotidiano deles, propiciando um aprendizado útil à vida e ao trabalho no futuro. O grande objetivo a se alcançar com os PCN é a interdisciplinaridade e a contextualização entre todos os temas e disciplinas.

Os PCN+ (2006) são as orientações educacionais complementares para cada uma das áreas de conhecimento. Eles sinalizam um conjunto de práticas educativas e de organização dos currículos, estabelecendo temas estruturadores do ensino disciplinar na área. Esses temas possuem como objetivo desenvolver as competências e habilidades dos estudantes de maneira interdisciplinar e contextualizada.

Segundo Ricardo (2003), eles apresentam como objetivo central:

[...] proporcionar uma possibilidade de organização escolar, dentro de cada área de conhecimento, buscando esclarecer formas de articulação entre as competências gerais e os conhecimentos de cada disciplina em potencial. Para isso, oferecem ainda um conjunto de temas estruturadores da ação pedagógica. (RICARDO, 2003, p.9)

As Orientações Educacionais Complementares, especificamente em Física, mostram caminhos para a concretização destas propostas, assinalando as competências que devem ser privilegiadas levando em conta os objetivos desejados, os temas estruturadores que articulam as competências e habilidades, para que dessa forma ocorra a organização do trabalho escolar, e se estabeleçam estratégias para a ação.

É muito comum ouvirmos em sala de aula o aluno dizer que a Física é muito difícil de aprender, pois na maioria das vezes o que ele faz é a correspondência entre a Física e a Matemática, ou seja, se o estudante tem facilidade com a Matemática, certamente aprenderá Física facilmente, mas, se for o contrário, ele a rechaça de antemão, mesmo que ainda não tenha nenhum contato com qualquer assunto ligado a ela. Isso ocorre devido à excessiva “matematização” das aulas. Para o entendimento dos conceitos físicos, não precisamos dela. De acordo com Ricardo (2007),

[...] os alunos atribuem à Matemática apenas o papel de instrumento das demais disciplinas científicas e consideram-na ausente de significado. [...] essa impressão contamina a visão que alguns alunos têm da Física, em especial aqueles que não gostam desta disciplina justamente porque contêm cálculos. (RICARDO, 2007, p.255).

Nossos estudantes, na maioria das vezes, principalmente das escolas públicas, não conseguem observar a relação que a Física tem em suas vidas, pois a disciplina é apresentada com base somente no formalismo matemático sem a preocupação com os conceitos físicos e a contextualização, ou seja, sem que tais conceitos sejam relacionados com o dia a dia das pessoas. Dessa forma, de acordo com Brasil (2000) estimular a contextualização seria a forma de facilitar a percepção do aprendizado da disciplina Física, e não no momento posterior ao seu aprendizado. De acordo com Gleiser (2000),

Ensinar Física não é fácil. Aprender é menos ainda. [...] o ensino de Física deve sempre expressar sua característica mais fundamental. Física é um processo de descoberta do mundo natural e de suas propriedades, uma apropriação desse mundo através de uma linguagem que nós, humanos, podemos compreender. (GLEISER, 2000, p.4).

Uma dessas linguagens, e que facilitaria bastante o aprendizado, seria a da experimentação. Através de experimentos, nossos alunos poderiam vivenciar, em sala de aula, muitos fatos corriqueiros de seu cotidiano e que, para eles, não têm explicação. Outro fato relevante é que muito desses experimentos poderiam facilitar o trabalho realizado pelas pessoas próximas, como, por exemplo, familiares e amigos, ocasionando um aprendizado significativo e que poderia ser disseminado para outros.

Conforme os PCN+, que são as orientações complementares para o Ensino Médio (Brasil, 2006):

Partimos da premissa de que no ensino médio não se pretende formar físicos. O ensino dessa disciplina destina-se principalmente àqueles que não serão físicos e terão na escola uma das poucas oportunidades de acesso formal a esse conhecimento. Há de se reconhecer, então, dois aspectos do ensino da Física na escola: a Física como cultura e como possibilidade de compreensão do mundo. (BRASIL, 2006, p.53).

Assim, ao mostrarmos aos nossos alunos que a Física faz parte do seu dia a dia, estamos abrangendo os dois aspectos (cultura e compreensão do mundo) para o ensino dessa disciplina nas salas de aula, ou seja, tornando a aprendizagem significativa, conforme a teoria de Ausubel, que será apresentada no capítulo 5. E isso se torna mais concreto se aliarmos os experimentos.

Capítulo 5

Teorias de Aprendizagem

Segundo Brandão (2001)

Ninguém escapa da educação. Em casa, na rua, na igreja ou na escola, de um modo ou de muitos todos nós envolvemos pedaços da vida com ela: para aprender, para ensinar, para aprender-e-ensinar. Para saber, para fazer, para ser ou para conviver, todos os dias misturamos a vida com a educação (Brandão, 2001, p.7).

Tomando como ponto de partida a educação na escola para alunos do Ensino Médio, foram escolhidas as teorias de Ausubel, Gardner e Sokoloff, pois acreditamos que as três estão inseridas no contexto do nosso trabalho. A teoria de Ausubel é importante neste trabalho porque partimos do pressuposto que os alunos, quando chegam ao Ensino Médio, trazem consigo uma bagagem de conhecimento que, com os novos saberes adquiridos os ajudarão na sua vida acadêmica e social. A teoria de Gardner aqui também é importante, pois os seres humanos são dotados de diversas faculdades mentais, dentre elas a musical, que faz parte do tema de nosso trabalho e, finalmente, a teoria de Sokoloff, que é a metodologia da aprendizagem ativa onde os alunos ficam mais envolvidos no processo ensino-aprendizagem, e isso é conseguido através dos experimentos que, na maioria das vezes, são realizados em grupos, o que ajuda na integração dos alunos entre si e, também, com o professor.

5.1 – Ausubel:

O pesquisador norte-americano David Paul Ausubel (1918 – 2008) ficou famoso por propor o conceito da aprendizagem significativa, que considera que “quanto mais sabemos, mais aprendemos”. Para ele, a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação se relaciona com a estrutura cognitiva do aprendiz de maneira não arbitrária (com algum conhecimento específico que o aluno carrega consigo, ao qual Ausubel chama de subsunçores) e substantiva.

A teoria de Ausubel propõe que os conhecimentos já adquiridos pelos estudantes sejam valorizados para que possam, com os novos saberes adquiridos,

constituir uma aprendizagem prazerosa e, principalmente, relevante na sua formação acadêmica e cidadã. Segundo Ausubel, a aprendizagem é significativa à medida que novos conteúdos sejam incorporados aos já existentes nos alunos e, dessa forma, contribuam para seu crescimento como pessoa. Caso contrário, ela se torna mecânica ou repetitiva, pois a incorporação desses novos conteúdos não produz nenhum ou quase nenhum significado, sendo armazenado isoladamente na estrutura cognitiva. Segundo Santos (2008):

A verdadeira aprendizagem se dá quando o aluno (re)constrói o conhecimento e forma conceitos sólidos sobre o mundo, o que vai possibilitar-lhe agir e reagir diante da realidade. [...], com a convicção e com o respaldo do mundo que nos cerca, que não há mais espaço para a repetição automática, para a falta de contextualização e para a aprendizagem que não seja significativa. (SANTOS, 2008, p.73)

Ensinar sem levar em consideração o conhecimento que o aluno detém é como “secar gelo”, pois o novo conhecimento não será absorvido já que não terá como se ancorar (subsunçores), mesmo que se tenha preparado a melhor aula. Para a pesquisadora do ensino de Ciências e Biologia da Fundação Osvaldo Cruz (Fiocruz), no Rio de Janeiro, Evelyse dos Santos Lemos, a aprendizagem significativa somente é possível quando um novo conhecimento se relaciona de forma substantiva e não arbitrária a outro já existente. Para que essa relação ocorra, é preciso que exista uma predisposição para aprender. Ao mesmo tempo, é necessária uma situação de ensino potencialmente significativa, planejada pelo professor, que leve em conta o contexto no qual o estudante está inserido e o uso social do objeto a ser estudado. Fica claro que o conhecimento prévio é fundamental para a aprendizagem significativa (LEMOS, 2011).

Quando propomos o uso do violão como laboratório para o ensino de ondas mecânicas, nós estamos indo ao encontro das ideias de Ausubel. Mesmo que o número de alunos que saiba tocar violão seja pequeno, eles possuem os subsunçores necessários para mobilizar os outros estudantes fazendo com que o ambiente seja favorável aos seus colegas que não dominam a técnica do uso do instrumento. Os estudantes que não sabem tocar o instrumento, ainda assim, têm

familiaridade com o violão, o que já representa um subsunçor. Nesse trabalho, usamos a teoria da Ausubel como o modelo teórico principal adotado.

5.2 – Gardner:

Outra teoria importante é a de Howard Gardner, nascido em 1943 na Pensilvânia, EUA, sobre múltiplas inteligências. Usamos em nosso trabalho também essa teoria como auxiliar à Teoria de Ausubel. Segundo Gardner, os seres humanos são dotados de diversas faculdades mentais relativamente autônomas, num total de oito: a linguística (domina as palavras, sabendo como explorá-las); lógico-matemática (confronta e avalia objetos e abstrações e discerne suas relações e princípios subjacentes); espacial (compreende o mundo visual de forma minuciosa, transforma e modifica percepções e recria experiências visuais mesmo sem estímulo físico); corporal-cinestésica (controla e orquestra os movimentos do corpo e maneja objetos facilmente); pessoal (determina com precisão humores, sentimentos e outros estados mentais – inteligência intrapessoal – e em outros – interpessoal – e usa a informação como guia de comportamento); naturalista (reconhece e organiza objetos naturais); existencial (aprende as questões fundamentais da existência e pondera a respeito delas) e a musical (competente não só para compor e executar obras com intensidade, ritmo e timbre, mas também para ouvir e discernir). Para ele ainda existem outros tipos de inteligências que não são enumeradas por causa de suas complexidades, dificultando definições apropriadas e satisfatórias em relação às já evidenciadas e definidas. Para Gardner, o conjunto de inteligências possui três significados distintos: a caracterização geral das capacidades humanas (que busca o que é genérico e singular na inteligência), o exame de diferenças individuais em relação a um traço de interesse (os perfis de inteligência são diferentes entre os indivíduos) e como se realiza uma tarefa por indivíduos (estilos diferentes de se fazer a mesma tarefa). Para o psicólogo, essa teoria pode ser útil na educação, pois poderá efetivamente explorar o potencial de cada aluno, em vez de considerar a capacidade intelectual, de um ou outro aluno (GARDNER, 2008).

Gardner ainda afirma que essas inteligências apresentam-se de duas formas. Algumas pessoas já nascem com determinadas inteligências, ou seja, a genética contribui. Porém, as experiências vividas também contribuem para o desenvolvimento de determinadas inteligências. Os estímulos e o ambiente social

são importantes no desenvolvimento de determinadas inteligências. Um exemplo interessante é o caso de uma pessoa ter nascido com uma inteligência musical, porém se as condições ambientais (escola, família, região onde mora) não oferecerem estímulos para o desenvolvimento das capacidades musicais, dificilmente este indivíduo será um músico.

Neste aspecto a escola pode ser um disseminador desses estímulos, pois muitos de nossos alunos frequentam as aulas levando vários tipos de instrumentos musicais principalmente o violão. Com incentivo, e apresentando os conteúdos de acústica, de uma maneira lúdica, o que é a nossa proposta, isso pode se constituir num fator preponderante para nossos estudantes darem um salto de qualidade em suas vidas e, por efeito dominó, na sua comunidade familiar e, também, na localidade em que mora.

5.3 – Aprendizagem Ativa:

Outra teoria interessante, que também usamos como auxiliar é a Metodologia da Aprendizagem Ativa. Aprendizagem ativa é um método de ensino que se esforça para envolver mais diretamente os alunos no processo de aprendizagem. As nossas aulas expositivas, com falas tradicionais sobre determinado conteúdo e a expectativa de seu entendimento pelo aluno, simplesmente, pelo meio da escuta, acontecem frequentemente no Ensino Médio. Normalmente nessas aulas, o professor fala sobre uma teoria enquanto os alunos escutam passivamente e, dificilmente, interferem. Dessa forma, não havendo a participação direta do aluno, a absorção do conhecimento fica mais difícil. Para o professor americano Mel Silberman (1942 – 2010), apenas ver e ouvir um conteúdo de maneira passiva não é suficiente para absorvê-lo; o conteúdo e as competências devem ser discutidos e experimentados para se chegar ao ponto em que o aluno, em conjunto com seus pares, possa falar sobre o assunto dominado (MORA, 2008). Nas aulas onde se usa a Metodologia da Aprendizagem Ativa, o aprendizado acontece muito mais na articulação transversal entre os alunos, enquanto o professor é um facilitador da discussão e propositor de desafios. Em um esquema simplificado, pode-se perceber o que é absorvido nas várias maneiras de lecionar: aula (5%), leitura (10%), demonstração (30%), grupos de discussão (50%), prática (75%) e transmissão de ensino os outros (80%) (LIMA, 2016).

O Professor de Física, David R. Sokoloff é professor emérito na Universidade de Oregon. Durante mais de duas décadas, ele conduziu pesquisas sobre os entendimentos dos alunos sobre física e usou os resultados dessa pesquisa para desenvolver abordagens de aprendizagem ativas a fim de melhorar a compreensão do aluno em cursos introdutórios de Física. Esses novos currículos – que foram desenvolvidos com os colegas Ronald Thornton e Priscilla Laws – incluem os quatro módulos de Real Time Physics: Active Learning Laboratories (RTP) e Interactive Lecture Demonstrations (ILDs), ambos publicados por John Wiley and Sons. Estes currículos fazem uso intensivo de ferramentas de laboratório baseadas em computador para a coleta e análise de dados; foram desenvolvidos com o apoio da National Science Foundation e do Departamento de Educação dos EUA e são usados extensivamente na universidade, faculdade e escolas de Ensino Médio.

Por meio de discussões prévias sobre os fenômenos físicos presentes no violão, podemos identificar os conhecimentos prévios dos alunos (Ausubel), as capacidades principais (Gardner) e assim promover uma aprendizagem ativa, principalmente com a realização dos experimentos (Sokoloff).

Capítulo 6

Fenômenos Ondulatórios

6.1 – Reflexão em corda

A onda se propaga em um meio, atinge um obstáculo e retorna para o meio no qual estava se propagando. Portanto sua velocidade, sua frequência e o seu comprimento de onda permanecem constantes.

Em uma corda esse fenômeno pode ocorrer tendo a onda inversão de fase ou não. Isso depende de a extremidade ser fixa ou livre onde a onda se reflete.

Extremidade da Corda Fixa:

Para simplificar a análise, vamos considerar apenas o pulso (parte superior da onda) se propagando na corda, como mostra a figura 7.

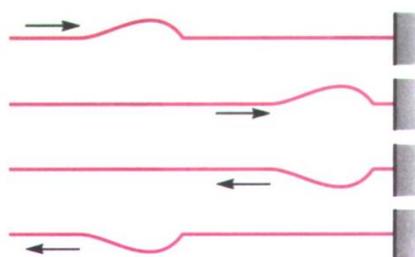


Figura 7 – Pulso em corda com extremidade fixa

Disponível em: <http://www.fisicaevestibular.com.br/onda3html>

Acesso em: julho de 2016

Devido à lei da ação-reação, o pulso ao tocar o obstáculo recebe uma força deste, em sentido contrário, que provoca inversão de sua fase.

Extremidade da Corda Livre:

A figura 8 mostra o mesmo pulso se propagando na corda que possui a sua extremidade livre. Desta forma, não existem forças trocadas entre a corda e o obstáculo. Sendo assim, o pulso é refletido sem que ocorra inversão de fase.

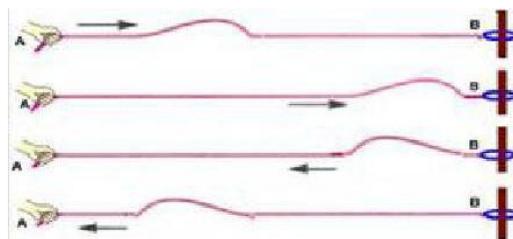


Figura 8 – Pulso em corda com extremidade livre

Disponível em: <http://www.fisicaevestibular.com.br/onda3html>

Acesso em: julho de 2016

6.2 – Refração em cordas

Ocorre quando a onda passa de um meio para outro com densidades diferentes. Nessa passagem tanto a velocidade quanto o comprimento de onda variam. A frequência da onda permanece constante, pois ela depende da fonte que emite a onda enquanto a velocidade e o comprimento de onda dependem do meio. A figura 9 mostra uma onda se propagando de uma corda menos densa para outra mais densa:

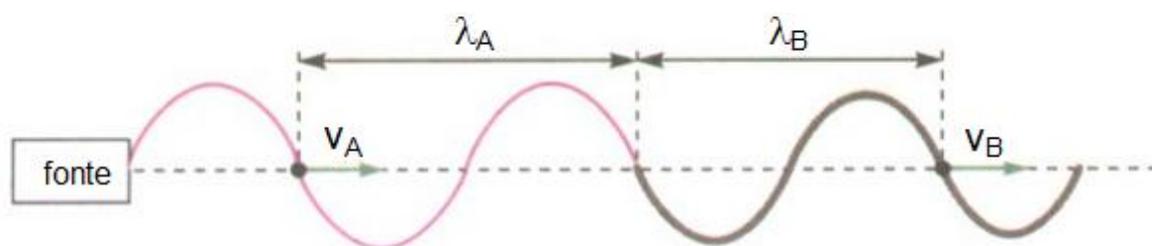


Figura 9 – Onda se propagando de uma corda para outra com densidades diferentes.

Disponível em: <http://ww2.unime.it/weblab/awardarchivio/ondulatoria/ondas.htm>

Acesso em: julho de 2016

A experiência mostra que suas frequências permanecem constantes. Assim, pela equação de onda, temos:

$$f_A = f_B \rightarrow \frac{v_A}{\lambda_A} = \frac{v_B}{\lambda_B} \quad (\text{eq. 6})$$

Pela equação 6, válida também para ondas bidimensionais e tridimensionais, percebemos que tanto a velocidade quanto o comprimento de onda variam com a

mudança do meio de propagação, ou seja, quando a onda passa da corda menos densa para a corda mais densa, a velocidade e o comprimento de onda diminuem. Do contrário, tanto a velocidade quanto o comprimento de onda aumentam. A figura 10 mostra duas situações distintas. Na figura 10a, o pulso incide da corda menos densa para a corda mais densa. No instante em que o pulso passa de uma corda para outra, parte da energia do pulso incidente é refratada e outra parte é refletida, ocorrendo simultaneamente os dois fenômenos (reflexão e refração). O pulso refletido sofre inversão de fase, mas, como o meio é o mesmo, ele mantém sua velocidade e seu comprimento de onda. O pulso refratado mantém a mesma fase, porém seu comprimento de onda e sua velocidade diminuem. As amplitudes do pulso refletido como a do pulso refratado são menores que a do pulso incidente. A figura 10b indica o pulso se propagando da corda mais densa para a corda menos densa. Neste caso, parte da energia do pulso incidente é refratada e outra parte é refletida. O pulso refletido conserva a sua fase, seu comprimento de onda e sua velocidade enquanto o pulso refratado aumenta tanto sua velocidade quanto seu comprimento de onda. Novamente, as amplitudes do pulso refletido como a do pulso refratado são menores que a do pulso incidente.

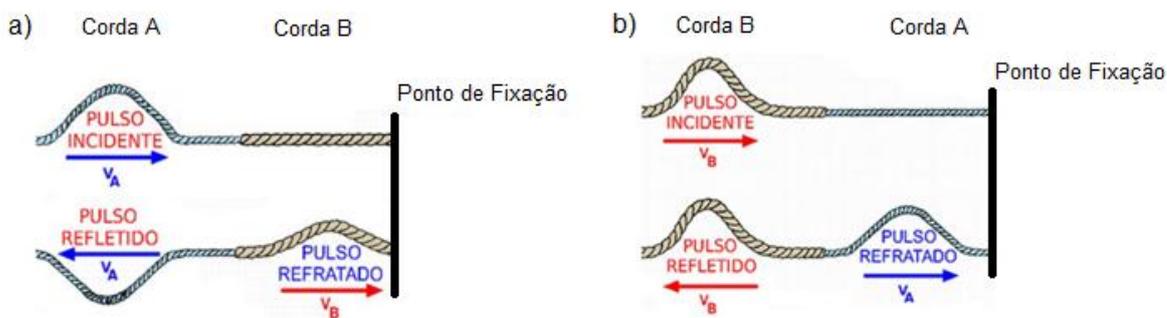


Figura 10 – Refração em cordas

Disponível em: <http://pt.slideshare.net/samara.brito/fenomenos-ondulatrios-52904274>

Acesso em: julho de 2016

6.3 – Difração

É a capacidade que uma onda tem de contornar obstáculos (ver figura 11). O efeito de difração é observado para todos os tipos de ondas. Nas condições rotineiras raramente observamos a difração da onda eletromagnética (luz). Entretanto, a difração das ondas sonoras é de fácil verificação. O som contorna

obstáculos tais como as mobílias de uma sala e preenchem todo o ambiente de maneira mais ou menos uniforme. Esta diferença observada entre a difração das ondas sonoras e ondas luminosas é devida à diferença entre os respectivos comprimentos de onda.

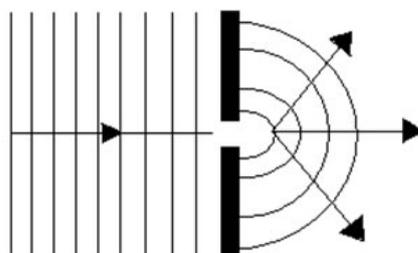


Figura 11 – Difração

Disponível em: <http://alunosonline.uol.com.br/fisica/difracao.html>

Acesso em: julho de 2016

6.4 – Polarização

A polarização acontece apenas com ondas transversais não ocorrendo com ondas longitudinais. Portanto, a onda sonora não pode ser polarizada. A luz por ser uma onda transversal poderá ser polarizada, porém, ao olharmos diretamente para uma luz polarizada e outra não polarizada, não seremos capazes de identificar nenhuma diferença. Se tivermos um material polarizador (como o material usado em óculos especiais de cinemas), seremos capazes de identificar a polarização linear, que é a mais simples. Para isso basta girar o polarizador em torno de seu eixo perpendicular a sua superfície: se a intensidade da luz transmitida variar, então a luz é polarizada. Normalmente utilizamos luzes não polarizadas.

Quando uma onda tridimensional (o campo elétrico pode variar em todas as direções) passa por um polarizador linear, torna-se bidimensional, ou seja, sua vibração acontece em um plano, variando de sentido numa mesma direção. Se colocarmos mais um polarizador, perpendicular àquele já existente, a onda desaparecerá por completo (ver figura 12). As ondas longitudinais não podem ser polarizadas, pois a direção de vibração coincide com a direção de propagação.

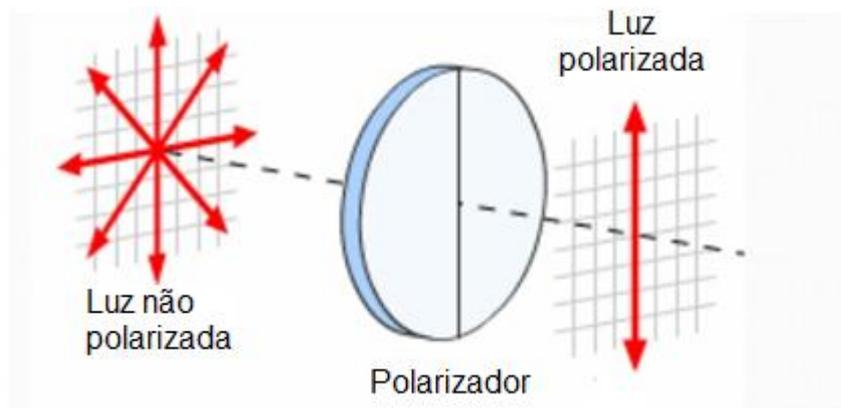


Figura 12 – Polarização da luz

Disponível em: <http://pt.slideshare.net/MarceloC2/polarizacao-da-luz-matematizando-a-luz-fisica>

Acesso em: julho de 2016

Na figura 12 o polarizador funciona como uma fenda permitindo que a luz passe somente em um plano.

6.5 – Interferência

Quando duas ondas se superpõem, com concordância de fase ou oposição de fases, temos um fenômeno denominado de interferência construtiva ou destrutiva. A interferência é o fenômeno resultante da superposição de duas ou mais ondas. Sendo a superposição de ondas com mesma fase, ocorre um aumento na amplitude da onda resultante, e essa interferência é chamada de construtiva. Tendo fases opostas, a interferência é denominada destrutiva. No caso de ondas estacionárias (ondas que possuem um padrão de vibração estacionário), o ponto de interferência construtiva denomina-se ventre e o ponto de interferência destrutiva denomina-se nó ou nodo. Para que dois pontos se encontrem em concordância de fase, eles devem estar separados por um número inteiro de comprimentos de onda (1λ ; 2λ ; 3λ ;...). Para que eles se encontrem em oposição de fase, deverão estar separados por um número ímpar de meio comprimento de onda ($1.\frac{\lambda}{2}$; $3.\frac{\lambda}{2}$; $5.\frac{\lambda}{2}$;...).

Na figura 13 temos a interferência em uma dimensão. A primeira imagem mostra dois pulsos, de mesma fase, se propagando em sentidos opostos. No momento da superposição ocorre o aumento da amplitude e, logo a seguir, os pulsos voltam a ter suas formas originais. A segunda imagem mostra os pulsos em oposição de fase e, no instante da superposição, a aniquilação de sua amplitude (os

pulsos possuem amplitudes iguais) e depois da superposição com suas amplitudes originais.

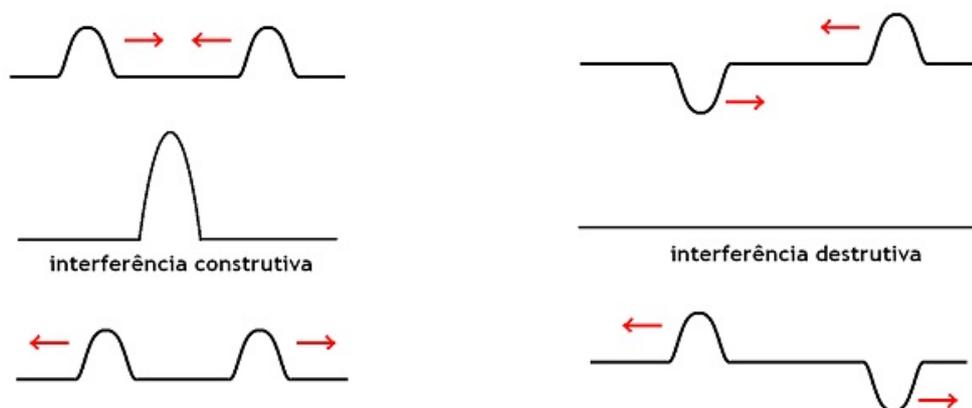


Figura 13 – Interferência em 1 dimensão

Disponível em: <http://tudodeconcursossevestibulares.blogspot.com.br/2014>

Acesso em: julho de 2016

- Ondas estacionárias

As ondas estacionárias formam-se a partir da superposição de duas ondas idênticas, ou seja, que possuem o mesmo comprimento de onda, a mesma frequência, a mesma amplitude, a mesma direção, porém os sentidos opostos. Podem ocorrer, por exemplo, no espaço, como é o caso das ondas sonoras (ondas longitudinais) em tubos fechados ou abertos e, também, em cordas (ondas transversais) que estejam com as extremidades fixas. Neste caso, esse tipo de onda é caracterizado por pontos fixos de valor zero, denominados nós ou nodos, e pontos de máximos, também denominados antinodos ou ventres. As ondas estacionárias são formadas pela soma de uma onda e de sua reflexão.

Para analisarmos o conceito de onda estacionária, vamos considerar uma corda esticada no eixo x com sua extremidade fixa no ponto 0 . Uma onda transversal é produzida na corda, propagando-se no sentido contrário ao da orientação do eixo x . No ponto 0 , a onda sofre reflexão com inversão de fase, pois essa extremidade está fixa, retornando no sentido do eixo x , como mostra a figura 14.

Quando existe um movimento oscilatório harmônico simples, o deslocamento $y_n(x,t)$ de cada ponto da onda pode ser descrito por uma equação geral do tipo:

$$y_n(x,t) = A_n(x)\text{sen}(\omega_n t + \varphi_n) \quad (\text{eq. 7})$$

onde:

$A_n(x)$ é a amplitude, que depende da posição x do elemento.

ω_a é a velocidade angular (dada em radiano por segundo)

φ_n é a constante de fase e

t é a variável tempo

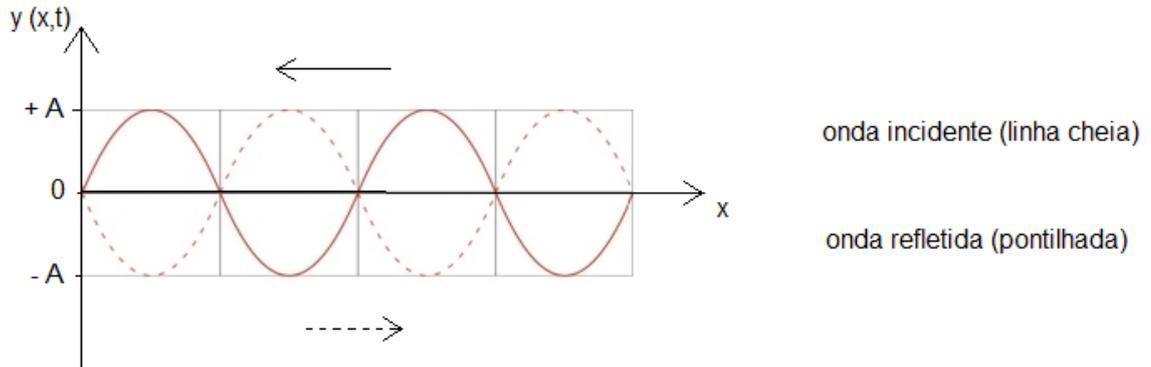


Figura 14 – Onda incidente e onda refletida

Disponível em: <http://www.portalsaofrancisco.com.br>

Acesso em: julho de 2016

Assim, as equações da onda incidente e da onda refletida são respectivamente:

$$y_i(x,t) = A \text{ sen}(\omega t + kx) \quad (\text{eq. 8})$$

$$y_r(x,t) = A \text{ sen}(-\omega t + kx) \quad (\text{eq. 9})$$

Pelo princípio de superposição, o deslocamento de qualquer partícula da corda em um dado instante é a soma vetorial dos deslocamentos que seriam produzidos por cada onda individual (equações 8 e 9). Logo:

$$y(x,t) = y_i + y_r \rightarrow y(x,t) = A \text{ sen}(\omega t + kx) + A \text{ sen}(-\omega t + kx) \quad (\text{eq. 10})$$

Da matemática, especificamente da trigonometria, podemos escrever a seguinte equação:

$$\text{sen}A + \text{sen}B = 2 \text{sen}\left(\frac{A+B}{2}\right)\text{cos}\left(\frac{A-B}{2}\right) \quad (\text{eq. 11})$$

Então:

$$y(x,t) = 2A \text{sen}(kx)\text{cos}(\omega t) \quad (\text{eq. 12})$$

Por esta equação vemos que, na onda estacionária, cada ponto da onda oscila em movimento harmônico simples ou permanece em repouso (nós) e que dois pontos da onda que não sejam nós oscilam defasados de 180° ou em fase.

Sendo o violão o nosso principal objeto de estudo, podemos analisar as ondas estacionárias que surgem quando tocado, tendo as duas extremidades fixas. Fazendo vibrar uma das cordas do violão, com pequena amplitude, são produzidas ondas estacionárias para certas frequências de excitação. As frequências que geram esse comportamento são chamadas de frequência de ressonância, cuja menor recebe o nome de frequência fundamental e produz um padrão de onda estacionária denominada de modo fundamental ou primeiro harmônico.

O fator $\text{cos}(\omega t)$ indica que todas as partículas da corda descrevem movimentos harmônicos simples com a mesma frequência $f = \omega/2\pi$ e o outro fator $2A \text{sen}(kx)$ indica que a amplitude do movimento harmônico simples de cada partícula depende da sua posição ao longo do eixo x .

Na figura 15 vamos considerar uma das cordas, de um violão, de comprimento L e cujas extremidades estão fixas, uma em $x = 0$ e a outra em $x = L$. Assim, temos $y(L,t) = 0$ para qualquer valor de t .

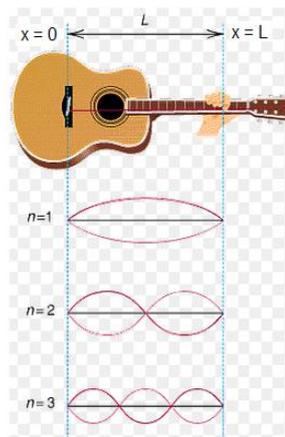


Figura 15 – Onda em uma corda de violão

Disponível em: <http://busaoespacial.blogspot.com.br/2013/07/noco-es-basicas-de-fisica-na-musica.html>

Acesso em: julho de 2016

A equação 12 que descreve a onda estacionária fica na forma:

$$y(L,t) = 2A \sin(kL)\cos(\omega t) = 0$$

Analisando a expressão, temos:

$\sin(kL) = 0$, que é verdadeira para:

$kL = n\pi$ ($n = 0, 1, 2, 3, \dots, \infty$). Como $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, temos:

$\lambda = \frac{2L}{n}$ ($n = 1, 2, 3, \dots, \infty$). Essa expressão fornece os comprimentos de onda das ondas estacionárias que podem ser estabelecidas numa corda de comprimento L com as duas extremidades fixas. As frequências e as posições dos nós correspondentes são dadas por:

$$f = \left(\frac{v}{2L}\right)n \quad (\text{eq. 13})$$

Dessa maneira a onda estacionária correspondente ao modo fundamental possui dois nós (primeiro harmônico), com $n = 1$. O modo seguinte, com $n = 2$, equivale a $\lambda = L$, que terá então 3 nós. Para $n = 3$ temos $\lambda = 2L/3$, com 4 nós, e assim sucessivamente.

Concluimos que em uma onda estacionária as partículas do meio executam um movimento harmônico simples, com as amplitudes dependendo das suas posições. As partículas cujas posições correspondem aos nós permanecem em repouso no referencial adotado. Como não existe fluxo de energia pelos nós, logo não há fluxo de energia pelo meio, ou seja, cada partícula executa seu movimento harmônico simples sem ganhar ou perder energia das partículas vizinhas. As ondas estacionárias tanto podem ser transversais como longitudinais (caso do som).

6.6 – Ressonância

Todo sistema físico apresenta uma ou mais frequências naturais de vibração. Consequentemente, quando o sistema oscila livremente, ele o faz com uma de suas frequências naturais.

Quando este sistema fica submetido a uma série periódica de impulsos que possuem frequências que coincidem com uma de suas naturais, ocorre um aumento gradativo na sua amplitude de oscilação, ou seja, a energia absorvida vai sendo armazenada. Esse fenômeno recebe o nome de ressonância.

Um exemplo é o violão que possui um compartimento, chamado “caixa de ressonância” onde o ar ali contido ressoa com as mesmas frequências da corda tocada, produzindo o som que ouvimos. Já a guitarra elétrica não possui essa “caixa de ressonância”. Esse efeito é conseguido por meio de recursos eletrônicos.

6.7 – Batimento

Quando duas ondas sonoras, com frequências muito próximas, chegam simultaneamente em nossos ouvidos, sentimos que o som resultante aumenta e diminui alternadamente, ou seja, é um som pulsado. Esse fenômeno é conhecido como batimento e tal resultado se deve à interferência construtiva e destrutiva de duas ondas quando ficam em fase e em oposição de fase. A frequência do batimento vai diminuindo até se anular, o que ocorre quando os dois sons se igualam. A frequência do batimento é igual à diferença entre as frequências.

Capítulo 7

Aplicação do produto

Público alvo da Pesquisa:

O público-alvo é de estudantes da rede pública do Ensino Médio Regular, com idades entre 15 e 18 anos, pertencentes às 2ª e 3ª séries.

Local das Atividades:

O local escolhido para colocarmos em prática o nosso produto foi o Colégio Estadual João Alfredo, fundado em 1875, localizado no bairro de Vila Isabel, na cidade do Rio de Janeiro. Esse colégio centenário atende estudantes oriundos de diversos bairros da zona norte, zona oeste, zona da Leopoldina e, também, da Baixada Fluminense. A maioria de seus alunos provém da rede municipal de ensino. Nesse colégio, como na maioria das escolas que fazem parte da rede estadual de ensino, temos graves deficiências estruturais como, por exemplo, falta de materiais e aparelhagem, falta de locais adequados às práticas acadêmicas (laboratórios), falta de tempo para planejamento e número insuficiente de aulas na grade curricular de cada série (no caso da disciplina Física apenas duas aulas semanais).

Sobre o Produto:

O produto desta é um conjunto de 8 vídeos contendo experimentos, cujos endereços na internet são:

<https://youtube.com/watch?v=cmkdSNsVyE8> (Ondas);

<https://youtube.com/watch?v=pPBVL6hhFgl> (Ondas transversal e longitudinal);

<https://youtube.com/watch?v=oAea0Mz9OEw> (Reflexão);

<https://youtube.com/watch?v=l49i2G2jqpA> (Refração);

<https://youtube.com/watch?v=uxeHXj5VPwl> (Interferência);

<https://youtube.com/watch?v=mxuxcXYik2E> (Polarização);

<https://youtube.com/watch?v=EWIA7hGpqLE> (Ressonância);

<https://youtube.com/watch?v=UGmRXq5zKZQ> (Batimento).

Para facilitar o uso do produto, sugerimos um roteiro para o professor (próximo capítulo) contendo as práticas abordadas no vídeo e perguntas que poderão ser utilizadas durante as aulas.

O vídeo contém os seguintes experimentos:

- Reflexão em cordas (com e sem inversão de fase);
- Refração em cordas;
- Interferência (ondas estacionárias em cordas);
- Ressonância;
- Batimento;
- Polarização;
- Tipos de ondas (longitudinais, transversais e de torção);
- Energia transportada por uma onda sendo convertida em energia cinética.

Metodologia

O produto em questão foi apresentado para três turmas da 2ª série do ensino médio do Colégio Estadual João Alfredo, num total de 70 alunos. Vale ressaltar, como já lembramos anteriormente, que o conteúdo “Ondas Mecânicas” não faz parte do currículo do Estado do Rio de Janeiro, mesmo sendo de grande importância, já que é a base para a Acústica, e que, nos últimos anos, vem caindo com frequência no Enem (Exame Nacional do Ensino Médio), conforme citado no Capítulo 1 (Introdução).

No início da primeira aula sobre ondas, com duração de 50 minutos, foi perguntado aos alunos o que eles entendiam por onda e solicitado que exemplificassem. O intuito era procurar pelos subsunçores dos alunos, conforme teoria de Ausubel citada no item 5.1. Foi solicitado que cada um deles anotasse a sua resposta. A seguir, foi apresentado o vídeo, na parte sobre os tipos de ondas, e a própria definição de onda, bem como seus elementos (comprimento de onda, amplitude, crista, vale), período, frequência e a equação de onda. Para terminar a aula o professor repetiu as mesmas perguntas do início, pedindo aos estudantes que comparassem suas respostas daquele momento com as anteriores. Podemos considerar que o método usado é semelhante com o do professor David R. Sokoloff (Aprendizagem Ativa), já que desenvolvemos, também, atividades de debates com os alunos de acordo com o método do professor Sokoloff.

A segunda aula, com duração de 50 minutos, foi iniciada pedindo-se aos alunos que falassem sobre reflexão ondulatória. A seguir, deu-se início à explicação da teoria geral sobre reflexão ondulatória e, também, sobre reflexão ondulatória com e sem inversão de fase. Foi proposto que explicassem com suas palavras o que entenderam sobre a teoria. Percebeu-se pelas respostas que os alunos assimilaram bem o conceito geral de reflexão, mas a parte que envolvia a reflexão com e sem inversão de fase, não. Com a apresentação do vídeo mostrando como ocorrem as reflexões, os princípios físicos ficaram bem claros para cada um deles (conforme pode ser visto no apêndice – questão 3 – tabela 4 e gráficos). A seguir, com os materiais, os alunos reproduziram os experimentos.

Na terceira aula, sobre refração ondulatória, com duração também de 50 minutos, após a explicação da parte conceitual, foi apresentado o vídeo por mim preparado sobre o fenômeno. Dessa forma, foi possível que os alunos percebessem o fenômeno, pois eles visualizaram a diferença entre os comprimentos de onda nas duas cordas de densidades diferentes. Esse experimento foi demonstrado apenas no vídeo.

As aulas quatro e cinco aconteceram em dias diferentes. Na primeira etapa, o professor apresentou o conceito de interferência e, aproveitando o vídeo sobre reflexão ondulatória com e sem inversão de fase, pôde explicar com naturalidade a interferência mostrando quando é construtiva e quando é destrutiva. Assim, a seguir, os alunos responderam ao questionamento sobre os pontos nó e ventre, ou seja, quais os tipos de interferência ocorreram nesses pontos. Logo depois, foi exibido o mesmo vídeo, agora, a parte contendo o fenômeno de interferência nas ondas estacionárias.

Em outro dia, a aula cinco foi retomada a partir desse ponto. Novamente foi apresentado o vídeo exibido na aula quatro sobre ondas estacionárias e os alunos foram questionados sobre o surgimento dos harmônicos à medida que eram colocadas massas no copo, para aumentar a tensão no fio (experiência demonstrada no vídeo). A partir desse momento, foi apresentada a teoria sobre ondas estacionárias em cordas, com a demonstração da equação que relaciona a velocidade de propagação da onda com a tensão no fio, a equação de Taylor.

Na aula seis, com o auxílio de um “mixer”, os alunos reproduziram o experimento sobre ondas estacionárias, contido no vídeo, e calcularam o valor da

velocidade de propagação da onda na corda. Esse momento foi interessante, pois os alunos calcularam a velocidade da onda usando as duas equações (a da velocidade da onda em função do comprimento de onda e da frequência e a de Taylor) e, depois, compararam os dois resultados.

Os experimentos sobre polarização, ressonância e batimento foram apresentados numa única aula, com duração de 50 minutos. A estratégia utilizada pelo professor foi a seguinte: primeiro a explicação conceitual do fenômeno; a seguir, a apresentação do vídeo e, em terceiro lugar, a reprodução do fenômeno pelos alunos e, por fim, alguns questionamentos sobre o que eles compreenderam. Para reforçar, principalmente o fenômeno de ressonância, e mostrar o poder da absorção da energia, foi apresentado o vídeo sobre a queda da ponte de Tacoma Narrows, nos Estados Unidos, em 1940. Este acontecimento ocorreu devido a um colapso gerado por fortes ventos. “Vale ressaltar que a Ponte Tacoma Narrows não caiu devido ao fenômeno de ressonância, mas sim por outros fatores para os quais, neste trabalho, não cabe explicação devido a sua complexidade. O objetivo principal da citação da ponte é fazer com que o aluno perceba que com a absorção de energia, a amplitude de oscilação aumenta.” A Ponte de Tacoma sempre balançava, porém nesse dia o vento atingiu uma velocidade de aproximadamente 65 km/h; isto começou a gerar movimentos de torção, levando a estrutura a colapsar. Esse vídeo deixou os alunos tão impressionados que alguns chegaram a duvidar do conteúdo que ele apresentava. Isso foi muito bom, pois deu a oportunidade ao professor comentar, o trabalho realizado pela COPPE (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, na ponte Presidente Costa e Silva, popularmente conhecida como Ponte Rio-Niterói, exatamente para permitir que a ponte se mantivesse aberta mesmo com rajadas de ventos com velocidade acima de 60 km/h. Todos os três fenômenos apresentados foram reproduzidos pelos alunos usando-se os materiais de baixo custo disponibilizados.

Na última aula, com duração de 50 minutos, foi usado o violão como nosso laboratório portátil. Com ele foi possível mostrar aos alunos todos os experimentos realizados nas aulas, com exceção do fenômeno de polarização, que não ocorre no violão. Esse instrumento tornou a aula mais dinâmica e “leve”, pois os alunos demonstraram grande interesse em adquirir mais conhecimento sobre a física

envolvida. Com o uso de um programa de espectroscopia (usamos o Gram 10) conseguiu-se uma integração entre os alunos, e essa aproximação entre os alunos permitiu, por exemplo, verificar aqueles que eram afinados. Isso tornou a aula mais interessante, pois eles concluíram que aquilo que aprenderam fazia parte do seu dia a dia.

A sequência utilizada na apresentação do produto foi escolhida pelo professor. Nada impede que ela seja modificada por outro professor na utilização deste produto. A grande vantagem é que num único vídeo são apresentados todos os fenômenos que envolvem as Ondas Mecânicas. Outro fator importante é que este produto pode ser usado por professores durante ou na preparação das aulas. Como a carga horária da disciplina é pequena, o professor para ganhar tempo, poderá pedir aos alunos que assistam ao vídeo em casa para depois, em sala de aula, discutir os fenômenos.

Capítulo 8

Sugestão de Roteiros dos Experimentos

8.1 – Formas de propagação das Ondas:

Primeiro encontro: duração de 2 tempos-aula ou 100 minutos.

Neste primeiro encontro, o professor promoverá uma discussão tendo como tema central a propagação de ondas, que posteriormente será vista no “violão”, que será o objeto principal e o nosso laboratório de estudo. O mestre começará fazendo algumas perguntas para promover o debate entre os alunos, objetivando a apresentação dos fenômenos que serão abordados como, por exemplo, a reflexão ondulatória, a ressonância ondulatória, etc. Logo a seguir, deverá apresentar as ondas que podem ter natureza Mecânica e Eletromagnética, definindo cada uma e promovendo uma discussão, procurando incentivar seus alunos a dar exemplos de cada uma e mostrando que elas fazem parte de seu dia a dia. Em seguida, deverá informar que o curso trabalhará apenas as ondas mecânicas.

Na sequência, deverão ser definidos para os alunos os três tipos de ondas (longitudinal, transversal e as de torção), bem como suas classificações. Neste momento, o professor deverá, com o auxílio de molas e elásticos, mostrar experimentalmente os três tipos de ondas, incentivando seus alunos a participarem dos experimentos. (Duração sugerida: 50 minutos).

Os materiais a serem utilizados serão: mola maluca, corda, espiral de apostila, elásticos, garrafas “pet” e gesso. No CD que acompanha o material estão os experimentos que poderão ser realizados.

Os outros 50 minutos deverão ser utilizados para o professor apresentar a representação gráfica e os elementos das ondas (comprimento de onda, amplitude, crista, vale), definindo os conceitos de período e frequência e a relação entre eles, até chegar à equação de propagação da onda (eq. 2, p.16):

$$v = \lambda f \quad (\text{eq. 2})$$

Roteiro do primeiro experimento:

Propagação das Ondas

Introdução

As ondas podem ser eletromagnéticas ou mecânicas. São muito diferentes, porém podem ser expressas na mesma forma matemática. Todas as ondas possuem comprimento de onda, período temporal (chamado normalmente apenas período), período espacial (comprimento de onda), amplitude e velocidade. As ondas estão presentes no nosso dia a dia em uma infinidade de ocasiões: ouvimos as ondas sonoras, vemos as ondas do mar, vemos a luz, sentimos o calor das ondas infravermelhas, etc. Nosso interesse aqui são as ondas mecânicas, principalmente as sonoras.

Entre a formação de uma onda e o surgimento de outra onda, no período T , a distância equivalente entre elas corresponde a um comprimento de onda (λ). Como a velocidade média é a razão do deslocamento sobre o tempo, temos que a velocidade das ondas pode ser expressa como λ/T . Como T é o inverso da frequência f , podemos escrever: $v = \lambda f$.

As ondas podem ser propagadas de 3 formas: ondas longitudinais, ondas transversais e ondas de torção. Os 3 tipos podem ser demonstrados facilmente, com materiais de baixo custo.

Como uma terceira forma de classificar as ondas, pode-se lembrar das ondas estacionárias e das ondas progressivas. Entre as extremidades fixas de uma corda são formadas ondas estacionárias e no mar aberto as ondas são progressivas.

Objetivo:

- ✓ Visualizar e discutir os três tipos de ondas mecânicas (longitudinal, transversal e de torção).

Material:

- ✓ Espiral de apostila
- ✓ Elásticos
- ✓ Garrafa “pet”
- ✓ Gesso

- ✓ Tesoura
- ✓ Arame fino

Procedimento:

1. O professor pedirá a um aluno que segure a extremidade de uma espiral; na outra extremidade o professor fará movimentos verticais que provocarão ondas transversais.
2. Com uma mola maluca, apoiada sobre as carteiras da sala de aula, o professor pedirá a outro aluno que segure uma das extremidades enquanto ele provocará compressões e distensões, na outra extremidade, as quais acarretarão a formação de ondas longitudinais.
3. Com uma tesoura recortar uma garrafa “pet” de 600 ml formando um cone. Colocar uma massa de gesso, com a garrafa tampada, e o arame fino, formando uma haste, tendo na extremidade um gancho. Aguardar secar.
Os elásticos deverão ser entrelaçados entre si, formando um fio longo. A seguir, a extremidade desse fio deverá ser presa no gancho e segura na vertical. Segurando na extremidade desse fio, mantendo suspenso o conjunto (elástico + garrafa), o professor girará a garrafa até esse fio ficar bem enrolado. Quando soltar, surgirão as ondas de torção (conforme mostrado no vídeo).

Perguntas:

- 1) Que tipo de onda é formada no procedimento 1 (considere o tipo de propagação)? A onda é estacionária ou progressiva? O que muda se a frequência do movimento variar? Dê exemplos de instrumentos musicais que apresentam esse tipo de onda.
- 2) Faça a mesma análise do item 1 para a onda proposta no procedimento 2. Há algum instrumento musical com esse tipo de onda? Dê outro exemplo desse tipo de onda.
- 3) Analise e explique a onda formada no procedimento 3. Que tipo de instrumento musical forma essas ondas?
- 4) Comparando as ondas mecânicas com as ondas eletromagnéticas, que tipo de onda representa a luz?

8.2– Fenômenos Ondulatórios

8.2.1 – REFLEXÃO ONDULATÓRIA

Segundo encontro: duração de 2 tempos-aula ou 100 minutos.

No segundo encontro, também com duração sugerida de 50 minutos (um tempo-aula), o professor apresentará os seguintes fenômenos: reflexão ondulatória com e sem inversão de fase, como mostra a figura 16, procurando explicar a parte conceitual de cada reflexão e porque acontecem. Logo em seguida, com o auxílio das molas e cordas usadas no experimento da aula anterior, o professor demonstrará para seus alunos os fenômenos comentados, estimulando-os a fazerem os experimentos.

Roteiro do segundo experimento:

Reflexão ondulatória

Introdução

A reflexão ondulatória é um fenômeno físico simples de ser explicado e entendido. Podemos falar de reflexão de uma onda lembrando, por exemplo, uma bola que é jogada numa parede e retorna, ou seja, caminhava em um sentido e muda ao encontrar a parede. A lei da reflexão diz que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão; é muito usada, por exemplo, em jogo de sinuca. Trata-se de um fenômeno importante também para ondas sonoras: a acústica de uma sala muda muito se as paredes são boas refletoras ou boas absorvedoras. Os materiais que revestem as paredes devem ser escolhidos conforme o uso que a sala terá.

A reflexão ondulatória pode ocorrer de formas diferentes em relação à fase da onda: poderá sofrer ou não inversão de fase. Esse aspecto é importante especialmente na formação das ondas estacionárias, que são formadas pela soma de uma onda e da reflexão dela. Na figura 16 podemos ver 2 tipos de reflexão: se a extremidade é fixa a reflexão ondulatória será com inversão de fase; se a extremidade é livre (móvel) não haverá inversão de fase.

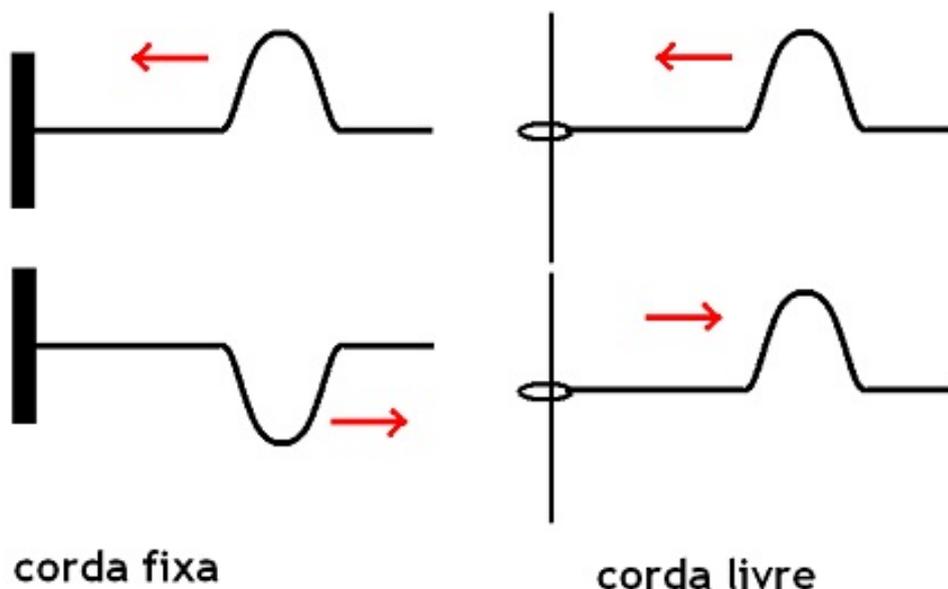


Figura 16 – Reflexão de um pulso com extremidade fixa e livre

Disponível em: <http://tudodeconcursosvestibulares.blogspot.com.br>

Acesso em: julho de 2016

Objetivo:

- ✓ Visualizar a reflexão de onda com e sem inversão de fase.

Material:

- ✓ Corda
- ✓ Cano pvc fino

Procedimento:

1. Com o auxílio de um aluno, o professor irá amarrar uma das extremidades da corda para que fique fixa no tubo de pvc. Na extremidade livre, executará um movimento vertical produzindo uma onda transversal. Ele orientará seus alunos a observarem o que ocorre na extremidade da corda que está fixa ao cano de plástico. Esse mesmo procedimento poderá ser feito com a mola maluca.
2. Com a mesma corda, o professor prenderá uma de suas extremidades com um laço, deixando-a livre para se movimentar no cano de pvc (vide figura 16). Na outra extremidade livre, o professor executará um movimento vertical, orientando seus alunos a observarem o que ocorre. Esse mesmo procedimento poderá ser feito com a mola maluca.

Observação: No caso da mola maluca, caso seja necessário aumentar seu comprimento, isso poderá ser feito juntando-se duas molas e colando-as com cola quente.

Perguntas:

- 1) Como ocorre a reflexão da onda no procedimento 1?
- 2) Como ocorre a reflexão da onda no procedimento 2?
- 3) Usando o procedimento 1, explique como é formada uma onda estacionária com as extremidades fixas. Identifique esse fenômeno em instrumentos musicais.
- 4) As extremidades das cordas nos instrumentos musicais são fixas? O que ocorre em instrumentos musicais quando as extremidades não são fixas?

8.2.2 – REFRAÇÃO ONDULATÓRIA

O segundo fenômeno a ser apresentado, também com duração sugerida de 50 minutos (um tempo-aula), é a refração. Neste, será necessário o uso de duas molas de densidades diferentes, como, por exemplo, a mola maluca e a de espiral de apostila ou mesmo duas cordas com densidades diferentes atadas uma à outra. Primeiramente deve-se fazer a onda se deslocar da mola mais densa para a menos densa, depois inverter o sentido, passando da menos densa para a mais densa, estimulando seus alunos a observarem atentamente o que irá ocorrer e logo em seguida promover uma discussão a respeito, aproveitando a explicação do experimento anterior.

Roteiro do terceiro experimento:

Refração ondulatória

Introdução

O fenômeno físico da refração ondulatória ocorre toda vez que uma onda passa de um meio para outro, ou seja, trata-se de uma transmissão, movimento contrário à reflexão ondulatória, onde a onda se mantém no mesmo meio. A frequência sempre se mantém, mesmo quando a onda muda de meio, porém a

mudança de meio modifica a velocidade e, conseqüentemente, seu comprimento de onda.

A lei da refração é conhecida como lei de Snell e Descartes e mostra como é a relação entre as velocidades e entre os ângulos em relação à normal da superfície.

Objetivo:

- ✓ Visualizar e discutir a refração de onda com e sem inversão de fase.

Material:

- ✓ Mola
- ✓ Espiral de apostila
- ✓ Cola quente

Procedimento:

1. Com cola quente, o professor atará a mola maluca com o espiral de apostila, simulando duas cordas com densidades diferentes. Apoiará o sistema sobre carteiras. Prenderá, primeiramente, a mola maluca e, pela extremidade da espiral, executará um movimento da esquerda para a direita ou vice-versa.
2. Depois repetirá o mesmo procedimento, agora com a extremidade da espiral presa, e pedirá a seus alunos que observem o que ocorre nas duas situações.

Perguntas:

- 1) O que ocorre na refração do procedimento 1?
- 2) E no procedimento 2?
- 3) Esse fenômeno ocorre também com as ondas sonoras e em todo tipo de onda. Como podemos observar a refração de uma onda sonora? Ocorre também em instrumentos musicais?

8.2.3 – DIFRAÇÃO E POLARIZAÇÃO

Terceiro encontro: para o terceiro e o quarto fenômenos, a difração e a polarização, a sugestão é que tais fenômenos sejam apresentados numa mesma

aula com duração sugerida de 50 minutos (um tempo-aula) para serem discutidos juntos.

Sobre difração, o professor, após explicar a parte conceitual explorando o princípio de Huygens e aproveitando que o Rio de Janeiro é uma cidade com muitas praias, incentivaria seus alunos a debaterem sobre praias de mar aberto e as cercadas de morros, ou seja, as praias de baía. Como exemplo e até antecipando um pouco o que o aluno verá no bimestre seguinte (baseado no currículo mínimo da 3ª série aplicado no Estado do Rio de Janeiro que falará sobre ondas eletromagnéticas), pode-se comentar a difração dessas ondas que ocorrem na superfície de um disco compacto (CD).

O quarto fenômeno a ser abordado é a polarização que, após a explicação teórica, o professor poderá demonstrar como ocorre por meio de um experimento muito simples que consiste em duas placas de madeiras quadradas, cada uma com fendas recortadas na horizontal e na vertical, e com o auxílio de uma corda, como mostra a figura 17.

O experimento é bem fácil, vejamos: são colocadas duas placas paralelas, separadas por uma determinada distância, cada uma segura por um aluno. A seguir, passa-se pelas fendas uma corda presa por suas extremidades, que os alunos também segurarão. Um desses alunos fará movimentos circulares com uma das extremidades da corda. Os alunos visualizarão o que ocorreu e, em seguida, o professor promoverá uma discussão a respeito do que foi observado.

Roteiro do quarto experimento:

Polarização

Introdução

A polarização é um fenômeno que só ocorre com ondas transversais; não ocorre com ondas sonoras, que são longitudinais. A luz é uma onda transversal e pode ser polarizada, porém, se olharmos diretamente para uma luz polarizada e outra não polarizada, não seremos capazes de identificar nenhuma diferença. Se tivermos um material polarizador (como o material usado em óculos especiais de cinemas), seremos capazes de identificar a polarização linear, que é a mais simples. Para isso, basta girar o polarizador em torno de seu eixo, que é perpendicular a sua

superfície: se a intensidade da luz transmitida variar, então a luz é polarizada. Normalmente utilizamos luzes não polarizadas.

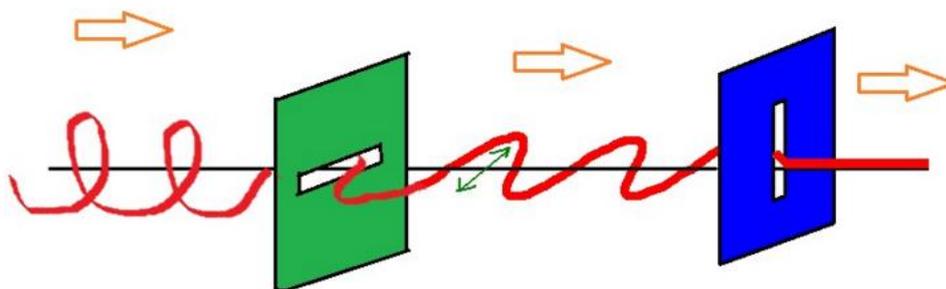


Figura 17 – Polarização – onda em corda

Disponível em: <http://tudodeconcursosevestibulares.blogspot.com.br>

Acesso em julho de 2016

Objetivo:

- ✓ Visualizar a polarização de onda.

Material:

- ✓ Corda
- ✓ Duas placas retangulares de madeira com fendas horizontal e vertical no centro

Procedimento:

1. Com a ajuda de dois alunos que segurarão as placas paralelamente, o professor passará a corda pelas fendas.
2. Um terceiro aluno irá segurar uma das extremidades dessa corda enquanto que o professor, na outra extremidade, executará movimento circular com a corda.
3. Os alunos observarão e farão comentários a respeito do que estão observando.

Perguntas:

- 1) A onda produzida não é transversal, mas podemos considerá-la como uma superposição de diversas ondas transversais. A onda completa será transmitida através da primeira fenda? E através da segunda fenda?
- 2) A propagação da onda será modificada se as fendas forem paralelas ou se forem perpendiculares entre si (como na figura 17)?
- 3) Em que situação será propagada mais energia?

8.2.4 – INTERFERÊNCIA – ONDAS ESTACIONÁRIAS

Quarto encontro: duração de 2 tempos-aula ou 100 minutos. Discussão do fenômeno de interferência e a realização do experimento de ondas estacionárias.

O quinto fenômeno a ser explicado com duração sugerida de 100 minutos (2 tempos-aula) é a superposição de ondas lineares que num determinado ponto produzirá um fenômeno denominado interferência que, dependendo de como tais ondas se combinem, será denominada construtiva ou destrutiva. A partir do vídeo, os estudantes poderão observar esse fenômeno numa corda tracionada, e o professor mostrará que, se as ondas se superpuserem em concordância de fase, vão sofrer uma interferência construtiva; se a superposição ocorrer com oposição de fase, destrutiva.

O professor discutirá com os alunos que no ponto de interferência construtiva teremos o maior deslocamento (pois haverá a soma dos deslocamentos), e que no caso da interferência destrutiva o deslocamento será mínimo (será a diferença entre os deslocamentos).

Para que a interferência ocorra, é necessário que a diferença de fase entre as ondas seja constante; caso contrário, serão ondas independentes, como os diversos sons que escutamos ao mesmo tempo sem prevalência de um sobre outro (música, conversa, etc.). A interferência pode ocorrer de forma destrutiva, quando a crista de uma das ondas coincide com o vale da outra: a onda resultante terá uma amplitude que consiste na diferença das amplitudes das ondas componentes. Se a interferência é construtiva, os vales e as cristas vão coincidir, e a onda resultante terá como amplitude a soma das amplitudes. A interferência pode ser também parcialmente construtiva (ou parcialmente destrutiva), que é a situação mais comum.

O fator determinante para o tipo de interferência é a diferença de fase ($\Delta\phi$) que deverá ser $2n\pi$ (n inteiro) para a interferência construtiva e $n\pi$ (n ímpar) para a interferência destrutiva. Um exemplo de interferência de 2 ondas é a onda estacionária, que resulta da superposição de uma onda com a reflexão da mesma (conforme já explicado no experimento de reflexão).

O professor versará sobre as ondas estacionárias (sugestão de 2 tempos-aula ou 100 minutos), mostrando a seus alunos como ocorrem e quais os fenômenos envolvidos. Nesse momento, antes de abordar o tema, o professor poderá promover

uma discussão com eles, estimulando-os a falarem sobre os fenômenos que podem estar envolvidos entre aqueles que foram estudados em aulas anteriores.

A seguir, o professor apresentará o experimento, que consiste em um “kit”, por meio do qual seus alunos poderão visualizar as ondas estacionárias, apresentando-lhes os materiais utilizados e a sua construção. Assim, o professor poderá relacionar as equações que expressam a velocidade de propagação das ondas estacionárias em cordas.

$$v = \lambda f \quad (\text{eq. 2})$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (\text{eq. 14})$$

onde T é a força de tração na corda e μ é a densidade da corda.

Dessa forma, se chegará a uma terceira equação, que relaciona o número de nós e ventre com a tração no fio e seu comprimento, mostrando no experimento que, variando a tração no fio, modificam-se os números de nós e ventres, apresentando-se os harmônicos.

Esse experimento é tanto qualitativo quanto quantitativo, pois os alunos além de visualizarem as ondas estacionárias poderão calcular o número de harmônicos, bastando para isso acrescentar massa (pequenos pesos como, por exemplo, parafusos com suas massas definidas ou “kit” de chumbada para pesca) ao recipiente que traciona a corda.

Roteiro do quinto experimento:

Onda estacionária

Introdução

Como a onda estacionária é a soma de 2 ondas iguais, mas de sentidos opostos, podemos expressar por meio da forma:

$$y = A \text{ sen}(kx + \omega t) + A \text{ sen}(kx - \omega t) \quad (\text{eq. 10})$$

onde: A é amplitude do movimento em cada uma das ondas, considerando a fase inicial nula.

Considerando a relação trigonométrica da soma de senos:

$$\text{sen } A + \text{sen } B = 2 \text{sen} \frac{1}{2}(A+B) \cos \frac{1}{2}(A-B) \quad (\text{eq. 11})$$

Chegamos à expressão:

$$y = 2A \text{sen}(kx) \cos(\omega t) \quad (\text{eq. 12})$$

onde: $k = 2\pi/\lambda$, $v = \lambda f$ e $\omega = 2\pi f$

Considerando as extremidades fixas, quando $x = L$ (L é o comprimento da corda), é necessário que y seja nulo em qualquer valor de t . Neste caso o termo em seno se anula:

$\text{sen}(kx) = 0$, o que leva a $kx = n\pi$ e $\lambda = 2L/n$ (n inteiro).

Neste caso n significa o número de ventres na onda estacionária e também a ordem do modo de vibração (Se $n = 1$ temos $\lambda = 2L$, que é o primeiro modo vibracional ou modo fundamental).

Considerando a equação $v = \lambda f$, já vista no experimento de propagação das ondas:

$v = \lambda f = (2L/n) f$, podemos escrever a frequência na forma:

$$f = \frac{nv}{2L} \quad (\text{eq. 13})$$

A velocidade das ondas estacionárias numa corda depende da tensão T da corda e da sua densidade linear μ , conforme visto na equação 14:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (\text{eq. 14})$$

Substituindo v na equação de f , temos:

$$f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (\text{eq. 15})$$

Mas:

$$\mu = \frac{m}{L}$$

Substituindo μ na equação de f , temos:

$$f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{TL}{m}}$$

ou ainda:

$$f = \frac{n}{2} \sqrt{\frac{T}{mL}} \quad (\text{eq. 16})$$

Evidenciando n, temos:

$$n = 2f \sqrt{\frac{mL}{T}} \quad (\text{eq. 17})$$

Pode-se usar a expressão sem se substituir a densidade linear μ

$$f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$
$$f^2 = \frac{n^2 T}{4L^2 \mu} \quad (\text{eq. 18})$$

Evidenciando n, temos:

$$n^2 = \frac{f^2 4L^2 \mu}{T} \quad (\text{eq. 19})$$

Dessa expressão vemos que, aumentando a tensão (aumentando os pesos dentro do copo), o n vai diminuir. Então conseguiremos o modo fundamental ($n = 1$) com mais pesos. O experimento deve começar com poucos pesos e n com valores de, pelo menos, 2 ou 3.

Objetivo:

- ✓ Estudar as ondas estacionárias em uma corda vertical: obter os vários modos vibracionais e medir a velocidade das ondas.

Material:

- ✓ Mixer (pode ser um pequeno aparelho para agitar café ou mesmo uma escova de dente elétrica – algo que vibre com frequência constante)
- ✓ Fio
- ✓ Copinho plástico descartável
- ✓ Objetos para serem colocados dentro do copo de café
- ✓ Fita métrica

- ✓ Balança precisa

Procedimento:

1. Pesar e medir o fio e calcular sua densidade linear μ .
2. Pesar os objetos que serão colocados dentro do copo de café.
3. Prender o fio ao mixer (ou escova de dente elétrica) e na outra extremidade do fio fixar o copinho de café.
4. Medir o comprimento do fio L .
5. Colocar no copinho alguns pesos com a massa conhecida.
6. Ligar o mixer (ou escova) e verificar se é formada uma onda estacionária, caso contrário colocar mais pesos até que a onda seja formada.
7. Aumentar o peso no copo de café para obter outros modos vibracionais.
8. Medir os comprimentos de onda, número de nós e número de ventres para cada modo vibracional obtido.
9. Calcular a velocidade, relacionando com a tensão (pesos) e a densidade do fio.
10. Calcular a frequência do mixer (ou escova) relacionando as duas expressões da velocidade.

Observação: Se não for possível pesar o fio e os objetos, o experimento será qualitativo: a expressão (equação 19) que relaciona T e n deverá ser confirmada qualitativamente (aumentando T diminui n).

Perguntas:

- 1) Quais os fenômenos que originam as ondas estacionárias?
- 2) Nos pontos de nodos e ventres de uma onda estacionária, quais, respectivamente, os nomes das interferências que ocorrem nesses pontos?
- 3) Calcular a massa que deve ser colocada no recipiente para obtermos o 1º harmônico. E qual a massa para o harmônico fundamental?

Outro equipamento que pode ser usado para estudar as ondas estacionárias, numa corda horizontal, é o apresentado no vídeo e cuja fotografia está abaixo. Ele é confeccionado com tubos pvc, motor de aquário, roldana, e madeira.



Figura 18 – Equipamento de ondas estacionárias

8.2.5 – RESSONÂNCIA E BATIMENTO (Experimento Qualitativo)

Quinto encontro: duração de 2 tempos-aula ou 100 minutos. Apresentação dos fenômenos de ressonância e batimento e uso do violão.

O batimento é o fenômeno resultante da superposição de duas ondas com frequências muito próximas.

A ressonância é o fenômeno que ocorre quando uma onda incide sobre um corpo e, se a frequência natural do corpo for igual à frequência incidente, o corpo vibrará.

O professor com o auxílio de dois diapasões poderá demonstrar o fenômeno da ressonância e, também, o do batimento. Ao tocar um dos diapasões, o aluno perceberá que o outro começa a vibrar com a mesma frequência. Para ficar mais claro para o aluno visualizar, ele poderá com duas latas e um pouco de açúcar reproduzir o mesmo efeito do diapasão. O experimento é muito simples: O professor colocará as duas latas próximas uma da outra, com a boca voltada para baixo, e sobre uma delas colocará um pouco de açúcar. Ao bater na lata sem o açúcar, o som produzido se propagará no espaço, fazendo a outra lata vibrar. O aluno perceberá que o açúcar começará a se movimentar, entrando em ressonância.

Com os mesmos diapasões o professor mostrará o batimento. Para isso, ele prenderá a uma das hastes de um diapasão uma pequena massa que alterará a sua frequência. São colocados em vibração os dois diapasões e ouve-se um terceiro som pulsado. A frequência de pulsação vai depender da diferença entre as duas frequências dos diapasões.

Roteiro do sexto experimento:

Batimento e Ressonância

Introdução

O batimento é o fenômeno resultante da superposição de duas ondas com frequências muito próximas. O fenômeno é usado, por exemplo, para afinar instrumentos musicais: usando um som como referência, um segundo som deverá ficar igual ao som de referência. Um batimento surgirá quando as frequências estiverem próximas, porém não iguais. A frequência do batimento vai diminuir até se anular, quando os sons forem iguais. A frequência do batimento é igual à diferença entre as frequências.

A ressonância é o fenômeno que ocorre quando uma onda incide sobre um corpo e, se a frequência natural do corpo for igual à frequência incidente, o corpo vibrará. Nos instrumentos musicais é muito usado: alguns instrumentos possuem cordas que nunca são tocadas, porém vibram por ressonância através da vibração de outra corda. No violão, por exemplo, se uma corda é tocada com a frequência da outra, esta outra vai vibrar. Chama-se o fenômeno de “vibrar por simpatia”. O corpo dos instrumentos de corda vibra por ressonância com as frequências das cordas: o corpo amplifica o som e modifica o timbre do instrumento.

Objetivo:

- ✓ Educar o ouvido para reconhecer o batimento e provocar a variação da frequência do batimento.
- ✓ Reconhecer qualitativamente o fenômeno da ressonância.

Material

- ✓ 2 diapasões iguais com caixa (ao menos um deles deverá ter uma massa com um parafuso, de forma que a massa possa se mover ao longo de uma das hastes do diapasão)
- ✓ 2 latas de leite
- ✓ um pouco de açúcar
- ✓ baqueta

Procedimento:

1. Colocar as latas de leite invertidas lado a lado sobre uma superfície. Sobre uma delas será depositado um pouco de açúcar.
2. Bater com a baqueta na lata que está sem o açúcar. Observar o que ocorre com a lata que contém o açúcar. Observe e explique.
3. Colocar os diapasões iguais lado a lado e tocar com a baqueta em um deles. Segurar rapidamente as hastes desse diapasão e observar o que ocorre com o outro. Observar e explicar.
4. Colocar os diapasões iguais lado a lado (um deles deverá ter a massa de posição variável). Tocar com a baqueta em ambos os diapasões. Observar o som resultante. Explique o fenômeno observado.
5. Variar a posição da massa extra do diapasão e repetir o teste. Observar e explicar o ocorrido.

Perguntas:

- 1) O que ocorre com as latas de leite quando uma delas sofre a pancada com a baqueta? Explique.
- 2) Explique o que ocorre com os diapasões iguais quando um deles é tocado com a baqueta.
- 3) Como é o som resultante quando se tocam 2 diapasões diferentes (um com massa extra e outro sem a massa)?
- 4) O que ocorre quando variamos a posição da massa no diapasão e tocamos?

Observação: Se for possível usar um violão, os dois fenômenos também poderão ser demonstrados (tocar uma corda e fazer a outra vibrar; tocar 2 cordas de frequências próximas e observar o som resultante).

8.2.6 – VIOLÃO

Finalmente chegamos ao objetivo principal de nosso trabalho que é a introdução do violão como instrumento de aprendizagem. Por meio dele, poderemos mostrar, praticamente, todos os fenômenos apresentados ao longo das aulas. Nesse

momento, mesmo que o professor não saiba tocar nada do instrumento, ele poderá pedir a colaboração de um de seus alunos (é necessário que na aula anterior o professor peça a um deles, que possua tal instrumento, para trazer). Dessa forma, como estamos falando de som, apresentaremos suas características (altura, intensidade, timbre e duração) e definições. O professor poderá discutir com seus alunos o porquê da necessidade de o violão ter um corpo maior (“mais gordo”) do que a guitarra elétrica (ressonância).

O fenômeno da ressonância poderá ser facilmente observado ao se tocar uma nota em uma das cordas que seja igual à nota de outra corda, por exemplo: colocando-se o dedo na 5ª casa da 6ª corda (a mais espessa), será emitida a nota “lá” que é igual à nota da 2ª corda. Ao tocar a nota “lá” na 6ª corda a 5ª corda soará por ressonância. Colocando o dedo na 5ª casa da 5ª corda, será emitida a nota “ré”, que é igual à nota da 4ª corda. Ao tocar a nota “ré” na 5ª corda, a 4ª corda soará por ressonância. A ressonância pode ser observada também no corpo do instrumento. Quando uma nota é emitida com a boca do instrumento fechada com um pano o som será reduzido. O mesmo acontecerá se o corpo do violão for preso, por exemplo, com as pernas de quem toca (colocando o violão verticalmente como se fosse um violoncelo). A vibração do corpo do violão será reduzida, reduzindo assim o efeito da ressonância que gera o som.

Uma maneira de afinar o violão, que dispensa a necessidade de uma boa percepção, é por meio do programa GRAM10 (ou outro equivalente que pode ser obtido na internet), que faz a espectroscopia do som, isto é, separa as frequências presentes num som. A frequência fundamental será a que deve ser usada como referência. O som será captado pelo microfone do computador.

O programa de espectroscopia sonora apresentará quais as frequências presentes em uma determinada nota, ou seja, a frequência fundamental e seus harmônicos. Se o instrumento for harmônico, as frequências dos harmônicos presentes serão múltiplas da frequência fundamental. A determinação da frequência fundamental estabelece a altura da nota. A intensidade pode ser observada e medida no eixo vertical do espectro obtido. O timbre é determinado pelo conjunto das frequências presentes e sua relação de intensidade. Seria interessante comparar a mesma nota obtida com violões diferentes para mostrar que os timbres

em geral são diferentes, isto é, os espectros são diferentes (isso pode ser feito também com dois alunos cantando a mesma nota).

As alturas de cada corda podem ser comparadas, tocando-se sucessivamente cada uma das cordas. Dessa forma se poderá observar a dependência da frequência com a densidade da corda; assim a equação 14 poderá ser mais bem entendida. Da mesma forma a equação 14 poderá ser explicada tomando-se por base, as tarrachas do violão: aumentando-se a tensão na corda, a frequência vai aumentar.

Usando o programa de computador GRAM10 ou outro semelhante para obtenção do espectro sonoro, o professor poderá averiguar com seus alunos aqueles que são afinados.

Roteiro do sétimo experimento:

A física do Violão

Introdução

O violão é um instrumento de cordas dedilhadas, um cordofone dedilhado, muito popular atualmente. Muitos estudantes gostam de cantar acompanhados por um violão. Em geral não se dão conta de que ao tocar um violão estão produzindo uma série de fenômenos físicos que podem ser explicados qualitativamente e também calculados.

Objetivo:

- ✓ Reconhecer qualitativamente as ondas transversais e longitudinais.
- ✓ Por meio do instrumento, discutir os seguintes fenômenos: interferência, onda estacionária, ressonância e batimento.
- ✓ Observar a relação entre o comprimento e a densidade da corda e a altura do som.

Material:

- ✓ Violão.

- ✓ Um computador com um programa de espectroscopia sonora (pode ser o GRAM 10) e um microfone

Procedimento:

1. Fazer vibrar uma das cordas do violão.
2. Produzir ondas transversais dedilhando uma das cordas com o dedo e ondas longitudinais deslizando o dedo na corda. Observar suas frequências no computador por meio do programa de espectroscopia.

OBS: As ondas longitudinais podem ser evidenciadas produzindo-se movimentos ao longo da corda, com os dedos, ou usando-se um pano.

3. Observar o som produzido tocando algumas notas no violão. Cobrir a boca do violão e novamente reproduzir essas notas. Fazer o mesmo segurando o corpo do violão.
4. Usando o programa GRAM10, medir as frequências dos modos vibracionais de alguma nota conhecida.
5. Colocar o dedo na 5ª casa da corda mais espessa (6ª) e observar o que ocorre na corda logo abaixo (para isso é necessário que o violão esteja afinado).
6. Fazer vibrar cada uma das cordas e comparar a altura das notas obtidas.
7. Fazer vibrar uma corda e em seguida girar a tarracha, diminuindo um pouco a tensão da corda. Fazer vibrar novamente a corda. Comparar os sons obtidos.
8. Tocar uma nota no violão e gravar o espectro sonoro no computador. Em seguida, tentar reproduzir essa nota.

Perguntas:

- 1) Como é a propagação da onda transversal (na corda) e da onda longitudinal (na corda e no ar)?
- 2) Como são as frequências dos modos vibracionais das cordas do violão (use o programa de espectroscopia sonora)?
- 3) Como ocorre a ressonância dentro do corpo do violão? (ver procedimento 3)
- 4) Após o procedimento 4, determine se o violão está afinado. (Consultar uma tabela das frequências da escala igualmente temperada.)
- 5) Também após o procedimento 4 determine se o violão é harmônico.
- 6) Que fenômeno é observado no procedimento 5? Explique.

- 7) Explique o fenômeno obtido no procedimento 6. Que equação pode explicar esse fenômeno?
- 8) O que ocorre no item 7? Que equação pode explicar esse fenômeno?
- 9) Após o procedimento 8, responda se você é afinado. Explique.

8.3 – Conclusão:

Esses roteiros de experimentos demonstram quão o violão pode ser utilizado em sala de aula como laboratório para que se demonstrem os vários fenômenos físicos relacionados às ondas mecânicas, pois quase todos os experimentos propostos anteriormente estão contidos num único aparelho. Com ele podemos mostrar as ondas transversais e longitudinais; da mesma maneira, os fenômenos de interferência com a formação da onda estacionária, bem como a ressonância e o batimento. Por fim, cabe ressaltar que o mais importante, creio, neste estudo, é a proposta de desmistificação da Física, disciplina considerada difícil para a maioria dos nossos alunos por conta da “matematização” imposta. Assim de uma forma lúdica e, principalmente, interativa, cada professor com a sua criatividade, fará uso, de acordo com o perfil de seus alunos, do material apresentado.

APÊNDICE:

A fim de avaliar o produto, foi aplicado um questionário com nove perguntas sobre o tema Ondas, a duas categorias de alunos: aqueles que tiveram a aula com experimentos nos vídeos complementados com os materiais de baixo custo (alunos da 2ª série) e os que tiveram apenas a aula teórica, sem os experimentos (alunos da 3ª série). O objetivo foi comparar os dois grupos e verificar se o produto, ou seja, o objeto deste mestrado contribuiu para o aprendizado dos alunos que realizaram os experimentos. A população de alunos que participaram desta avaliação foi de 141, sendo que destes, 46 alunos eram da 2ª série e 95 alunos, da 3ª série.

As questões formuladas aos alunos foram às seguintes:

1. Onda é a propagação da energia gerada por uma perturbação que se desloca de um ponto a outro. Quanto a sua natureza, temos dois tipos: a onda mecânica e a eletromagnética. Diferencie uma da outra e dê exemplos de seu cotidiano.
2. Ondas mecânicas são aquelas que necessitam de um meio para a sua propagação. São classificadas em longitudinais, transversais e de torção. Explique com suas palavras cada uma delas quanto à forma de geração e propagação, citando exemplos do cotidiano. Se possível, cite um instrumento musical associado a cada tipo de onda.
3. As ondas podem se propagar em uma, duas ou três dimensões. Considere uma onda unidimensional se propagando em uma corda tracionada. Se a extremidade dessa corda estiver fixa, a onda sofrerá reflexão com ou sem inversão de fase? Por quê?
4. A onda estacionária ocorre devido à superposição de ondas que se propagam numa mesma corda. Ela se origina como o resultado da combinação de dois fenômenos. Quais são esses fenômenos?
5. Vimos que as ondas estacionárias são formadas por superposições das ondas incidentes com as ondas refletidas numa corda esticada. Elas se caracterizam por terem pontos de vibração com amplitudes máximas intercaladas por pontos sem

vibração, ou seja, de amplitude nula. Como são denominados, respectivamente, esses pontos e qual o tipo de interferência em cada um deles?

6. As ondas do mar são ondas mecânicas. Diferentemente das ondas formadas em praias de mar aberto, as ondas que chegam às praias de baía, como por exemplo, Flamengo, Botafogo, Urca, etc., possuem amplitudes muito pequenas. Qual o fenômeno ondulatório responsável por isso e por quê?
7. O som também é uma onda mecânica apresentando 4 características, dentre elas: altura, intensidade e timbre. Comente, de forma sucinta, cada uma dessas características.
8. Ainda sobre a onda sonora, em qual dos três meios (sólido, líquido ou gasoso) ela se propaga com maior velocidade e por quê?
9. As 4 características de uma onda sonora são: altura, intensidade, timbre e duração. Dentre elas, qual é a responsável por distinguirmos a mesma nota musical tocada por dois instrumentos diferentes?

Como em algumas questões tínhamos mais de uma pergunta, o critério usado na correção foi diferenciado. A questão 9 apresentava apenas um item para ser respondido, desta forma, ou o aluno acertava ou errava; as questões 1, 3, 4, 6 e 8 apresentavam dois itens, sendo considerado 50% de acerto para cada item; as questões 2 e 7 contavam com 3 itens e cada um deles valia 33,3%; finalmente a questão 5, com 4 itens, cada um valendo 25% da questão.

TABELAS:

Tabela 3 - Desempenho dos alunos da 3ª Série

Questões	Erros	Acertos (1/3)	Acertos (2/3)	Acertos (Metade)	Acertos
Questão 1	24,21%			32,63%	43,15%
Questão 2	53,68%	6,32%	24,22%		15,78%
Questão 3	45,26%			46,32%	8,42%
Questão 4	57,89%			27,37%	14,74%
Questão 5	60,00%			33,68%	6,32%
Questão 6	97,89%				2,11%
Questão 7	52,63%	9,47%	15,79%		22,11%
Questão 8	26,31%			46,22%	27,37%
Questão 9	11,58%				88,42%

Fonte: o autor, a partir dos dados do teste.

Tabela 4 - Desempenho dos alunos da 2ª Série

Questões	Erros	Acertos (1/3)	Acertos (2/3)	Acertos (Metade)	Acertos
Questão 1	13,05%			2,17%	84,78%
Questão 2	21,74%	2,17%	15,22%		60,87%
Questão 3	23,91%			54,35%	21,74%
Questão 4	56,52%			21,74%	21,74%
Questão 5	50,00%			13,04%	36,96%
Questão 6	67,40%				32,60%
Questão 7	45,65%	6,52%	10,87%		36,96%
Questão 8	73,91%			21,74%	4,35%
Questão 9	32,61%				67,39%

Fonte: o autor, a partir dos dados do teste.

Comparando as tabelas 3 e 4, podemos constatar que os alunos da segunda série, aqueles que assistiram às aulas com as práticas, tiveram um desempenho bem superior, com exceção das duas últimas perguntas, que por sinal, não estavam relacionadas diretamente com os experimentos apresentados durante as aulas. Estes percentuais estão normalizados com a quantidade de alunos em cada série.

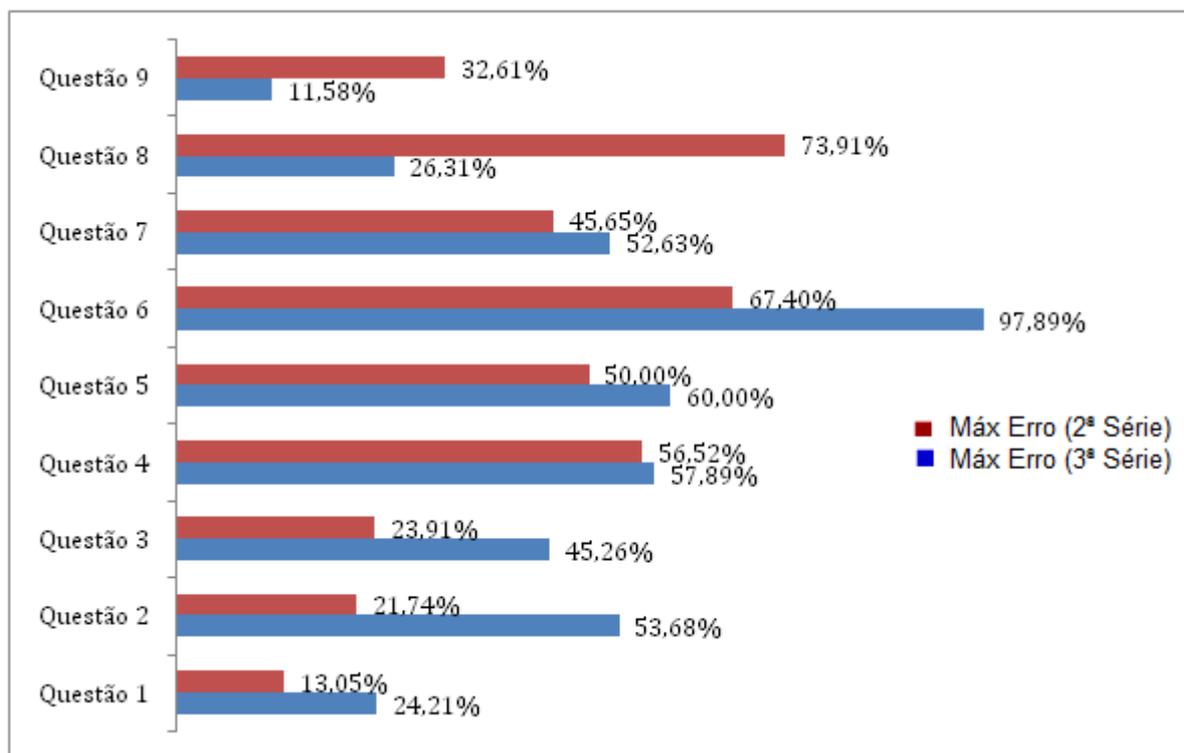


Gráfico 1

O gráfico 1 procura fazer um comparativo entre as duas séries no que se refere ao percentual máximo de erro entre elas. Novamente apenas as questões 8 e 9 demonstram que os alunos da 2ª série tiveram um desempenho pior que os alunos da 3ª série e melhor nas outras questões.

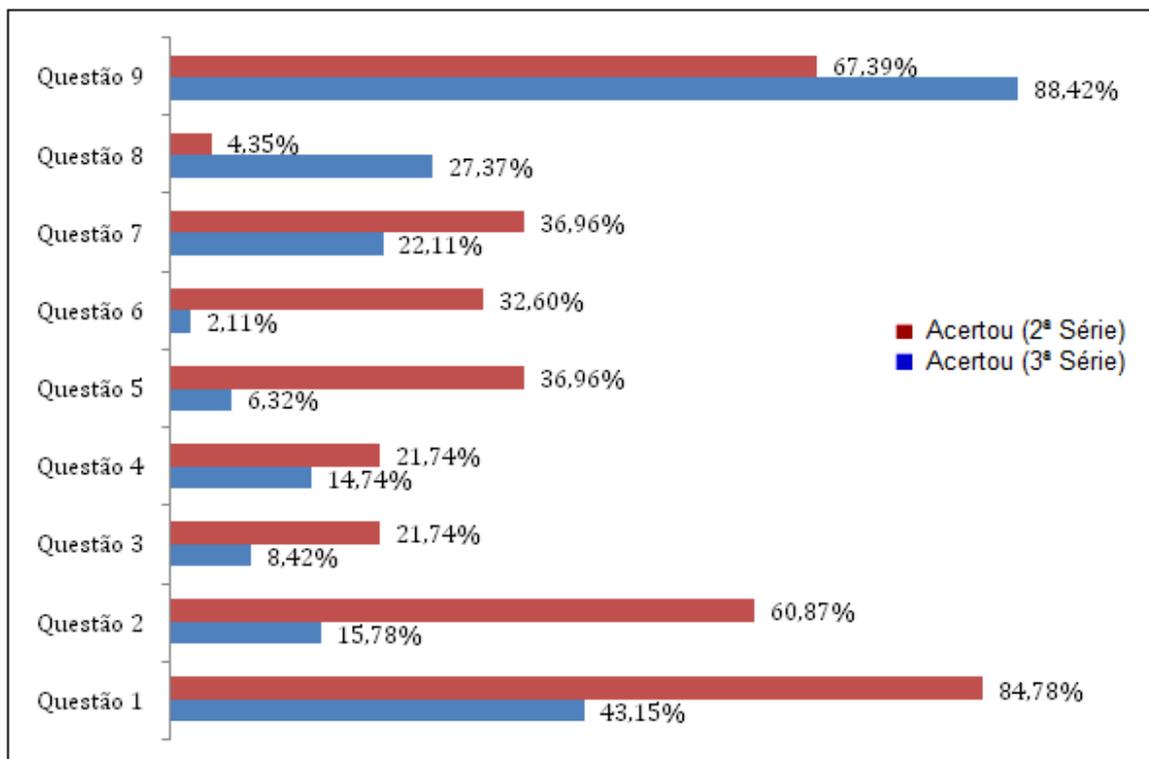


Gráfico 2

O gráfico 2 apresenta o percentual máximo de acerto para cada questão. Nota-se que, novamente, a 2ª série conseguiu suplantar a 3ª série na maioria das questões, com exceção das questões 8 e 9.

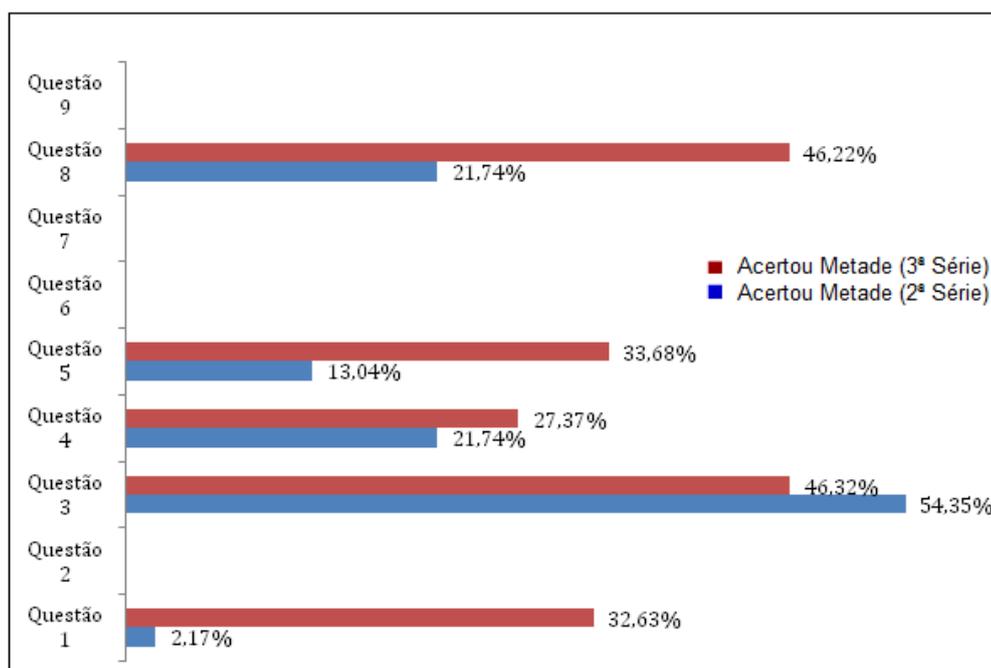


Gráfico 3

O gráfico 3 apresenta o percentual das questões em que os alunos acertaram metade. As questões 2, 6, 7 e 9 não aparecem neste gráfico, pois possuíam mais divisões, já que continham mais itens para serem corrigidos.

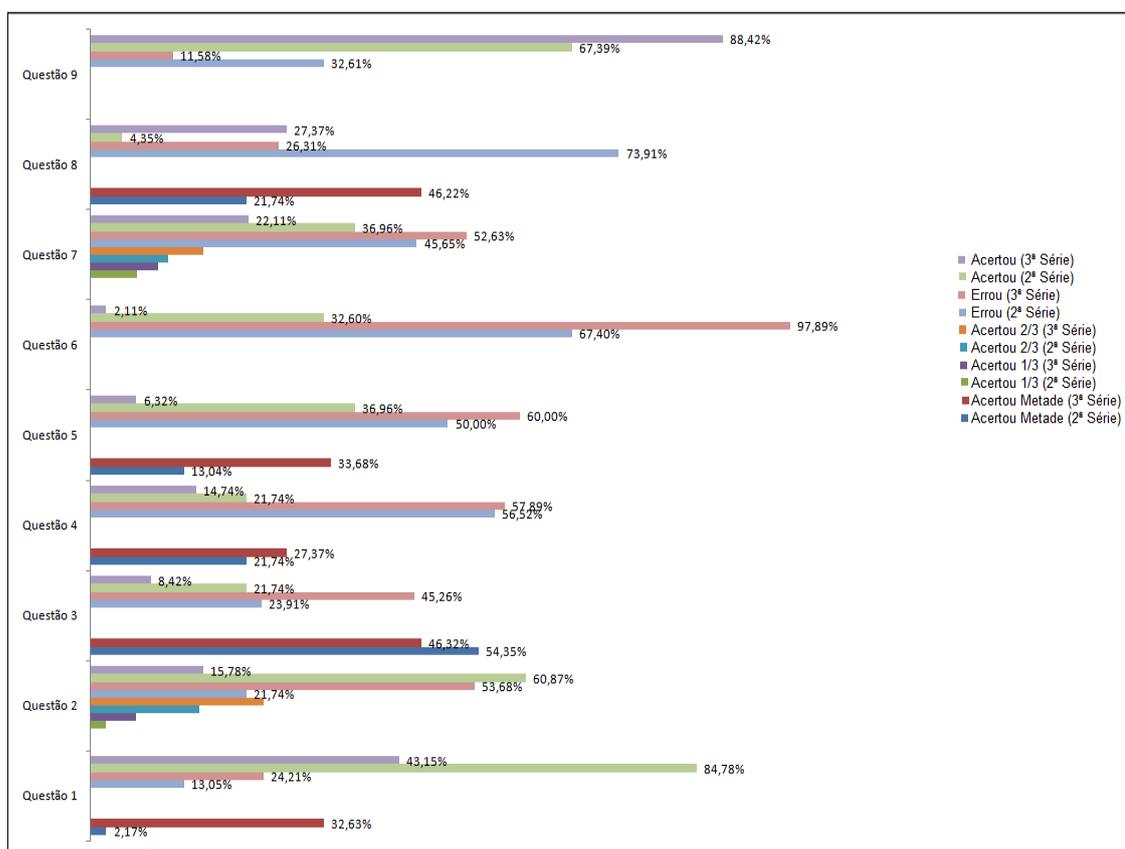


Gráfico 4

O gráfico 4 apresenta todos os resultados obtidos por cada uma das séries com seus percentuais de erros e acertos de cada questão.

Comparando os resultados apresentados nas tabelas e nos gráficos acima verificamos que, mesmo sendo estudantes de 2ª série, os resultados obtidos por esses alunos foram bem superiores aos dos alunos da 3ª série. Isso mostra que o produto desenvolvido pode trazer um aprendizado significativo. Somente nas questões 8 e 9 o desempenho dos alunos da 3ª série superou os alunos da 2ª série. Temos que ressaltar que são questões teóricas, ou seja, não dependem diretamente do produto. Portanto, sendo bem explorado, poderá proporcionar aos nossos alunos um ganho importante tanto na sua formação acadêmica quanto na sua vida, de modo geral.

Outra análise feita com os resultados foi através do teste t onde os percentuais de erros e acertos no questionário foram traduzidos em notas para serem usadas nele.

Esse teste t é um teste de hipótese da média de uma ou duas populações distribuídas normalmente. Existem diversos tipos de teste t para diferentes situações, mas todos usam uma estatística de teste que segue uma distribuição t sob a hipótese nula. Uma propriedade importante do teste t é a sua robustez contra pressupostos de normalidade da população. Em outras palavras, com amostras grandes, os testes t são muitas vezes válidos mesmo quando o pressuposto da normalidade é violada. Esta propriedade os torna um dos procedimentos mais úteis para fazer inferências sobre médias da população.

Os nossos resultados, segundo o teste t, demonstram que os alunos da 2ª série apresentaram um melhor desempenho que os alunos da 3ª série, como mostram os dados a seguir.

Resultados do teste t.

Valor P e significância estatística:

O valor de duas caudas é igual a 0.0009

Por critérios convencionais, esta diferença é considerada extremamente estatisticamente significativa.

Intervalo de confiança:

A média de 2ª série menos 3ª série é 1,130

Intervalo de confiança de 95% desta diferença: de 0,472 a 1,788

Valores intermediários utilizados nos cálculos:

$t = 3.3952$

$df = 139$

Erro padrão de diferença = 0,333

Grupo:	2ª série	3ª série
Média:	4.913	3.783
SD:	1,701	1,921
SEM:	0.251	0.197
N:	46	95

Referências Bibliográficas

Almeida, Renato. História da Música Brasileira. Rio de Janeiro: F. Brigueit & Comp., 1942.

Amato, Rita de C.F. Breve retrospectiva histórica e desafios do ensino de música na educação básica brasileira. Disponível em: http://www.anppom.com.br/opus/opus_2006_ritapdf.

Bertaglia, M. Disponível em: <https://violaosambaechoro.com.br/origem-do-violao-sua-historia-caracteristicas-curiosidades>. Acesso em 06/6/2017.

Brandão, Carlos Rodrigues. Em Campo Aberto: Escritos sobre a educação e a cultura popular. São Paulo: Cortez, 2001.

Brasil. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Média e Tecnológica (SEMTEC). Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN). Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000.

Brasil. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Média e Tecnológica (SEMTEC). Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2006.

Brasil. Câmara dos Deputados. Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, 2014.

Cherñavsky, Analia. "Um maestro no gabinete: música e política no tempo de Villa-Lobos." (2003).

Feldman, B.J. What to say about the Tacoma Narrows bridge to your Introductory Physics Class, Phys. Teach., vol. 41, no. 2, p. 92 – 96, 2003.

Fleury, E. N. A evolução do violão na História da Música. São Paulo, 1991.

Gardner, H., Múltiplos Talentos. Mente & Cérebro, maio de 2008.

Gleiser, M. Porque ensinar Física? Física na escola, v.1, n.1, p. 4-5, 2000.

Grillo, M. L. e Perez, L. R. (org.) A Física na Música, Editora Eduerj: Rio de Janeiro, 2013.

Lemos, Evelyse dos Santos. A aprendizagem significativa: estratégias facilitadoras e avaliação. Aprendizagem Significativa em Revista, v.1, n.1, p.25-35, 2011.

Lemos Júnior, W. Histórias da educação musical e experiência de canto orfeônico no Brasil. Eccos Revista Científica [online] 2012 (janeiro-abril): Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=71523347005>>> ISSN1517-1949. Acesso em 04/10/2017.

Lima, V. S. Dimensões da Aprendizagem Colaborativa. Seminário na PUC-SP: Experiências no uso de Metodologias Ativas no Ensino/Aprendizagem. 09/05/2016.

Magno, P. C. T. Disponível em: www.colaweb.com/biologia/animais/comunicacao-animal. Acesso em 07/6/2017

Mora, C. Mudança de paradigmas na educação científica: considerações sobre a aprendizagem ativa de Física. Revista Areté – Revista Amazônica de Ensino de Ciências. ISSN: 1984 – 7505 – V.1 – N.1, p. 24, 2008.

Moreira, Marco Antônio. "O que é afinal aprendizagem significativa." *Qurrriculum* 25 (2012): 29-56.

Mota, M. B. e Braick, P. R. História das cavernas ao terceiro milênio. Editora Moderna, São Paulo, 1997.

Ricardo, E.C. Implementação dos PCN+ em sala de aula: dificuldades e possibilidades. Física na escola, v.4, n.1, p. 8-11, 2003.

Ricardo, E.C. A concepção dos alunos sobre a Física do Ensino Médio: um estudo exploratório. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.29, p. 251-266, 2007.

Santos, J. C. F. Aprendizagem significativa: modalidades de aprendizagem e o papel do professor. Porto Alegre: Mediação, p. 73, 2008.

Snyders, Georges. A escola pode ensinar as alegrias da Música? São Paulo: Cortez, 1992.

www.enem.vestibulandoweb.com.br/inep.enem.html. Acesso em 07/06/2017.

www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/NR/NR15.htm. Acesso em 06/5/2017.

www.klickeducacao.com.br/conteudo/pagina/0,6313,POR-187-,00.html.

www.portal.inep.gov.br/provas-e-gabaritos. Acesso em 06/6/2017.

www.ppgedmat.ufop.br/arquivos/produtos_2010/Produto_chrisley.pdf. Acesso em 06/5/2016.

www.sbfisica.org.br/fne/vol12/Num1/acustica.pdf. Acesso em 06/5/2016.

[www.ufsm.br /Grupo de Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Maria/coral](http://www.ufsm.br/Grupo%20de%20Ensino%20de%20F%C3%ADsica%20da%20Universidade%20Federal%20de%20Santa%20Maria/coral)

<https://sites.google.com/site/afisicanamusica/artigos-1>. Acesso em 10/5/2016.

<https://novaescola.org.br/conteudo/262>. Acesso em 08/6/2017.