

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

**VISUALIZE A SUA VOZ: UMA PROPOSTA PARA O  
ENSINO DE ONDAS SONORAS**

**MURIEL ANDRÉ DE MOURA**

**EDUARDO AUGUSTO CAMPOS CURVO**  
ORIENTADOR

Cuiabá – MT, Março de 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

**VISUALIZE A SUA VOZ: UMA PROPOSTA PARA O  
ENSINO DE ONDAS SONORAS**

**MURIEL ANDRÉ DE MOURA**

*Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Ensino de  
Ciências Naturais, do Instituto de  
Física, da Universidade Federal de  
Mato Grosso, como parte dos requisitos  
necessários à obtenção do título de  
Mestre em Ensino de Ciências Naturais  
com ênfase em Ensino de Física.*

**EDUARDO AUGUSTO CAMPOS CURVO**  
ORIENTADOR

Cuiabá - MT, Março de 2015

**Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

Moura, Muriel André de

Visualize a sua Voz: uma proposta para o ensino de ondas sonoras /  
Muriel André de Moura. -- 2015.

xv, 110 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Eduardo Augusto Campos Curvo.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,  
Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências  
Naturais, Cuiabá, 2015.

Inclui bibliografia.

1. Experimento. 2. Ensino de Física. 3. Aprendizagem Significativa.  
4. Ondas Sonoras  
I. Título.

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS  
Avenida Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Boa Esperança - CEP: 78060900 - Cuiabá/MT  
Tel : (65) 3615-8737 - Email : ppecn@fisica.ufmt.br

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO : "Visualize a Sua Voz: Uma Proposta Para o Ensino de Ondas Sonoras"**

**AUTOR : Mestrando Muriel André de Moura**

Dissertação defendida e aprovada em 10 de março de 2015.

Composição da Banca Examinadora:

|                               |                                     |                                                                                                                         |
|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Presidente Banca / Orientador | Doutor                              | <br>Eduardo Augusto Campos Cifvo     |
| Instituição :                 | Universidade Federal de Mato Grosso |                                                                                                                         |
| Examinador Interno            | Doutor                              | <br>Sérgio Roberto de Paulo          |
| Instituição :                 | Universidade Federal de Mato Grosso |                                                                                                                         |
| Examinador Externo            | Doutor                              | <br>Jonathan William Zangeski Novais |
| Instituição :                 | Universidade de Cuiabá              |                                                                                                                         |

Cuiabá, 10 de março de 2015.

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Dulce e Nilson,  
que em nenhum momento mediram esforços para  
realização dos meus sonhos, que me guiaram pelos  
caminhos corretos, me ensinaram a fazer as melhores  
escolhas, me mostraram que a honestidade e o respeito  
são essenciais à vida, e que devemos sempre lutar pelo  
que queremos. A eles devo a pessoa que me tornei,  
sou extremamente feliz e tenho muito orgulho por  
chamá-los de pai e mãe.*

## AGRADECIMENTOS

Aos professores da Universidade Federal do Mato Grosso – *Campus* de Cuiabá, que de alguma forma contribuíram para nosso crescimento, obrigado pelos conhecimentos transmitidos e, por estarem sempre dispostos a nos atender.

Aos amigos da pós-graduação, alguns mais próximos, outros nem tanto, mas que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui, em especial àqueles que são muito mais que amigos: Débora, Gracieli, João Américo, José Ferreira, Leodenil (Léo), Mirtes, Patrícia, Sônia e Wenderson.

À direção, coordenação e professores da Escola Estadual Nilza de Oliveira Pipino, que voluntariamente, aceitaram participar desta pesquisa, e assim contribuíram para o enriquecimento desse estudo.

Ao professor Eduardo, muito obrigado pela orientação, pela prontidão, por me aceitar, por ser mais que um professor e orientador, por ser nosso amigo.

Àqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui.

A todos meu carinho e muito obrigado.

*“Eu acredito demais na sorte. E tenho constatado que, quanto mais duro eu trabalho, mais sorte eu tenho.”*

Thomas Jefferson

## SUMÁRIO

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 1 INTRODUÇÃO.....                                         | 1  |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....                              | 4  |
| 2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....             | 4  |
| 2.2 A PRÁTICA EXPERIMENTAL NO ENSINO.....                 | 6  |
| 2.3 PUBLICAÇÕES DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS.....            | 9  |
| 2.4 ONDAS.....                                            | 11 |
| 2.4.1 ONDAS SONORAS.....                                  | 15 |
| 2.4.2 O SOM E O CORPO HUMANO.....                         | 18 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS.....                                | 21 |
| 3.1 SUJEITOS DA PESQUISA E ÁREA DE ESTUDO.....            | 21 |
| 3.2 PESQUISA QUALITATIVA.....                             | 22 |
| 3.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....                               | 24 |
| 3.4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....                            | 27 |
| 3.5 O APARATO EXPERIMENTAL.....                           | 28 |
| 3.5.1 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....                    | 29 |
| 3.5.2 CONSTRUÇÃO E TESTES.....                            | 31 |
| 4 RESULTADOS.....                                         | 37 |
| 4.1 RESULTADOS DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....              | 37 |
| 4.2 RESULTADOS DO APARATO EXPERIMENTAL.....               | 41 |
| 4.3 ROTEIRO DE MONTAGEM DO APARATO EXPERIMENTAL.....      | 46 |
| 4.4 RESULTADOS DO ROTEIRO DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL.....  | 49 |
| 4.4.1 RESPOSTAS REFERENTES ÀS QUESTÕES DO ITEM 01.....    | 50 |
| 4.4.2 RESPOSTAS REFERENTES ÀS QUESTÕES DO ITEM 02.....    | 52 |
| 4.4.3 RESPOSTAS REFERENTES ÀS QUESTÕES DO ITEM 03.....    | 56 |
| 4.4.4 RESPOSTAS REFERENTES ÀS QUESTÕES DO ITEM 04.....    | 58 |
| 4.5 RESPOSTAS DO OPINÁRIO.....                            | 61 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....                               | 64 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                         | 66 |
| 7 BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS.....                          | 69 |
| ANEXO A: Roteiro de montagem do aparato experimental..... | 70 |
| ANEXO B: Roteiro de atividade experimental.....           | 71 |



|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| ANEXO C: Opinário .....           | 73 |
| APÊNDICE A: Plano de aula 01..... | 74 |
| APÊNDICE B: Plano de aula 02..... | 79 |
| APÊNDICE C: Plano de aula 03..... | 85 |
| APÊNDICE D: Plano de aula 04..... | 93 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Ondas longitudinais em uma mola.....                                                                                                      | 12 |
| Figura 2: Ondas transversais.....                                                                                                                   | 12 |
| Figura 3: Representação da amplitude de uma onda. ....                                                                                              | 13 |
| Figura 4: Representação do comprimento de uma onda.....                                                                                             | 14 |
| Figura 5: Representação das regiões de variação de compressão do ar.....                                                                            | 15 |
| Figura 6: Representação da altura de duas ondas sonoras.....                                                                                        | 16 |
| Figura 7: Situações presentes no cotidiano com os respectivos valores da intensidade do som.....                                                    | 16 |
| Figura 8: Representação de ondas sonoras com diferentes timbres.....                                                                                | 17 |
| Figura 9: Alguns exemplos de frequências emitidas e detectadas.....                                                                                 | 18 |
| Figura 10: Desenho esquemático do ouvido humano.....                                                                                                | 19 |
| Figura 11: Figura esquemática do sistema fonador humano.....                                                                                        | 20 |
| Figura 12: Mapa conceitual elaborado pelos alunos na aula 01. ....                                                                                  | 24 |
| Figura 13: Mapa conceitual elaborado pelos alunos ao final da aula 02.....                                                                          | 25 |
| Figura 14: Materiais utilizados para montagem do aparato experimental.....                                                                          | 29 |
| Figura 15: Lata de metal com o balão de festa fixado.....                                                                                           | 31 |
| Figura 16: Espelho já fixado no centro da membrana.....                                                                                             | 32 |
| Figura 17: Lata de metal já com a membrana e <i>laser</i> fixados na régua.....                                                                     | 33 |
| Figura 18: Aparato experimental montado e ajustado.....                                                                                             | 33 |
| Figura 19: Aparato experimental montado para a realização do teste de eficiência para baixas frequências dentre 1Hz a 200Hz.....                    | 35 |
| Figura 20: Configuração do <i>software Audio Sweep Generator</i> , para a realização do teste de eficiência para frequências entre 1Hz e 200Hz..... | 35 |
| Figura 21: Imagens formadas utilizando-se diferentes frequências.....                                                                               | 42 |
| Figura 22: Figuras de Lissajous.....                                                                                                                | 44 |
| Figura 23: Roteiro de montagem do aparato experimental.....                                                                                         | 47 |
| Figura 24: Representação de uma função seno(x).....                                                                                                 | 87 |
| Figura 25: Representação de uma função cosseno(x).....                                                                                              | 87 |
| Figura 26: Representação da soma das funções seno(x) e cosseno(x).....                                                                              | 88 |
| Figura 27: Representação da função composta f(x).....                                                                                               | 88 |

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 28: Representação das funções seno(x) e cosseno(x) que compõem a função composta f(x)..... | 89 |
| Figura 29: Simulação de soma em séries de Fourier.....                                            | 91 |
| Figura 30: Simulação de "Jogos de ondas" utilizando séries de Fourier.....                        | 91 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Área de conhecimento X Ano de Publicação (1992 a 2001).....           | 9  |
| Tabela 2: Quantidade de publicações evidenciadas por revista (2002 a 2007)..... | 10 |
| Tabela 3: Quantidade de publicações evidenciadas por revista (2008 a 2013)..... | 37 |
| Tabela 4: Classificação das respostas referentes ao item 01.....                | 53 |
| Tabela 5: Classificação das respostas referentes ao item 02.....                | 55 |
| Tabela 6: Classificação das respostas referentes ao item 03.....                | 57 |
| Tabela 7: Classificação das respostas referentes ao item 04.....                | 60 |
| Tabela 8: Respostas referentes ao opinário.....                                 | 61 |

## LISTA DE SIGLAS

PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais

INEP: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

SI: Sistema Internacional de Medidas

$A$ : Amplitude

$f$ : Frequência

Hz: Hertz

$T$ : Período

$\lambda$ : Lambda

dB: Decibel

Pa: Pascal

## RESUMO

MOURA, Muriel André de. **Visualize a sua voz: uma proposta para o ensino de ondas sonoras**. Cuiabá, 2015. 83f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

A presente pesquisa objetiva desenvolver e aplicar, para alunos do ensino médio, um produto educacional para o ensino de ondas sonoras na disciplina de Física. Esse produto educacional, composto de três aulas teóricas e uma prática, culmina com a montagem de um aparato experimental. Esse aparato é montado facilmente a partir de materiais de baixo custo. O mesmo funciona captando as ondas sonoras e as transformando em figuras semelhantes às Figuras de Lissajous. Para a avaliação desse produto educacional foi utilizada a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e a pesquisa qualitativa. Dessa forma, foi possível investigar e obter evidências de aprendizagem significativa por parte dos alunos participantes das aulas.

**Palavras-chave:** Experimento; ensino de física; aprendizagem significativa; ondas sonoras.

## ABSTRACT

MOURA, Muriel André de. **Visualizing your voice: a proposal for the teaching of sound waves**. Cuiabá, 2015. 83 f. Dissertation (Master's degree) – Program of Postgraduate studies in Natural Sciences Teaching, Physics Institute, Federal University of Mato Grosso.

The present research aims at the development and application, with students from high school, of an educational product for the teaching of sound waves under the discipline of Physics. This educational product, composed of three theoretical classes and one practical one, culminates with the assemblage of an experimental apparatus. That apparatus is easily mounted from low cost materials. It works by detecting the sound waves and converting them in figures alike the Lissajous Figures. In order to evaluate this educational product the Theory of Meaningful Learning from David Ausubel was used, as well as the qualitative research. That way, it was possible to investigate and to collect evidences of meaningful learning by the participating students.

**Keywords:** Experiment; physics teaching, meaningful learning; sound waves.

## 1. INTRODUÇÃO

As discussões sobre o processo de ensino e aprendizagem em Física, principalmente no Ensino Médio, têm sido tema de várias pesquisas, buscando um novo sentido, a partir das diretrizes apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), tratando-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade.

Os PCN abordam que o ensino de Física deve discutir a origem do universo e sua evolução e propõem como competências e habilidades a serem desenvolvidas: (i) a representação e a comunicação; (ii) investigação e compreensão; (iii) contextualização sociocultural. E ainda, “contribuir para a formação de uma cultura científica e cultural, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais” (PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS, 1999).

Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do Ensino Médio não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda assim, terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem. A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos.

Com isso, os professores de Física têm sido historicamente expostos a vários desafios, aos quais, se incluem, acompanhar as descobertas científicas e tecnológicas inseridas no cotidiano e tornar os avanços e teorias científicas ao alcance dos alunos do Ensino Médio, disponibilizando-as de forma acessível. Para este processo o professor necessita obter um profundo conhecimento teórico e metodológico, bem como, dedicação para manter-se atualizado no desempenho de sua profissão.

Para DIAS-DA-SILVA (1998), essa “busca inclui, desde a procura por cursos, treinamentos ou leituras, até uma troca constante de informação com colegas considerados mais competentes ou especialistas na área”.



Para muitos docentes, tais desafios são agravados por certa deficiência em sua formação, pois com a rapidez com que os conceitos se ampliam, surgem novas tecnologias faz com que a formação do professor possa ser considerada “insuficiente” poucos anos após sua graduação (ARAÚJO & VIANA, 2008). Estes autores salientam ainda que, por muitos anos o ensino no Brasil vem enfrentando sérios problemas, como a falta de política educacional adequada, formação de professores e a não valorização dos profissionais da educação.

A realidade da educação brasileira, com superlotação nas salas de aula, carência de professores de Física (INEP, 2004), e defasada estrutura física, metodológica e didática nas escolas, especialmente da rede pública, faz com que os professores descubram novas formas de “como fazer” educação, adequando-se à proposta projetada pelos parâmetros curriculares.

Qualquer melhoria na formação do professor de Física passa pela identificação, análise e tratamento das dificuldades conceituais e cognitivas mais importantes que ele encontra durante o exercício de sua profissão (VILLANI, 1991).

No cotidiano das salas de aula é possível perceber nos professores certa dificuldade no ensino, quando este está relacionado aos conceitos da Física.

Mas, como fazer para que as aulas de Física fiquem com o propósito de despertar o interesse pelo conteúdo e colaborar no desenvolvimento de habilidades e competências? Como forma de minimizar essa dificuldade, a utilização de atividades experimentais vem sendo apresentada como possível solução. Uma análise realizada por ARAÚJO & ABIB (2003) relata sobre as principais publicações em ensino de Ciências, onde foi constatado que o uso de atividades experimentais vem despertando grande atenção dos pesquisadores, devido à expressiva quantidade de publicações e pela diversidade de enfoques abordados. Os autores destacam alguns dos aspectos fundamentais, acreditam na eficiência desta estratégia, sendo uma delas a capacidade de estimular a participação dos alunos, despertar sua curiosidade e propiciar a construção de um ambiente motivador e agradável.

Considerando que as atividades experimentais favorecem o processo de ensino e aprendizagem, pretende-se, neste trabalho de pesquisa, investigar a prática experimental. Em especial no ensino de ondas sonoras, visto que este tema possui grande importância, pois está relacionado diretamente ao cotidiano do aluno e,

muitas vezes, acaba sendo não compreendido de forma clara, devido ao nível de abstração e falta de experimentos de fácil elaboração.

O trabalho em si, tem por objetivo geral de verificar a existência de experimentos ou artigos que relatem a sua utilização no ensino de ondas sonoras, de modo que contribua para o melhor entendimento dos alunos no estudo do conteúdo.

E por objetivos específicos:

- Reformular o aparato experimental que utilize materiais de baixo custo, de fácil montagem e que haja a possibilidade de se trabalhar em sala de aula.
- Verificar a eficiência do aparato experimental em reproduzir imagens.
- Investigar a contribuição do dispositivo experimental para a aprendizagem significativa do conteúdo de ondas sonoras.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Segundo MOREIRA (2006), a teoria de Ausubel considera a aprendizagem um processo de organização e integração do material dentro da estrutura cognitiva do aluno. Nesse processo, Ausubel destaca o papel que o material já organizado desempenha na aprendizagem de novos conceitos, razão pela qual cabe ao professor levar em consideração os conteúdos já adquiridos pelo aluno. A aquisição de novos conteúdos depende daqueles já existentes, é a partir deles que o indivíduo relaciona e compreende os novos. As novas informações, por sua vez, operam na base do conhecimento já estruturado, planejando uma reconfiguração cognitiva. Desse ponto de vista, o processo de aprendizagem caracteriza-se como uma interação, em que os conceitos já aprendidos funcionam como ancoragem para novos e são ao mesmo tempo modificados por eles.

Para Ausubel, a aprendizagem significativa se dá na medida em que uma nova informação relaciona-se a um componente específico da estrutura cognitiva do indivíduo, a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes preexistentes na estrutura do conhecimento do aprendiz. Esse componente específico é definido como conceito subsunçor. É preciso ressaltar que, a interação realiza-se entre nova informação e conceitos já armazenados e caracterizados como relevantes para essa nova informação (MOREIRA, 2011).

Conceitos específicos são relacionados aos mais gerais, organizando-se uma estrutura hierárquica, a estrutura cognitiva. Os subsunçores desenvolvem-se de acordo com a frequência com que a aprendizagem significativa é realizada. Por outro lado, quando não se estabelece uma relação interativa entre informação e subsunçor, ocorre uma aprendizagem mecânica, já que os conceitos seriam apenas sobrepostos de modo arbitrário.

Ausubel elabora ainda a teoria da Assimilação para explicar o funcionamento do processo de aprendizagem na estrutura cognitiva. O novo conceito é relacionado a um subsunçor já disposto na estrutura cognitiva, ele é apreendido por meio dessa relação e, por seu turno, age sobre o subsunçor; nesse processo, o novo conceito é assimilado e passa a compor a estrutura cognitiva sob uma nova forma em que estão

imbricados novo conceito e subsunçor. O processo de assimilação é corresponsável pela retenção do conhecimento. Durante determinado tempo, novo conceito e subsunçor ainda são separados na estrutura cognitiva, mas, a partir da aprendizagem significativa, o novo conceito é ancorado e passa a ser parte do subsunçor e ambos tornam-se indissociáveis. Essa ancoragem definitiva é denominada por Ausubel como assimilação obliteradora (MOREIRA, 2006).

O autor ainda destaca quatro tarefas principais no papel desempenhado pelo professor durante a aprendizagem significativa que se inicia em identificar a estrutura conceitual e proposicional presentes na matéria ensinada e organizá-los hierarquicamente para que possam progressivamente abranger os menos inclusivos, identificar quais os subsunçores relevantes à aprendizagem significativa do conteúdo e que deveriam preexistir na estrutura cognitiva, diagnosticar o conhecimento prévio do aluno, quais os subsunçores relevantes encontram-se na estrutura cognitiva do aluno e; utilizar em seu ensino os recursos e princípios que facilitem a aprendizagem significativa de forma que auxiliem o aluno a assimilar a estrutura conceitual do conteúdo ensinado e a organizar sua própria estrutura cognitiva.

Ausubel ainda destaca que, conforme a aprendizagem significativa ocorre, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações, estas, também chamadas de diferenciação progressiva. As ideias mais gerais e mais inclusivas da disciplina devem ser apresentadas no início e depois são progressivamente diferenciadas. Para o autor, é mais fácil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas (MOREIRA, 2011).

Diante da teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, para que um material seja considerado significativo, deve estar organizado no processo de ancoragem de forma que auxilie a aprendizagem e propicie a aquisição de significados por interação. Tendo em vista que os alunos já possuam alguns subsunçores necessários, é por estes que se inicia a aprendizagem significativa dos conteúdos relacionados a ondas.

## 2.2 A PRÁTICA EXPERIMENTAL NO ENSINO

O processo de ensino e aprendizagem em Física tem sido tema de várias pesquisas, em busca de um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais, tratando-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar da sua realidade. Os PCN abordam que o ensino de Física deve “contribuir para a formação de uma cultura científica e cultural, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais” (PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS, 1999).

Deste modo, mesmo que o aluno conclua o Ensino Médio e não venha a ter mais, qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias, ainda assim terá adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vive. A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permita perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes, tanto no cotidiano, quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos.

As orientações curriculares do Estado de Mato Grosso (MATO GROSSO, 2010) destacam a importância do tema som, entre outros, necessitando de uma atenção especial em sala, visto que os jovens se interessam muito por questões a ele relacionadas, tais como, música e cinema. A velocidade com que as novas tecnologias aparecem no mercado são impressionantes, porém, é fundamental que o professor de Física tenha clareza de quais são os principais fenômenos envolvidos e os conceitos fundamentais que devem ser construídos, a fim de explorar todas as suas potencialidades.

Diante de alguns desafios, pesquisadores vêm buscando novas formas de como fazer com que as aulas de Física despertem o interesse pelo conteúdo e colaborem no desenvolvimento de habilidades e competências. Como forma de minimizar essa dificuldade, a utilização de atividades experimentais tem sido apresentada como uma possível solução.

Porém, em alguns casos, a prática experimental tem sido negligenciada. BORGES (2002) afirma que os estudantes não são desafiados a explorar, desenvolver e avaliar as suas próprias ideias, não se oferece oportunidade de

questionamentos acerca da natureza e da investigação científica, pois a experimentação deve ser tratada como uma ferramenta indispensável ao ensino. É fundamental que os alunos descubram o aparato experimental e despertem o entusiasmo de fazer algo com objetos reais. Esse vem sendo um dos grandes desafios atuais do ensino de ciências nas escolas de nível fundamental e médio, isto é, construir uma ponte entre o conhecimento ensinado e o mundo cotidiano dos alunos.

Para GALIAZZI (2001), o valor da experimentação tem seu foco ainda na construção da teoria resultante da prática, “como se não existisse teoria sem a realização da prática”, e propõe o desenvolvimento da teoria junto à prática.

O autor VALADARES (2002) relata que um dos grandes desafios atuais do ensino de ciências nas escolas de nível fundamental e médio é construir uma ponte entre o conhecimento ensinado e o mundo cotidiano dos alunos. Não raro, a ausência deste vínculo gera apatia e distanciamento entre os alunos e atinge também os próprios professores, dessa forma, defendendo o uso primordial de experimentos, sendo eles de baixo custo. “A inclusão de protótipos e experimentos simples em nossas aulas tem sido um fator decisivo para estimular os alunos a adotar uma atitude mais empreendedora e a romper com a passividade que, em geral, lhes é subliminarmente imposta nos esquemas tradicionais de ensino”.

Em uma entrevista, ZORZETTO (2010) conversou com Herch Moysés Nussenzveig, renomado físico brasileiro e autor de vários livros didáticos, que se impôs a um novo desafio, reeditar os *kits* de ciência que existiram na década de 70, que estimularam crianças e adolescentes a se tornarem pesquisadores.

Para o autor “isso é a melhor coisa que podemos fazer pela educação nos próximos anos, para criar bases sólidas para o país se desenvolver”. Nussenzveig explica que os *kits* experimentais eram feitos de material simples, mas tinha de funcionar bem para que quem o comprasse pudesse repetir experiências cruciais que levariam a leis fundamentais de alguma área das ciências, tudo tinha de ser montado pela criança. Nos *kits*, estavam presentes as instruções dizendo como montar o aparato experimental e o que deveria ser medido, além de perguntas sobre os resultados.

Para Nussenzveig, o fundamental é que as crianças descubram o *kit* e ele desperte nelas o entusiasmo de fazer algo com objetos reais. “São experimentos que,

como acontece em laboratório, nem sempre dão certo. É preciso descobrir por que não deu certo e consertar. Isso é o que falta no ensino de ciências no Brasil”.

A autora SÉRÉ (2003), apresenta em seu trabalho como as atividades experimentais são enriquecedoras para os alunos, uma vez que essas práticas atribuem um verdadeiro ambiente lúdico, autonomia aos alunos e ensinam as técnicas de investigação, possibilitando um olhar crítico sobre os resultados. “Graças às atividades experimentais, o aluno é incitado a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das linguagens, tendo a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico”.

Desta forma o aluno é preparado para tomar decisões na investigação e na discussão dos resultados. A autora Séré ainda relata que, nossos alunos só conseguirão questionar o mundo, manipular os modelos e desenvolver os métodos, se eles mesmos entrarem nessa dinâmica de decisão, de escolha, de inter-relação entre teoria e experimento.

OLIVEIRA (2010) defende o uso de atividades experimentais e apresenta em seu trabalho que as atividades experimentais podem ser empregadas com diversas finalidades e através de distintas abordagens, oferecendo importantes contribuições para o ensino. Mas para que isso ocorra, a autora explica que é necessário que o professor conheça e analise essa diversidade de possibilidade para que possa focalizar suas ações naquelas que lhe pareçam mais coerentes com o tipo de experimento, com a turma, com os recursos, o espaço e o tempo que tem disponível para realizá-las, ou ainda de acordo com os saberes que pretende desenvolver na aula.

## 2.3 PUBLICAÇÕES DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS

A pesquisa realizada pelos autores ARAÚJO & ABIB (2003), relata a análise de artigos publicados em dois dos maiores periódicos de ensino de Física a nível nacional, sendo o Caderno Catarinense de Ensino de Física e a Revista Brasileira de Ensino de Física, ambos publicados entre os anos de 1992 a 2001.

Observando a Tabela 1 apresentada pelos autores é possível constatar uma grande quantidade de artigos publicados, entretanto, na área de conhecimento relacionada ao tema, ondulatória, apenas três artigos são encontrados, cerca de 3% de todo material analisado.

**Tabela 1** - Área de conhecimento X Ano de Publicação (1992 a 2001).

| Área                       | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | Total | %    |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Mecânica                   | 0    | 1    | 3    | 5    | 1    | 2    | 3    | 2    | 2    | 9    | 28    | 30,4 |
| Ótica                      | 0    | 0    | 3    | 1    | 1    | 1    | 2    | 4    | 3    | 6    | 21    | 22,8 |
| Elettricidade e Magnetismo | 0    | 4    | 1    | 0    | 0    | 2    | 2    | 5    | 2    | 3    | 19    | 20,7 |
| Física Moderna             | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 2    | 0    | 2    | 7     | 7,6  |
| Calorimetria               | 0    | 2    | 0    | 1    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 4     | 4,3  |
| Hidrodinâmica              | 0    | 0    | 0    | 1    | 1    | 0    | 0    | 1    | 0    | 1    | 4     | 4,3  |
| Gases                      | 0    | 0    | 1    | 1    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 3     | 3,3  |
| Astronomia                 | 0    | 0    | 1    | 0    | 1    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 3     | 3,3  |
| Ondulatória                | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 1    | 0    | 3     | 3,3  |
| Total                      | 0    | 9    | 9    | 9    | 4    | 5    | 10   | 17   | 8    | 21   | 92    | 100  |

Fonte: ARAÚJO & ABIB (2003).

Os autores ERROBIDART et al. (2009) também apresentaram resultados de um levantamento realizado em doze fontes de pesquisa com o objetivo de identificar trabalhos e pesquisas que abordam a experimentação como estratégia de ensino, em particular, para o conteúdo de ondas, com publicações entre o período dos anos de 2002 a 2007.

Observando a Tabela 2 apresentada pelos autores, das quarenta e cinco publicações que abordaram a construção de algum tipo de aparato para aula prática ou a utilização de atividade experimental como estratégia para o ensino, foram localizados doze artigos. Aproximadamente 26% de todo o material analisado estavam relacionados com o estudo de ondas.



**Tabela 2** – Quantidade de publicações evidenciadas por revista (2002 a 2007).

| Revista selecionada                    | Total de artigos identificados | Relacionados ao estudo de ondas |
|----------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Revista Brasileira de Ensino de Física | 18                             | 7                               |
| Ensaio                                 | 3                              | 0                               |
| Ciência e Cognição                     | 2                              | 0                               |
| Ciência e Ensino                       | 1                              | 0                               |
| Ciência e Educação                     | 1                              | 0                               |
| Investigação em Ensino de Ciências     | 2                              | 0                               |
| Caderno Brasileiro de Ensino de Física | 13                             | 3                               |
| A Física na Escola                     | 3                              | 2                               |
| Revista da ABRAPEC                     | 2                              | 0                               |

Fonte: ERROBIDART *et al.* (2009)

## 2.4 ONDAS

Em nosso cotidiano estamos cercados de fenômenos de natureza ondulatória, dentre estes o som. O som é um dos meios pelo qual é possível compreender fatos que ocorrem ao nosso redor.

Os movimentos ondulatórios já eram observados por Leonardo da Vinci, no século XV, com as seguintes palavras:

Frequentemente ocorre que a onda do mar foge do local onde foi criada, mas a água não; do mesmo modo que o vento forma as ondas num campo de grãos, onde podemos vê-las correndo ao longo do campo, enquanto os grãos permanecem no mesmo lugar. (FONTE BOA & GUIMARÃES, 1994, p.199).

HEWITT (2002) descreve que uma onda pode ser definida de uma forma simples como movimentos oscilatórios que se propagam num meio, transportando apenas energia, sem transportar matéria. De um modo geral, como qualquer coisa que oscile para frente e para trás, para lá e para cá, de um lado para outro, para dentro e para fora, ligando e desligando, estridente e suave ou para cima e para baixo e que está vibrando em função do tempo.

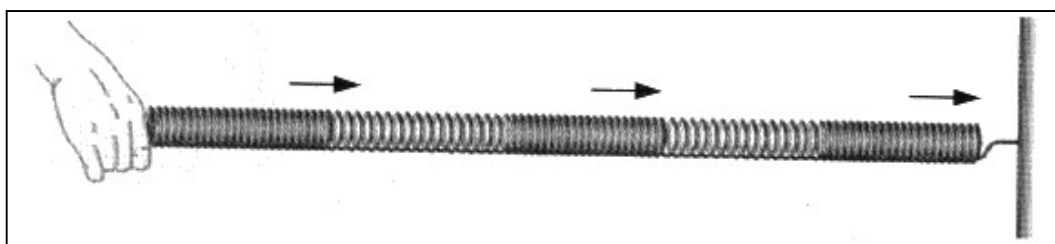
De acordo com a sua natureza, as ondas classificam-se em dois grupos: ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas.

Conforme HEWITT (2002), as ondas mecânicas podem ser descritas como a propagação de vibrações através de um meio material (sólido, líquido ou gasoso). Se não existir tal meio de vibração não é possível existir o som. Sua propagação em um meio material envolve o transporte de energia cinética e energia potencial mecânica. São exemplos comuns ondas de água, ondas sonoras e ondas sísmicas.

Já as ondas eletromagnéticas, segundo HEWITT (2002), são capazes de se propagar no vácuo e em determinados meios materiais, decorrentes da vibração de campos elétricos e magnéticos. Todas as ondas eletromagnéticas têm em comum sua velocidade de propagação no vácuo. São exemplos comuns, a luz visível e a luz ultravioleta, ondas de rádio, televisão, micro-ondas, raios  $x$  e ondas de radar.

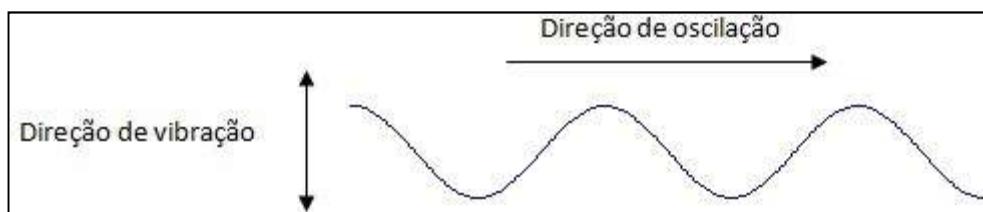
Em uma propagação ondulatória, as vibrações podem ocorrer em direção idêntica à da propagação ou em direção perpendicular a ela. Em função disso, as ondas são classificadas quanto a sua direção de vibração.

As ondas longitudinais podem ser representadas pelas vibrações que produzem perturbações nas partículas do meio material na mesma direção em que se propagam. Um exemplo típico de onda longitudinal é demonstrado pelos pulsos comunicados a uma mola. As ondas longitudinais também podem ser definidas como o movimento que se dá ao longo da direção de propagação, e não um ângulo reto com ela, como é apresentado pela Figura 1 abaixo.



**Figura 1:** Ondas longitudinais em uma mola. Fonte: <http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2010/01/onda-longitudinal-2-550x113.jpg>. Acessado em 13/09/2012.

As ondas transversais (Figura 2) podem ser representadas pelas vibrações que ocorrem perpendicularmente à direção de propagação, formando um ângulo reto com a direção de propagação da onda.



**Figura 2:** Ondas transversais. Fonte: <http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2010/01/onda-transversal.jpg>. Acessado em 13/09/2012.

No momento em que ocorre a perturbação do ambiente, as ondas podem ser classificadas quanto ao número de direções de propagação, sendo elas:

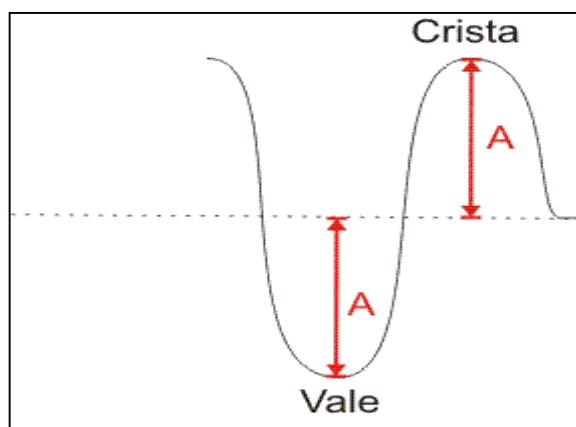
**Unidimensionais:** são aquelas que se propagam numa só direção. Exemplo: ondas de uma corda.

**Bidimensionais:** São aquelas que se propagam num plano. Exemplo: ondas na superfície de um lago.

**Tridimensionais:** São aquelas que se propagam em todas as direções. Exemplo: ondas sonoras no ar atmosférico.

HEWITT (2002) apresenta algumas grandezas físicas ou descrições que estão associadas a fenômenos ondulatórios, sendo os principais: a amplitude, a frequência, o período e o comprimento de onda.

A grandeza física amplitude ( $A$ ), representa o máximo de distância durante a oscilação, entre a posição de equilíbrio e a posição extrema, podendo ser a crista ou o vale (Figura 3).

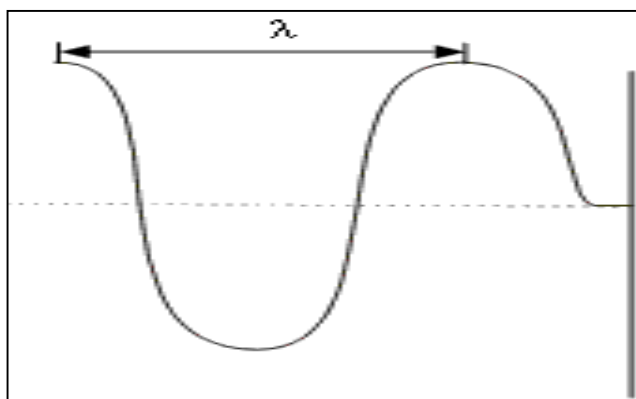


**Figura 3:** Representação da amplitude de uma onda.

Fonte: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Ondas/figuras/clas3.gif>. Acessado em 13/09/2012.

Segundo HALLIDAY (2006), a frequência ( $f$ ) de um movimento periódico pode ser definida como o número de oscilações realizadas pela fonte que produz a onda, em cada segundo. No SI, ela é medida em Hertz, onde 1 Hz equivale a 1 (uma) oscilação por segundo. O período ( $T$ ), que está diretamente relacionado com o inverso de uma frequência, representa o intervalo de tempo correspondente a uma oscilação completa da fonte que produz a onda e, pode assim, calcular-se a partir da frequência, usando a expressão:  $f = 1/T$ .

O comprimento de onda pode ser expresso pela letra grega lambda ( $\lambda$ ), que descreve a distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos, conforme a Figura 4, abaixo.

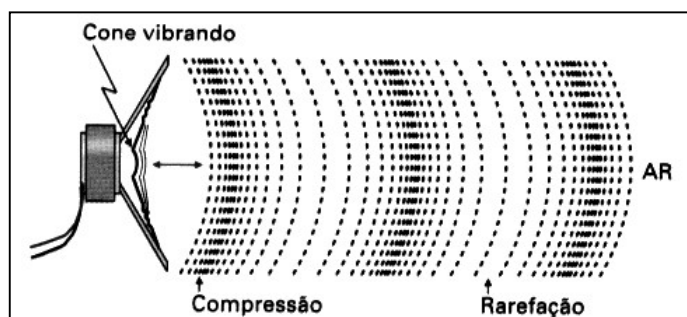


**Figura4: Representação do comprimento de onda.**Fonte:  
<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Ondas/figuras/vel2.GIF>. Acessado em 13/09/2012.

## 2.4.1 ONDAS SONORAS

HALLIDAY (2006) descreve que as ondas sonoras podem ser definidas como a propagação de uma frente de compressão mecânica ou onda longitudinal, se propagando tridimensionalmente pelo espaço e apenas em meios materiais, podendo ser líquidos, sólidos e gasosos.

Agora, veremos como ocorrem essas propagações, destacando as principais características das ondas sonoras. O som é obtido pela vibração de alguma coisa, por exemplo, o som de um alto falante ou das pregas vocais de uma pessoa. Ao vibrar, a fonte produz inicialmente uma compressão do ar na região próxima, com isso as moléculas de ar dessa região começam a vibrar, transmitindo a perturbação para as moléculas vizinhas, e passando, assim por diante, conforme apresentado na Figura 5.

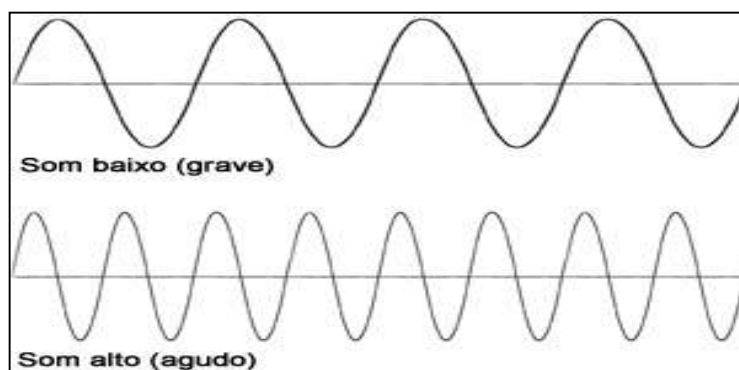


**Figura 5:** Figura mostrando as regiões de variação de compressão do ar.

Fonte: <http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2010/01/onda-longitudinal-1.jpg> Acessado 25/07/2014.

São três as “qualidades” que nos permitem caracterizar um som: a altura, a intensidade e o timbre.

A altura é uma qualidade associada ao som grave ou agudo e está diretamente relacionada à frequência da onda sonora. Quanto maior for a frequência, maior será a altura e o som será agudo e quanto menor for a frequência, menor é a altura e o som é grave. A Figura 6 ilustra a altura de dois sons diferentes.

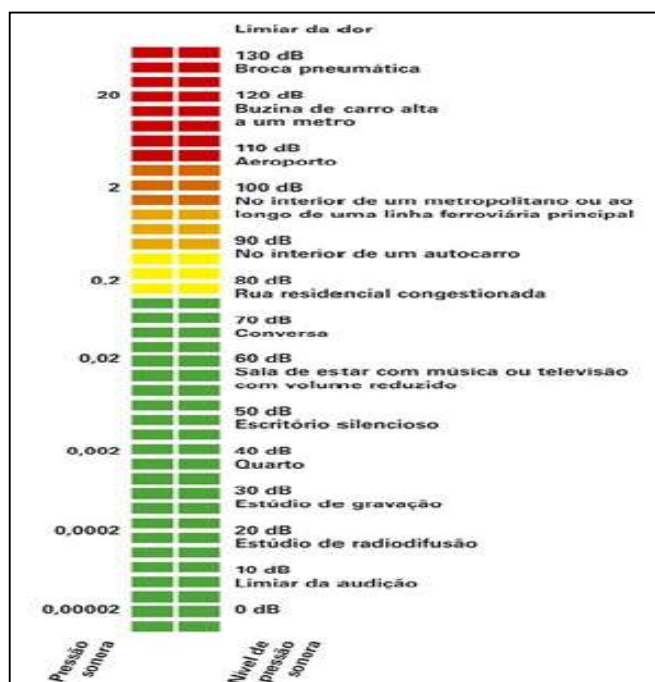


**Figura 6:** Representação da Altura de duas ondas sonoras.

Fonte: [http://explicatorium.com/CFQ8/images/som\\_alto\\_e\\_baixo.jpg](http://explicatorium.com/CFQ8/images/som_alto_e_baixo.jpg). Acessado em 13/09/2012

A intensidade é a qualidade associada que nos permite caracterizar se um som é forte ou fraco. A intensidade de uma onda sonora indica a quantidade de energia transportada pela onda. Sua unidade de medida é denominada nível de intensidade sonora, chamada de decibel (dB).

Conforme GARCIA (2002), o limiar inferior e superior de audição corresponde, respectivamente, de 0 dB a 120 dB. A exposição constante a sons de intensidade acima de 90 dB pode, em longo prazo, causar danos ao aparelho auditivo. A Figura 7 ilustra exemplos de situações presentes no cotidiano com os respectivos valores da intensidade do som.

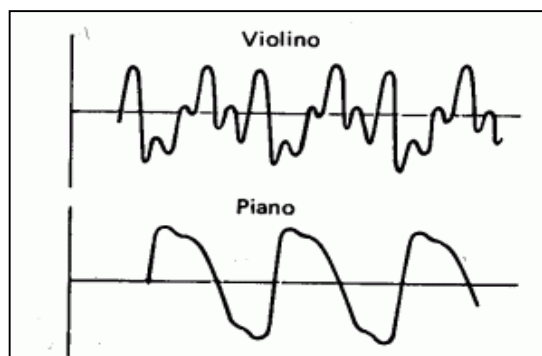


**Figura 7:** Situações presentes no cotidiano com os respectivos valores da intensidade do som.

Fonte: <http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/08/ondasonora6.jpg>. Acessado em 25/09/2012.

GARCIA (2002) explica que a característica que nos permite reconhecer o som emitido por uma fonte é denominada, timbre. O timbre é a qualidade que diferencia dois sons de mesma altura e de mesma intensidade, mas que são produzidos por fontes sonoras diferentes.

Por exemplo, quando ouvimos uma nota musical tocada por um violino e a mesma nota produzida por um piano, podemos imediatamente identificar os dois sons como tendo a mesma frequência, mas com características sonoras muito distintas. O que nos permite diferenciar os dois sons é o timbre instrumental, os dois aparelhos musicais, piano e violino, podem emitir sons com a mesma frequência, mas com timbres diferentes, pois as ondas sonoras possuem formas diferentes, conforme a Figura 8.



**Figura 8:** Representação de ondas sonoras com diferentes timbres.

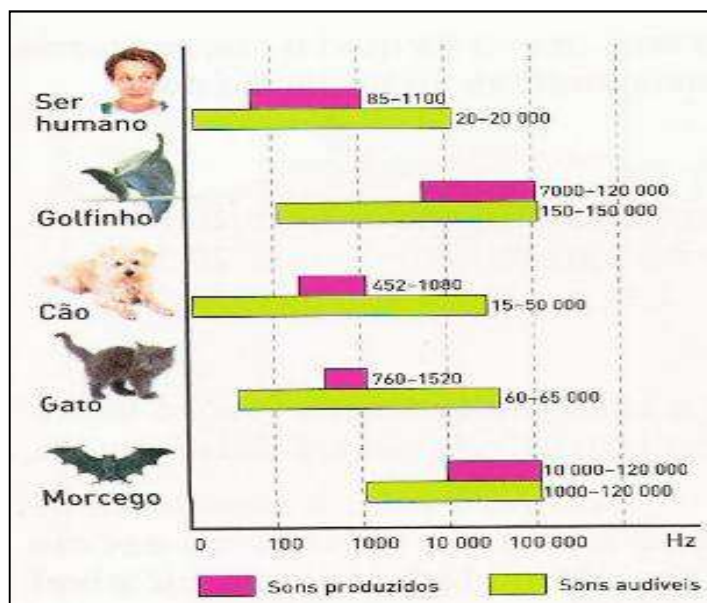
Fonte: <http://susanasarmento22.files.wordpress.com/2011/01/timbre-1.gif>. Acessado em 25/09/2012.



## 2.4.2 O SOM E O CORPO HUMANO

O ouvido humano é um receptor capaz de captar frequências que vão de cerca de 20Hz (muito grave) até 20kHz (muito agudo). Estes limites, no entanto, variam com a idade e com o indivíduo. Observando a Figura 9, é possível notar que o ouvido humano não possui a mesma eficiência em detectar todas as frequências sonoras, quando comparado a outros animais.

Abaixo ou acima das frequências que o humano é capaz de captar, temos as frequências infrassônicas e ultrassônicas. Alguns animais são capazes de emitir e detectar ultrassons, o exemplo mais relevante é o do morcego, ao voar ele emite, a cada segundo, dez ou mais pulsos sonoros, cuja frequência está entre 20.000 a 100.000 Hz, enquanto a voz humana emite sons numa faixa que varia, em média, de 85 a 1.100 Hz (GARCIA, 2002).



**Figura 9:** Exemplos de frequências emitidas e detectadas.

Fonte: [http://www.prof2000.pt/users/mrds/8ano/images/espectro\\_sonoro\\_3.jpg](http://www.prof2000.pt/users/mrds/8ano/images/espectro_sonoro_3.jpg). Acessado em 25/09/2012.

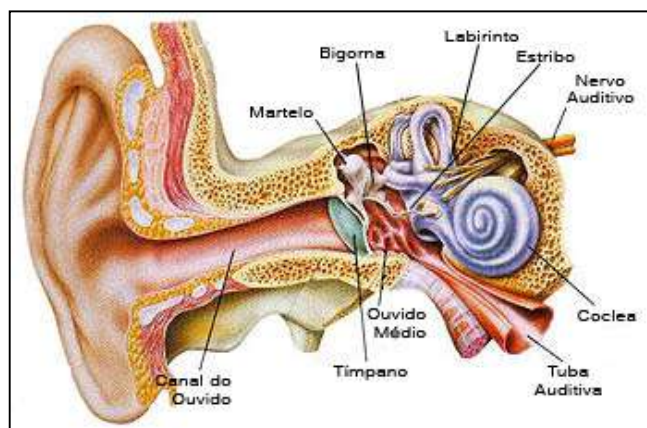
Segundo DURÁN (2003), o ouvido humano é um órgão extremamente sensível, que converte um fraco estímulo mecânico, produzindo em um meio externo, em estímulos nervosos. Grande parte do sistema auditivo está localizado no interior da cabeça, e é dividido em ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno, (Figura 10), funcionando da seguinte maneira:

As ondas sonoras, ao atingirem a orelha, são dirigidas para o interior do canal auditivo, na extremidade do qual existe uma membrana, semelhante à pele de um

tambor, denominada tímpano. O tímpano é tão delicado e sensível que variações de pressão muito pequenas da onda sonora são suficientes para colocá-lo em vibração. Por exemplo, o ouvido humano é capaz de captar uma frequência de 1000 Hz à amplitude mínima da pressão de aproximadamente  $3 \times 10^{-5}$  Pa (SEARS & ZEMANSKI, 2008).

Essas vibrações são comunicadas a um pequeno osso chamado martelo, que por sua vez, aciona outro osso chamado bigorna, e finalmente faz vibrar o terceiro osso chamado estribo. Com esse processo, as vibrações são sucessivamente ampliadas, tornando nosso ouvido capaz de perceber sons de intensidade muito baixa.

Finalmente, as vibrações amplificadas chegam ao ouvido interno, que tem a forma de um caracol, chamado cóclea, revestida por pelos muito pequenos. Em seu interior existe um líquido que facilita a propagação do som. As ondas sonoras colocam os pelos em vibração, estimulando células nervosas que, por meio do nervo auditivo, enviam os sinais ao cérebro. Dessa maneira, a pessoa tem a percepção do som.



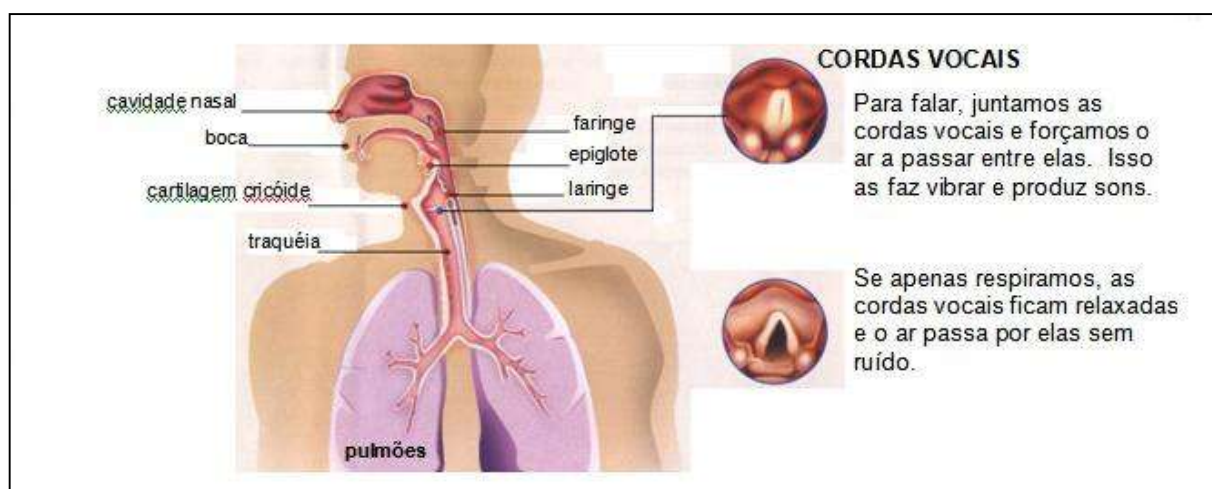
**Figura 10:** Desenho esquemático do ouvido humano.

Fonte: <http://2.bp.blogspot.com/-pigtoo-9Jg4/upijvg6nwgI/AAAAAAAAA-s/icbgfuspa9a/s400/mecaudicfig1.jpg>. Acessado em 29/09/2012.

A voz emitida pelo ser humano tem sua origem nas vibrações de duas membranas, denominadas cordas vocais. As cordas vocais entram em vibração quando o ar, proveniente dos pulmões, é forçado a passar pela fenda existente entre elas. Podemos controlar a frequência do som que emitimos, modificando a tensão das cordas vocais. As vibrações dessas cordas são comunicadas ao ar existente nas diversas cavidades da boca, da garganta e do nariz e aos músculos próximos a elas. A

combinação de todas essas vibrações determina o timbre da voz, que é característica de cada pessoa.

DURÁN (2003) explica que a produção da fala é o resultado de um conjunto de processos que envolvem diversas partes do organismo, essas partes, apresentadas na Figura 11, além de estarem interconectadas, experimentam interações entre elas. A fala é consequência do movimento reduzido, aumentado e não interligado dessas partes e a respiração proporciona a matéria prima para a fala.



**Figura 11:** Figura esquemática do sistema fonador humano.

Fonte: <http://revistaescola.abril.com.br/img/plano-de-aula/ensino-medio/voz.jpg>. Acessado em 29/09/2012.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 SUJEITOS DA PESQUISA E ÁREA DE ESTUDO**

Esta pesquisa foi realizada em Sinop, município do Estado de Mato Grosso, cuja população foi contabilizada em aproximadamente 113.082 habitantes (IBGE, 2010). Atualmente, estima-se mais de 120 mil habitantes. Possui área de 3.194.339 km<sup>2</sup> (IBGE, 2002) e é um dos polos econômicos e educacionais mais importantes para o Estado de Mato Grosso. O município foi fundado em 14 de setembro de 1974 e está situado ao norte do estado à distância de 505 km da capital Cuiabá.

O local escolhido para a realização da pesquisa é a Escola Estadual Nilza de Oliveira Pipino, nome dado em homenagem à esposa do colonizador do município, Enio Pipino. Está localizada à Rua dos Lírios, nº 460 – Setor Residencial Sul. Foi fundada no ano de 1976, sendo a primeira escola do município. Atualmente atende a aproximadamente 1.200 alunos de nível fundamental e médio no período diurno, conta com o apoio de 45 professores, possui 18 salas de aula, biblioteca, sala de informática, laboratório de ciências, refeitório e quadra poliesportiva coberta.

A escola desenvolve muitos projetos que visam à capacidade de aprendizagem e desenvolvimento dos alunos, tais como, o Projeto Leitura, Projeto Jardim, Projeto Conectando Saberes, entre outros.

A escolha do local a ser executada a pesquisa é justificada pelo fato de que o pesquisador foi aluno da escola durante toda a sua vida escolar de Ensino Fundamental e Médio, sendo para ele uma forma de retribuir todo o conhecimento ali adquirido.

A sequência didática proposta para o conteúdo de ondas sonoras é destinada a alunos de uma turma do 2º Ano do Ensino Médio, composto por vinte e cinco alunos do período vespertino. A série foi determinada por este conteúdo se apresentar nos livros didáticos deste nível escolar e a turma foi selecionada por meio de sorteio, sendo que os alunos e o pesquisador não tiveram nenhum tipo de contato ou aproximação anterior.

### 3.2 PESQUISA QUALITATIVA

A pesquisa qualitativa busca a interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos a suas ações em uma realidade socialmente construída, isso é obtido através de observações participativas, onde o pesquisador fica imerso no fenômeno de interesse (MOREIRA, 2002). Os dados obtidos por meio dessa participação são de natureza qualitativa e analisadas correspondentemente às hipóteses geradas durante o processo de investigação, podendo ser alcançados através do estudo profundo de casos particulares e da comparação desse caso com outros estudos de grande profundidade.

Nesse sentido, a validade de uma pesquisa qualitativa é determinada por sua credibilidade. Imerso no fenômeno de interesse o participante anota, ouve, observa, registra, documenta, busca significados, interpreta (MOREIRA, 2003).

O estudo qualitativo foi dividido em duas etapas, onde a primeira é formada pelas ferramentas utilizadas para a coleta de dados da pesquisa e a segunda descreve como foram analisadas as respostas descritas pelos alunos durante a aplicação da proposta metodológica e separadas por categorias.

A coleta de dados desta pesquisa foi realizada através de:

- Notas de aulas, nas quais são feitas anotações constando comentários, observações dos alunos durante a aplicação da proposta metodológica de ensino, ficando registrados no caderno de campo.
- Avaliações escritas, formadas por questões abertas referentes ao conteúdo programático, estando presente na aula prática, de modo que é utilizado o aparato experimental.
- Opinário, utilizado como forma de analisar a proposta metodologia de ensino. Foi aplicado um opinário composto de questões relacionadas ao desenvolvimento da atividade proposta, onde o aluno descreve a sua opinião sobre a sequência didática desenvolvida.

Após a coleta das respostas presentes nos questionários, é iniciada a análise das mesmas e classificadas conforme as seguintes categorias de análise:

- Satisfatória – categoria utilizada para classificar as respostas elaboradas em conformidade com os conceitos apresentados nas aulas.
- Parcialmente satisfatória – utilizou-se essa categoria para classificar as respostas que não faziam uso de todos os conceitos apresentados nas aulas, mas apresentavam indícios de entendimento dos mesmos.
- Insatisfatória – categoria utilizada para classificar as respostas que não foram elaboradas segundo os conceitos apresentados.
- Não respondeu – categoria utilizada para classificar as questões que não foram respondidas pelos alunos.

Após a leitura das respostas será efetuado o seu enquadramento, onde as mesmas são apresentadas separadamente em tabelas, as quais indicam cada procedimento desenvolvido e a quantidade de respostas classificadas por categoria.

### 3.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A pesquisa realizada está relacionada ao uso de uma metodologia de ensino para o conteúdo de ondas, realizada no período de 24/03/14 a 14/04/14. Para a aplicação e verificação da proposta, foi elaborada uma sequência didática constituída de quatro aulas de uma hora e cinquenta minutos cada, planejadas segundo a metodologia de aula expositivo/receptiva e da utilização de um dispositivo, como forma de metodologia de ensino experimental, que auxilie o processo ensino/aprendizagem do conteúdo de ondas sonoras.

A sequência didática desta pesquisa é constituída por quatro aulas, sendo três aulas teóricas e uma aula destinada à prática experimental.

No início da primeira aula foi realizado um levantamento do conhecimento prévio dos alunos sobre o tema ondas, de uma forma geral, e diante desse conhecimento existente é ancorado o novo conhecimento. Para auxiliar a abordagem do conteúdo, foi utilizada uma mola tipo *slink* e um pedaço de corda, a fim de demonstrar algumas exemplificações do comportamento de uma onda.

O objetivo da primeira aula da sequência foi verificar se os alunos estejam aptos a conceituar ondas, de forma geral, identificar os tipos de ondas existentes, explicitando suas características, diferenciá-las, reconhecendo o som de uma onda do tipo mecânica e iniciar a montagem do mapa conceitual (Figura 12), com as palavras-chaves.

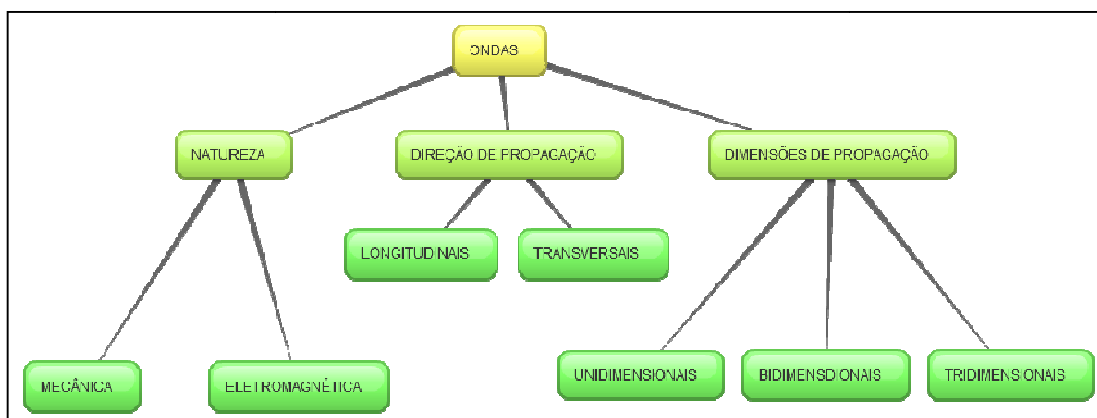


Figura 12: Mapa conceitual elaborado pelos alunos na aula 01.

Ao final de cada aula teórica, foi solicitado aos alunos a seleção das palavras-chaves do conteúdo apresentado e o início da confecção de um mapa conceitual.

A segunda aula foi destinada à parte teórica de ondas sonoras e no final desta aula os alunos finalizam a confecção do mapa conceitual (Figura 13) do conteúdo apresentado, palavras chaves necessárias para o estudo do som.

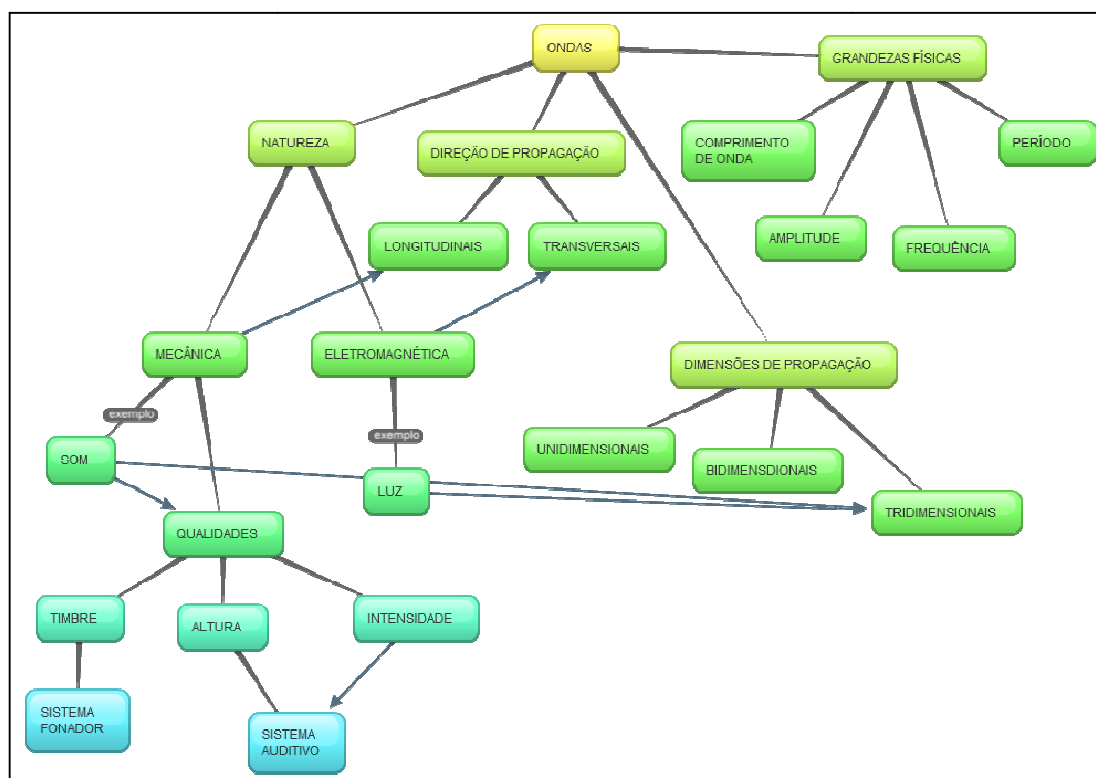


Figura 13: Mapa conceitual completo elaborado pelos alunos ao final da aula 02.

O objetivo da segunda aula foi apresentar aos alunos as características relacionadas ao som e também quais delas estão associadas ao corpo humano, como o sistema fonador e auditivo.

A terceira aula foi destinada a mostrar aos alunos uma curiosidade sobre ondas compostas. Nesta aula foi apresentada, de forma superficial, a teoria das séries de Fourier e sua aplicação no cotidiano. Para a facilitação desta etapa da pesquisa, utilizou-se o laboratório de informática, a fim de demonstrar um aplicativo que simule a junção de ondas e a formação de ondas compostas.

Como um dos intuitos foi utilizar e apresentar o aparato experimental e que nele sejam utilizadas ondas de frequência pura e compostas, notou-se, que seria importante apresentar do que se trata uma onda pura e composta e evidenciar a sua relação com o cotidiano do aluno.



A quarta e última aula foi destinada à montagem do aparato experimental, por meio do roteiro de montagem e a realização da atividade experimental seguindo o roteiro de atividades.

Os planos de aula da sequência didática, da parte teórica à prática experimental, encontram-se devidamente descritos nos Apêndices deste trabalho.

### 3.4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Considerando as constatações feitas por ARAÚJO & ABIB (2003) e ERROBIDART et al. (2009), foi realizada a procura por publicações entre os períodos do ano de 2008 a 2013, que tratam das diferentes formas de se realizar atividades experimentais, desde relatos sobre construção de aparatos experimentais para utilização em aulas práticas à propostas metodológicas para o uso de experimentos.

As fontes usadas para a revisão bibliográfica foram treze revistas nacionais que possuem disponibilidade das publicações *on-line*, considerando sua relevância na área de Ensino em Ciências e Ensino de Física, sendo as seguintes:

- Caderno Brasileiro de Ensino de Física
- Revista ABRAPEC
- Revista Brasileira de Educação
- Revista Brasileira de Ensino de Física
- Revista Ciência e Cognição
- Revista Ciência e Cultura
- Revista Ciência e Educação
- Revista Ciência e Ensino
- Revista Eletrônica de Ciências
- Revista Ensaio
- Revista Experiências em Ensino de Ciências
- Revista A Física na Escola
- Revista Investigações em Ensino de Ciências

### 3.5 O APARATO EXPERIMENTAL

Foi iniciada a construção de um aparato experimental que possa despertar o senso investigativo do aluno e que o mesmo possa construí-lo com materiais de baixo custo. Esse aparato foi planejado com o objetivo de explorar os conceitos relacionados ao som e às diferentes figuras formadas.

A ideia para a elaboração do aparato experimental para o estudo de ondas sonoras surgiu a partir de uma montagem proposta por VALADARES (2002), cujo objetivo é converter sons em imagens. O autor sugere a construção do aparato construído com materiais de baixo custo, sendo eles: lata de leite em pó, mangueira flexível, garrafa pet, balão de festa, caneta *laser*, pregador de roupas, fita adesiva, hastes de madeira, parafusos e um pedaço de espelho.

Porém, ocorreu a necessidade de alterar o experimento, visto que, durante o processo de construção houve a necessidade de alguns esforços na sua montagem, como a fixação da haste de madeira na lata, quando é necessário furar a lata e prendê-la com parafusos.

Uma vez que um dos objetivos deste trabalho é de levar a atividade experimental até os alunos, independentemente se a escola possua ou não laboratório de Ciências, iniciou-se a etapa de aprimoramento do material, em que foram realizadas algumas alterações que facilitassem a montagem do experimento.

### 3.5.1 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Para a elaboração da versão aprimorada do dispositivo experimental apresentado, foram utilizados os seguintes materiais, (Figura 14), listados abaixo:

- Lata de metal com 75 mm de diâmetro e 80 mm de comprimento;
- Elásticos de borracha (“gominha”);
- Régua de 30 cm (madeira ou acrílica);
- Balão de festa;
- Caneta *laser*;
- Prendedor de roupa;
- Espelho plano de dimensões 1cm x 1cm;
- Fita adesiva (dupla face);



**Figura 14:** Materiais utilizados para montagem do aparato experimental.

Para a realização dos testes foram necessários os seguintes itens:

- Aparato experimental reelaborado;
- Micro computador portátil com sistema operacional Windows 7;

- Caixas de som amplificadas (caixa de grave de um *home theater* 5.1 Satélite As-5101 e caixa amplificadora Voxstorm Vsu150);
- *Software* gerador de áudio (*Audio Sweep Generator*-Versão 3.5.4.29);

### 3.5.2 CONSTRUÇÃO E TESTES DO APARATO EXPERIMENTAL

As principais alterações feitas no aparato experimental foram a substituição da lata de leite em pó por uma de menor dimensão e na estrutura do aparato. A estrutura do aparato era anteriormente composta por hastes fixadas por parafusos, que deveriam ficar em uma base e servir de apoio, e que após a alteração, passou-se a utilizar apenas uma haste, a qual a mesma seria manuseada como um microfone, não necessitando utilizar a mangueira corrugada e a garrafa PET.

Para iniciar a montagem, o primeiro passo é pegar a lata de metal e retirar ambas as tampas com o auxílio de um abridor de latas. Com uma tesoura é realizado o recorte do balão de festa, de maneira que ele tenha um tamanho suficiente para cobrir uma das extremidades da lata. O recorte do balão é fixado de forma que fique bem esticado, após, prenda-o com o elástico de borracha, de forma que o mesmo pareça um tambor, conforme a figura 15 abaixo.



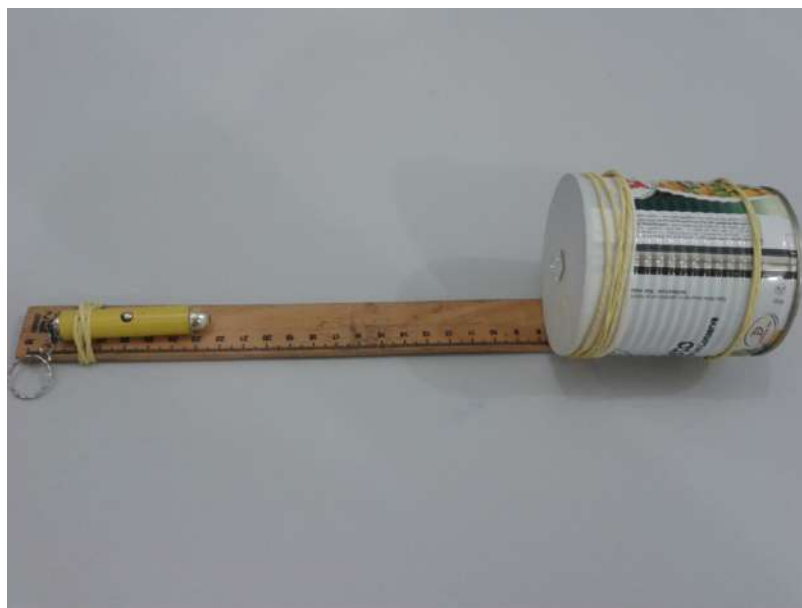
**Figura 15:** Lata de metal com o balão de festa fixado.

O segundo passo consiste em pegar o pedaço de espelho e o colar na membrana com auxílio da fita adesiva de dupla face. O espelho deverá estar posicionado no centro da membrana, (Figura 16). O pedaço de espelho pode ser obtido, já em tamanho adequado, (1cm x 1cm), em lojas de aviamentos.



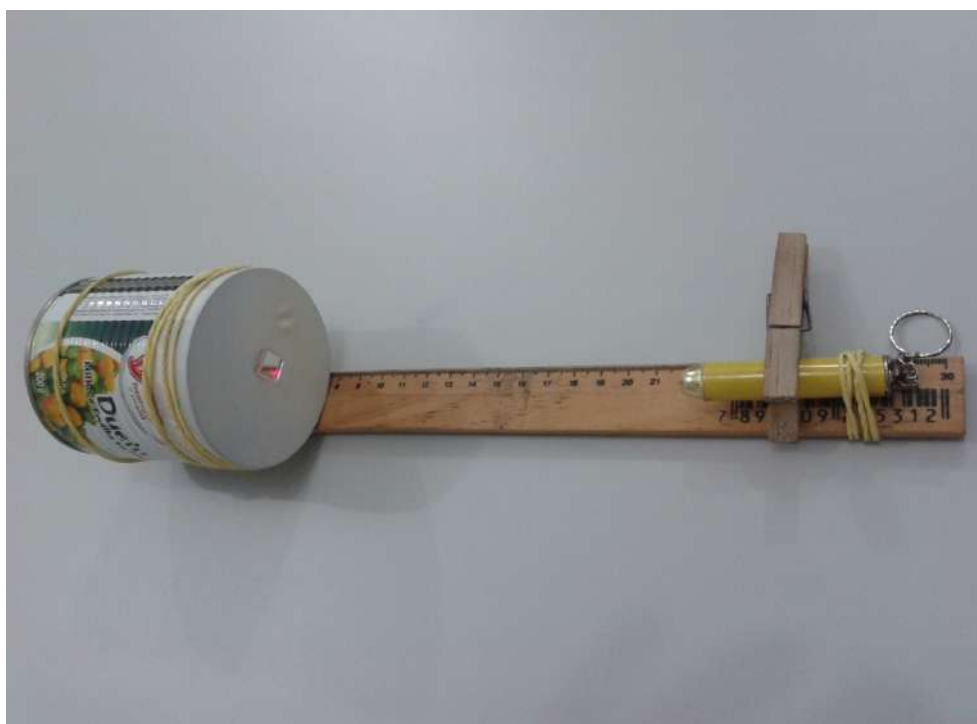
**Figura 16:** Espelho já fixado no centro da membrana.

O terceiro passo é pegar a lata e colocá-la em uma das extremidades da régua. Ela será fixada com dois elásticos e na outra extremidade da régua é fixada a caneta *laser*, também com um elástico, (Figura 17).



**Figura 17:** Lata de metal já com a membrana e *laser* fixados na régua.

O quarto e último passo é ajustar a caneta *laser* com o pregador de roupa e acioná-lo, de modo que fique direcionado para o centro do espelho, (Figura 18).



**Figura 18:** Aparato experimental devidamente montado e ajustado para seu funcionamento.

Após a montagem do aparato, o mesmo é manuseado, como se fosse um microfone, de forma que o aluno irá falar na extremidade da lata, com a caneta *laser* acionada. Neste momento, procure um ambiente com pouca luminosidade, que tenha



uma parede ou superfície plana, depois disso, fale na extremidade aberta da lata e observe as figuras que começam a surgir.

Durante a utilização do aparato experimental é de suma importância comunicar a todos os alunos que, de forma alguma, direcionem o feixe de luz incidente do *laser* ao rosto de alguma pessoa, pois o mesmo é prejudicial e pode causar sérios danos à visão.

Os testes foram realizados no laboratório de Ciências da Escola Nilza de Oliveira Pipino. Estes testes buscam estabelecer relação entre as imagens formadas pelo aparato experimental e as ondas sonoras produzidas por uma caixa de som amplificada.

Outros autores também apresentam aparatos experimentais semelhantes e com o mesmo propósito, converter sons em imagens, como os autores PENTEADO & TORRES (2005) e em *sites* relacionados ao ensino de Ciências, como o portal Ponto Ciência e Feira de Ciências e em alguns vídeos demonstrativos no *youtube.com*, em âmbito nacional e internacional. Entretanto, nenhuma das referências citadas acima, relatava ter ou não realizado algum tipo de teste ou alguma descrição da eficiência do aparato experimental, bem como, frequências que o mesmo seria capaz de reproduzir em forma de imagens e os tipos de imagens formadas.

Diante destes questionamentos, criou-se a iniciativa de realizar alguns testes utilizando um *software* gerador de áudio, para os quais foi escolhido o *Audio Sweep Generator-Versão 3.5.4.29*, que é gratuito para *download* e de fácil manuseio e pode ser adquirido no endereço eletrônico: <http://dicasdesomeluz.blogspot.com.br/2012/04/gerador-de-sinal-audio-sweepgen-v35429.html>.

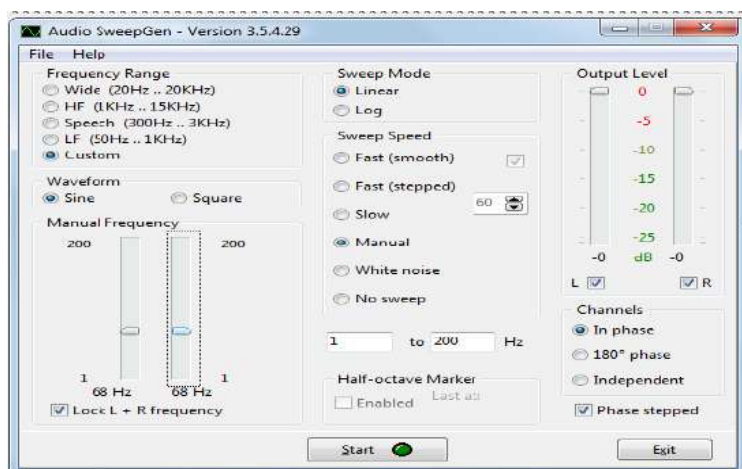
Para a reprodução do som foi utilizada uma caixa de som amplificada, utilizando frequências que vão de 1Hz até 20 kHz. Foram utilizados dois tipos de caixas amplificadas, uma caixa de som grave de um *home theater*, composta por um alto falante do tipo *subwoofer*, responsável por reproduzir baixas frequências, entre 1Hz até 200 Hz e outra caixa amplificada composta por um alto falante do tipo *woofer*, para as frequências acima de 200 Hz.

O aparato experimental é fixado em um suporte universal, de forma que uma de suas extremidades esteja direcionada ao alto falante à distância de aproximadamente 10 centímetros e a outra extremidade apontada para uma parede plana, onde são projetadas as figuras criadas pelo aparato experimental, (Figura19).



**Figura 19:** Aparato experimental montado para a realização do teste de eficiência para baixas frequências, entre 1Hz a 200 Hz.

O manuseio do *software Audio Sweep Generator* para a realização do teste de eficiência para baixas frequências deverá possuir a seguinte configuração: faixa de frequência que deverá estar no modo *custom*, a velocidade de varredura no modo *manual* e discriminar o intervalo de frequência a ser emitida, neste caso foram de 1Hz até 200 Hz, (Figura 20). A frequência deverá ser alterada através das teclas de seta e iniciada de forma crescente.



**Figura 20:** Configuração do *software Audio Sweep Generator*, para a realização do teste de eficiência para frequências entre 1 Hz a 200 Hz.

Na segunda etapa do teste, a caixa amplificadora é substituída conforme o procedimento anterior, alterando a configuração da frequência gerada, que inicia de 200 Hz até 20 kHz.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Após identificar as publicações que tratam de atividades experimentais, das treze revistas utilizadas na revisão bibliográfica, não foi possível evidenciar publicações relacionadas com atividades experimentais, em cinco delas.

As revistas que apresentaram publicações estão elencadas na Tabela 3, com o total de publicações que descrevem algum tipo de atividade experimental e a respectiva quantidade de trabalhos que abordavam atividade experimental para o tema de ondas sonoras.

**Tabela 3** – Quantidade de publicações evidenciadas por revista (2008 a 2013).

| Revista selecionada                         | Total de artigos | Relacionados ao estudo de ondas sonoras |
|---------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------|
| Caderno Brasileiro de Ensino de Física      | 19               | 0                                       |
| Revista ABRAPEC                             | 2                | 0                                       |
| Revista Brasileira de Ensino de Física      | 24               | 3                                       |
| Revista Ciência e Cognição                  | 1                | 0                                       |
| Revista Ensaio                              | 1                | 0                                       |
| Revista Experiências em Ensino de Ciências  | 2                | 0                                       |
| Revista A Física na Escola                  | 26               | 3                                       |
| Revista Investigações em Ensino de Ciências | 2                | 0                                       |

Observando a tabela acima, nota-se que, dos setenta e cinco artigos publicados que abordavam a construção de experimento para aulas práticas ou a utilização do mesmo como estratégia para o ensino de Ciências ou Física, apenas seis estavam relacionados ao tema de ondas mecânicas. Vale ressaltar que, não foi nosso objetivo analisar os artigos que abordavam o ensino de ondas de natureza eletromagnéticas.

Dos artigos que foram encontrados e que se enquadram ao tema geral de ondas mecânicas, sonoras e acústicas, três artigos foram publicados na Revista

Brasileira de Ensino de Física, revista que é voltada à melhoria do ensino de Física em todos os níveis de escolarização.

LÜDKE et al. (2012) descrevem as modificações de um clássico experimento, cujo objetivo é de medir a velocidade do som ao ar livre, através da medida de tempo de propagação de ondas sonoras, essas captadas por dois microfones. Os autores relatam a metodologia adequada para trabalhar com este experimento e a forma de como construir os circuitos de produção e de captação de sinais de ultrassons em 40 kHz. O experimento permite determinar a velocidade com melhor precisão e explorar o efeito Doppler- Fizeau qualitativamente, o que não se pode ser feito com ondas sonoras audíveis.

GOMES & LÜDKE (2011) relatam a construção de um experimento de baixo custo para o estudo da teoria de ondas estacionárias em cordas vibrantes, através do uso de um aparato eletrônico relativamente simples, baseado na realimentação eletromagnética, possibilitando verificar tanto a harmonia das ondas estacionárias, quanto a relação numérica existente entre os harmônicos.

PIUBELLI et al. (2010) apresentaram a construção de aparato experimental de baixo custo para simular a influência das características físicas inerciais e elásticas do meio e na velocidade de propagação de uma onda mecânica. Este experimento também demonstra a dependência da velocidade de propagação com as propriedades inerciais e elásticas de um meio sólido.

Outros três artigos foram encontrados na revista A Física na Escola, como suplemento semestral da Revista Brasileira de Ensino de Física, destinada a apoiar as atividades de professores de Física do Ensino Médio e Fundamental.

MOURA & NETO (2011) descrevem uma ferramenta que auxilia no processo de ensino aprendizagem relacionado ao tema acústica, é composto por sugestões de ensino por meio da montagem de instrumentos musicais construídos de materiais de baixo custo e que possam ser montados em sala de aula. Os autores relatam discussões sobre a abordagem da acústica de forma que seja contextualizada por meio da história.

CAVALCANTE et al. (2012) relatam um experimento simples e de fácil reprodução, com o intuito de determinar a velocidade do som no ar através do eco. Em sua construção são utilizados tubos de diferentes comprimentos e para análise e

coleta de dados do experimento é utilizado um programa de análise sonora *Audacity*. Os resultados obtidos neste experimento conduzem precisões e exatidões inferiores a 1%, o que viabiliza sua implantação como um bom recurso didático na compreensão de fenômenos relacionados à acústica.

NOVICKI et al. (2011) propõem atividade de aprendizagem sobre ondas sonoras de fácil aplicação a estudantes de nível médio. A atividade utiliza a aquisição automática de dados através do uso do computador e é possível determinar a velocidade de uma fonte sonora baseada no efeito Doppler- Fizeau.

Através dos resultados desta revisão bibliográfica é possível notar a presença de publicações que estão relacionadas à introdução, utilização e confecção de experimentos, a fim de auxiliar e amenizar as dificuldades.

As sugestões sobre a utilização da prática experimental é tão ampla, que elas podem ser realizadas com materiais de baixo custo ou até mesmo em conjunto a outros locais de uma escola como laboratório de ciências, laboratório de informática ou até mesmo a própria sala de aula. Entretanto, fazendo uma filtragem e dando foco apenas a publicações que relatam a construção de experimentos com materiais de baixo custo e que estejam diretamente relacionados com o tema de ondas sonoras, o número de artigos encontrados não é tão grande, quando comparado a outros temas da disciplina de Física.

## 4.2 TESTES DO APARATO EXPERIMENTAL

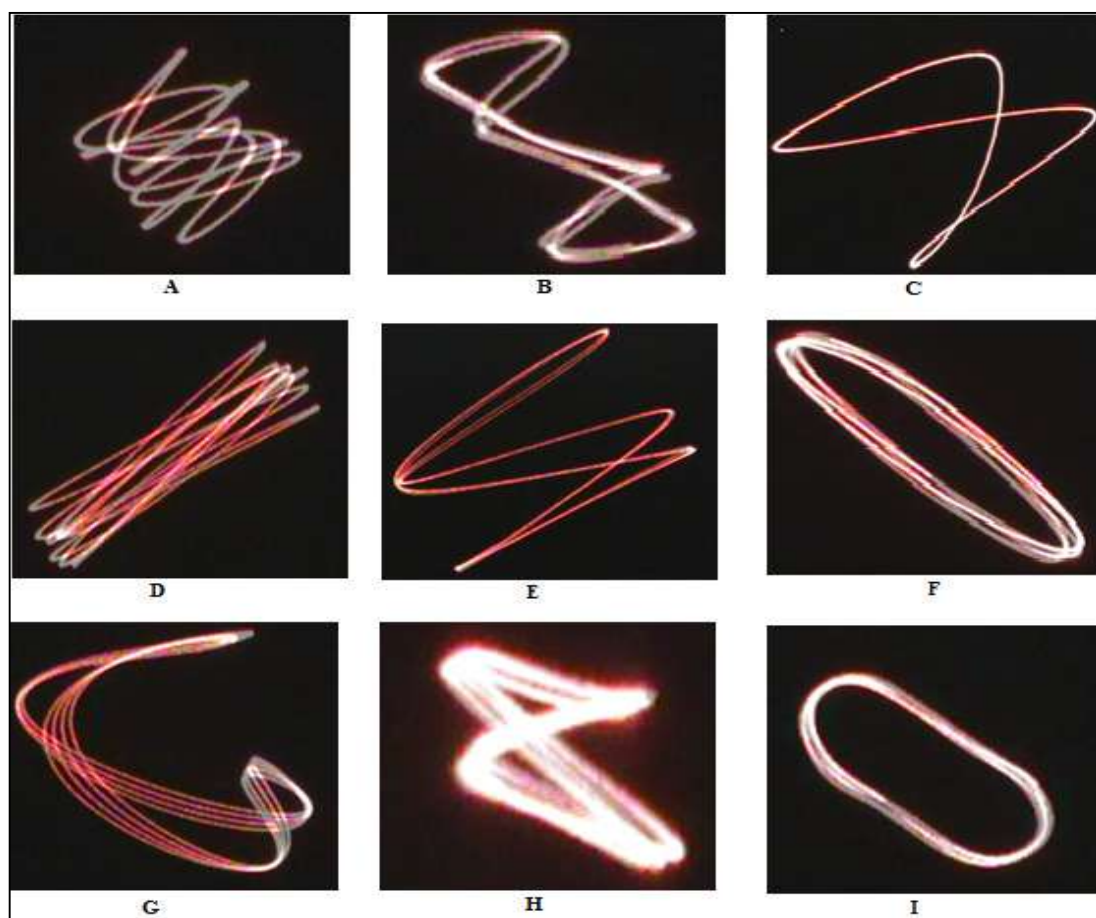
Como resultado do teste onde a variação da frequência gerada foi entre 1 Hz e 200 Hz, o aparato experimental apresentou sua eficiência em gerar imagens a partir da frequência de 11Hz e obteve sucesso até o fim da escala definida. As imagens formadas possuem diversos formatos, porém foi observado que em determinadas frequências as imagens se moviam, mudando simultaneamente a sua forma e em outras, foi possível gerar imagens imóveis.

Esta etapa de testes foi registrada e é possível observar no vídeo que em determinados intervalos de frequência, as imagens sofrem variação de tamanho, forma geométrica, velocidade e o sentido de movimento. Esta etapa do teste experimental está disponível e pode ser visualizada através do *link*: [http://www.youtube.com/watch?v=5\\_0PMnmKYyQ](http://www.youtube.com/watch?v=5_0PMnmKYyQ).

No segundo momento do teste, a variação da frequência gerada foi entre 200 Hz e 20 kHz, na qual, o aparato experimental demonstrou sua eficiência em gerar imagens até a frequência de 732 Hz, as imagens formadas possuíam similaridade às reproduzidas no teste anterior, porém, ocorreu em maior número de vezes o fenômeno onde a figura geométrica mudava seu tamanho, alternando seu sentido de movimento. Esta etapa de teste do experimento pode ser visualizada através do *link*: <http://www.youtube.com/watch?v=vYGvTqj3Ro4>.

Algumas das imagens formadas pelo aparato experimental, (Figura 21), foram registradas juntamente com suas respectivas frequências aplicadas.





**Figura 21:** Imagens formadas utilizando-se diferentes frequências: A) 21 Hz, B) 64 Hz, C) 103 Hz, D) 40 Hz, E) 68 Hz, F) 190 Hz, G) 100 Hz, H) 148 Hz e I) 127 Hz.

Outro teste foi realizado utilizando a frequência de 105 Hz, onde é possível reproduzir uma imagem geométrica semelhante a um círculo. Notou-se que, no momento em que é alterado o volume da caixa amplificadora, modifica-se o tamanho da figura geométrica formada. Desta forma, pode-se concluir que a intensidade da onda sonora está relativa ao tamanho da figura formada.

Nesta etapa, foi gravado um vídeo que demonstra o momento em que se aumenta a intensidade sonora e a figura aumenta o seu tamanho e vice versa. O vídeo desta etapa está disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=PTpRE0CZuD4>.

O último teste foi realizado com músicas de gêneros diferentes, tais como Música Popular Brasileira (MPB), *Rock* e *Rap*. Segue abaixo o *link* de demonstração desta etapa do experimento com as respectivas músicas escolhidas:

Cartola – Preciso Me Encontrar <http://www.youtube.com/watch?v=UQ4COYfLmNg>

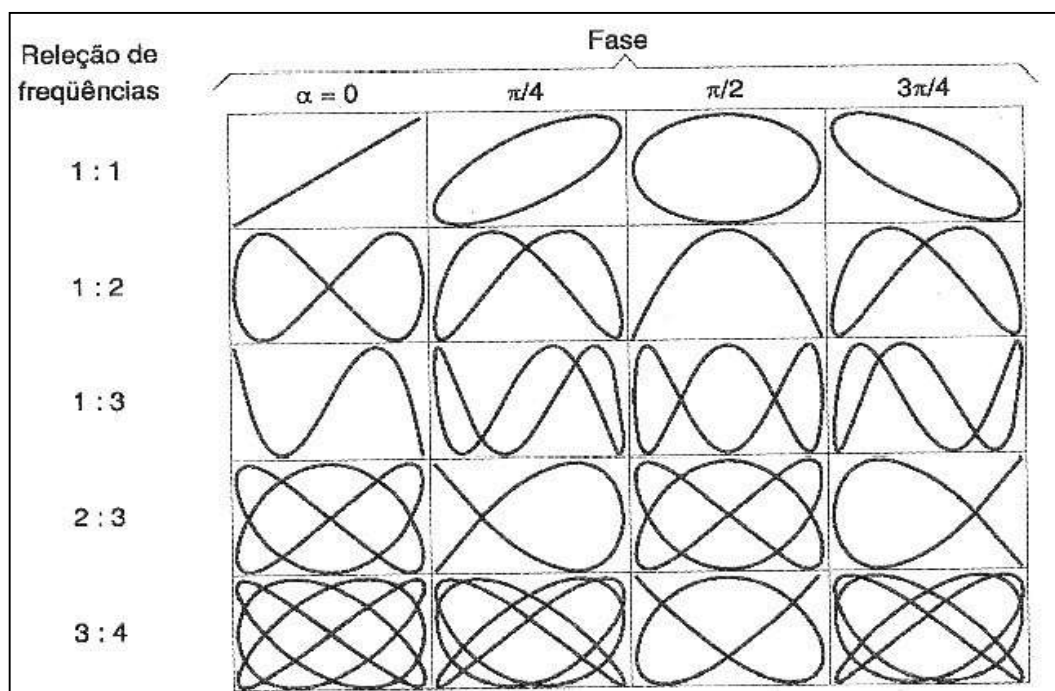
Ozzy Osbourne - Crazy Train <http://www.youtube.com/watch?v=hFJ66-bwwDk>

Eminem – Diversos <http://www.youtube.com/watch?v=H6CDTVI7bK4>

Utilizando músicas de distintos gêneros é possível notar o comportamento do experimento através das imagens formadas. Como não possuem eficiência nas frequências acima de 732 Hz, as músicas que são compostas ou que possuem grande quantidade de notas do tipo grave se destacam e formam um grande número de imagens, já, a música que possui poucas notas do tipo grave, forma menor quantidade de imagens.

A música de gênero MPB foi a que apresentou um comportamento mais suave em suas imagens formadas, enquanto o gênero *Rap* apresentou um comportamento mais agitado em suas imagens formadas, tendo em vista que é composta por muitas notas musicais de tom grave.

Durante este teste foi possível notar que algumas das figuras reproduzidas pelo aparato experimental são semelhantes às figuras estudadas por Jules Antoine Lissajous em 1857. Essas figuras são criadas decorrentes a um gráfico produzido por um sistema de equações paramétricas que descreve um complexo movimento harmônico. Hoje, é utilizado com um dos recursos mais importantes na manutenção, reparação e ajuste de equipamentos eletrônicos, é a visualização das grandezas que variam com o tempo em seus circuitos, instrumento este, chamado de osciloscópio. Segue abaixo, na Figura 22, algumas das Figuras de Lissajous.



**Figura 22:** Figuras de Lissajous. Fonte:

<http://forum.lawebdefisica.com/attachment.php?attachmentid=6572&d=1362594173>. Acessado em 15/07/2014.

Entretanto, não foi possível encontrar uma relação matemática que explique este comportamento do aparato diante da frequência por ele recebida. Outra observação feita foi que ao realizar novamente o teste em outra data e com outro aparato experimental não foi possível reproduzir as mesmas figuras criadas anteriormente, utilizando-se as mesmas frequências. Este fato se dá pelo motivo de que a superfície vibratória (membrana feita de balão) não possui uma uniformidade quanto à espessura de seu material ou até mesmo podendo mudar o seu poder de elasticidade, devido ao tempo exposto que fica esticado ou pela força utilizada para esticar a mesma.

Como não havia disponível algum instrumento apropriado para medir ou verificar o quanto a superfície está esticada, não houve a possibilidade de descrever os modos normais de vibração com suas respectivas frequências e imagens. Destarte, o par frequência x imagem formada, varia de experimento para experimento.

Entretanto, apesar de haver variação quanto à correspondência entre frequência sonora utilizada e padrão de figura criado, a família de figuras apresentadas nesta dissertação pode ser obtida em outras montagens experimentais, porém, em frequências diferentes.

Durante este teste foi possível coletar importantes resultados. Contudo, é possível explorar em maior dimensão este comportamento das figuras criadas em relação às frequências aplicadas e ao formato da caixa de ressonância utilizada. Por exemplo, testes futuros poderiam ser realizados utilizando-se latas de milho iguais, porém, cortadas com diferentes comprimentos. O diâmetro da lata também é importante, poder-se-ia realizar a montagem do aparato experimental utilizando-se uma lata de doce em conserva ou outra que possui um diâmetro maior que a lata de milho e comparar o comportamento de ambas as montagens experimentais.

### **4.3 MONTAGEM DO APARATO EXPERIMENTAL**

Um dos propósitos da aula experimental foi fazer com que os alunos montassem seu próprio experimento. Eles formaram grupos de cinco integrantes, onde, inicialmente, receberam do professor o roteiro de montagem, (Figura 23), e o material necessário para a confecção do aparato experimental. Inicialmente, para realizar a aula prática, os alunos foram convidados a sentarem nas extremidades da sala, formando um círculo e o professor ficando ao centro para apresentar a proposta da aula experimental.

Logo após a entrega do material foi solicitado que todos do grupo realizassem uma breve leitura do roteiro, conferissem se todos os materiais listados estavam presentes e que a partir daí poderiam iniciar a montagem, seguindo a sequência descrita no guia. A fim de facilitar ou sanar alguma dúvida que viesse a existir em algum dos grupos, foi deixado um exemplar do aparato experimental, devidamente montado, para que os grupos tivessem uma referência ou até mesmo para saber como ficaria o aparato após a montagem por completo.

## Roteiro de montagem do aparato experimental

### 1 – MATERIAIS

- 1.1 -1 Lata de metal (leite condensado, milho verde, ervilha, etc.).
- 1.2 -4 Elásticos de borracha.
- 1.3 -1 Régua de 30 cm.
- 1.4 -1 Balão.
- 1.5 -1 caneta *Laser*.
- 1.6 -1 Prendedor de roupas.
- 1.7 -1 Espelho (dimensões de 1cm x 1 cm).
- 1.8 -Fita dupla face.

### 2 - PROCEDIMENTOS

2.1-Retire as duas tampas da lata utilizando o abridor de latas e corte o balão de festa ao meio (este procedimento não é necessário realizar, pois já foi feito).

2.2-Pegue o balão e o estique com cuidado e o coloque em uma das extremidades da lata, de modo que ele fique bem esticado, formando uma membrana e o prenda-o com um elástico. Após preso ficará no formato de um tambor.

2.3-Fixe em cada extremidade da régua a lata e o *laser*, de modo que a ponta do laser e a membrana da lata fiquem frente a frente. Para fixar a lata utilize dois elásticos e para fixar o laser utilize apenas um elástico. Obs.: caso a lata ou o laser fiquem frouxos dê mais voltas no elástico afim que fiquem bem presos.

2.4-Cole o espelho utilizando a fita dupla face, fazendo com que fique posicionado no centro da membrana e coloque o prendedor de roupas no *laser* de modo que ele possa auxiliar no direcionamento ao espelho e que fique acionado/ligado.

2.5- Após o *laser* estar acionado, verifique se é necessário algum ajuste e tente projetar na parede o feixe de laser que está sendo refletido pelo espelho, dando alguns gritos no aparato experimental.

2.6- Caros alunos, de forma alguma direcionem o feixe de luz incidente do *laser* ao rosto, pois o mesmo é prejudicial e pode causar sérios danos à visão.

**Figura 23:** Roteiro de montagem do aparato experimental.

Durante essa etapa da aula alguns grupos tiveram dificuldade em esticar o balão e fixá-lo na lata. Foi então necessário que o professor fosse a cada grupo e explicasse que o trabalho de montagem **deveria** ter a participação de todos os

componentes do grupo, onde um deles seguraria a lata, outro esticaria o balão e o colocaria na lata e um terceiro integrante pegaria o elástico e o utilizaria para prender o balão. Foi também explicado aos alunos que o trabalho em grupo tem o propósito de facilitar a montagem do experimento.

Após todos os alunos terem montado seus experimentos, terem fixado o *laser* e o ajustado, foi o momento de verificar se o mesmo realizaria alguma imagem ao falar. Nessa etapa da aula, alguns alunos já notaram que os aparatos experimentais uns dos outros se mostravam de forma diferente.

Um determinado grupo de alunos da classe conseguiu observar que a formação de imagens de seu aparato experimental era diferente da outro grupo. Foi observado que um dos experimentos produzia um número maior de imagens em relação a outro. Alguns integrantes do grupo até gritou, falou com um tom de voz mais alto, mais fino e mais grave, mas não obteve sucesso nas imagens que o experimento do grupo vizinho reproduzia.

Foi então que um dos integrantes do grupo deu a seguinte explicação para este fato:

*“Para fazer essas imagens diferentes e em maior quantidade é preciso soltar um pouco o balão, não deixa-lo tão esticado”.*

Foi questionado ao aluno que apresentou a explicação e foi pedido para ele argumentar o porquê dessa explicação:

*“Se o balão não estivesse tão esticado ele poderia se mexer com maior facilidade”.*

Durante a aula experimental, este mesmo aluno foi o que não largou um minuto sequer o seu aparato experimental, ficava todo momento fazendo diferentes tipos de sons, formando imagens regulares do tipo circular, tentando mantê-las paradas.

#### **4.4 RESULTADOS DO ROTEIRO DE ATIVIDADES**

Após, todos os grupos já terem testado e ajustado seus experimentos, foi entregue a cada componente do grupo um roteiro de atividades. Esse roteiro deveria ser respondido individualmente de forma descritiva, utilizando todo o conhecimento apresentado durante as aulas teóricas, podendo o grupo, debater sobre as questões e os diferentes pontos de vista sobre os fenômenos decorrentes.

O roteiro foi dividido em quatro etapas. Na primeira etapa, os próprios componentes do grupo utilizaram o experimento e nas demais etapas foi utilizado apenas um dos experimentos montados pelos alunos, este escolhido por sorteio, e utilizado em conjunto a uma caixa de som amplificada pelo professor, no centro da sala.

Afim de não identificar as respostas dos alunos com seus referidos nomes, vamos representar pela letra A seguida de um numeral para diferenciá-los.



#### 4.4.1 QUESTÕES DO ITEM 01

As questões deste item foram elaboradas com o objetivo de orientar a participação direta dos alunos na atividade experimental sobre ondas sonoras. Neste primeiro momento, o aluno é o responsável por reproduzir o som, o estudante começa a falar e reproduzir sons no instrumento experimental. As respostas deste item do questionário se encontram devidamente classificadas na Tabela 4.

Diante deste fato, foi solicitado que eles descrevessem com suas palavras as seguintes questões:

*Questão 1.1: Ocorre a formação de alguma imagem? Elas possuem algum formato específico para você?*

A resposta que esperávamos dos alunos seria que sim, ocorre a formação de imagens, que o aluno também descrevesse o seu ponto de vista, como seria a forma das imagens, se possuía algum movimento, alguma forma geométrica ou alguma característica que ele pudesse diagnosticar visualmente.

As respostas apresentadas nesta questão foram classificadas por categoria. Seriam admitidas como satisfatórias se o aluno notasse primeiramente se é possível formar imagens utilizando o som da voz e descrevesse se a imagem possuía alguma forma específica para ele. De forma parcialmente satisfatória se apenas tivessem notado a formação de imagens, porém não conseguissem notar alguma forma específica de formato.

Neste item não ocorreu presença de respostas que se enquadrassem na categoria insatisfatória ou não respondeu.

Dentre as respostas que se classificaram como satisfatórias, totalizando nove, foram selecionadas algumas.

A1: “Sim, quando falamos aparece desenhos diferentes que sempre estão em movimento”.

A2: “Sim, formam desenhos que parecem bolinhas, mas mudam várias vezes”.

A3: “Sim, possuem formas arredondadas, mas não possuem uma forma específica”.

A4: “Sim, formam desenhos grandes e pequenos”.

A5: “Sim, formam desenhos diferentes conforme falamos palavras diferentes”.

A6: “Sim, várias figuras parecidas com espirais”.

*Questão 1.2: O que ou quem é responsável pela sua formação? Qual seria a explicação desse fenômeno?*

Este item teve o objetivo de que os alunos respondessem que o responsável pela formação das imagens seria a voz, uma onda sonora, formada a partir das cordas vocais fazendo com que a membrana do espelho vibre e forme as imagens.

Foram consideradas satisfatórias treze respostas que apresentaram explicações mais detalhadas e parcialmente satisfatórias outras doze respostas que justificaram apenas a formação das imagens, devido à presença da voz ou de ondas sonoras.

Seguem abaixo algumas das respostas classificadas com satisfatórias:

A23: “O som da voz faz com que perturbe as moléculas do ar”.

A12: “As ondas sonoras, elas fazem o ar vibrar”.

A9: “As moléculas de ar que vibram com a voz”.

A3: “O som da voz faz perturbar as moléculas de ar”.

*Questão 1.3: Podemos confirmar que nesse fenômeno está presente algum tipo de onda? Caso a resposta seja sim, como poderíamos classificá-la, conforme a sua natureza?*

As respostas classificadas com satisfatórias deveriam confirmar que o fenômeno é uma onda do tipo sonora e que sua natureza é de origem mecânica.

Neste item, apenas duas respostas foram classificadas como parcialmente satisfatórias. Essas respostas apenas descreveram ser uma onda sonora, porém, não apresentaram a sua natureza.

Apenas um aluno respondeu de forma insatisfatória. Segue abaixo a resposta apresentada por este estudante.

A13: “Sim é uma onda e pode ser classificada como eletromagnética”.

*Questão 1.4: Se alterarmos o “tom” da nossa voz e a “altura” do tom de voz, as imagens são as mesmas? Existe alguma diferença entre elas? Quais?*

Nesta questão, o intuito foi fazer com que o aluno mudasse o tom de sua voz, fazendo uma voz diferente, podendo ser mais aguda ou mais grave e também alterar a altura do seu tom de voz, podendo falar mais alto ou mais baixo.

Diante dessas diferentes formas de falar, utilizando o aparato experimental, solicitamos que os mesmos verificassem se existia alguma diferença nas formações das imagens e as descrevessem.

A resposta esperada a esta questão seria de que a imagem não é a mesma, ela sofre variação de formato quando mudado o tom de voz, podendo ocorrer o fato de não aparecer alguma imagem formada devido ao tom ser muito agudo ou baixo e que sua dimensão poderiam variar conforme mudasse a altura do tom de voz. Por exemplo: se o aluno gritasse a imagem formada tenderia ser maior do que quando falado em um tom de voz mais baixo.

Nesta questão, todos os alunos conseguiram diferenciar as formas geométricas das imagens em relação ao tom de voz grave e agudo, quando mudado, entretanto nem todos os alunos conseguiram observar que o tamanho das imagens alterava-se, quando o tom de voz era elevado ou falado em menor intensidade.

Sendo assim, foram classificadas como satisfatórias as respostas apresentadas por dez alunos, que descreveram suas respostas e que notaram a relação da forma das figuras formadas ao som agudo e grave e sua dimensão em relação à intensidade da voz.

Nas respostas classificadas como parcialmente satisfatórias, apresentadas por 15 alunos, constavam apenas a descrição do tamanho das imagens relacionadas à intensidade da voz.

Seguem alguns exemplos de respostas classificadas com satisfatórias:

A12: “Não são as mesmas, elas aumentam o seu tamanho quando gritamos e formam desenhos diferentes quando falamos com voz grossa”.

A23: “Com um tom de voz mais agudo as imagens se alteram poucas vezes e com um tom de voz grave elas se alteram muitas vezes. Se falar a

mesma palavra com a voz baixinha a imagem é pequena e se falar gritando a imagem aumenta o seu tamanho”.

A25: “Sim elas mudam, se mudarmos o tom da voz, falar mais fino e mais grosso as imagem ficam diferentes e se gritar ou falar baixo muda o tamanho da imagem”.

**Tabela 4:** Classificação das respostas referente ao item 01, no qual os alunos utilizam sua própria voz para reproduzir as imagens com o aparato experimental.

| Questão | Satisfatória | Parcialmente Satisfatória | Insatisfatória | Não respondeu |
|---------|--------------|---------------------------|----------------|---------------|
| 1.1     | 09           | 16                        | 0              | 0             |
| 1.2     | 13           | 12                        | 0              | 0             |
| 1.3     | 22           | 02                        | 1              | 0             |
| 1.4     | 10           | 15                        | 0              | 0             |

#### 4.4.2 QUESTÕES DO ITEM 02

Para realizar as questões deste item foi utilizada a caixa de som amplificada em conjunto com o aparato experimental, onde as imagens formadas são reproduzidas pelo som que sai do alto falante. As respostas deste item do questionário se encontram devidamente classificadas na Tabela 5.

No primeiro momento, foram colocados dois tipos de músicas diferentes. A primeira música, do gênero Clássica e a segunda, do gênero *Rock*, ambas tocadas por aproximadamente 3 minutos. Foi solicitado que os alunos observassem as imagens e, em seguida, respondessem as seguintes questões:

*Questão 2.1: Seria possível notar alguma diferença entre as músicas, somente pelas imagens formadas? Caso sua resposta seja sim, o que justifica essa diferença na formação das imagens?*

A resposta a ser considerada correta para esta questão seria sim, é possível notar a diferença entre as figuras formadas. As figuras formadas na música Clássica seriam representadas de forma mais harmoniosa, a mudança do formato dessas figuras de forma mais calma e quando inserida a música de gênero *Rock*, as imagens formadas seriam apresentadas em maior quantidade, imagens que mudam rapidamente seu formato.

Nesta questão, todos conseguiram notar essa diferença. Logo abaixo, são apresentadas algumas das respostas descritas pelos alunos:

A5: “Sim, no som da música clássica é mais suave e as imagens são menores e não mudam tanto, já no *rock* as imagens aparecem mais vezes e são maiores, o som é mais agressivo”.

A13: “Sim, o *rock* tem umas batidas de grave e agudo das guitarras formando muitas imagens, já a música clássica tem sons agudos é sempre calma e as imagens vão mudando devagar”.

A22: “Sim, o *rock* forma figuras grandes e bem diferentes pelo som grave e a música clássica é lenta e forma figuras mais simples”.

*Questão 2.2: Qual “qualidade” de som é associada a esses gêneros musicais?*

Quando os alunos foram questionados quanto à qualidade presentes nesses dois gêneros musicais diferentes. As respostas a ser considerada como certas seriam duas qualidades envolvidas para diferenciá-las, sendo o timbre e a altura.

Por serem sons bem diferentes, seria notório que um gênero apresentasse muitos sons agudos, devido aos instrumentos musicais, harpa, flauta, violino e piano, enquanto a outra música continha sons agudos e graves.

Nesta questão, todos responderam apenas com a qualidade do timbre. Mesmo tendo no item anterior comentado sobre o som agudo e grave, os alunos não consideraram a qualidade de altura. Essas respostas foram classificadas como parcialmente satisfatórias.

**Tabela 5:** Classificação das respostas referentes ao item 02, no qual é utilizada a caixa amplificadora e reproduzidas músicas de gêneros diferentes.

| Questão | Satisfatória | Parcialmente Satisfatória | Insatisfatória | Não respondeu |
|---------|--------------|---------------------------|----------------|---------------|
| 2.1     | 25           | 0                         | 0              | 0             |
| 2.2     | 0            | 25                        | 0              | 0             |

### 4.4.3 QUESTÕES DO ITEM 03

As questões do item três são referentes ao momento em que se gira o botão do volume da caixa amplificadora e é solicitado aos alunos que observem se as imagens reproduzidas sofrem algum tipo de alteração. As respostas deste item do questionário estão devidamente classificadas na Tabela 6.

*Questão 3.1: Caso a resposta seja sim, o que justifica essa diferença na formação das imagens? Por que isso ocorre?*

O objetivo desta questão é fazer com que o aluno observe quais as diferenças presentes no momento em que é alterada a intensidade do som, isto é, o volume é aumentado e diminuído.

Para que as respostas fossem consideradas satisfatórias, o aluno deveria responder que a diferença entre as imagens, quando alterado o volume da caixa amplificadora, seria as suas dimensões.

Quando o volume é aumentado, a imagem fica maior e quando o volume é diminuído, a imagem é menor. Neste item quinze alunos responderam de forma satisfatória, justificando a mudança do tamanho da imagem em relação à alteração da intensidade do som.

Dez alunos responderam de forma parcialmente satisfatória. Estes alunos confirmaram que o tamanho das imagens mudava, porém, descreveram que quando o volume é aumentado o som fica mais grave e as imagens maiores e quando o som é diminuído, fica mais agudo e as imagens menores.

Essas respostas foram consideradas parcialmente satisfatórias pelo fato de os alunos terem notado a diferença entre as imagens, mas utilizaram o termo incorreto, confundindo qualidade de intensidade com altura.

Algumas das respostas classificadas como satisfatórias:

A9: “Sim, quando o volume é aumentado a intensidade do som também aumenta e o tamanho da figura muda pra maior”.

A15: “Sim, as imagens ficam maiores e o som fica mais forte”.

A21: “Sim, porque conforme aumenta o volume aumenta a intensidade do som e as imagens aumentam o tamanho e conforme abaixa o som a intensidade diminui e as imagens se encolhem”.

A24: “Sim, após a aumentar do volume as vibrações dentro da lata são maiores e o balão vibra mais fazendo desenhos maiores e se abaixar o volume a reação é oposta”.

Aqui vamos apresentar algumas das respostas classificadas como parcialmente satisfatórias:

A2: “Sim, com o som alto ele fica mais grave e todas as imagens se movimentam mais e com o som baixo as imagens ficam paradas”.

A19: “Sim, quando o som é alto os desenhos ficam mais graves e se mexem mais e quando o som é baixo os desenhos ficam mais lentos por que o som fica agudo”.

*Questão 3.2: Qual “qualidade” do som é associada à alteração do “volume” da caixa de som?*

A resposta correta deste item seria a intensidade. Foram constatadas doze respostas de forma satisfatória. Porém, como no item anterior ocorreu a utilização dos termos grave e agudo, de forma incorreta, por alguns alunos, os mesmos associaram novamente a qualidade de amplitude. Isso fez com que alguns alunos justificassem que era o timbre, totalizando treze respostas classificadas como insatisfatórias.

**Tabela 6:** Classificação das respostas referente ao item 03, na qual é realizada a alteração da intensidade sonora.

| Questão | Satisfatória | Parcialmente Satisfatória | Insatisfatória | Não respondeu |
|---------|--------------|---------------------------|----------------|---------------|
| 3.1     | 15           | 10                        | 0              | 0             |
| 3.2     | 12           | 0                         | 13             | 0             |



#### 4.4.4 QUESTÕES DO ITEM 04

O quarto item, que finalizou a aula experimental, teve o objetivo de realizar uma comparação entre diferentes tipos de sons. Para esse experimento foi utilizado o *software Audio Sweep Generator*, capaz de reproduzir ondas puras e compará-las com a etapa anterior onde foram utilizadas músicas.

O intuito deste item é de apresentar aos alunos um som formado por ondas puras e confrontar as imagens formadas por elas com as imagens de sons formados por ondas compostas. As respostas deste item do questionário estão devidamente classificadas na Tabela 7.

Foram reproduzidas ondas puras, onde a frequência não foi alterada e diante desses sons foi pedido aos alunos para visualizar as imagens formadas, realizando os seguintes questionamentos:

*Questão 4.1: Ao aplicarmos ondas puras, as imagens são semelhantes às anteriores? Caso sua resposta seja não, explique o que ocorreu de diferente, qual o seu comportamento?*

Neste item, todos os alunos notaram a diferença existente nas formas das figuras, por se tratar de ondas puras e que sua frequência não sofria variação. As imagens formadas não apresentavam mudanças em seu formato e dependendo da frequência utilizada, a figura poderia não apresentar nenhum movimento, sendo todas imóveis. Foi escolhida uma frequência que reproduziria uma imagem muito semelhante a um círculo.

Algumas das respostas citadas pelos alunos, nesta questão:

A1: “Não, ela fica imóvel”.

A9: “Não, a figura fica parada”.

A12: “Não, porque quando o som é puro as imagens são de um jeito só e quando é música tem varias ondas juntas ai ficam mudando as figuras”.

A19: “Não, a onda pura cria uma imagem só”.

A25: “Não, porque forma uma imagem geométrica definida”.

*Questão 4.2: Você saberia justificar o porquê da reação dessas imagens diante das ondas puras? Caso a resposta for sim, descreva com suas palavras.*

Neste item, para as respostas a serem consideradas satisfatórias o aluno deveria descrever que o motivo da formação das imagens serem de forma única, seria pelo fato de termos apenas um tipo de onda sonora, apenas uma frequência e que, por ser fixa, teríamos apenas uma forma de imagem.

Dezenove alunos responderam a este item, e, apenas seis apresentaram respostas classificadas como insatisfatórias.

A3: “Sim, porque a imagem é formada por uma única onda sonora”.

A9: “Sim, a onda pura não mudou o som então não mudou a figura”.

A17: “Sim, pois não tem mais de um som, só um tipo de onda na sua composição, então a imagem é simples, não muda”.

A22: “Sim, porque uma onda simples apresenta apenas um desenho e não se altera, já uma onda composta os desenhos mudam varias vezes”.

A25: “Sim, ondas puras são as que não contem diferentes sons, o som é único e a imagem também é única”.

Observa-se, abaixo, três respostas apresentadas pelos alunos, que foram consideradas, insatisfatórias.

A13: “Sim, não muda a intensidade do som que causam as ondas puras fazem com que o som seja constante”.

A15: “Sim, porque a intensidade não mudou”.

A21: “Sim, porque o som da musica é diferente”.

**Tabela 7:** Respostas referentes ao item 04, no qual são utilizadas ondas puras, a fim de diferenciá-las de ondas compostas.

| Questão | Satisfatória | Parcialmente Satisfatória | Insatisfatória | Não respondeu |
|---------|--------------|---------------------------|----------------|---------------|
| 4.1     | 25           | 0                         | 0              | 0             |
| 4.2     | 19           | 0                         | 6              | 0             |

Analisando as respostas dos alunos, em especial as que se enquadraram como parcialmente satisfatórias, notou-se que ocorreu confusão em alguns termos. Mas, durante a aula teórica relacionada a Séries de Fourier, associada à utilização de um simulador computacional, os alunos conseguiram realizar uma diferenciação de ambos os tipos de ondas e compreender a formação das ondas compostas pela soma das ondas que a compõem.

Acreditamos que algo que poderia ter auxiliado na aprendizagem dos alunos em relação ao tema de ondas sonoras seria se estes alunos possuísem algum conhecimento relacionado à música.

Entretanto, as escolas da rede pública não têm incluído na grade curricular a disciplina de música, tendo em vista que o então Presidente Luís Inácio Lula da Silva, sancionou no dia 18 de agosto de 2008 a lei 11.769 que determina a obrigatoriedade do ensino de música e deveria de ser conteúdo obrigatório em todas as séries da Educação Básica.

## 4.5 RESULTADOS DOS OPINÁRIOS DOS ALUNOS

No término da aula experimental foi entregue a cada aluno uma ficha que continha nove questões referentes à metodologia utilizada nas aulas sobre o tema de ondas sonoras. Foi solicitado que cada aluno respondesse, porém, não seria necessário se identificar.

Após as questões serem respondidas, foram analisadas e tabeladas. As respostas das questões um a seis foram dadas através de alternativas de múltipla escolha e a questão sete foi respondida de forma descritiva. As respostas do opinário estão apresentadas na Tabela 8.

**Tabela 8:** Respostas do opinário, efetuadas pelos alunos no final da sequência didática.

| Questões                                                                                                       | Sim | Não |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|
| 1-Encontrou dificuldade em entender algum conceito durante a aula teórica?                                     | 03  | 22  |
| 2-Apresentou alguma dificuldade para realizar o que o roteiro de montagem do experimento pedia para ser feito? | 01  | 24  |
| 3-Teve alguma dificuldade para entender o que o roteiro de atividades experimental pedia para ser feito?       | 03  | 22  |
| 4-A atividade experimental ajudou na compreensão dos conteúdos abordados na aula teórica?                      | 25  | 0   |
| 5-Você gostou de participar de uma aula com demonstrações em Física?                                           | 25  | 0   |
| 6-Você encontrou facilidade em realizar uma revisão do conteúdo da aula através dos mapas conceituais?         | 21  | 04  |

Observando as respostas contidas no opinário, das questões um até a questão seis, é possível notar que grande parte dos alunos não encontrou dificuldade em entender o conceito apresentado nas aulas teóricas, em montar o experimento e em seguir as instruções do roteiro de atividade experimental.

Por unanimidade os alunos confirmaram que a realização da atividade experimental, melhorou a sua compreensão dos conceitos apresentados nas aulas teóricas e que o mapa conceitual facilitou as revisões das aulas anteriores.

A questão sete é composta por quatro itens, onde o aluno deveria dissertar, sendo as seguintes perguntas:

*7.1: Você já havia participado de aulas de Física com atividades experimentais dentro da sala de aula? Se a resposta for sim, em que ocasião e que conteúdo?*

Nesta questão, apenas um aluno respondeu já ter realizado alguma experiência em sala de aula onde ocorreu a confecção de um pêndulo eletrostático. Os demais vinte e quatro alunos responderam ser essa a primeira vez que realizavam uma atividade experimental.

Quanto à questão abaixo:

*7.2: Você acha que a realização da atividade experimental ajudou na compreensão dos conceitos físicos utilizados para explicar o conteúdo de ondas sonoras? Por quê?*

As respostas obtidas foram unânimes, todos concordaram que a utilização da atividade experimental teria ajudado a explicar o conteúdo e dentre as mais diversas justificativas apresentadas, citaremos cinco:

A2: “Sim, por que na prática é mais fácil de entender o conteúdo”.

A22: “Sim, por que ficou mais interessante a matéria e fiquei com mais curiosidade de entender o conteúdo”.

A13: “Sim, por que vimos às ondas sonoras da nossa voz”.

A25: “Sim, por que é mais fácil de entender na prática do que só com conteúdo”.

A9: “Sim, por que só ver a matéria em si não entra na mente e é bem mais fácil estudar a matéria com aulas práticas, facilita tudo”.

Nas duas últimas questões (7.3 e 7.4) que abordavam o que os alunos gostaram e não gostaram durante as quatro aulas ministradas. Todos responderam que dentre todas as aulas a práticas, a montagem e utilização do experimento foi a mais prazerosa.

Com relação à aula que não apreciaram, os alunos citaram a aula teórica, em que foi apresentada a Série de Fourier, etapa trabalhada com gráficos e demonstração de cálculos e sua aplicação no conteúdo de ondas compostas.

## 5. CONCLUSÃO

Após coletar os resultados e analisá-los, foi possível chegar a conclusões, que permitiram responder aos objetivos desta pesquisa.

Um dos intuitos desta pesquisa foi confeccionar um aparato experimental construído a partir de materiais de baixo custo e que fosse de fácil montagem. A utilização desse material busca auxiliar o professor no momento em que apresenta o tema de ondas sonoras. A revisão bibliográfica constatou que existe uma pequena quantidade de publicações relacionadas à construção de experimentos que possam ser utilizados para o tema ondas sonoras.

O aparato experimental foi montado a partir de um modelo existente na literatura e passou por algumas alterações e testes. As alterações possibilitaram que os alunos pudessem montar o aparato experimental em poucos minutos, não necessitando de ferramentas.

Após a reformulação do aparato experimental foi o momento de estudar sua eficiência de conversão de ondas sonoras em formas geométricas. Esse estudo foi necessário, pois não foi encontrada nenhuma referência sobre a eficiência deste experimento ou sobre a explicação das imagens formadas em relação ao som produzido.

Após a realização dos testes foi possível concluir que a eficiência do aparato experimental em transformar ondas sonoras em imagens esteve entre as frequências de 11 Hz a 732 Hz. As imagens formadas apresentaram diversas formas, podendo ser classificadas como regulares e não regulares, fixas ou móveis. Foram criados vídeos que apresentaram o comportamento do aparato experimental frente a diferentes testes. Estes vídeos estão disponibilizados no site [youtube.com](https://www.youtube.com).

Montou-se uma sequência didática, fundamentada na Teoria de Aprendizagem Significativa, composta de quatro aulas. Essa sequência didática realizou a conexão entre teoria e experimento. A funcionalidade da sequência didática foi auxiliada pela utilização de mapas conceituais e testada pela aplicação de questionários e opinário.

A análise dos questionários e opinário indica que há grandes indícios de que ocorreu a presença de aprendizagem de forma significativa. Porém, não se pode afirmar qual o grau desta aprendizagem obtida. Esses resultados afirmam algo já

relatado em outros trabalhos, que a utilização de práticas experimentais é de grande importância e não pode deixar de ser utilizada e que a atividade experimental deve ser considerada uma atividade indispensável durante as aulas de quaisquer ciências para demonstrar termos abstratos.

Algumas respostas apresentadas pelos alunos que se enquadram como não satisfatórias ou como parcialmente satisfatórias podem ser justificadas pela presença de termos utilizados de forma incorreta, como o caso onde os alunos associam o termo volume e o termo intensidade sonora.

Vale ressaltar que este trabalho pode também ser destinado a alunos surdos ou que possuam algum grau de deficiência auditiva. O aparato aqui apresentado possibilitaria que esses alunos “visualisassem” o som de outra forma. Um procedimento análogo ao descrito já vem sendo utilizado por cientistas para o estudo de propriedades de estrelas, onde a variação de sua luminosidade é transformada em sons característicos. A audição desses “sons” das estrelas faculta aos cientistas lidar de forma mais cotidiana e intuitiva com conceitos como a gravidade de superfície.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, M. S. T. & ABIB, M. L. V. S. **Atividades Experimentais no Ensino de Física**: diferentes enfoques, diferentes finalidades. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, no. 2, Junho, 2003.
- ARAÚJO, R. S.; VIANA, D. M. **Baixos salários e a carência de professores de Física no Brasil**. XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Curitiba. 2008.
- BORGES, A. T. J. **Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n.3: p.291-313, dez. 2002.
- BRASIL. **Estatísticas dos Professores no Brasil**. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. 2 ed. Brasília : INPE, 2004.
- CAVALCANTE, M. A.; PEÇANHA, R.; LEITE, V. F. **Determinação da velocidade do som no ar através do eco**. Revista Física na Escola, v. 13, n. 1, p.19-23, maio 2012.
- DIAS-DA-SILVA, M. H. G. F. **O professor e seu desenvolvimento profissional**: superando a concepção do aluno incompetente. Caderno CEDES, Campinas, SP, v. 19 n. 44, p. 33-45, 1998.
- DURAN, J. E. R. **Biofísica**: Fundamentos e aplicações. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003. 318p.
- ERROBIDART, H. A.; GOBARA, S. T.; ERROBIDART, N. C. G. **Levantamento dos trabalhos que descrevem a Utilização da experimentação como estratégia para o Ensino de ondas (2002-2007)**. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória, ES, 2009.
- FONTE BOA, M. C.; GUIMARÃES, L. A. M. **Física para o segundo grau**: eletricidade e ondas. Niterói, RJ: GRAFCEN, vol. 3, 1994.
- GALIAZZI, M. C., **Objetivos para as atividades experimentais no Ensino Médio**. Ciência & Educação, v.7, n.2, p.249-263, 2001.
- GARCIA, E. A. C. **Biofísica**. São Paulo: SARVIER, 2002. 387p.
- GOMES, C. A.; LÜDKE, E. **Uso da ressonância em cordas para ensino de física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 3, 2011.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física 2**: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 7ª Edição Rio de Janeiro: Ltc - Livros Técnicos e Científicos, Editora S.A, 2006. 292 p.
- HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Área territorial oficial 2002**. Disponível em:  
<[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default\\_territ\\_area.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm)>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo Populacional**

**2010**. Disponível em:

<[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/populacao\\_por\\_municipio.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/populacao_por_municipio.shtm)>.

LÜDKE, E.; CAUDURO, P. J.; VIEIRA, A. M. V.; ADORNES, R. B. **Velocidade do som no ar e efeito Doppler em um único experimento**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 1, 2012.

MATO GROSSO. SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO. **Orientações Curriculares**: Ciências da Natureza e Matemática. Cuiabá: Defanti, 2010.

MOREIRA, M. A. **Pesquisa em educação em Ciências: métodos qualitativos**. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS, 2002.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa em ensino**: aspectos metodológicos. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS, 2003.

\_\_\_\_\_. **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 2006.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S.; **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 2011.

MOURA, D. de A.; NETO, P. B. **O ensino de acústica no Ensino Médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo**. Revista Física na Escola, v. 12, n. 1, p.12-15, maio 2011.

NOVICKI, A.; LATOSINSKI, E. da S.; POGLIA, R. **Determinação da velocidade de uma fonte sonora**. Revista Física na Escola, v. 12, n. 1, p.4-7, maio 2011.

OLIVEIRA, J. R. S. de. **Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências**: reunindo elementos para a prática docente, Acta Scientiae, Canoas, v.12, n1, p.139-153, jan./jun. 2010.

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS: Ensino Médio/ Ministério da Educação, 1999.

PENTEADO, P. C. M.; TORRES, C. M. A. **Física – Ciência e Tecnologia**. v.2, São Paulo, Moderna, 2005.

PIUBELLI, L.; ERROBIDART, H. A.; GOBARA, S. T.; ERRODIDART, N. C. G. **Simulador de propagação de ondas mecânicas em meios sólidos para o ensino da física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 32, n. 1, 2010.

SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W.; YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II: Termodinâmica e Ondas**. v.2, 10 ed. São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley, 2008.

SÉRÉ, M.G; COELHO, S.M; NUNES, A.D. **O papel da experimentação no ensino da física, caderno brasileiro de ensino de física**. V. 20, n.1: p.30-42, abril. 2003.

VALADARES, E. C. **Física mais que divertida. Inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo**. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2002.

VILLANI, A., **Reflexões sobre as dificuldades cognitivas dos professores de Física**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, SC, v. 8, n. 1: 14-19, abr. 1991.

ZORZETTO, R. **Herch Moysés Nussenzveig: Além do arco-íris**. Jul. 2010.  
Disponível em: <http://revistapesquisa2.fapesp.br/?art=4172&bd=1&pg=1&lg=>

## 7. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

AXT, R.; MOREIRA, M. A. **Ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo**. Revista de Ensino de Física, vol.13, p. 97-103, dez., 1991.

BASTIEN, F. A.; STASSUN, K. G.; BASRI, G.; PEPPER, J. **An observational correlation between stellar brightness variations and surface gravity**. Nature Publishing Group. Agosto, 2013

BONJORNO, Regina Azenha *et al.* **Física Completa**: volume único – Ensino Médio. 2ª Edição. São Paulo: FTD, 2001.

ERROBIDART, H. A. **A utilização de dispositivos experimentais para ensinar ondas**. 2010. 181f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2010.

LENZ, J. A.; KAVANAGH, E.; RICETTIL, R. **Montagem de um equipamento de baixo custo para geração de figuras de Lissajous**. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória, ES, 2009. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii>. Acessado em 14/09/2012.

MÁXIMO, Antônio Ribeiro da Luz; ALVARENGA Beatriz Álvares. **Curso de Física**: Ensino Médio. Volume 2. 1ª Edição. São Paulo: Scipione, 2010.

OLIVEIRA, C. L. de. **Um apanhado teórico conceitual sobre a pesquisa qualitativa: tipos, técnicas e características**. Disponível em: <http://www.unioeste.br>. Acessado em 20/11/2012.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Física**: volume único – Ensino Médio. 2ª Edição. São Paulo: Atual, 2005.

SEARA DA CIÊNCIA/UFC: **Fourier e suas séries maravilhosas**. Disponível em: <http://www.seara.ufc.br/tintim/matematica/fourier/fourier1.htm>. Acessado em 25/03/2013.

## **ANEXO A: Roteiro de montagem do aparato experimental**

### **1– MATERIAIS**

- 1.1 -1 Lata de metal (leite condensado, milho verde, ervilha, etc.).
- 1.2 - 4 Elástico de borracha.
- 1.3 -1 Régua de 30 cm.
- 1.4 -1 Balão.
- 1.5 -1 caneta *Laser*.
- 1.6 -1 Prendedor de roupas.
- 1.7 -1 Espelho (dimensões de 1 cm x1cm).
- 1.8 -Fita dupla face.

### **2 - PROCEDIMENTOS**

2.1-Retire as duas tampas da lata utilizando o abridor de latas e corte o balão de festa ao meio (este procedimento não é necessário realizar, pois já foi feito).

2.2-Pegue o balão e o estique com cuidado e o coloque em uma das extremidades da lata, de modo que ele fique bem esticado, formando uma membrana. Prenda-o com um elástico. Após preso ele ficará no formato de um tambor.

2.3-Fixe em cada extremidade da régua a lata e o *laser*, de modo que a ponta do laser e a membrana da lata fiquem frente a frente. Para fixar a lata utilize dois elásticos e para fixar o laser utilize apenas um elástico. Obs.: caso a lata ou o laser fiquem frouxos, dê mais voltas no elástico a fim de que fiquem bem presos.

2.4-Cole o espelho utilizando a fita dupla face, fazendo com que fique posicionado no centro da membrana e coloque o prendedor de roupas no *laser* de modo que ele possa auxiliar no direcionamento ao espelho e que fique acionado/ligado.

2.5- Após o *laser* estar acionado verifique se é necessário algum ajuste e tente projetar na parede o feixe de laser que está sendo refletido pelo espelho, dando alguns gritos no aparato experimental.

2.6- Caros alunos, de forma alguma direcionem o feixe de luz incidente do *laser* ao rosto, pois o mesmo é prejudicial e pode causar sérios danos à visão.

## ANEXO B: Roteiro de atividade experimental

**Aluno:** \_\_\_\_\_ **Série:** \_\_\_\_\_ **Data** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

As questões do item 01 foram elaboradas com o objetivo de orientar sua participação na atividade experimental demonstrativa sobre ondas sonoras. No primeiro momento em que você aproxima a sua boca da extremidade da lata e comece a falar ocorre algo? Diante deste fato descreva com suas palavras as seguintes questões:

1.1: Ocorre a formação de alguma imagem? Elas possuem algum formato específico para você?

1.2: O que ou quem é responsável pela sua formação? Qual seria a explicação desse fenômeno?

1.3: Podemos confirmar que nesse fenômeno está presente em algum tipo de onda? Caso a resposta seja sim, que tipo de onda seria? Como poderíamos classificá-la, conforme a sua natureza?

1.4: Se alterarmos o “tom” da nossa voz e a “altura” do tom de voz as imagens são as mesmas? Existe alguma diferença entre elas? Quais?

Nas questões do item 02 será utilizada a caixa de som amplificada onde são colocados dois tipos de músicas diferentes, primeiro uma música é do gênero clássica e a segunda do gênero *rock* e observamos os fenômenos decorrente:

2.1: Seria possível notar alguma diferença entre as músicas somente pelas imagens formadas? Caso sua resposta seja sim, o que justifica essa diferença na formação das imagens?

2.2: Qual a “qualidade” do som é associada a esses gêneros musicais?

Agora as questões do item 03 serão referentes ao momento em que vamos girar o botão do “volume” da caixa de som amplificada, de forma que seja aumentado e diminuído, é possível observar alguma mudança na formação das imagens?

3.1: Caso a resposta seja sim, o que justifica essa diferença na formação das imagens? Porque isso ocorre?

3.2: Qual “qualidade” do som é associada à alteração do “volume” da caixa de som?

Para finalizar essa aula experimental no item 04 vamos realizar uma comparação de outro tipo de som, ondas puras, de diversas frequências e notar suas imagens formadas.

4.1: Ao aplicarmos ondas puras as imagens são semelhantes às anteriores? Caso sua resposta seja não, explique o que ocorreu de diferente, qual o seu comportamento?

4.2: Você saberia justificar o porquê da reação dessas imagens diante das ondas puras? Caso a resposta seja sim, descreva com suas palavras.

## ANEXO C: Opinário

Caro aluno (a), a atividade que você realizou faz parte de uma pesquisa que busca verificar as contribuições na aprendizagem por meio da utilização de atividades experimentais, como forma de trabalhar a Física em sala de aula.

Agradecemos a sua participação e gostaríamos de saber a sua opinião sobre a atividade que foi realizada.

Assinale em cada alternativa com um X

1. Encontrou dificuldade em entender algum conceito durante a aula teórica?  
Sim ( ) Não ( )

2. Apresentou alguma dificuldade para realizar o que o roteiro de montagem do experimento pedia para ser feito? Sim ( ) Não ( )

3. Teve alguma dificuldade para entender o que o roteiro de atividades experimental pedia para ser feito? Sim ( ) Não ( )

4. A atividade experimental ajudou na compreensão dos conteúdos abordados na aula teórica? Sim ( ) Não ( )

5. Você gostou de participar de uma aula com demonstrações em Física?  
Sim ( ) Não ( )

6. Você encontrou facilidade em realizar uma revisão do conteúdo da aula através dos mapas conceituais? Sim ( ) Não ( )

7. Responda às seguintes questões:

7.1 Você já havia participado de aulas de Física com atividades experimentais dentro da sala de aula? Se a resposta for sim, em que ocasião e que conteúdo?

7.2 Você acha que a realização da atividade experimental ajudou na compreensão dos conceitos físicos utilizados para explicar o conteúdo de ondas sonoras? Por quê?

7.3 O que você mais gostou nas quatro aulas ministradas? Por quê?

7.4 O que você não gostou nas quatro aulas ministradas? Por quê?



## **Apêndice A: Aula 01**

### **Identificação**

Professor: Muriel André de Moura

Disciplina: Física

Escola: E. E. Nilza de Oliveira Pipino

Série: 2ª Ano – Ensino Médio

Carga Horária: 2 hora/aula

Data: 24/03/2014

### **Conteúdo: Ondas**

### **Objetivos**

Ao término desta aula o aluno deverá estar apto à descrição de:

- Conceito de ondas.
- Tipos de ondas existentes.
- Direções de propagação de uma onda
- Número de dimensões de propagação.

### **Metodologia**

A aula será desenvolvida a partir do conhecimento prévio do aluno de acordo com a teoria de David Ausubel, os novos conteúdos a serem aprendidos serão ancorados nesses conhecimentos, criando uma ponte para a construção de um novo conhecimento. O desenvolvimento da aula será na forma expositiva com a utilização de materiais como: mola *slinky*, barbante e imagens ilustradas. Ao fim da aula será apresentado por meio de um mapa conceitual o conteúdo presente na aula para que o aluno possa integrar, reconciliar e diferenciar conceitos, especificando como exemplos as ondas mecânicas.

### **Recursos didáticos**

Quadro branco, pincel para quadro branco, apagador, mola, barbante e *data show*.

## **Avaliação**

- 1-Cite “características” que definam o som como uma onda mecânica:
- 2- Em filmes de ficção da década passada, do tipo “*Star Wars*”, onde ocorrem guerras no espaço é comum a emissão de sons por explosões. Você acha que é possível escutar esse som? Justifique a sua resposta.

## **Referências:**

BONJORNO, Regina Azenha et al. Física Completa: volume único – Ensino Médio. 2ª Edição. São Paulo: FTD, 2001.

MÁXIMO, Antônio Ribeiro da Luz; ALVARENGA Beatriz Álvares. Curso de Física: Ensino Médio. Volume 2. 1ª Edição. São Paulo: Scipione, 2010.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. Física: volume único – Ensino Médio. 2ª Edição. São Paulo: Atual, 2005.

VILAS BÔAS, Newton et al. Física: volume 2 – Ensino Médio. 1ª Edição. São Paulo: Saraiva, 2010.

## ***Procedimento detalhado***

### **Introdução**

Título da aula: Estudo sobre ondas.

Hoje vamos iniciar o estudo sobre as ondas, o que é uma onda, tipos de ondas, dimensões de propagação de uma onda e número de direções de propagação de uma onda. Com auxílio deste *datashow* apresentaremos imagens ilustradas para que facilitem a compreensão, também realizaremos algumas atividades com esta mola para representar o comportamento das ondas.

### **Desenvolvimento**

#### **Ondas e suas características**

Inicialmente é realizado um levantamento sobre o conhecimento prévio dos alunos sobre a palavra onda, através de alguns questionamentos:

*Afinal, o que é uma onda?*

*Você já viu uma onda? Quais são elas? Como elas se comportam?*

Quando os alunos começarem a responder as questões serão inseridas na lousa as palavras-chaves que descrevem o tema e começaremos discutir o que é uma onda, do ponto de vista da física.

### **Contexto Histórico**

É explicado aos alunos que os movimentos ondulatórios já eram observados no século XV, por Leonardo da Vinci, com as seguintes palavras:

*“Frequentemente ocorre que a onda do mar foge do local onde foi criada, mas a água não; do mesmo modo que o vento forma as ondas num campo de grãos, onde podemos vê-las correndo ao longo do campo, enquanto os grãos permanecem no mesmo lugar”.*

**Definição de onda:** A onda pode ser definida de uma forma simples como movimentos oscilatórios que se propagam num meio, transportando apenas energia, sem transportar matéria.

*Para exemplificar uma onda, vamos utilizar uma mola e observar o que acontece quando perturbamos a mola.*

### **Ondas quanto à sua natureza**

De acordo com a sua natureza, as ondas classificam-se em dois grupos:

As ondas mecânicas podem ser descritas como deformações que se propagam em meios materiais, pois necessitam de partículas para se propagarem, ficando impossível a sua propagação no vácuo. Sua propagação em um meio material envolve o transporte de energia cinética e energia potencial mecânica.

As ondas eletromagnéticas são formadas por dois campos variáveis, elétrico e ou magnético, que se propagam. Essa propagação pode ocorrer no vácuo e em determinados meios materiais. Todas as ondas eletromagnéticas têm em comum sua velocidade de propagação no vácuo.

## **Formas de direção de vibração da onda**

Em uma propagação ondulatória, as vibrações podem ocorrer em direção idêntica à da propagação ou em direção perpendicular a ela. Em função disso, as ondas são classificadas quanto a sua direção de vibração.

As ondas longitudinais podem ser representadas pelas vibrações que produzem perturbações nas partículas do meio material na mesma direção em que se propagam. As ondas longitudinais também podem ser definidas como o movimento que se dá ao longo da direção de propagação, e não um ângulo reto com ela.

As ondas transversais podem ser representadas pelas vibrações que ocorrem perpendicularmente à direção de propagação. As ondas transversais podem ser definidas com o movimento ocorrido nas partes da corda, formando um ângulo reto com a direção de propagação da onda.

*Ao explicar este tópico será possível realizar uma demonstração com a mola, colocando-a sobre a mesa e realizando algumas perturbações para demonstrar uma onda transversal e longitudinal.*

## **Ondas quanto ao número de dimensões de propagação**

No momento em que ocorre a perturbação do ambiente, as ondas podem ser classificadas quanto ao número de dimensões de propagação, sendo elas:

- Unidimensionais: são aquelas que se propagam numa só direção. Exemplo: ondas de uma mola.
- Bidimensionais: São aquelas que se propagam num plano. Exemplo: ondas na superfície de um lago.
- Tridimensionais: São aquelas que se propagam em todas as direções. Exemplo: ondas sonoras no ar atmosférico.

## **Conclusão**

Durante esta aula foram debatidos os conceitos físicos de uma onda, a onda foi classificada quanto a sua natureza, suas direções e dimensões de propagação e podendo identificar o som como uma onda. Durante esta aula, também foram escolhidas as palavras-chaves e elaborado o mapa conceitual para organizar os conceitos abordados.

## **Apêndice B: Aula 02**

### **Identificação**

Professor: Muriel André de Moura

Disciplina: Física

Escola: E. E. Nilza de Oliveira Pipino

Série: 2ª Ano – Ensino Médio

Carga Horária: 2 hora/aula

Data: 31/03/2014

**Conteúdo:** Grandezas físicas de uma onda, Ondas Sonoras, Sistema Fonador e Sistema Auditivo.

### **Objetivos**

Ao termino desta aula o aluno deverá estar apto a descrever:

- Grandezas físicas de fenômenos ondulatórios.
- Qualidades do som.
- Funcionamento do sistema auditivo e fonador humano.

### **Metodologia**

A aula será desenvolvida a partir do conhecimento que o aluno obteve na aula anterior. Os novos conteúdos a serem aprendidos serão ancorados na teoria de David Ausubel, , criando uma ponte para a construção de um novo conhecimento. O desenvolvimento da aula será na forma expositiva com a utilização do *datashow*. Ao fim da aula será apresentado por meio de um mapa conceitual o conteúdo presente na aula para que o aluno possa integrar/reconciliar os conceitos referentes às grandezas físicas do movimento ondulatório, qualidades do som e órgãos do nosso corpo responsáveis por captar e reproduzir os sons.

### **Recursos didáticos**

Quadro branco, pincel para quadro branco, apagador, diapasão e *data show*.

## **Avaliação**

- 1- Os treinadores de cães costumam usar um tipo especial de apito, ao acionarem esse apito, o cão prontamente o atende, mas uma pessoa nas proximidades nada ouve. Por quê?
- 2- Qual qualidade do som está associada ao som realizado pela nossa voz?

## **Referências:**

BONJORNIO, Regina Azenha et al. Física Completa: volume único – Ensino Médio. 2ª Edição. São Paulo: FTD, 2001.

DURAN, J. E. R. BIOFÍSICA – Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003. 318p.

MÁXIMO, Antônio Ribeiro da Luz; ALVARENGA Beatriz Álvares. Curso de Física: Ensino Médio. Volume 2. 1ª Edição. São Paulo: Scipione, 2010.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. Física: volume único – Ensino Médio. 2ª Edição. São Paulo: Atual, 2005.

VILAS BÔAS, Newton et al. Física: volume 2 – Ensino Médio. 1ª Edição. São Paulo: Saraiva, 2010.

## ***Procedimento detalhado***

### **Introdução**

No início da segunda aula foi realizada revisão da aula anterior através do mapa conceitual confeccionado com as palavras-chaves, solicitado aos alunos que interpretem o mapa conceitual e feitas algumas perguntas referentes ao conteúdo da aula anterior, tais como:

*Cite características que definem o som como uma onda.*

*Qual a diferença entre ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas?*

*Quando lançamos uma pedra em um lago são formadas figuras, que tipo de ondas foi produzido? Quantas dimensões essa onda se propaga?*

## Desenvolvimento

Agora vamos estudar as grandezas físicas que compõem uma onda, seja ela mecânica ou eletromagnética e para isso vamos ilustrar uma onda na lousa e estudar os elementos que a constituem.

Grandezas físicas de uma onda: Os fenômenos ondulatórios possuem algumas grandezas físicas associadas a uma onda, sendo as principais: amplitude ( $A$ ), frequência ( $f$ ), período ( $T$ ) e comprimento de onda ( $\lambda$ ).

- A grandeza física de amplitude é representada pela letra  $A$  e ela indica o máximo de distância durante a oscilação entre a posição de equilíbrio e a posição extrema, podendo ser em relação à crista ou ao vale.
- A frequência representada pela letra  $f$  corresponde ao número de oscilações realizadas pela fonte que produz a onda, em cada segundo, ou seja, é o número de vezes que a onda se repete em um determinado intervalo de tempo, sendo possível calcular sua frequência através da fórmula:  $F = N/\Delta T$ . A unidade internacionalmente utilizada para a frequência é Hertz (Hz), sendo que 1 Hz equivale à passagem de uma crista ou de um vale em 1 segundo.
- O período representado pela letra  $T$  corresponde ao intervalo de tempo gasto de uma oscilação completa da fonte que produz a onda e pode, assim, calcular-se a partir da frequência, usando a expressão:  $F = 1/T$ .
- É denominado comprimento da onda e expresso pela letra grega lambda ( $\lambda$ ), a distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos.

## O som e o corpo humano

Nosso corpo é capaz de captar e reproduzir sons e agora vamos estudar como são realizados esses processos. Para facilitar nosso estudo vamos utilizar imagens que ilustram e descrevem os componentes presentes nesses dois órgãos de grande importância para o ser humano.



## **Ouvido humano**

O ouvido humano é um órgão extremamente sensível, que converte um fraco estímulo mecânico, produzido em um meio externo, em estímulos nervosos. Grande parte do sistema auditivo está localizada no interior da cabeça e é dividido em ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno, funcionando da seguinte maneira: As ondas sonoras, ao atingirem a orelha, são dirigidas para o interior do canal auditivo, na extremidade do qual existe uma membrana, semelhante à pele de um tambor, denominada tímpano, que é tão delicado e sensível que variações de pressão muito pequenas da onda sonora são suficientes para colocá-lo em vibração.

Essas vibrações são comunicadas a um pequeno osso chamado martelo, que por sua vez, aciona outro osso chamado bigorna, e finalmente faz vibrar o terceiro osso, chamado estribo. Com esse processo, as vibrações são sucessivamente ampliadas, tornando nossa orelha capaz de perceber sons de intensidade muito baixa.

Finalmente, as vibrações amplificadas chegam ao ouvido interno que tem a forma de um caracol, chamado de cóclea, que é revestida por pelos muito pequenos e em seu interior existe um líquido que facilita a propagação do som.

As ondas sonoras colocam os pelos em vibração, estimulando células nervosas que por meio do nervo auditivo enviam os sinais ao cérebro. Dessa maneira, a pessoa tem a percepção do som.

## **Sistema fonador**

A produção da fala é o resultado de um conjunto de processos que envolvem diversas partes do organismo, além de estarem interconectadas, experimentam interações entre elas: a fala é consequência do movimento reduzido, aumentado e não ordenado dessas partes e a respiração proporciona a matéria prima para a fala.

A voz emitida pelo ser humano tem sua origem nas vibrações de duas membranas, denominadas cordas vocais. As cordas vocais entram em vibração quando o ar, proveniente dos pulmões é forçado ao passar pela fenda existente entre elas podemos controlar a frequência do som que emitimos, modificando a tensão das cordas vocais. As vibrações dessas cordas são comunicadas ao ar existente nas

diversas cavidades da boca, da garganta e do nariz e aos músculos próximos a elas. A combinação de todas essas vibrações determina o timbre da voz, que é a característica de cada pessoa.

### **Qualidades do som**

São três as “qualidades” que nos permitem caracterizar um som:

A intensidade é uma qualidade associada ao forte ou fraco, esta relacionada à amplitude da onda sonora (*relembrar o que é amplitude*), quanto maior for a amplitude maior é a intensidade do som.

A intensidade de uma onda sonora indica a quantidade de energia transportada pela onda que atinge sua unidade denominada nível de intensidade sonora é o decibel (dB). Nessa escala, o limiar inferior e superior de audição correspondem, respectivamente de 0 dB a 120 dB. Se uma pessoa ficar exposta constantemente a sons de intensidade acima de 90 dB pode, a longo prazo, causar danos ao aparelho auditivo. Para termos ideia da intensidade do som, apresentamos uma tabela que descreve fenômenos do nosso cotidiano com os seus respectivos valores de intensidade sonora (*é apresentada uma tabela de intensidade sonora*).

A altura é uma qualidade associada ao som grave ou agudo, está diretamente relacionada à frequência da onda sonora (*relembrar o que é frequência*), quanto maior a frequência maior é a altura e o som será agudo e quanto menor a frequência menor é a altura e o som será grave. O ouvido humano é um receptor capaz de captar frequências que vão de cerca de 20 Hz (muito grave) até 20 kHz (muito agudo). Abaixo ou acima desses valores temos as frequências infrassônicas e ultrassônicas que alguns seres vivos são capazes de receber ou mesmo emitir, como demonstramos nesta tabela (*é apresentada a tabela de exemplos de frequências emitidas e recebidas*).

Outra característica que os permite reconhecer o som emitido pela fonte é denominado timbre. O timbre é a qualidade que diferencia sons de mesma frequência, emitidos por diferentes fontes, ele está relacionado à forma da onda sonora, em que cada pessoa possui um timbre próprio.

## **Conclusão**

Durante esta aula foram apresentadas as grandezas físicas de uma onda, as qualidades de uma onda sonora e o funcionamento do sistema auditivo e fonador humano. Foram também retiradas as palavras-chaves e complementado o mapa dos conceitos abordados.

O instrumento utilizado que auxiliou muito na hora de apresentar o tema sobre ondas sonoras, como a formação do som, foi o diapásão. Com esse instrumento foi possível demonstrar a oscilação, associando a algumas características como frequências e relacionando ao número de vezes que o mesmo vibra e explicar como uma vibração do mesmo reproduz o som.

## **Apêndice C: Aula 03**

### **Identificação**

Professor: Muriel André de Moura

Disciplina: Física

Escola: E. E. Nilza de Oliveira Pipino

Série: 2ª Ano – Ensino Médio

Carga Horária: 2 hora/aula

Data: 07/04/2014

**Conteúdo:** Séries de Fourier e suas aplicações.

### **Objetivos**

Apresentar a teoria das Séries de Fourier.

Verificar onde são aplicadas.

Utilizar um programa computacional para o manuseio de ondas compostas.

### **Metodologia**

A aula será iniciada com um questionamento que aborda o conteúdo de ondas e a partir daí é iniciada uma aula sobre Séries de Fourier, desde o seu contexto histórico, onde originou suas pesquisas, a forma como são empregadas e aplicadas no cotidiano.

### **Recursos didáticos**

Nesta aula será utilizada a lousa, *data show* para a demonstração das Séries de Fourier e após isso os alunos utilizarão o laboratório de informática, a fim de colocar em prática o conteúdo apresentado.

## Referencias Bibliográficas

SEARA DA CIÊNCIA/UFC: **Fourier e suas séries maravilhosas**. Disponível em: <http://www.seara.ufc.br/tintim/matematica/fourier/fourier1.htm>. Acessado em 25/03/2013.

## Procedimento detalhado

A aula é iniciada com o seguinte questionamento:

*Você já brincou ou viu alguém brincar no karaokê? Já se perguntou como é retirada a voz das canções de karaokê?*

A partir deste ponto é realizado o levantamento do conhecimento prévio do aluno sobre esse questionamento e apresentado a ele a aplicação de uma série matemática. Antes de iniciar sobre a teoria é apresentado breve histórico sobre o autor da série.

## Contexto histórico

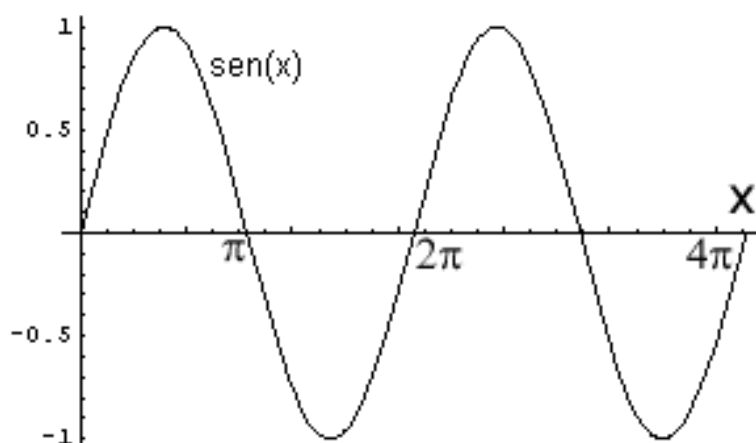
Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830), físico e matemático francês teve seu nome imortalizado pela iniciativa de investigar sobre a decomposição de funções trigonométricas, hoje chamadas de Séries de Fourier. Sua aplicação deu origem aos problemas da condução do calor. Para Fourier, a propagação de calor se daria por ondas, levando em conta que a forma mais simples de uma onda é a função senoidal, ele demonstrou que qualquer função pode ser decomposta como a soma de senos e cossenos.

## Séries de Fourier

Segundo Fourier, qualquer função  $f(x)$  pode ser escrita na forma da soma de uma série de funções seno e cosseno, da seguinte forma geral:

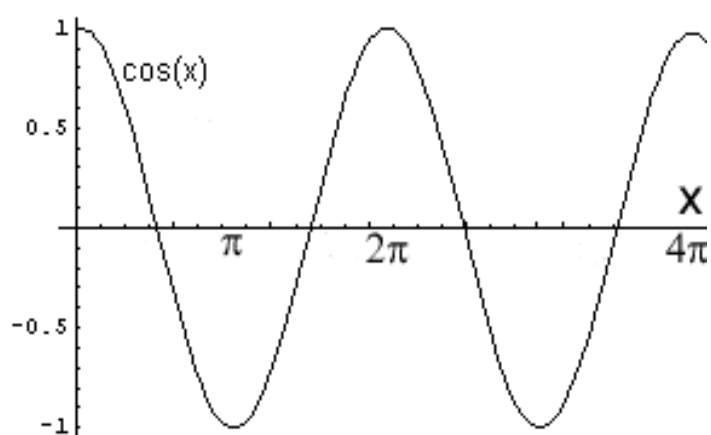
$$f(x) = a_0 + a_1 \sin(x) + a_2 \sin(2x) + a_3 \sin(3x) + \dots + b_1 \cos(x) + b_2 \cos(2x) + b_3 \cos(3x) + \dots$$

Vamos realizar uma demonstração onde utilizaremos duas funções, sendo elas a função  $\sin(x)$  representada pelo gráfico abaixo. Essa função é periódica, se repete a cada período de  $2\pi$  e o valor máximo da função é 1.



**Figura 24:** Representação de uma função seno( $x$ ). Fonte: Disponível em <http://www.seara.ufc.br/tintim/matematica/fourier/senodex.gif>. Acessado em 12/03/2013.

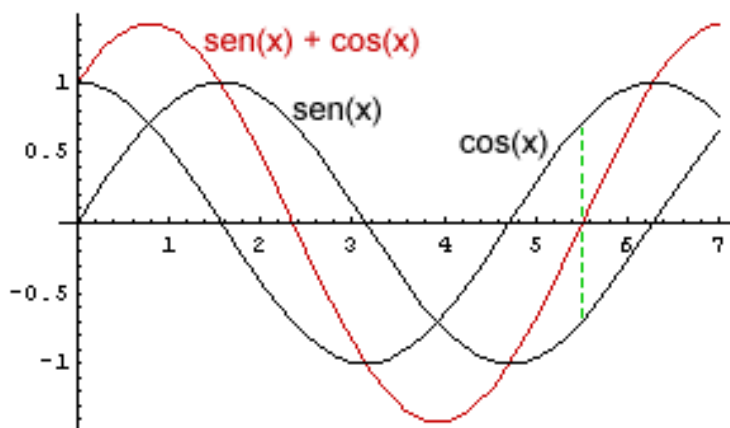
E a função cosseno também é periódica, com o mesmo período e amplitude que o seno, mas é deslocada em relação ao seno.



**Figura 25:** Representação de uma função cosseno( $x$ ). Fonte: Disponível em <http://www.seara.ufc.br/tintim/matematica/fourier/cossenodex.gif>. Acessado em 12/03/2013.

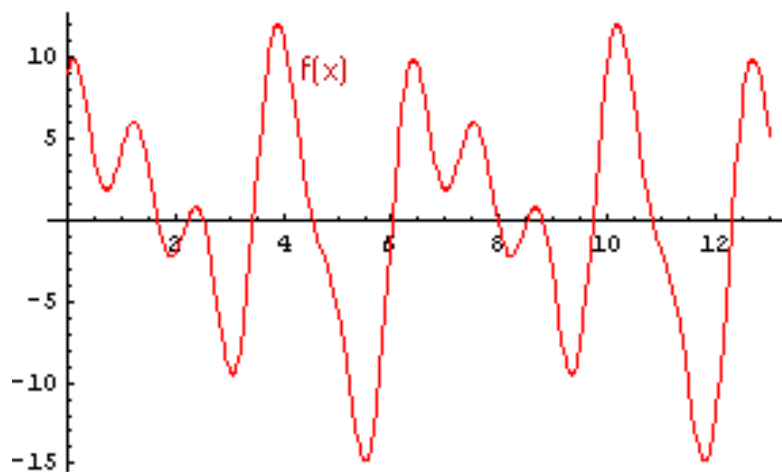
Se realizarmos a soma das funções seno( $x$ ) e cosseno( $x$ ), obteremos uma nova função (curva em vermelho). Essa curva é obtida traçando-se, em cada ponto  $x$ , a soma dos valores de sen( $x$ ) e cos( $x$ ) nesses pontos.

Por exemplo, o ponto da curva na região  $x=5,5$  é zero, pois o valor de sen( $x$ ) é igual e de sinal oposto ao valor de cos( $x$ ) nesse ponto. Verifique a situação para outros pontos da curva para treinar, pois as Séries de Fourier são composições de muitas curvas do tipo seno e cosseno, como veremos.



**Figura 26:** Representação da soma das funções  $\sin(x)$  e  $\cos(x)$ . Fonte: Disponível em <http://www.seara.ufc.br/tintim/matematica/fourier/senmaiscos.gif>. Acessado em 12/03/2013.

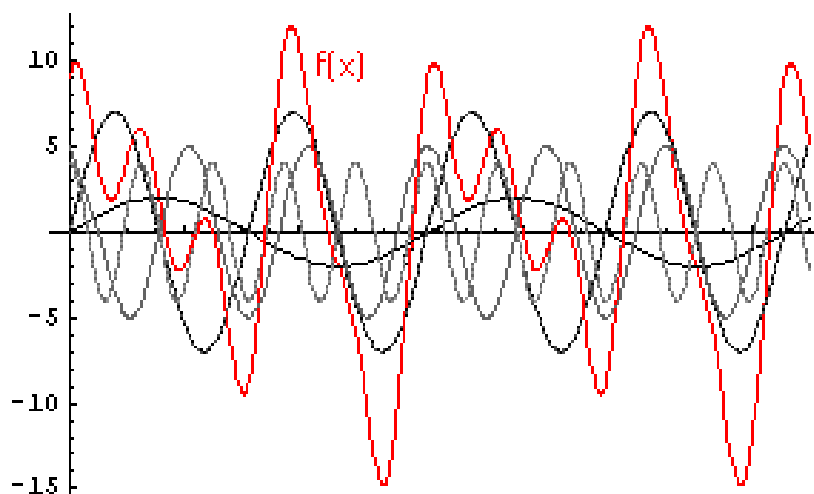
Agora vamos realizarmos o processo inverso com um exemplo da função  $f(x)$ , essa curva também é periódica, mas não é apenas um seno ou um cosseno. Como encontrar uma função matemática que descreva uma curva como essa?



**Figura 27:** Representação da função composta  $f(x)$ .  
Fonte: Disponível em <http://www.seara.ufc.br/tintim/matematica/fourier/curva.gif>. Acessado em 12/03/2013.

Como relatamos no início do texto, foi isso que Fourier descobriu, ele demonstrou que qualquer função periódica pode ser representada como a soma de várias funções senos e cossenos.

Este gráfico demonstra a mesma curva da figura anterior, juntamente com as funções seno e cosseno. A curva original é a soma dessas quatro funções, sendo elas duas funções seno e duas funções cosseno.



**Figura 28:** Representação das funções seno(x) e cosseno(x) que compõe a função composta  $f(x)$ . Fonte: Disponível em <http://www.seara.ufc.br/tintim/matematica/fourier/curvacomp.gif>. Acessado em 12/03/2013.

Matematicamente, a decomposição da função  $f(x)$  na curva acima é a seguinte:

$$f(x) = 2 \sin(x) + 7 \sin(2x) + 5 \cos(3x) + 4 \cos(5x)$$

### Algumas Aplicações de Fourier

Para a reprodução das músicas sem a voz dos cantores foram utilizados *softwares* que trabalham com a análise de Fourier. Como sabemos, todo som (onda sonora) possui certa frequência. Imagine agora uma música em que são utilizados diversos instrumentos musicais. Essa música geraria uma onda sonora composta pela soma de todos os instrumentos e a voz do cantor. É aí que a análise de Fourier entra em ação, ela é responsável por decompor em várias funções seno e cosseno e retirar apenas a função que corresponde à voz do cantor e, assim, formar a canção de karaokê.

A Série de Fourier também vem sendo utilizada por um grupo de pesquisadores a fim de obter valores mais precisos da gravidade superficial de astros celestiais. A gravidade superficial é uma propriedade básica dos corpos celestiais,



porém, as formas com que ela é medida, espectroscopia e fotometria possuem grande margem de incerteza e também a chamada sismologia possui uma pequena margem de incerteza, porém, está limitada a ser utilizada em pequenos corpos (estrelas) e como conseguir chegar a valores de alta precisão em corpos de maiores dimensões?

Isso é possível através de variações de brilho de corpo determinar a densidade de superfície. O poder de Fourier de granulação na superfície de uma estrela se relaciona com a gravidade superficial. Portanto, a observação das variações de brilho permite a determinação da gravidade superficial com maior precisão.

### **Recurso de ensino alternativo da Série de Fourier**

Após a parte teórica da aula os alunos se descolarão ao laboratório de informática para utilizar um recurso prático, no caso, um aplicativo disponível *on-line*, de acesso gratuito, para representarmos e simularmos ondas compostas. Este aplicativo encontra-se disponível no endereço: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/fourier](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/fourier)> Nele é possível aprender a fazer ondas de todas as diferentes formas, através da adição de senos ou cossenos.

Mesmo os alunos que não possuem conhecimento mais profundo sobre a análise de Fourier ou Mecânica Quântica podem aprender muito com as duas primeiras guias. A terceira guia, geralmente, requer mais orientação.

Na guia “Discreto” é possível apresentar ao aluno a soma dos senos e cossenos, a fim de produzir funções periódicas. Ao alterar a amplitude é possível notar a mudança ocorrida na função soma. Também é possível verificar o comprimento e período das ondas formadas.

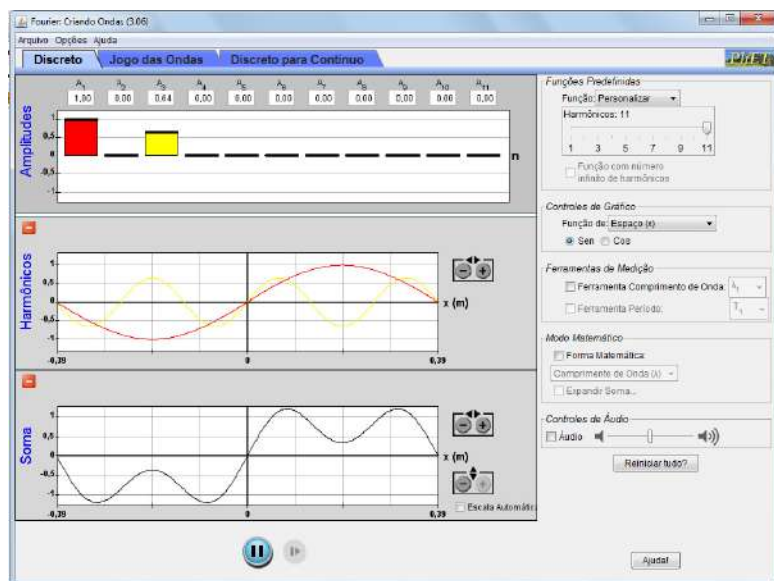


Figura 29: Simulação de soma em Séries de Fourier

Na guia "Jogo das Ondas" o aluno possui o objetivo de descobrir quais são as funções que compõe a função soma, através de tentativas e erros. É recomendado começar em um nível baixo e depois passar para um nível superior.



Figura 30: Simulação de "Jogos de ondas" utilizando Séries de Fourier

## Conclusão

Por mais que nossos alunos do Ensino Médio não apresentem conhecimento prévio sobre as Séries de Fourier, ele foi acrescentado, tendo em vista ser utilizado

em nosso tema de ondas sonoras. Graças a um *software* gratuito, as simulações auxiliaram a associação da matemática na reprodução de *CD's* de *karaokê*.

## **Apêndice D: Aula 04**

### **Identificação**

Professor: Muriel André de Moura

Disciplina: Física

Escola: E. E. Nilza de Oliveira Pipino

Série: 2ª Ano – Ensino Médio

Carga Horária: 2 horas/aula

Data: 14/04/2014

**Conteúdo:** Aula experimental abordando o conteúdo de ondas sonoras.

### **Objetivos**

Montagem do aparato experimental

Apresentar ao aluno a associação do conteúdo de ondas sonoras durante a utilização do aparato experimental.

### **Metodologia**

A aula foi iniciada com uma revisão de todo o conteúdo de ondas abordado, ele será apresentado através do mapa conceitual que foi construído com as palavras-chaves e serão realizadas algumas perguntas referentes ao conteúdo. Após esta revisão de conteúdo será iniciada a segunda etapa, essa, constituída de duas atividades, sendo a primeira referente à montagem do aparato experimental e a segunda, um roteiro de atividades cujo objetivo será explorar os conceitos físicos relacionados a ondas sonoras.

### **Recursos didáticos**

Roteiro de montagem e roteiro de atividades relacionadas ao aparato experimental, aparato experimental e caixa de som amplificada.

## **Avaliação**

Como forma de avaliação desta aula, serão utilizadas as questões do roteiro de atividade experimental (Anexo B).

## ***Procedimento detalhado***

No início desta aula realizaremos uma rápida revisão do conteúdo das aulas anteriores através do mapa conceitual. Iniciaremos a aula solicitando aos alunos responderem as seguintes questões:

- Qual a diferença entre os tipos de ondas? Cite um exemplo de cada uma.
- Quais são as direções de propagação de uma onda formada com uma corda?
- Quais são as dimensões de propagação de uma onda sonora?
- Qual qualidade do som está associada ao nível de som suportado pelo nosso ouvido?
- O som agudo está associado a qual qualidade do som?

Após a revisão do conteúdo utilizando o mapa conceitual, iniciaremos a aula experimental dividida em duas atividades, sendo a primeira referente à montagem do aparato experimental e a segunda um roteiro de atividades utilizando o mesmo.

## **Atividade 1**

Na primeira atividade os alunos formarão grupos de cinco integrantes para a montagem do aparato experimental, a eles serão distribuídos o roteiro de montagem do aparato (Anexo A) e o material a ser utilizado. Para a montagem os alunos seguirão os procedimentos descritos no roteiro e realizarão os ajustes necessários para que o experimento funcione de acordo com a proposta desenvolvida, em nosso caso específico, formar imagens através da voz.

## **Atividade 2**

Na segunda atividade os alunos utilizarão o aparato experimental já montado e ajustado e seguirão o roteiro de atividades experimentais (Anexo B), de forma que fiquem em formação de grupos, porém, o roteiro de atividade será individual, e

seguirão com as propostas descritas no roteiro. Nesta atividade será utilizada como fonte sonora a voz dos alunos e uma caixa de som amplificada.