

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Física

O Ensino de Física e a Música: A experiência de um futuro professor frente o desafio de ensinar.

Arthur Colangelo

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos
(orientador)

Rio Claro (SP)

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

ARTHUR COLANGELO

O Ensino de Física e a Música: A experiência de um futuro professor
frente o desafio de ensinar .

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus
de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de
Licenciado em Física.

Rio Claro - SP
2013

530.07 Colangelo, Arthur
C683e O ensino de física e a música: a experiência de um futuro professor frente o desafio de ensinar / Arthur Colangelo. - Rio Claro, 2013
53 f. : il., figs., quadros

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura - Física) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Eugenio Maria de França Ramos

1. Física - Estudo e ensino. 2. Instrumento de corda. 3. Experimentos didáticos de física. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

Termo de Aprovação

ARTHUR COLANGELO

O Ensino de Física e a Música

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - *Campus* de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Licenciada em Física.

Comissão Examinadora

- Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos (Orientador)
- Profa. Dra. Maria Antonia Ramos de Azevedo
- Prof. Dr. Gerson Antonio Santarine

Rio Claro, 18 de novembro de 2013

Arthur Colangelo

Eugenio Maria de França Ramos

AGRADECIMENTOS

Assim como vários estágios que enfrentamos em nossas vidas, mais um ciclo está chegando ao fim com muita alegria e gratidão por todos esses anos de faculdade e, finalmente é chegada a hora da conclusão do meu curso em Licenciatura em Física. Diria que é um momento de muita euforia com uma pequena parcela de tristeza.

Nesses anos como universitário pude passar pela mais bela e emocionante fase da minha vida, foram vários (e longos) anos de aprendizagem, conheci muitas pessoas diferentes e cidades até então desconhecidas por mim, e o crescimento pessoal de ter que criar responsabilidades que antes não tinha (ou não gostaria de ter). Com a UNESP tive oportunidade também de conhecer novos lugares por meio de congressos e excursões (que não foram muitas, porém sempre me agregaram conhecimentos tanto culturalmente quanto para minha formação).

Então em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus, que acredito que sempre me ajudou em vários dos momentos difíceis que passei por estes anos de graduação, era sempre nele que eu depus toda a minha confiança e ele com certeza me mostrou que as dificuldades fazem parte do nosso aprendizado para alcançar o sucesso.

Ao meu pai, Miguel Colangelo, que sempre me apoiou, mesmo não se intrometendo muito, mas eu sei o que cada olhar para mim significou em toda esta trajetória durante a minha graduação.

A minha mãe, Clélia de Fátima P. Colangelo, que sempre me mostrou que estudar nunca é demais para quem quer ser alguém na vida, que podemos perder tudo, mas os estudos e a sabedoria não tem como ninguém nos roubar.

A meus irmãos, Estêvan Colangelo e Heitor Colangelo, por sempre me respeitarem, apoiarem e fazer parte de mais essa conquista.

Em especial ao meu professor de violão Silvio dos Santos, que com sua maneira simples e eficiente, me ensinou não apenas a tocar violão, mas a gostar, admirar, desfrutar da música e de suas particularidades, realmente um dos grandes professores que pude conhecer e conviver.

Aos meus amigos de longas datas, aqueles que convivi na faculdade, todos sem exceção, pelo apoio, descontração e aprendizado.

Ao meus amigos do time de beisebol/softball da unesp, que com a maneira alegre e contagiante de treinar e jogar, conseguiam tornar os dias mais estressantes em dias com muito entusiasmo.

A minha sogra Maria Eliza Arraes Lopes Ansanello, que sempre me apoiou, e como professora mostrou a magia, garra, paciência e a beleza de ser professor. Foi um curto período de convivência, mas levo na memória e no coração a doce lembrança de suas dicas e conselhos.

A minha noiva Maria Luiza Arraes Lopes Ansanello que sempre me ajudou, apoiou, me deu forças para não desistir e que me mostrou que temos que ter muita paciência para alcançar o sucesso.

Ao meu orientador Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos, que é um grande exemplo de pessoa e professor, me mostrando que temos que ser perseverantes e corajosos para enfrentar grandes desafios.

RESUMO

Apresentamos neste trabalho um estudo exploratório sobre a temática da Física e Música, discutindo a forma como este tema é abordado em duas escolas de Ensino Médio pertencentes a rede estadual de ensino da cidade de Rio Claro-SP. Inicialmente, realizamos uma análise crítica sobre os livros didáticos que são utilizados como a principal ferramenta de auxílio ao professor em sala de aula. Através desta análise, é possível perceber o baixo nível de conteúdo quando queremos trazer a temática para dentro da sala de aula. Com base nos dados da análise feita sobre os livros didáticos e com uma aula experimental que foi realizada no âmbito da atividade da disciplina “Prática de Ensino e Estágio Supervisionado”, do curso de Licenciatura em Física – UNESP câmpus de Rio Claro, foi elaborada uma proposta educacional relacionada a temática Ensino de Física e Música com uma estratégia de abordagem diferente das tradicionais, considerando a utilização de experimentos construídos com materiais de baixo custo (FERREIRA e RAMOS, 2008), que pode ser uma alternativa para melhorar o processo de ensino aprendizagem do aluno, pois estes experimentos estimulam e proporcionam uma aula mais dinâmica e com uma interação mais próxima com os objetos. Procuramos também estudar, de maneira mais aprofundada, aspectos da física ondulatória, discutindo como uma onda se propaga em uma corda com as suas duas extremidades fixas, que além de ser um assunto que usualmente é abordado nos livros, é um fenômeno que está presente em instrumentos de corda.

Palavras-chave: Física e Música. Instrumento de Corda. Experimentos didáticos de Física. Ensino de Física.

ABSTRACT

Here we present an exploratory study on the subject of Physics and Music, discussing how this issue is addressed in two high schools belonging to state education network in Rio Claro – SP city. Initially, we conducted a critical analysis of the books that are used as the main tool to support the teacher in the classroom. Alert this analysis , it is possible to realize low-level content when we bring the topic into the classroom. Based in this analysis and an experimental class that was held as part of the course " Teaching Practice and Supervised " , the Bachelor's Degree in Physical Activity - UNESP Campus Rio Claro was an elaborate educational proposal related to Physics Teaching and Music with a thematic strategy different from the traditional approach , considering the use of experiments built with low cost (Ferreira and Ramos , 2008) materials , which can be an alternative to improve the teaching learning process student , because these experiments stimulate and provide a more dynamic and closer interaction with the objects class. We also seek to study, in greater depth , aspects of wave physics, discussing how a wave propagates in a string with its two fixed ends , which besides being a subject that is usually covered in books , is a phenomenon that is present in string instruments.

Keywords: Physics and Music. String Instrument. Didactic experiments in physics. Physics Teaching.

SUMÁRIO

Capítulo 1 INTRODUÇÃO	08
Capítulo 2 ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS	09
2.1. ANÁLISE DOS LIVROS CURSO DE FÍSICA E CADERNO DO ALUNO	11
Capítulo 3 ESTUDANDO A FÍSICA E A MÚSICA	25
3.1. MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES	26
3.2. ONDAS MECÂNICAS	31
3.3. FUNÇÃO DE ONDA DE UMA ONDA SENOIDAL	32
3.4. SUPERPOSIÇÃO E INTERFERÊNCIA DE ONDAS HARMÔNICAS	35
3.5. ONDAS ESTACIONÁRIAS	37
3.6 FUNÇÕES DA ONDA ESTACIONÁRIA	39
Capítulo 4 FÍSICA E MÚSICA: PENSANDO EM ALTERNATIVAS PARA UMA PROPOSTA EDUCACIONAL.....	41
Capítulo 5 CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS	51

1. INTRODUÇÃO

Em nosso cotidiano, estamos acostumados a escutar vários tipos de sons com diferentes frequências e tonalidades, com os quais podemos, por exemplo, nos comunicar e obter orientações (por meio da linguagem), visualizar tecidos de alguns órgãos do corpo humano (por meio da ultrassonografia) e desfrutar do conhecimento cultural (por meio da Música). Contudo em tais oportunidades dificilmente se costuma associar o som com a Física.

A música sempre esteve presente durante toda a minha vida e tive a oportunidade de começar os meus estudos como músico aprendendo a tocar violão aos 8 anos de idade e sendo interrompida (infelizmente) aos 15 anos. Logo no início dos meus estudos me lembro do fascínio que tinha com o som emitido pelo violão de meu professor, pois parecia que mesmo forçando as cordas, não conseguia alcançá-lo.

Após alguns anos, consegui perceber que a caixa acústica de nossos violões tinham tamanho diferentes, por isso a dificuldade de tentar reproduzir algo semelhante. Nas escolas em que estudei, este tipo de tema era totalmente incomum, pois dificilmente estas escolas ofereciam alguma atividade relacionada com a música como atividade do currículo escolar. Apenas uma escola oferecia atividade com música, que não era obrigatória, e que estava relacionada a tradicional fanfarra do colégio.

Analizamos neste trabalho a proposta de introduzir atividades de Ensino de Física com a temática Música, discutindo sua viabilidade. Na maioria das escolas, sabemos que o LD é a principal ferramenta de auxílio usada pelo professor tanto em sala de aula quanto para preparar suas aulas. Dessa forma para o desenvolvimento do trabalho estudamos como alguns livros didáticos abordam o tema envolvendo Física e Música.

O tema é abordada na maioria dos LD, porém o que se percebe em relação a este assunto é que os livros não trabalham com a percepção musical e com as sensações do aluno, privilegiando modelos teóricos e abstratos. Essa forma de abordagem muitas vezes coloca a temática Música distante da realidade, resultando na falta de interesse do aluno.

Neste sentido procuramos neste trabalho refletir sobre este problema, e também apresentar uma proposta didática para o ensino de física quando do tratamento da música.

Por fim, percebemos que expandir o conhecimento da física escolar e instigar o aspecto lúdico dos alunos, construindo atividades de ensino inovadoras e não usuais como as estudadas, constituem-se em importantes desafios para a formação de professores da Educação Básica.

2. ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS

Os livros didáticos (LD) são o principal material didático e de estudo que o professor da educação Básica utiliza como inspiração para preparar suas aulas e elaborar um cronograma anual para as escolas em que ele trabalha, sejam elas de ensino público ou de ensino privado. Dessa forma, quando da realização deste trabalho entendemos como necessário investigar como a Música aparece nos livros de Física. Os livros que serão analisados nesse presente TCC, são os livros adotados por duas escolas de Nível Médio na cidade de Rio Claro-SP.

Minha experiência didática durante a realização do TCC, foram as atividades de estágio supervisionado em duas escolas de Rio Claro. Naturalmente escolhemos as escolas de Nível Médio que possuem uma parceria com a Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho (UNESP) no âmbito da disciplina Prática de Ensino de Física II, a escola EE Prof. Marciano de Toledo Piza (escola 1) e a escola ETEC Prof. Armando Bayeux da Silva (Escola 2).

Atualmente as escolas públicas do Estado de São Paulo adotam como material didático algumas apostila especialmente desenvolvidas para as escolas estaduais e o livro que os alunos possuem acesso é chamado de Caderno do Aluno. Em 2007, o ministério da educação do Estado de São Paulo criou o programa chamado São Paulo Faz Escola, e tem como principal objetivo implementar um currículo pedagógico único para todas as 5 mil escolas que fazem parte da rede estadual de ensino (<http://www.educacao.sp.gov.br/portal/projetos/sao-paulo-faz-escola>, 15h08, 25/11/2013). Por questão de conveniência, iremos nomeá-lo de Livro Didático 1 (LD1).

Outro livro que também será avaliado se chama *Curso de Física* dos autores Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga, onde esse livro é adotado como Livro Didático em uma escola técnica de ensino médio. A exemplo do livro anterior, por questão de conveniência nomearei este livro como Livro Didático 2 (LD2). Ele também é usado como material de consulta na Escola Estadual Marciano Toledo Piza como consulta do professor.

É importante ressaltar que os livros da autora Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo são adotados em várias escolas públicas e privadas de todo o país sendo mais de 4 milhões de exemplares somente nestes últimos três anos (Fonte <https://www.ufmg.br/diversa/20/perfil-beatriz.html>, 22h16, 10/11/2013).

Por serem LDs com grande número de exemplares circulando no estado de São Paulo, estes livros foram escolhidos para serem estudados, a fim também de ter uma dimensão de como o tema Física e Música esta sendo abordada no estado.

Apesar de os livros didáticos e as apostilas do estado estarem presentes nas Escolas Pública de Educação do Brasil, isso particularmente tem gerado em mim um grau de preocupação com a renovação dos LD em nosso ensino, pois atualmente possuímos de outras ferramentas como aplicativos de internet, vídeos, internet, projeções, softwares entre outros que não encontramos nas atividades didáticas usuais que acompanhei. Além disso, nas duas escolas em que foram feitos as observações, me chamou atenção o mal uso dos equipamentos de mídia que as escolas dispõem.

Para ser feita a análise de cada livro, foram escolhidos os capítulos nos quais são trabalhados os conceitos de Física que podem ser associados com a Música. O foco neste capítulo é apenas avaliar o conteúdo e não em encontrar uma maneira diferente para o professor leciona-la.

Os critérios que foram utilizados para ser feita a análise de cada livro seguem no quadro a seguir:

Quadro 1 – Critério de Análise dos Livros Didáticos

ITEM	DESCRIÇÃO
Clareza e Coerência	Verificar se o material apresenta o tema de forma clara
Aplicações	Analisar os aspectos Física e Música relacionados ao cotidiano do aluno
Proposta de Experimentos	Analisaremos se o LD traz algum tipo de experimento para ser aplicado em sala
Orientações para Aprofundamento	Verificar se o LD sugere alguma outra referência para o aluno buscar mais conhecimento sobre o assunto, como revistas, sites, etc.

Clareza e Coerência: É importante avaliar nos LDs a forma de como os temas são apresentados, portanto neste item avaliamos se o tipo de linguagem apresentada é adequada para o nível de ensino no qual o LD é indicado, e também se não há textos que possam confundir o aluno.

Aplicações: As aplicações do conceito de Física e Música quando são trazidas para eventos que acontecem em nosso cotidiano, pode aproximar o aluno da realidade e da importância destes conceitos.

Proposta de Experimentos: Os experimentos, quando abordados de maneira correta, tem a intensão de mostrar os conceitos de maneira aplicada, o que deixa a aula mais dinâmica.

Orientações para Aprofundamento: Para alguns alunos que estão instigados a se aprofundar mais sobre o tema abordado, é interessante que o livro tenha assuntos de

aprofundamentos ou indicar alguma fonte de referência confiável, para que o aluno faça pesquisas e aprofundamento por conta própria.

2.1. ANÁLISE DOS LIVROS CURSO DE FÍSICA E CADERNO DO ALUNO

O livro dos escritores Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo possui dois tipos de edições, o de volume único, e o livro é dividido em três volumes, que é o que iremos trabalhar. Para o nosso estudo trabalharemos com o Volume 02 capítulo 16 desta edição.

Quanto a apostila da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, o tema de Física e Música é trabalhado no Caderno do Aluno, no volume 3 da segunda série do Ensino Médio.

A primeira grande diferença que nota-se entre os dois LD são as propostas de conteúdos que eles apresentam. O LD1 apresenta uma proposta em que o conteúdo analítico e teórico não é o foco principal, deixando esta responsabilidade para o docente. Os assuntos são separados por temas e não capítulos.

Cada tema possui vários tópicos que os autores dão o nome de Situação de Aprendizagem (SA). No tema 1 ele aborda todo o conteúdo e a temática de som, trabalhando com o assunto de Fontes, Características Físicas e Usos.

Figura 1 - Reprodução da capa dos livros O Curso de Física (LD2) e o Caderno do Aluno (LD1).



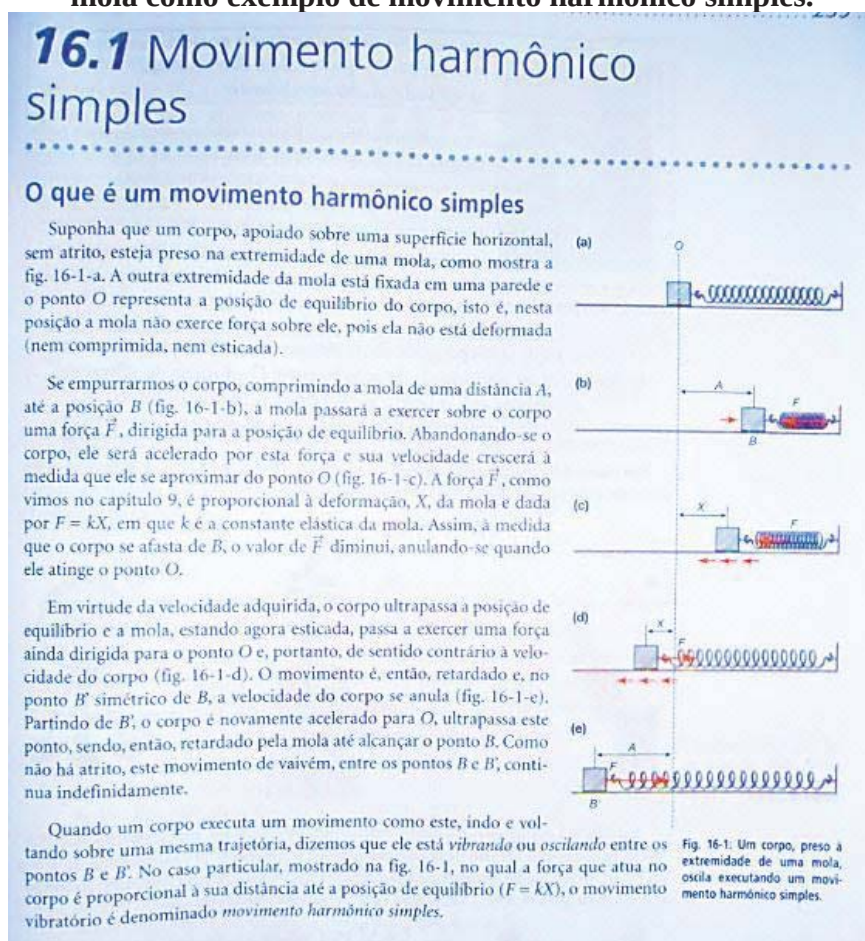
Porém o LD2 tem um foco maior no conteúdo analítico da teoria, e em consequência desta proposta, apresenta uma grande quantidade de exercícios para o aluno praticar em sala ou em outro ambiente fora da escola.

Ao observar o capítulo 16 do LD2, que vai da página 238 a página 282 do volume 2, é possível perceber que os autores dão mais ênfase para explicar primeiramente a teoria que envolve o conceito de movimento ondulatório, apresentando definições de conceitos como movimento harmônico simples, frequência, período, e após todas estas definições, começa um tópico relacionado ao assunto de Ondas Sonoras. Entendemos que, essa segregação entre os assuntos pode leva-lo a uma diferente visão sobre estes dois temas, podendo até fazer relações distintas entre eles.

O capítulo do LD2 começa com o tema de Movimento Harmônico Simples. Este é o primeiro tema e o que possui um patamar de maior destaque, esta observação também já foi feita por Gomez P. J. “a obra se dedica inicialmente ao estudo do movimento ondulatório”.

Para exemplificar este tipo de movimento é citado um corpo apoiado em cima de uma superfície horizontal sem atrito que está preso a uma mola, onde após a mola ser comprimida e solta, o corpo entrará em movimento oscilatório, como é mostrado na figura a seguir.

Figura 2 - Fac-simile da página 239 do livro LD2 que mostra um corpo preso a uma mola como exemplo de movimento harmônico simples.



Após esse exemplo, já há uma mudança, tratando os conceitos de Amplitude, Frequência e Período, onde o movimento harmônico simples é citado novamente. Entretanto, dessa vez o movimento de oscilação é exemplificado em outros objetos, e dentre eles esta um violino. Embora o LD2 descreva a situação, seria interessante para o aluno a oportunidade de visualizar esse tipo de movimento, e não apenas ficar apenas imaginando-o. Para isso, o exemplo usado poderia ser reproduzido facilmente em uma sala de aula com um monocórdio simples e usando-o como objeto de estudo, podendo também trabalhar conceitos que são abordados posteriormente como frequência, amplitude, período e etc.

A forma em que a linguagem é usada no LD2, apresentando todo o conceito pronto e formulado para o aluno, acaba dificultando, e as vezes evitando, que o aluno desenvolva um senso crítico sobre as situações apresentadas.

Figura 3 - Fac-simile pagina 265 do livro LD2 ilustrando como o conceito costuma ser apresentado ao aluno.

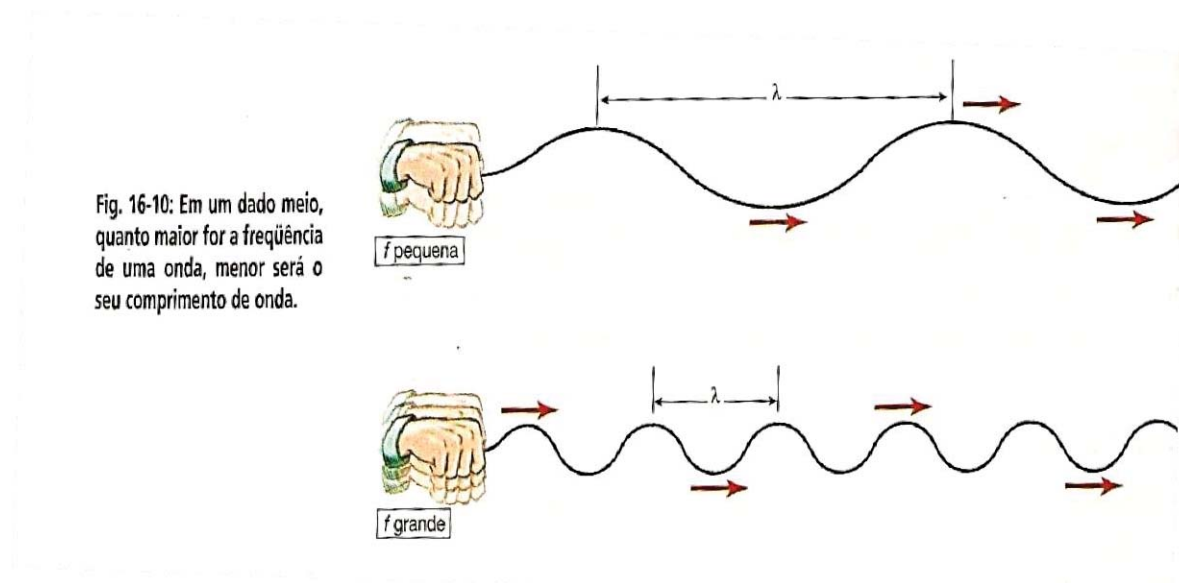


No exemplo citado na figura acima, o autor poderia desenvolver algumas atividades como meio de propagação da uma onda, relacionar o fenômeno com alguns filmes e seriados de ficção científica tentando fazer com que o aluno aponte as irregularidades apresentadas e explicar de maneira científica o motivo de todas essas irregularidades.

Também seria interessante para este capítulo que aborda o tema de Física e Música sugerir algum tipo de vídeo, websites onde o aluno que estiver interessado em observar detalhadamente o fenômeno, ou então procurando apenas tirar algumas dúvidas em relação ao tema, possa ter como uma referência de consulta.

Uma limitação do texto é a impossibilidade de oferecer uma visão dinâmica do que está ocorrendo quando se trata de som. Algumas figuras colocadas no capítulo simulando o movimento de alguns sons sonoros exigem até mesmo conhecimento prévio do fenômeno estudado por parte do aluno. Seria necessário uma certa imaginação do aluno para colocar aquela figura que está desenhada no papel “em movimento” e em consequência desses “movimentos” conseguirem ter uma visualização mental do fenômeno, como ilustrado na figura a seguir.

Figura 4 - Fac-simile pagina 248 do livro LD2 tentando demonstrar um aumento na frequência de movimento.



Frases como “Fazendo oscilar a extremidade da corda fina, uma onda se propaga...” (A. Beatriz, 2006: pag 248), “Suponha que uma pessoa segurando a extremidade de uma corda esticada, faça sua mão executar...” e “Quando uma pessoa bate periodicamente em um ponto da superfície de um líquido...” (A. Beatriz, 2006: pag 250), são comumente citadas no capítulo. Dessa forma, além da atenção ao conteúdo que está sendo abordado, o texto remete o aluno a procurar visualizar com sua imaginação situações normalmente não vivenciadas pelo estudante, iguais aos exemplos abordados, sem colocá-lo em contato diretamente com atividades semelhantes.

O texto procura estabelecer relações do tema abordado com situações corriqueiras, uma vez que a física do som está diretamente ligada a nossas vidas, principalmente porque biologicamente temos a dependência do som para ter senso de orientação, sensibilidade e até mesmo em questão de sobrevivência.

Para a situação de aprendizagem do LD1, há um texto inicial que não tem nenhuma equação matemática ou explicação física sobre o tema. Esse texto tenta trabalhar a situação que o aluno está em sala de aula, para relacionar os diferentes tipos de som, tentando mostrar para ele que há uma diferença perceptível entre som e ruído. Após o texto vem um curto questionário para o aluno exercitar tudo o que foi mostrado em sala.

Para um tema introdutório relacionado ao som, este tipo de abordagem consegue mostrar para o aluno a diferença entre música e ruído, sem focar em uma definição ou equação matemática. Proporciona que aluno passe a ficar em uma situação mais presente do

que está acontecendo, tirando-o da condição de imaginar o que está escrito no livro, e, colocando-o em uma condição mais ativa em sala.

Figura 5 - Fac-simile pagina 23 do livro LD1 mostrando uma atividade para classificar os tipos de sons.

Física - 2ª série - Volume 3

Problematizando e classificando

Isso é barulho ou música?

O tempo todo nós ouvimos os mais diferentes tipos de sons: o barulho dos carros, a sirene da ambulância, o choro do filho do vizinho, o grito da mãe, a palavra carinhosa da namorada, a risada do amigo, a música da casa ao lado... Estamos cercados pelos mais variados tipos de sons. A pergunta que vai guiar toda esta parte do estudo da Física é: o que é o som?

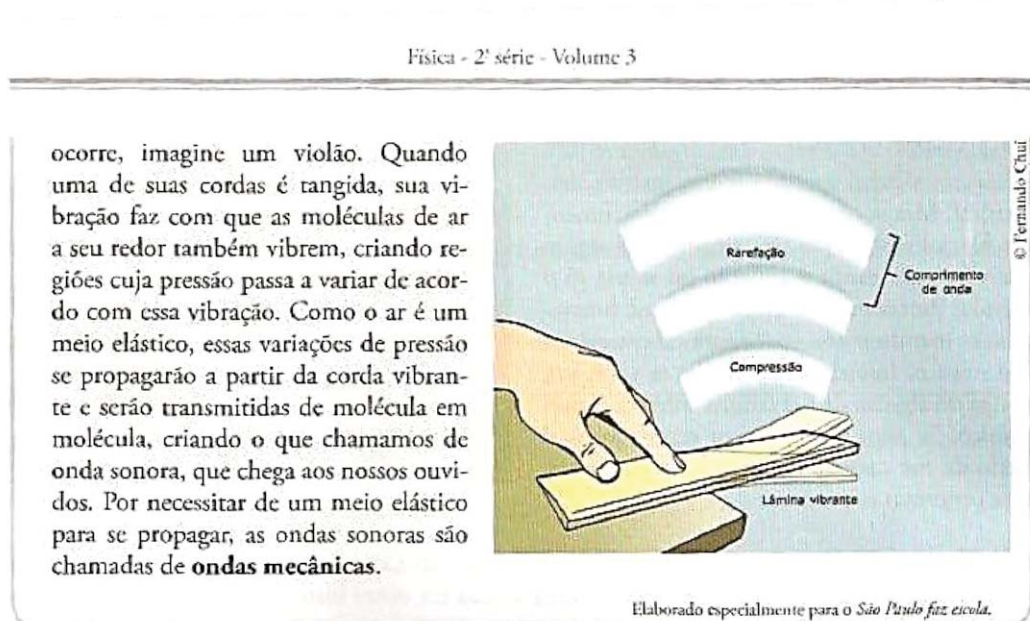
1. Para começar a responder, faça uma lista de pelo menos 20 situações que envolvam som, classificando-os em agradáveis e desagradáveis.

Sons agradáveis	Sons desagradáveis

Por outro lado, o LD1 com uma linguagem mais acessível e textos pequenos, opta por um caráter mais simples para a abordagem dos assuntos, porém mantendo sempre a linguagem culta. Talvez com a linguagem um pouco mais simples e clara, o LD tenta se tornar mais próximo do tipo de linguagem atual usada pelos adolescentes.

Além disso no LD1, Cada página do LD é composta por textos que são curtos, mesclando com figuras coloridas e mais espaços em branco (mancha branca), o que parece tornar a leitura menos cansativa. As vezes as figuras coloridas podem confundir o aluno, caso as distinções das cores não forem feitas corretamente. Na figura seguinte podemos observar alguma dessas situações.

Figura 6 - Fac-símile página 23 livro LD1 demonstrando a presença da mancha branca e uma figura, que facilita a leitura da atividade.



Responda com suas palavras:

1. O que é o som?

2. Como cada um dos diferentes instrumentos musicais produz som?

No LD1 encontramos sugestões um pouco diferentes ao aluno, como a de fazer um trabalho de campo. Por exemplo, a SA 2 sugere que o aluno faça uma entrevista musical indo até alguma escola de música, ou entrevistando alguém que tenha um conhecimento mais crítico sobre o assunto. Para ajudar o aluno, há algumas perguntas que podem ser usadas como guia da entrevista, embora o texto deixe bem claro que o entrevistador tem total liberdade para fazer outras perguntas que ele julgue ser interessantes.

Este tipo de proposta, a fim de entrevistar algum profissional da área, permite mostrar ao aluno as relações da física com o cotidiano dele.

Porém precisamos ficar atentos para o desenvolvimento desse tipo de atividade, pois quando tentamos trabalhar com assuntos que pretensamente estão relacionados com o cotidiano dos alunos, não podemos esquecer da realidade da vida pessoal de cada um, pois podem ter alunos que não tenham como se deslocar para outros lugares para se fazer

entrevistas, não conheça ninguém que conheça o assunto. Neste sentido o texto poderia oferecer outro tipo de sugestão, outras opções que fossem mais interessantes ou viáveis para desenvolver esse trabalho.

Figura 7 - Fac-simile pagina 25 livro LD1 exemplificando um roteiro para fazer a atividade de entrevista musical.



No final do capítulo do LD2, tem algumas páginas que continuam tratando do mesmo tema, como um apêndice ao capítulo. Nessa seção é possível encontrar alguns assuntos como cordas vibrantes (onde usa o exemplo do violão), relacionando os sons emitidos pelos acordes tocados de acordo com as diferentes frequências.

Entendemos que este é um assunto que não precisaria estar no final do capítulo, como um apêndice opcional ao desenvolvimento do conteúdo, e que poderia ser trabalhado de maneira produtiva já no início, quando se começou a falar em frequências. Não há justificativa didática para uma ordem cronológica nesta abordagem, como a possível dependência de conteúdo anterior para se tratar deste tema da forma separada como é colocado.

Perde-se a oportunidade de, com este tema, explorar características físicas dos instrumentos, como a variação do comprimento da corda e sua relação com a frequência, ou

como uma onda pode se propagar na corda ou, até mesmo, a realização de cálculos desta velocidade para diferentes tipos de cordas e densidades, harmônicos e frequência fundamental da corda. Como mencionado, talvez o assunto pudesse ser mais bem aproveitado, e não apenas com algumas paginas no final do capítulo.

Figura 8 - Fac-simile pagina 294 livro LD2, demonstração de uma página no apêndice.

294

Frequências dos sons emitidos pela corda vibrante

Quando a corda vibra do modo mostrado na fig. D-8-a, ela está oscilando na menor frequência entre os modos possíveis de vibração que pode apresentar. Esta frequência, que vamos designar por f_1 , é denominada *frequência fundamental* deste modo de vibração é chamado *1.º harmônico*.

Sendo λ_1 o comprimento de onda correspondente a este modo, temos, na fig.

$$\frac{\lambda_1}{2} = L \quad \therefore \quad \lambda_1 = 2L$$

Como já sabemos que $f_1 = v/\lambda_1$, vem:

$$f_1 = \frac{v}{2L} \quad \text{ou} \quad f_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

O modo de vibração mostrado na fig. D-8-b é denominado *2.º harmônico*. Para esse caso, temos (veja a figura) $\lambda_2 = L$.

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{L} \quad \text{ou} \quad f_2 = 2f_1$$

De modo semelhante, dizemos que o modo de vibração mostrado na fig. D-8-c é o *3.º harmônico*. Temos,

$$3 \left(\frac{\lambda_3}{2} \right) = L \quad \text{ou} \quad \lambda_3 = \frac{2L}{3}$$

Então,

$$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = 3 \left(\frac{v}{2L} \right) \quad \therefore \quad f_3 = 3f_1$$

A corda pode apresentar, também, outros modos de vibração denominados *4.º harmônico*, *5.º harmônico* etc., cujas frequências são $f_4 = 4f_1$, $f_5 = 5f_1$ etc.

Comentários

- 1) Observando a expressão que fornece a frequência f_1 , do som fundamental emitido por uma corda, vemos que ela depende de três fatores: T , μ e L . Podemos entender como um instrumento de corda (violão, violino, piano etc.) produz sons de diferentes frequências, isto é, diferentes notas musicais. No exemplo, ao girarmos uma cravelha, estamos procurando variar a tensão da corda, de modo que ela emita um som de determinada altura. Deve ter observado, também, que diferentes cordas apresentam comprimentos diferentes, isto é, apresentam diferentes valores de μ e L . Mesmo que elas tenham comprimentos iguais e estejam sob a mesma tensão, emitirão notas diferentes (frequências diferentes). Finalmente, que com uma mesma corda o músico consegue produzir notas diferentes, prendendo-a em pontos diferentes do braço do instrumento, de modo a fazê-la vibrar com diferentes valores de L .
- 2) De maneira geral, quando uma corda é posta em vibração, ela vibra com uma forma determinada, que é o resultado da superposição de diversos harmônicos que ela pode emitir. Como sabemos, a forma da onda é característica do timbre do som emitido. Assim, o som é caracterizado pelos harmônicos presentes na vibração.

Na figura estão destacados os três fatores que podemos usar para fazer variar a frequência dos sons emitidos pelas cordas de um violão.

Os dois livros trazem experiências que poderiam ser realizadas pelo aluno ou pelo professor como parte do material didático. Ao que se percebe, o LD2 deixou estas experiências para o final de seu capítulo. Como no caso dos comentários sobre o violão, isso “foge” da ideia geral de texto somando à exercícios comuns em livros didáticos do Ensino Médio.

Ao se apresentar no final do capítulo o material aparece claramente como opcional deixando ao docente a decisão de se trabalhar os experimentos em sala de aula, pedir aos alunos como atividade extra ou simplesmente ignorar tal parte.

No LD1 os experimentos aparecem no texto como parte do cronograma do tema música, mas isso não garante que o professor escolha aplicar tal conteúdo dessa forma em sala de aula.

Todos os experimentos possuem um roteiro para o aluno divididos em duas partes: a primeira direciona o aluno para a montagem de seu experimento, e a segunda parte se caracteriza pela análise do objeto de estudo.

Isso parece indicar ao leitor que o aluno tem total habilidade para desenvolver as atividades que nunca realizou antes sozinho. Entretanto em tal situação há chances do estudante não conseguir observar as relações entre a física aplicada e os objetos de estudo. Podemos observar essas características nas figuras a seguir.

Figura 9 - Fac-símile pagina 28 livro LD1 e pagina 281 livro LD2 que mostram as atividades com experimentos.



Os tópicos trabalham com diferentes tipos de experimentos.

Os textos parecem se preocupar em indicar materiais de baixo custo e de fácil acesso, o que permitiria que o aluno não tenha dificuldades em produzir o seu objeto de estudo. Além do baixo custo, estes materiais não oferecem nenhum tipo de risco para o aluno se machucar, o que facilita ainda mais para ser feito o trabalho.

Para um estudo mais aprofundado sobre o tema de Física e Música, os autores procuraram complementar o assunto adicionando material de estudo no final do capítulo. No caso do LD2 os autores procuram dar ênfase em um estudo mais específico para assuntos como frequência, tubos sonoros, instrumentos de percussão, Efeito Doppler.

Figura 10 - Fac-simile pagina 296 livro LD2 expressão analítica dos harmônicos de vibração.

296

ÓTICA E ONDAS



Cada tubo de um órgão emite uma nota diferente.

A frequência fundamental emitida por um tubo sonoro fechado, de comprimento L , correspondente ao 1.º harmônico de vibração, é tal que (fig. D-11-a):

$$L = \frac{\lambda_1}{4} \quad \therefore \quad \lambda_1 = 4L$$

Então, sendo v a velocidade do som no ar, temos

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} \quad \text{ou} \quad f_1 = \frac{v}{4L}$$

Para o harmônico representado na fig. D-11-b, temos

$$L = 3 \left(\frac{\lambda_2}{4} \right) \quad \therefore \quad \lambda_2 = \frac{4L}{3}$$

Então,

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = 3 \left(\frac{v}{4L} \right) \quad \text{ou} \quad f_2 = 3f_1$$

De modo semelhante, para o harmônico representado na fig. D-11-c, vem:

$$L = 5 \left(\frac{\lambda_3}{4} \right) \quad \therefore \quad \lambda_3 = \frac{4L}{5}$$

Então,

$$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = 5 \left(\frac{v}{4L} \right) \quad \text{ou} \quad f_3 = 5f_1$$

O tubo poderá apresentar, também, outros modos de vibração, cujas frequências $f_4 = 7f_1, f_5 = 9f_1$ etc. Observe, então, que no som emitido por um tubo sonoro fechado aparecem os harmônicos de frequências $2f_1, 4f_1, 6f_1$, etc., isto é, este tubo só pode emitir os harmônicos de ordem ímpar.

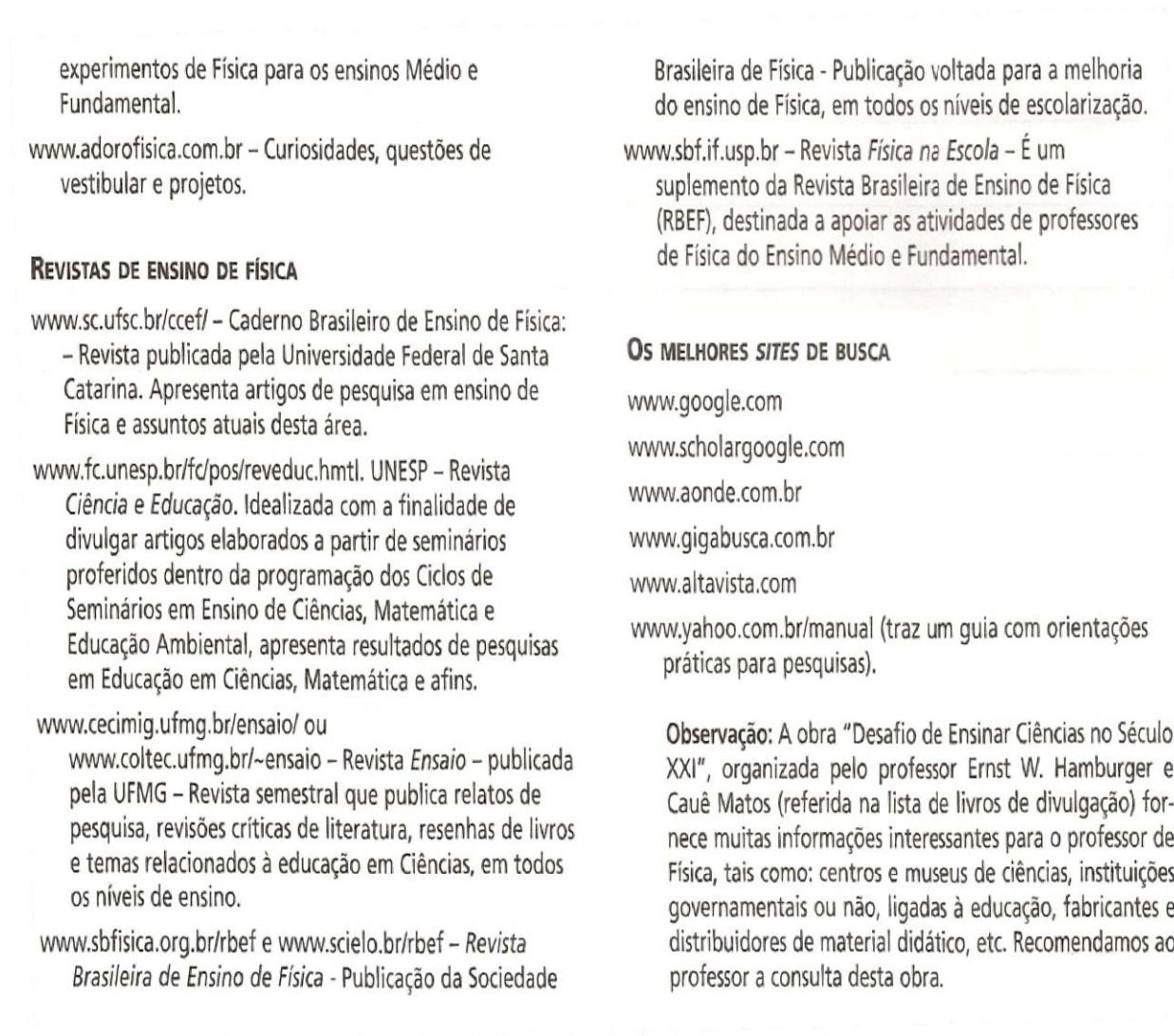
Esta parte adicional apresenta uma mesma estrutura gráfica que é feita em todo o capítulo. Talvez, nesse caso, para chamar um pouco mais de atenção, o apêndice poderia trazer uma abordagem um pouco mais diferente, mais viva, com muito mais curiosidades sobre o assunto, assim chamando atenção para a leitura do mesmo, pois o que aparece no

texto da a entender mais a preocupação em explicar matematicamente (através de formulas, equações e resultados analíticos), assim temos um caráter mais descontraído e lúdico para o estudante.

Encontramos também no final do livro algumas páginas onde pode consultar as bibliografias, e tem um tópico especial chamado de *Informações Úteis ao professor*. Nesse tópico há informações genéricas como links de websites e dicas de revistas para o ensino de física.

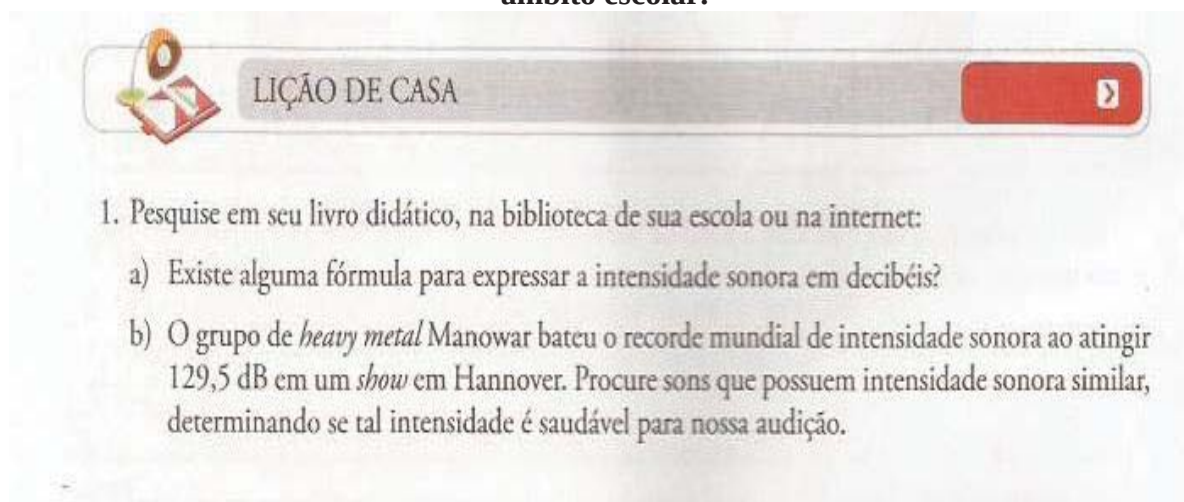
Além da indicação de materiais na internet, também foram indicados revistas que são destinadas exclusivamente para o ensino de física, contendo artigos, relatos de pesquisas voltados para a melhoria do ensino de física e alguns experimentos.

Figura 11 - Fac-simile pagina 109 do anexo Assessoria Pedagógica livro LD2 mostra que no final do livro ele oferece alguns itens para aprofundamento no estudo.



No LD1, há sugestões para que seja feita pesquisa na internet ou até mesmo em bibliotecas estão propostas para que o aluno faça como lição de casa. Entretanto o texto não traz nenhum site em específico para o aluno estar buscando pesquisar o conteúdo.

Figura 12 - Fac-simile pagina 30 livro LD1 exemplo de atividade para ser feita fora do âmbito escolar.



Apesar do material didático do livro do aluno apresentar uma proposta um pouco diferente, ele se mostrou de maneira mais superficial, com pouco conteúdo e exercícios. Não há explicações muito aprofundadas sobre o conteúdo que está sendo abordado, e algumas equações são colocadas de uma maneira pronta, pois não se tem a dedução dessas equações. É possível os autores do LD1 pressuponham que o professor ainda associe a utilização deste material com o uso do livro didático tradicional.

São vários os temas próximos ao cotidiano do aluno, que os autores poderiam trabalhar, por exemplo, ao assunto de ressonância. Este assunto pode ser trabalhado de inúmeras maneiras e tem um peso fundamental tanto quanto um assunto de cinemática também tem. Todos os objetos possuem uma frequência característica própria, na qual chamamos de frequência fundamental.

Através dela, podemos explicar vários fenômenos físicos como os fatores que resultaram com o rompimento da ponte Tacoma Narrows nos Estados Unidos, quando um trem está manobrando a vários metros de distância e conseguimos sentir suas vibrações, ou uma música de intensidade muito alta que acaba vibrando algumas janelas de residências, ou até mesmo o exemplo clássico que muitos desenhos animados mostram de uma cantora de ópera que emite um som onde ela consegue quebrar materiais compostos de vidros como copos, janelas e lustres.

Quando estamos querendo aproximar da realidade do aluno alguns conceitos de física trabalhados em sala de aula, uma das possibilidades para que esse aluno tenha um contato

mais próximo a isto seriam os trabalhos de experimentos. O interessante seria que estes experimentos tivesse um alcance fora da sala de aula, ou seja, que o aluno consiga manusear em qualquer lugar.

Muitas vezes para aprofundar ao conteúdo programático de seu curso, pode ser que algum assunto não seja abordado ou trabalhado de uma maneira mais aprofundada pelo professor em sala de aula, ou, por outro lado, o professor quer tirar mais proveito do LDs que está trabalhando, portanto é importante que além de possuir toda uma estrutura teórica, aplicação de exercícios, experimentos, seria muito interessante que ele tivesse algumas páginas onde o aluno e o próprio professor pudessem ter orientações de aprofundamento sobre os temas de cada capítulo.

Quanto a indicações adicionais, sabemos que a internet esta cada vez mais sendo uma ferramenta muito utilizada para auxiliar a aprendizagem e as aulas, e é uma realidade cada vez mais próxima das escolas. Para a consulta em websites, os autores colocaram sites de âmbito nacional e internacional, onde podemos encontrar vários tipos diferentes de materiais para demonstrações experimentais no campo da Física.

Entretanto indicações genéricas ao professor ou ao aluno, como observamos nos livros estudados, podem conduzir a uma busca aleatória ou inócua. Isso pode ser ruim, pois há atualmente sites que não trazem informações confiáveis, e muitas vezes o aluno pode estar obtendo informações que não são verdadeiras. Por isso seria absolutamente necessário que as indicações de pesquisa ou de sites fossem mais precisas.

3. ESTUDANDO A FÍSICA E A MÚSICA

A música está presente em nossas vidas, principalmente onde se pode conviver com os meios de comunicação atuais, tais como rádio, televisão, internet, som ambiente etc. Não importa qual for o lugar, ou a ocasião, todos nós em algum momento já pudemos escutar e apreciar vários tipos diferentes de músicas.

Existem diferentes tipos instrumentos musicais com diferentes mecanismos de funcionamentos. Estes mecanismos de funcionamento estão ligados diretamente com fenômenos físicos, por exemplo:

- a. **Instrumento de Percussão:** Estes tipo de instrumento geralmente possui um local para bater com as mãos ou com a baqueta. Ao ser tocado, esta superfície funciona como uma película flexível que ao oscilar, desloca a massa de ar que esta no interior do instrumento emitindo o som.
- b. **Instrumento de Sopro:** A coluna de ar que esta dentro do instrumento é vibrada ao ser assoprada por alguém, e as notas musicais vão surgindo de acordo com a abertura dos orifícios dos instrumentos.
- c. **Instrumento de Corda:** São instrumentos que possuem cordas tensionadas e acopladas em uma caixa acústica. Ao tocar essas cordas, elas entram em vibração que se transmite ao instrumento e vibra o ar que esta dentro da caixa acústica emitindo o som.

A figura a seguir exemplifica esses instrumentos musicais:

Figura 13 - Imagens de instrumentos musicais de percussão (Conga), Sopro (Flauta Transversal) e corda (Harpa).



Fonte: Retiradas do website www.infoescola.com acessado no dia 08/09/2013.

Quando nos deparamos com algum instrumento musical muitas vezes não estamos habituados a observar os vários fenômenos físicos que estão presentes, forma que foi se aperfeiçoando com o passar dos anos.

Por exemplo, se alguém soprar adequadamente o gargalo de uma garrafa de água vazia, não será difícil de produzir um som, ou uma nota de frequência não definida. Adicionando um pouco de água, ou qualquer líquido dentro da garrafa e soprando-a da mesma maneira feita anteriormente, é possível perceber nitidamente que o som produzido é diferente do anterior.

Na verdade o que esta acontecendo nessa situação é a produção de uma vibração bastante complexa chamada de harmônica. A seguir estudaremos como no caso das ondas, o movimento harmônico simples e outras características sonoras envolvidas nesse complexo sistema de funcionamento.

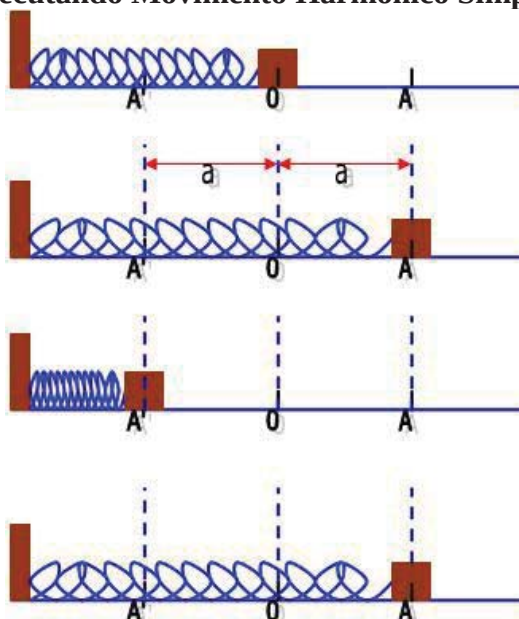
3.1. MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

Quando um sistema que esta em equilíbrio estável é perturbado, ou seja, abandonando esta configuração inicial, observa-se um movimento oscilatório com uma característica de um movimento periódico.

Há exemplos que ocorrem em nosso cotidiano com características do movimento oscilatório, inclusive com a música. Os instrumentos de cordas são aqueles onde conseguimos observar melhor este tipo de movimento, como em uma corda de violão, piano, harpa, violino e vários outros instrumentos.

O movimento oscilatório mais simples que conhecemos é chamado de movimento harmônico simples (MHS) em uma dimensão. Uma das usuais para exemplificar o MHS é utilizando uma mola com uma extremidade fixa e na outra extremidade um corpo de massa aleatória, que pode se deslocar sobre uma superfície sem atrito, como segue na figura.

Figura 14 - Figura ilustrando um sistema de um corpo de massa m preso a uma mola, executando Movimento Harmônico Simples.



Fonte: Retirado do website <http://www.colegioweb.com.br/trabalhos-escolares/fisica/oscilacoes/cinematica-do-m-h-s.html>

Este tipo de movimento ocorre quando um sistema corpo e mola é retirado da sua posição de equilíbrio, por compressão ou distensão da mola, e, portanto começa atuar no corpo uma força restauradora da mola, tentando restabelecer o equilíbrio inicial.

Quando o sistema está em equilíbrio, a resultante das forças é nula. Agora, quando o corpo for deslocado até uma distância A de sua posição inicial, a força de restauração da mola começa a entrar em ação exercendo uma força contrária ao movimento.

Para analisar a força de uma mola usamos a lei de Hooke dada por

$$F = -kx$$

Equação 1: A força observada na mola é diretamente proporcional ao deslocamento x , segundo uma constante elástica K .

Como essa força está atuando apenas no eixo x , podemos calcular a aceleração do movimento, igualando à fórmula de Newton $F = m \cdot a$ (2ª Lei de Newton). Assim teremos

$$F = -kx = ma = m \frac{d^2x}{dt^2} \therefore a = \frac{d^2x}{dt^2} = -\left(\frac{k}{m}\right)x$$

Equação 2: Equação referente ao livro do autor (Tipler, 1994, p. 71).

Por meio da equação 2 vemos que a aceleração depende da posição, sendo maior em módulo nos pontos extremos. No caso a aceleração é diretamente proporcional ao deslocamento do corpo e, para uma mesma força, inversamente proporcional a sua massa.

No MHS sem atrito, ao corpo da condição de equilíbrio, ele fica oscilando em torno desta posição. O tempo necessário para que se complete uma oscilação em torno da posição

de equilíbrio é chamado de período, sendo representado pela letra **T** e sua unidade de medida é segundos. O número de oscilações completas por segundo é chamado de frequência (f), sua unidade de medida é em hertz (Hz) que é o mesmo de s^{-1} . Portanto por definição, a frequência é o inverso do período

$$f = 1/T$$

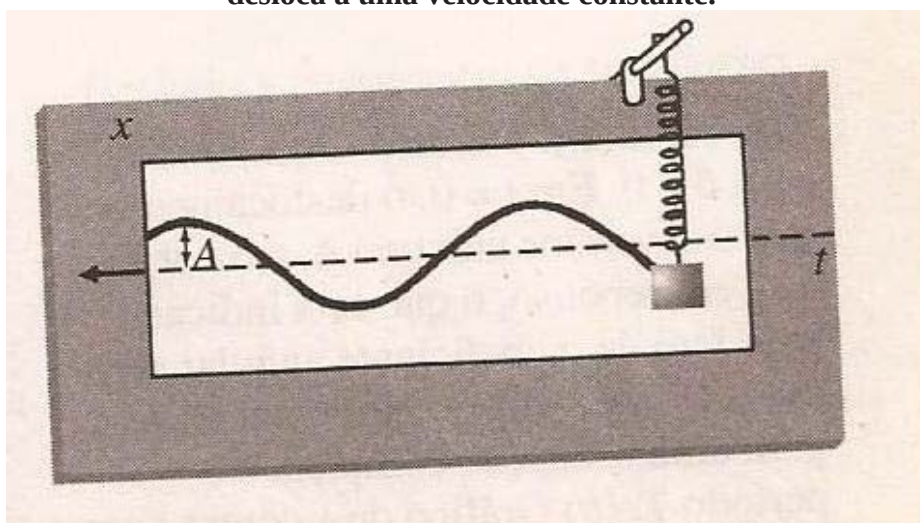
ou

$$T = 1/f$$

Equação 3: Equação referente ao livro do autor (Tipler, 1994, p. 71).

O deslocamento em função do tempo também pode ser analisado de maneira experimental, estudando sua oscilação. Para chegar nessa relação de deslocamento e tempo, usaremos a figura a seguir como exemplo.

Figura 15 - Corpo de massa m que oscila preso a uma mola vertical, onde o registro se desloca a uma velocidade constante.



Fonte: Fac-simile (Tipler, 1994, p. 71).

Imaginemos que temos um corpo de massa m preso na extremidade de uma mola. Este corpo é deslocado de uma distancia A do seu ponto de equilíbrio, e o papel que está abaixo dele, se move para a esquerda com velocidade constante e com isso começa a se traçar uma curva de perfil senoidal. A equação desta curva é dada por

$$x = A \cos(\omega t + \delta)$$

Equação 4: Definição Movimento Harmônico Simples, (Tipler, 1994, p. 71)

Onde A , δ e ω são constantes. O movimento que é descrito referente à equação 4 é também chamado de Movimento Harmônico Simples. O deslocamento máximo em relação ao equilíbrio é a amplitude representada pela letra A , a constante de fase é representado por δ , e a frequência angular do movimento é representado pela letra ω .

Com a equação do deslocamento pelo tempo do MHS, conseguimos obter a função da velocidade pelo tempo derivando a equação 4. Portanto calculando a derivada da equação temos

$$v = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \delta)$$

Equação 5: Equação da variação do espaço pelo tempo (Tipler, 1994, p. 72).

A fase da velocidade difere da fase da posição por $\pi/2$ rad = 90° . Quando $\cos(\omega t + \delta)$ tem o valor de +1 ou de -1, temos que $\sin(\omega t + \delta) = 0$. Quando atinge em x seu valor extremo, máximo ou mínimo, temos que naqueles pontos a velocidade é nula. Analogamente quando $\sin(\omega t + \delta)$ tem os valores de +1 ou de -1, temos que $\cos(\omega t + \delta) = 0$. A velocidade é máxima quando o corpo passa pelo ponto de equilíbrio em $x=0$.

Para obter a aceleração do corpo em função do tempo, deriva-se a velocidade (eq.5). Então

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 A \cos(\omega t + \delta)$$

Equação 6: Derivando a velocidade em relação ao tempo

Sabendo que o termo $x = A \cos(\omega t + \delta)$, e substituindo na eq.6 temos que

$$a = -\omega^2 x$$

Equação 7: Equação referente ao livro (Tipler, 1994, p. 73).

Utilizando a Eq.7 juntamente com a Eq.2, pode-se observar que a frequência angular depende da constante da mola k e da massa m do corpo.

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

Equação 8: Frequência angular de uma mola de constante k e massa m. (Tipler, 1994, p. 72)

Considerando que $\omega = 2\pi f$ e substituindo os termos na Eq.8, obtemos a frequência e o período em função da constante de mola k e da massa do corpo.

$$T = \frac{1}{f} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Equação 9: Período de oscilação de um corpo preso a uma mola. (Tipler, 1994, p. 73).

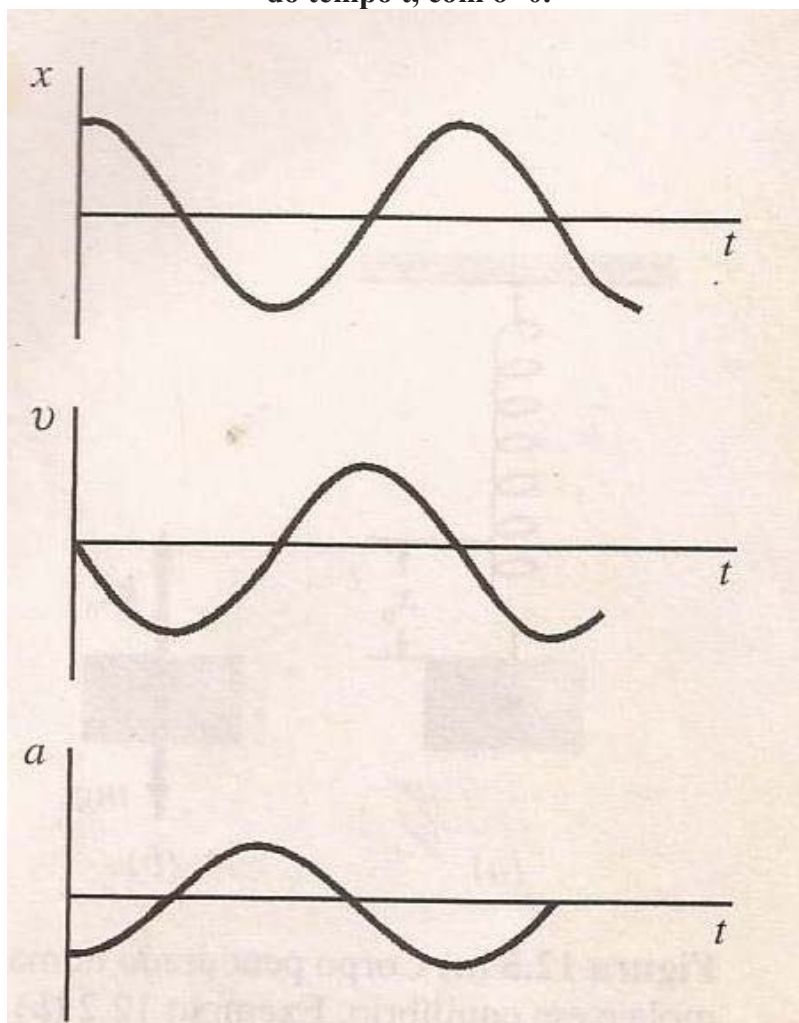
$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Equação 10: Frequência de um corpo oscilando preso a uma mola. (Tipler, 1994, p. 73).

Portanto, é possível perceber pelas equações 9 e 10 que quanto maior a constante k da mola, maior será a frequência natural de oscilação e menor será o período. Analogamente se o k da mola for baixo, a frequência será menor e o período será maior.

Na figura a seguir comparamos as variações com o tempo do deslocamento x , da velocidade v e da aceleração a , no caso especial em que a constante de fase $\delta=0$.

Figura 16 - Gráficos dos deslocamentos x , da velocidade v e da aceleração a em função do tempo t , com $\delta=0$.



Fonte: Fac-simile do livro (Tipler, 1994, p. 73).

$$x = A \cos \omega t$$

Equação 11: Variação do deslocamento em relação ao tempo. (Tipler, 1994, p. 73).

$$v = \omega A \sin \omega t$$

Equação 12: Variação da Velocidade em relação ao tempo. (Tipler, 1994, p. 73).

$$a = -\omega^2 A \cos \omega t$$

Equação 13: Variação da aceleração em relação ao tempo. (Tipler, 1994, p. 73).

Para este tipo de movimento podemos relaciona-lo quando por exemplo em um instrumento de corda como o violão. Quando um músico está tocando alguma melodia, as cordas começam a vibrar e oscilar em torno de um mesmo ponto.

Este tipo de oscilação é denominada de movimento harmônico e foi possível perceber que através desse movimento podemos estudar a frequência, período, velocidade, aceleração e etc.

3.2. ONDAS MECÂNICAS

Em nosso cotidiano estamos expostos a diferentes tipos de fenômenos ondulatórios, que muitas vezes nos passam despercebidos. Alguns desses fenômenos nós podemos enxergar e, no caso dos sons musicais, podemos escutar ou até mesmo não escuta-los.

Uma onda surge quando um sistema é tirado da sua posição de equilíbrio, propagando-se de uma região para outra do mesmo sistema, formado por meios materiais como aqueles formados por líquidos, gases ou sólidos. Esse tipo de onda, que requer um meio material para se propagar, chamamos de onda mecânica. Uma onda mecânica é uma perturbação que se propaga através de um meio material que podem ser vários como gases, líquidos, sólidos (Young D. Hugh e Freedman Rogers A, 2008, pag 103).

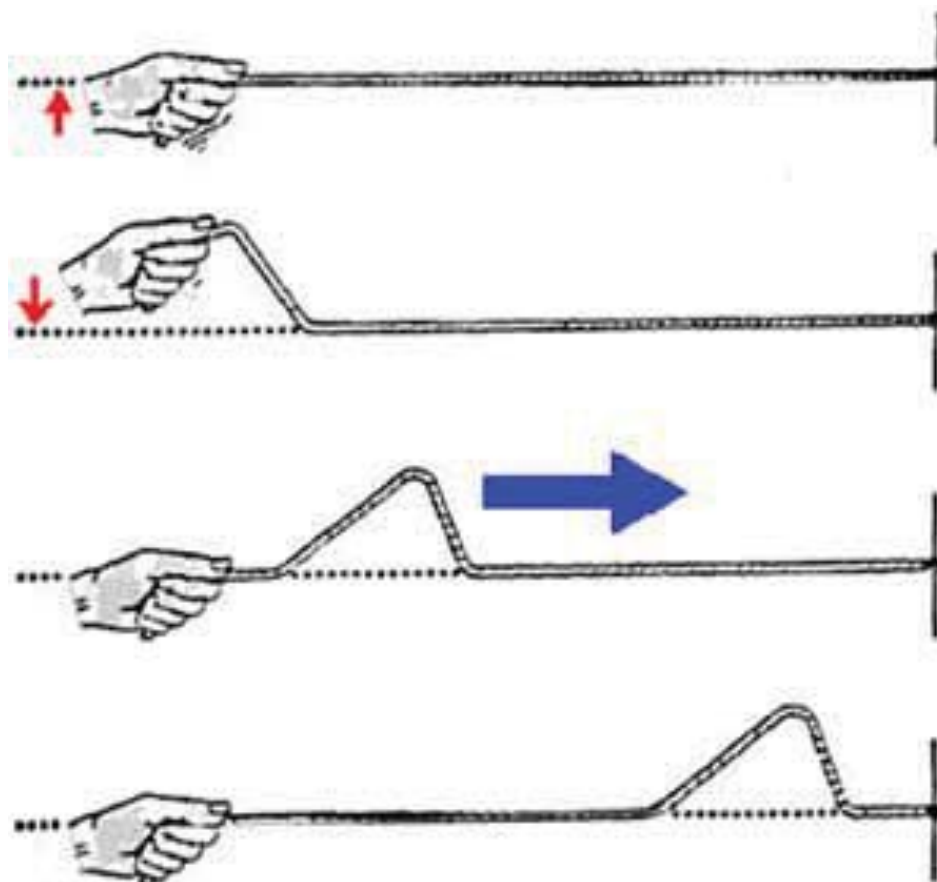
Quando há uma perturbação do meio e a onda vai se propagando no meio, as partículas que o constituem sofrem deslocamentos de diversas espécies, dependendo da natureza da onda, com deslocamentos em torno de seu ponto de equilíbrio, tal como analisado no modelo ideal do MHS.

Em geral temos três variedades de ondas mecânicas, a onda transversal (quando a oscilação ocorre perpendicular ao deslocamento da onda), longitudinal (quando o deslocamento ocorre no plano de deslocamento da onda) e uma dupla que possui os dois casos anteriores.

O tipo de onda que se propaga em uma corda de algum instrumento musical é essencialmente transversal.

Quando um músico agita ou toca uma corda de seu instrumento, essa agitação se propaga através do comprimento da corda. A figura a seguir mostra um movimento semelhante.

Figura 17 - Figura que ilustra um movimento de onda de origem transversal em uma corda.



Fonte: Retirada do website <http://www.mundoeducacao.com/fisica/ondas-mecanicas.htm> (24/07/2013).

A corda sofre o mesmo tipo de movimento ao longo do seu comprimento. Como os deslocamentos no meio são perpendiculares ou transversais à direção de propagação da onda, damos o nome de Onda Transversal.

Entretanto não é essa onda que “sai” do instrumento e “atinge” nossos ouvidos. A vibração da corda, faz o “corpo” do instrumento vibrar, produzindo uma perturbação longitudinal do ar, que atinge nosso ouvido, fazendo vibrar nosso tímpano e as estruturas internas do ouvido, que se traduz em nosso cérebro como som do instrumento.

3.3. FUNÇÃO DE ONDA DE UMA ONDA SENOIDAL

Podemos destacar características das ondas mediante os conceitos de velocidade, aceleração, frequência, amplitude, período e comprimento de onda. Entretanto a observação detalhada das posições individuais de cada partícula que esta no meio pode ajudar em nossa descrição matemática.

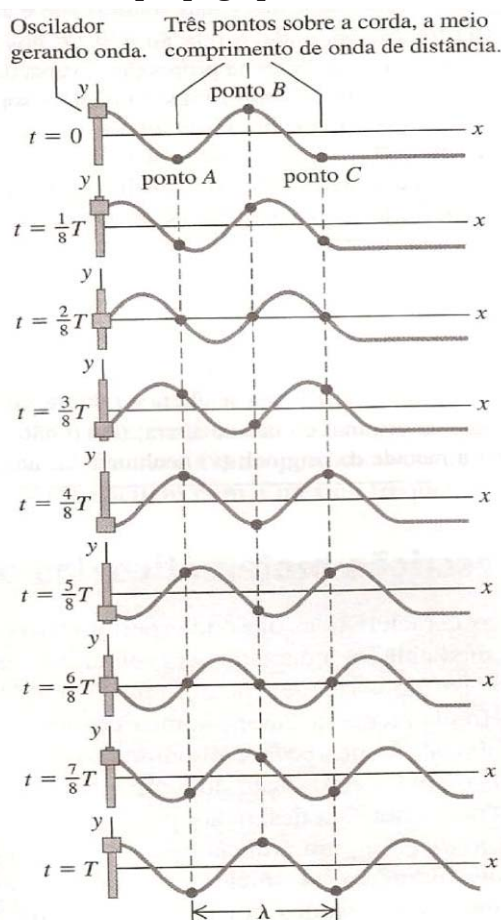
Como estamos estudando ondas em uma corda esticada, vamos concentrar os estudos em ondas de caráter senoidal, que é característica desse movimento. Para nos auxiliar, usaremos o exemplo da figura 18 a seguir.

As ondas se propagam ao longo de uma corda no eixo Ox . Como vimos na seção anterior estas ondas são transversais, e durante o seu movimento, uma partícula na posição de equilíbrio x é deslocada até um ponto y perpendicular ao eixo de propagação. Portanto y é uma função de x e t , $y(x,t)$, que se caracteriza por uma função de onda.

Sabendo essa função, conseguimos calcular a velocidade, aceleração ou qualquer outra informação que desejamos saber sobre o comportamento da corda.

Suponha que a onda que esta se propagando na figura 18, esteja no sentido da esquerda para a direita, ou seja, no sentido positivo de x . Cada partícula da corda oscila executando um MHS com a mesma frequência e amplitude, mas conseguimos observar que as oscilações de cada partícula em pontos diferentes das cordas não estão sincronizadas. A estas diferenças de sincronia damos o nome de diferenças de fase.

Figura 18 - Oscilações de três pontos em uma corda à medida que uma onda senoidal se propaga por ela.



Fonte: Fac-simile do livro Young & Freedman (2008, pagina 108).

As ondas se propagam ao longo de uma corda sob o eixo Ox. Como vimos na seção anterior estas ondas são transversais, e durante o seu movimento, uma partícula na posição de equilíbrio x é deslocada até um ponto y perpendicular ao eixo de propagação. Portanto y é uma função de x e t , $y(x,t)$, que se caracteriza por uma função de onda.

Sabendo essa função, conseguimos calcular a velocidade, aceleração ou qualquer outra informação que desejamos saber sobre o comportamento da corda.

Suponha que a onda que esta se propagando na figura 12, esteja no sentido da esquerda para a direita, ou seja, no sentido positivo de x . Cada partícula da corda oscila executando um MHS com a mesma frequência e amplitude, mas conseguimos observar que as oscilações de cada partícula em pontos diferentes das cordas não estão sincronizadas. A estas diferenças de sincronia damos o nome de diferenças de fase.

Com o deslocamento da partícula na extremidade esquerda da corda onde $x=0$ e a $\delta=0$, temos que

$$y(x = 0, t) = A \cos \omega t$$

Equação 14: (Young e Freedman, 2008, p.108)

Mas este é um caso particular da função $y(x,t)$ deste tipo de deslocamento. Vamos então trabalhar em cima de uma observação geral da função.

Como supusemos anteriormente, a perturbação ondulatória se propaga de $x=0$ até um ponto x à direita da origem em um intervalo de tempo t dado por x/v , onde v é a velocidade da onda. O movimento do ponto x no instante t é igual ao movimento quando $x=0$ no instante $t - x/v$. Então substituindo o valor de t na Eq.10 por $(t - x/v)$ encontramos a seguinte expressão para a função de onda:

$$y(x, t) = A \cos \left[\omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \right]$$

Equação 15: (Young e Freedman, 2008, p.108)

Como $\cos(-\theta) = \cos \theta$, podemos reescrever a função da onda como

$$y(x, t) = A \cos \left[\omega \left(\frac{x}{v} - t \right) \right] = A \cos 2\pi f \left(\frac{x}{v} - t \right)$$

Equação 16: Equação da onda senoidal movendo-se no sentido +x. (Young e Freedman, 2008, p.108)

Portanto temos que o deslocamento de uma onda senoidal em função da posição x e do tempo é escrito pela Eq.12. Podemos reescrever a função da onda dada pela Eq.12 de diversas maneiras úteis.

Assim para determinar o número de onda (inverso do comprimento de onda), por exemplo, escrevemos que

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Equação 17: Equação que denomina o número de onda. (Young e Freedman, 2008, p.109)

E substituindo $\lambda=2\pi/k$ e $f=\omega/2\pi$ na relação $v=\lambda f$, obtemos

$$\omega = vk$$

Equação 18: Equação periódica de uma onda. (Young e Freedman, 2008, p.109)

Portanto podemos reescrever a Eq.12 da seguinte maneira

$$y(x, t) = A \cos(kx - \omega t)$$

Equação 19: Equação da onda senoidal movendo no sentido +x. (Young e Freedman, 2008, p.109)

Há varias maneiras que podemos escrever a equação da onda senoidal, mas devemos lembrar que para cada tipo de formula é uma questão de conveniência. E lembrando também que uma onda cosseno também pode ser considerada uma onda senoidal, a diferença é que a onda cosseno está defasada de $\pi/2$ em relação a senoidal.

3.4. SUPERPOSIÇÃO E INTERFERÊNCIA DE ONDAS HARMÔNICAS

Até o momento discutimos o caso de uma onda se propagando em algumas condições bastante específicas, com uma extremidade livre e outra fixa, ilustrando como podemos determinar características físicas desse movimento. Vamos estudar o caso de se perturbar uma corda que está presa nas duas extremidades, que forma que as ondas ficam confinadas entre as extremidades.

Este fenômeno acontece em instrumentos musicais de corda, como o piano, o violino, o violão e outros. As ondas acabam refletindo nas extremidades e voltando ao ponto inicial, se combinando, promovendo o que é chamado em Física de superposição de ondas.

Quando há superposição de ondas de mesma frequência em relações de fase (ondas harmônicas), damos ao fenômeno o nome de interferência, que pode ser construtiva ou destrutiva. Importante salientar que para que isto ocorra, estas ondas harmônicas tem que ter uma diferença de fase entre elas.

Suponha que seja uma função de onda $y_1 = A \sin(kx - \omega t)$ que se move para a direita com amplitude A, frequência angular ω e número de onda k. Caso escolhêssemos $t=0$ quando o deslocamento fosse máximo em $x=0$, escreveríamos y_1 como:

$$y_1 = A \cos(kx - \omega t) = A \sin(kx - \omega t - \pi/2)$$

Equação 20: Função da onda movendo sentido positivo. (Tipler, 1994, p.118)

semelhante ao que havíamos visto na Eq.15 anteriormente

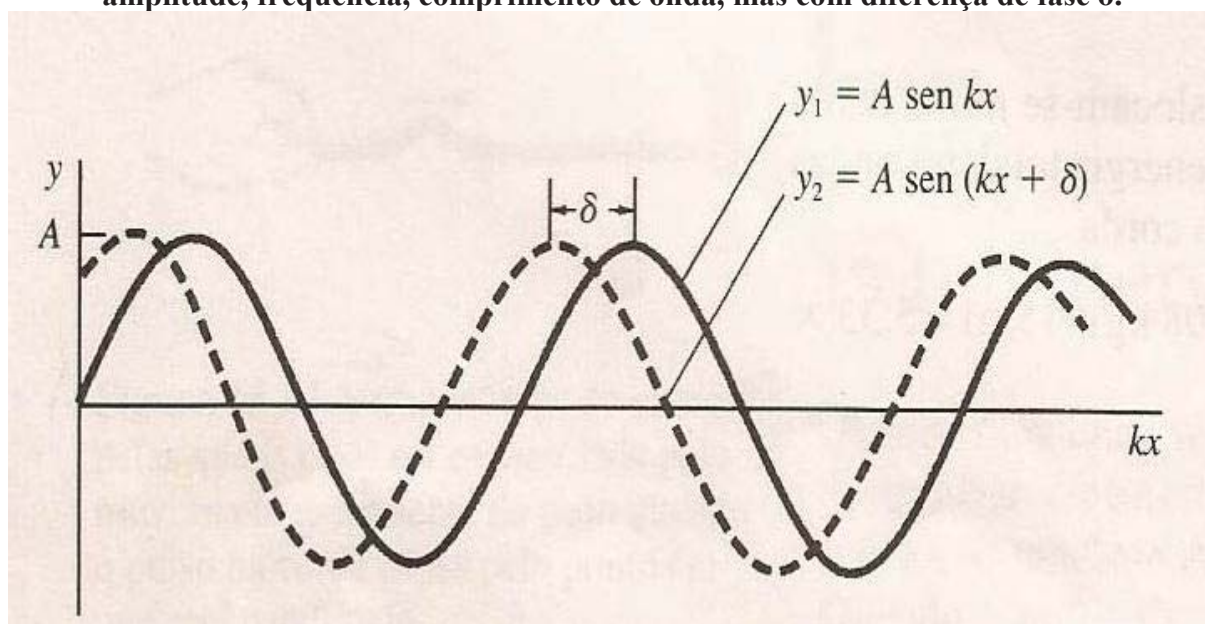
Outra onda com mesma amplitude, frequência e número de ondas, que está se movendo na mesma direção e sentido, porém com uma diferença de fase de $+\delta$, onde δ é a constante de fase, podemos escrever a função de onda como

$$y_2 = A \sin(kx - \omega t + \delta)$$

Equação 21: Equação referente ao livro (Tipler, 1994, p.118)

Se considerarmos separadamente as duas funções de ondas, seus gráficos contra a posição no instante $t=0$ pode ser vista na figura a seguir

Figura 19 - Representação do deslocamento de duas ondas harmônicas que tem a mesma amplitude, frequência, comprimento de onda, mas com diferença de fase δ .



Fonte: Fac-simile livro (Tipler, 1994, p.118).

Se considerarmos a superposição das duas ondas, consideraremos a soma dos termos y_1 e y_2 que resulta em

$$y_1 + y_2 = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx - \omega t + \delta)$$

Equação 22: Equação referente ao livro (Tipler, 1994, p.118).

Se a diferença de fase for nula, ou seja, as ondas estiverem em fase, temos que a onda resultante possuirá uma amplitude que será o dobro das ondas anteriores. Portanto com $\delta = 0$ temos que

$$y_1 + y_2 = 2A \sin(kx - \omega t)$$

Equação 23 Interferência Construtiva (Tipler, 1994, p.119)

Este tipo de superposição é chamado de Interferência Construtiva.

Por outro lado, se a diferença de fase for $\delta = 180^\circ$, as ondas estão fora de fase. Então

$$y_1 + y_2 = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx - \omega t + \pi)$$

$$y_1 + y_2 = A \sin(kx - \omega t) - A \sin(kx - \omega t)$$

$\therefore$

$$y_1 + y_2 = 0$$

Equação 24 Interferência Destrutiva. (Tipler, 1994, p.119)

Quando as ondas forem diferentes de fase em 180° ou algum múltiplo ímpar de 180° , as ondas se cancelam. A este fenômeno damos o nome de Interferência Destrutiva.

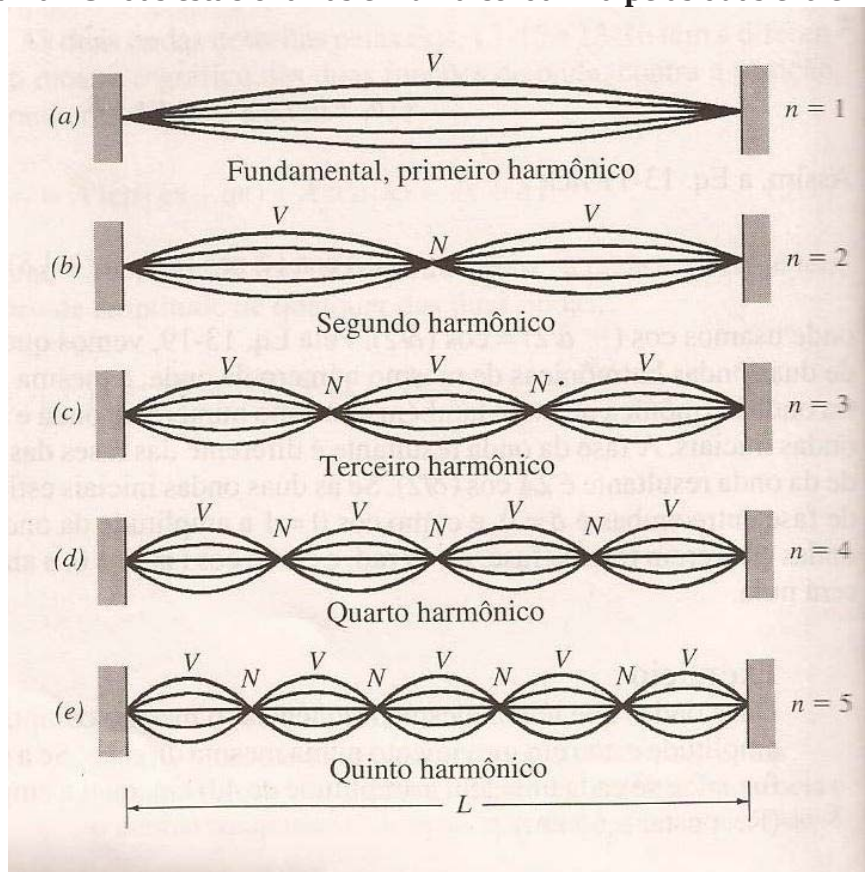
Para se construir um instrumento musical que tenha uma boa definição sonora, é muito importante conhecer os efeitos de ondas construtivas e destrutivas, pois é este tipo de efeito que ajudará na obtenção de um som uniforme.

3.5. ONDAS ESTACIONÁRIAS

Nas cordas, existem frequências nas quais a superposição de ondas leva a uma configuração de vibração peculiar chama de Onda Estacionária.

Em uma corda de violão, as duas extremidades são fixas, e excitando-a em certo ponto com MHS de pequena amplitude, podemos observar que se formam frequências de caráter estacionário, chamadas de harmônicos, como representados nas figuras a seguir

Figura 20 - Ondas estacionárias em uma corda fixa pelas duas extremidades.



Fonte: Fac-Simile do livro (Tipler, 1994, p.124).

Essas frequências que provocam as ondas estacionárias são denominadas de frequências de ressonância, e a frequência de ressonância mais baixa é a fundamental f_1 . Ela é responsável pela onda estacionária da figura 20-a que é chamado de primeiro harmônico. Quanto maior as frequências, maior será o número de harmônicos. Podemos observar os outros harmônicos nas figuras 20-b, 20-c, 20-d, 20-e.

Podemos observar também que em cada harmônico existem certos pontos das cordas que não se movem. Estes pontos são chamados de nós da onda estacionária, e entre cada par de nós, existe a região onde a amplitude da onda varia com o tempo entre máximos ou um mínimo chamada de ventre da onda estacionária. O primeiro harmônico apresenta um ventre, o segundo harmônico tem dois ventres e assim sucessivamente.

Com o comprimento de corda L dado pela figura, as frequências e a velocidade da onda podem fazer uma relação com essas três grandezas. No caso ilustrado é possível ver que com o comprimento de corda L é igual ao comprimento de onda do primeiro harmônico, na figura seguinte L é igual a dois meios comprimentos de onda do segundo harmônico e assim sucessivamente, portanto de um modo geral temos

$$L = n \frac{\lambda_n}{2} \quad n=1, 2, 3, \dots$$

Equação 25: Condição de formação de onda estacionária com duas extremidades fixas. (Tipler, 1994, p.121)

Como $v = \lambda f$ podemos encontrar a n -ésima frequência do harmônico, portanto

$$f_n = \frac{n}{\lambda_n} = \frac{v}{(2L/n)}$$

ou

$$f_n = n \frac{v}{2L} = n f_1$$

Equação 26: Frequências de ressonância com as duas extremidades fixas. (Tipler, 1994, p.121)

Portanto para termos a frequência fundamental de uma corda presa nas duas extremidades para $n=1$

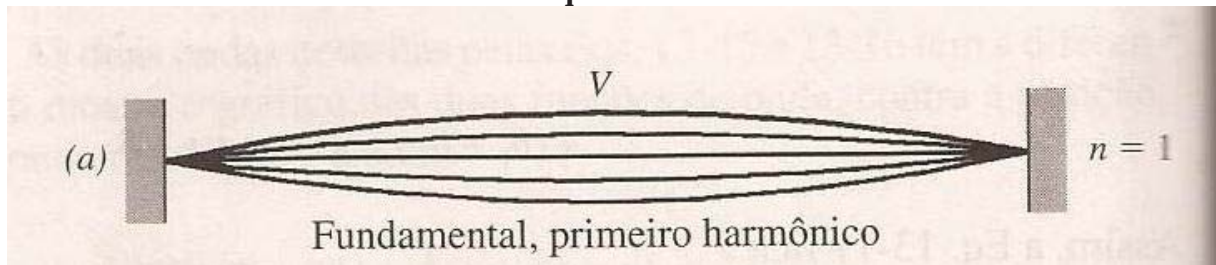
$$f_1 = \frac{v}{2L}$$

Na próxima sessão, entenderemos de forma analítica as funções das ondas quando uma corda de um instrumento musical sofre uma perturbação e apresenta os fenômenos como superposição de ondas, e condições de onda estacionária.

3.6 FUNÇÕES DA ONDA ESTACIONÁRIA

Um músico pode tocar as cordas de um violão mais de uma vez por minuto e pode ser que ele não perceba em qual sentido da corda a onda estacionária está se propagando. A propagação da onda como vimos anteriormente se propaga nos dois sentidos da corda a partir do ponto em que ela é perturbada.

Figura 21 - Corda com as duas extremidades fixas oscilando em torno do ponto de equilíbrio.



Fonte: Fac-Simile do livro (Tipler, 1994, p.124).

Podemos achar as equações das funções dessas ondas e deduzir quais as condições das ondas estacionárias analisando a resultante da superposição de uma onda que se desloca para direita e outra onda que se desloca para a esquerda.

Portanto para uma onda harmônica estacionária que se desloca para a direita com amplitude A seja igual a

$$y_D = A \sin(kx - \omega t)$$

Equação 27 Função da onda que se desloca para direita. (Tipler, 1994, p.124)

E outra onda com mesma amplitude A deslocando no sentido contrário da Eq.22, ou seja, para a esquerda

$$y_E = A \sin(kx + \omega t)$$

Equação 28 Função da onda que se desloca para a esquerda. (Tipler, 1994, p.124)

Onde $k=2\pi/\lambda$ é o número de onda e $\omega=2\pi f$ é a frequência angular. Portanto somando as equações 22 e 23 temos

$$y(x, t) = y_D + y_E = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx + \omega t)$$

$\therefore$

$$y(x, t) = 2A \cos \omega t \sin kx$$

Equação 29 Função da onda resultante das equações 22 e 23. (Tipler, 1994, p.124)

Como a corda está fixa em $x=0$ e em $x=L$ temos as condições de contorno

$$y(x, t) = 0 \text{ em } x=0 \text{ e } x=L$$

Pode-se observar que $x=0$ satisfaz a condição de contorno, pois $\sin kx=0$. Quando $x=L$, a condição só será satisfeita em certos valores do número de onda. Os valores podem ser dados por

$$k_n L = n\pi \quad n=1,2,3,\dots$$

Substituindo o valor de k , conseguimos reescrever a equação como

$$\frac{2\pi}{\lambda_n} L = n\pi$$

ou

$$n \frac{\lambda_n}{2} L$$

O comprimento de onda deve ser igual ao múltiplo do comprimento de onda. Portanto a equação da função de onda estacionária, para a vibração do n -ésimo harmônico pode ser escrita como

$$y_n(x, t) = A_n \cos \omega_n t \sin k_n x$$

Equação 30 Função de onda estacionária. (Tipler, 1994, p.125)

Portanto, as ondas que se propagam nas cordas de um violão que estão sendo constantemente retiradas de seu ponto de equilíbrio descrevem uma função de onda como encontrada na Eq.25.

O tema que envolve Física e Música quando estudado de maneira mais aprofundada, pode ser tão vasto quanto qualquer outro tema abordado na física.

Essencialmente foi feito um estudo específico para verificar qual o comportamento e os fenômenos que estão presentes em cordas com as duas extremidades. Foi de suma importância perceber como uma perturbação causada em uma corda pode gerar vários tipos diferentes de fenômenos ao mesmo tempo.

É preciso evitar a distância que muitas vezes é colocada em livros sobre estes dois temas, pois eles estão diretamente relacionados entre si e dependendo da maneira como podemos trabalhar, é possível criar diferentes alternativas de abordagem para se trabalhar com o ensino de Física e Música.

4. FÍSICA E MÚSICA: PENSANDO EM ALTERNATIVAS PARA UMA PROPOSTA EDUCACIONAL

Existe uma forma de expressar a questão da Música, do Som, em uma aula de Física que pudesse trazer essa manifestação para a sala de aula?

Usualmente, como nos LD que analisamos, primeiro é trabalhada uma parte teórica sobre o objeto de estudo para depois entendermos o seu funcionamento. Parte-se do princípio de que o aluno não tem nenhum conhecimento prévio do assunto.

Entretanto, em nosso cotidiano, estamos acostumados a escutar vários tipos de sons de diferentes frequências e tonalidades, com os quais podemos, por exemplo, nos comunicar e obter informações (por meio da linguagem), visualizar tecidos do corpo humano (por meio da ultrassonografia) e desfrutar do conhecimento cultural (por meio da música).

Assim quando o tema é relacionado à música, devemos lembrar que estamos a todo o momento expostos a vários tipos de sons, sejam eles ruídos (com frequência não definida) ou alguma nota de um acorde musical (frequência definida).

A música esta presente em vários momentos de nossa vida, de um modo geral aprendemos a cantar músicas e seguir diferentes ritmos desde a pré-escola, com músicas que envolvem diferentes atividades.

A importância da música não fica restrita apenas à física, ela ajuda a desenvolver a mente humana, promove no equilíbrio, ritmos, e vários outros benefícios para nós.

Outras maneiras poderiam se oferecidas para se trabalhar com este tema com o aluno em sala de aula, instigando a percepção lúdica, apresentando alguns materiais experimentais simples que proporcionam ao aluno manuseá-lo e perceber como um som é gerado em um instrumento, diferença e semelhança entre os seus timbres.

Ao fazer um trabalho com os alunos, podemos partir do pressuposto que eles já tenham um conhecimento prévio do assunto, por mais superficial que ele seja, e a partir deste conhecimento trabalhar toda a teoria envolvida, juntando o conhecimento anterior com o novo. Esta metodologia de relacionar o conhecimento prévio com o conhecimento novo é discutida por David Ausubel que é chamado de aprendizagem significativa.

Para Ausubel, a aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma informação nova se relaciona com o conhecimento prévio do indivíduo. Este conhecimento prévio servirá de conceitos subsunçores. Então para que a aprendizagem significativa ocorra é preciso que quando uma informação nova é apresentada ao indivíduo, ela se junte com os conceitos subsunçores do indivíduo.

Na disciplina de Prática de Ensino de Física, em uma de minhas aulas resolvi apresentar uma proposta de atividade diferente, que envolvesse a temática de física e música. Nesta aula procurei trabalhar a diferença entre os timbres, frequências, altura e etc de dois instrumentos musicais que não são nada comuns em nosso país. Cada instrumento escolhido para a aula possui uma característica própria, nesse caso, um instrumento era de corda e o outro de percussão. Os instrumentos são de origem Europeia e pouco difundidos entre os outros países.

Figura 22 - Instrumentos musicais. Da esquerda para a direita, Hang Drum e Hammered Dulcimer respectivamente.



Fonte: Imagens retiradas dos websites <http://www.oddmusic.com/gallery/om16250.html> e <http://missinglynxmusic.com/images/dulcimer600x1000.jpg>

Para iniciar a aula, coloquei um pequeno trecho de cada um dos dois instrumentos tocando algumas músicas separadamente, perguntando a eles se se tratava de instrumentos de sopro, percussão ou corda.

Sem que os alunos visualizassem as imagens deles, deixei aos alunos a liberdade para imaginar o instrumento musical, com base nos sons que conheciam.

Após a apresentação dos trechos das músicas, os alunos começaram a fazer questionamentos, oferecendo dúvidas relacionadas ao tema. Entre as perguntas mais pertinentes, podemos destacar:

1. “como o som da mesma nota musical pode ser diferente entre os dois instrumentos?”
2. “como podemos caracterizar um som mais grave e um som mais agudo?”

3. “qual a diferença entre altura e volume?”

A partir das dúvidas foram surgindo oportunidades para trabalhar com eles o conteúdo que estava relacionado com o tema.

Com esta aula, foi possível perceber que a temática física e música pode ser abordada por uma perspectiva diferente do que é apresentado nos LD, oferecendo aos estudantes contato com a Música ao discutir os fenômenos ondulatórios.

A partir da experiência com essa aula diferente, outras possibilidades foram amadurecendo, como uma proposta de minicurso a ser oferecida, para se trabalhar com os alunos com este tema. A grade do minicurso pode ser observada no diagrama a seguir:

Figura 23 - Diagrama referente aos conteúdos do minicurso de Física e Música.



Para o tema de física e música foi escolhido três subtópicos que conseguem agrupar de maneira diferente, o mesmo conteúdo que os LD trazem como proposta para o ensino médio. Os subtópicos que são abordados trazem a seguinte dinâmica de trabalho:

1. **Instrumentos Musicais:** Neste subtópico, é interessante mostrar para o aluno quais são os diferentes e mais conhecidos tipos de instrumentos musicais, como eles são classificados, a diferença de timbre entre eles e etc. A atividade inicialmente teria caráter somente visual e auditivo, mas percebemos que seria possível aos alunos também construir alguns instrumentos musicais, com materiais de baixo custo. Neste contexto serão apresentados alguns modelos de instrumentos utilizando materiais de baixo custo como copo plástico, elástico, canudo, garrafas plásticas, mas

o aluno tem total liberdade para pesquisar e construir outros tipos de instrumentos musicais.

A seguir mostraremos alguns protótipos de instrumentos que envolvem a temática Física e Música:

- **Sino de barra:**

Figura 24 - Sino de Barra



Fonte: Elaborado e adaptado pelo Autor.

Este instrumento é composto por:

Fio, Arame Maleável, Copo Plástico e Palito de Madeira.

Estes materiais como foi citado anteriormente, possuem a característica de serem materiais de baixo custo e podem ser encontrado em vários lugares, aumentando a possibilidade de o aluno construí-lo em qualquer lugar.

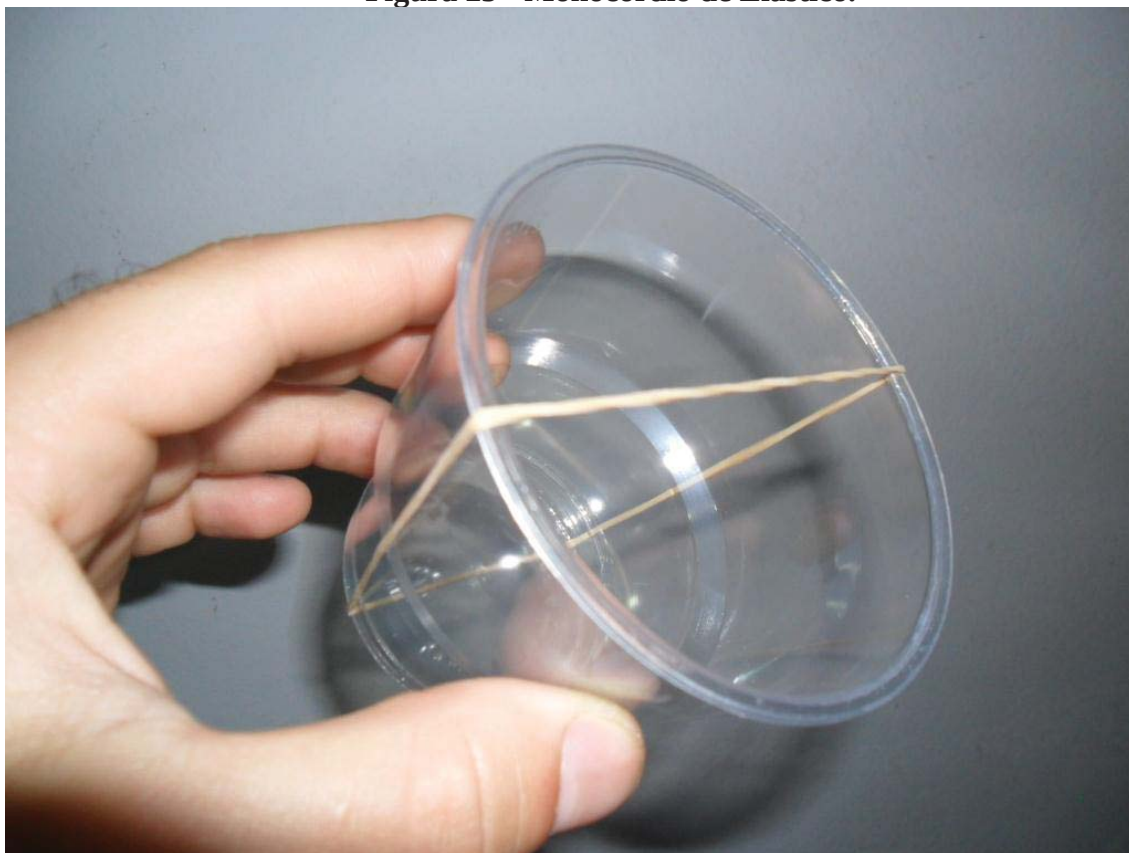
Como a barra de metal é feita de arame maleável, fica a critério de quem estiver manuseando o experimento, escolher qualquer tipo de forma para ela podendo ser em qualquer tipo de formato como em Z, U, L e etc.

Com este instrumento de baixo custo podemos estudar mais de um tipo de assuntos como acústica, propagação de onda em uma corda com as duas extremidades fixas.

O mais interessante, e diria que é o fator que chama mais atenção para este experimento, é que conforme variamos o formato do arame, o som produzido também se altera, e isso eh bastante vantajoso, pois é possível alcançar diferentes frequências com o mesmo material.

- **Monocórdio de Elastico:**

Figura 25 - Monocordio de Elastico.



Fonte: Elaborado e adaptado pelo Autor.

Este instrumento é composto por:

Copo Plastico e Elástico.

Este é um dos instrumentos mais simples de ser construído, pois apresenta apenas dois itens que apenas são montados juntos.

Apesar da simplicidade, ele possui temas de abordagem como tensão em uma corda, acústica, oscilação, frequência.

Quando variamos a tensão no elástico é possível perceber que também há uma variação na frequência de propagação da onda. Com o Sino de Barra, isso era percebido quando variávamos o formato do arame.

Este efeito de aumento de tensão e consequentemente a variação da frequência esta presente na maioria dos instrumentos de cordas como violão, piano, violino e etc.

- **Copo Amplificador de Ondas:**

Figura 26 - Copo Amplificador de Ondas



Fonte: Elaborado e adaptado pelo Autor

Este instrumento é composto por:

Copo Plastico, Fio e $\frac{1}{2}$ Palito de Madeira

Com este protótipo, é possível trabalhar com alunos temas relacionados a propagação da onda em um meio, acústica e tensão em uma corda.

A produção e o estudo em instrumentos musicais de baixo custo podem proporcionar e facilitar que o aluno tenha mais facilidade em relacionar à física com a música.

2. **Sons Musicais:** A partir dos instrumentos de cada aluno, poderíamos trabalhar uma quantidade maior de assunto envolvendo à física como:
 - a. origem do som
 - b. meio de transmissão do som, dando ênfase aos instrumentos de sopro, corda e percussão.
 - c. Aspectos teóricos como:
 - i. Frequência
 - ii. Frequência natural de um material
 - iii. Período
 - iv. Ressonância
 - v. Batimento.

3. **Ondas:** Somente neste último subtópico enfocariamos o conteúdo a partir de um caráter mais analítico e teórico. Aqui será trabalhado assuntos que envolvem o tema de ondas, como:
 - a. Ondas Harmônicas
 - b. Discriminação ondulatória de uma onda (amplitude, comprimento, frequência)
 - c. Movimento ondulatório (propagação da onda)
 - d. Velocidade de uma Onda
 - e. Ondas estacionárias
 - f. Interferências Construtivas e Destrutivas
 - g. Efeito Doppler.

Como mencionado por Paulo Freire (2005, p 86)

O fundamental é que professor e alunos saibam que a postura deles, do professor e dos alunos, é dialógica, aberta, curiosa, indagadora e não apassivada, enquanto fala ou enquanto ouve. O que importa é que professor e alunos se assumam epistemologicamente curiosos.

Dessa forma tal proposta apresentada para o ensino de física e música não possui caráter imutável e sequencial. O trabalho não pretende substituir o livro didático mas ampliar o acesso a questão do som e outros aspectos da ondulatória, normalmente tratados sob um ponto de vista apenas teórico.

Para ser feito este trabalho, o professor não precisa ter um estudo profissional como músico, e sim disposição e ter curiosidade para aprender e trabalhar com este tema.

5. CONCLUSÃO

O tema escolhido para esta monografia pretendeu mostrar que a Física e a Música podem ser associadas e trabalhadas, mostrando diferentes caracterizações do som.

Foi de grande importância a análise feita com dois livros didáticos para saber a dimensão teórica abordada de todo o material que está disponível para o professor trabalhar este tema em sala de aula.

O LD1 (Caderno do Aluno) propõe uma relação entre a da física e música com o cotidiano do aluno, apresentando propostas como entrevistas com profissionais da área de música, pesquisar alguns instrumentos que o próprio aluno já conheceu etc. Quando se trata do conteúdo, o livro possui algumas falhas, como o baixo nível teórico sobre o assunto e a falta de orientações para o aprofundamento de estudo.

O LD2 (Máximo e Alvarenga) apresenta uma proposta mais tradicional, privilegiando maior enfoque teórico e com poucas, e superficiais, relações com a música. O texto procura apresentar primeiro toda a teoria, apresentando equações, conceitos e vários exercícios no final da unidade.

O conteúdo que mostra a relação da física com a música é colocado como um apêndice no final da unidade como um estudo complementar do tema abordado no capítulo. No meu ponto de vista, a localização do apêndice talvez possa dificultar a relação da física com a música, uma vez que o professor tem a liberdade de decidir se usará o apêndice como ferramenta para auxiliar no aprendizado do aluno, ou ignorará sua utilização.

É importante destacar que os dois livros trazem a proposta de apresentar e trabalhar com experimentos que podem proporcionar ao aluno uma proximidade maior das relações da teoria com a aplicação, além de ajudar a desenvolver o aspecto lúdico do aluno. Entretanto, tal como o apêndice, pouca tradição no uso da Música no ensino podem conduzir a um uso superficial de tais experimentos ou seu caráter opcional.

Os LDs analisados apresentaram baixo nível de conteúdo em relação ao tema proposto nesta monografia. Além do baixo nível, vários temas relacionando acústica, tensão em uma corda, batimento, acabam sendo abordados de maneira superficial.

A carência de material didático que aborda este tipo de assunto é muito grande e pode acabar agravando ainda mais os problemas que um docente tem para poder preparar um conteúdo e se trabalhar em sala de aula.

Uma alternativa que pode melhorar no processo de ensino aprendizagem do aluno são os materiais de baixo custo desenvolvido conjuntamente com eles, pois estes experimentos

podem estimular e proporcionar uma aula mais dinâmica com uma interação mais próxima com os objetos.

A formação do professor é muito importante para se trabalhar com a temática de física e música, e, conseqüentemente, ajuda a conseguir unir estes dois temas de uma maneira didática para ser trabalhado em sala de aula.

Em particular, a minha formação musical ajudou, influenciou e facilitou refletir sobre possibilidades de trabalhar este tema, mas acredito que este tipo de formação apenas facilita e não ser considerado um fator único para este tipo de atividade.

Em todo o momento, nós professores estamos em constante formação e para isto temos que estar sempre buscando, pesquisando em busca de novos tipos de referências e materiais para ir criando vários materiais diferentes e aplicar em nosso trabalho, procurando sempre instigar o lúdico de nossos alunos e que eles possam enxergar e aprender a música sob uma perspectiva diferente.

O maior desafio para o professor que vai trabalhar com o tema de física e música, talvez esteja nele mesmo, e não na falta de seu conhecimento sobre o assunto. Mas devemos entender que para se ensinar à física usando algum tipo de instrumento musical, o docente não precisa ter total domínio sobre o instrumento, basta ter força de vontade e muito empenho.

Na obra de PAULO FREIRE (Pedagogia da Autonomia, p. 29), ele deixa claro que “não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino. Esses quefazerem se encontram um no corpo do outro”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CUNHA, A. M.; OLIVEIRA, J. B. **Proposta de Ensino de Ondas e Acústica através da construção de instrumentos musicais de tubos**. TCC, UNIPAM: Minas Gerais. 2009.
- DONOSO, J. P.; GUIMARÃES, F.; TANNÚS, A. Música do Violino, **Ciência Hoje**. 2010.
- FIGUEIREDO, A.; TERRAZAN, E. A. **Os Sons e os Instrumentos**. Revista de Ensino de Ciências. n. 18. P. 14-25. 1987.
- GOMES, F. H. F.; SOUSA, T. P.; COSTA, M. G. A.; SOUZA M. J. F. **Proposta para o Ensino de Física através da Música**. Publicação Avulsa.
- JAIME. P. J. G. **Física do Som e sua relação com a Música no Ensino Médio: um olhar nos livros didáticos**. Dissertação (mestrado), UFBA: Bahia. 2010.
- KRUMMENAUER, W. S.; PASQUALETTO, T. I.; COSTA, S. S. C. **O uso de instrumentos musicais para o ensino de acústica no Ensino Médio**. Rio Grande do Sul. Física na Escola, v. 10. n. 02. 2009.
- MOREIRA, A. M.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo. p. 03-99. 1982.
- WUENSCHÉ, C. A. **A Física da Música**. Escola Federal de Engenharia de Itajubá: Publicação Avulsa, 1998.