

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – FÍSICA
PPGE-CE**

KLAUS NOGUEIRA DA SILVA

**EXPERIMENTOS EM ONDAS E ACÚSTICA PARA
AUXILIAR O PROCESSO ENSINO E APRENDIZAGEM DA
FÍSICA NO ENSINO MÉDIO.**

**SÃO CARLOS - SP
2012**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – FÍSICA
PPGE-CE

Klaus Nogueira da Silva

EXPERIMENTOS EM ONDAS E ACÚSTICA PARA AUXILIAR O
PROCESSO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA NO ENSINO
MÉDIO

Dissertação realizada sob a orientação do Prof. Dr. Carlos Alberto Olivieri e apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Exatas.

Área de Concentração: Ensino de Física.

SÃO CARLOS
2012

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S586e0

Silva, Klaus Nogueira da.


Experimentos em ondas e acústica para auxiliar o processo ensino e aprendizagem da física no ensino médio / Klaus Nogueira da Silva. -- São Carlos : UFSCar, 2013.
188 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

1. Física - estudo e ensino. 2. Pesquisa experimental. 3. Ondas (Física). 4. Onda acústica. 5. Audacity (Software de computador). I. Título.

CDD: 530.07 (20ª)

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Carlos Alberto Olivieri
DF - UFSCar



Prof. Dr. Tomaz Catunda
IFSC - USP



Prof. Dr. Nelson Studart Filho
DF - UFSCar

Dedico este trabalho com todo amor, a minha esposa Érica e a meus filhos Gabriella e Henrique. A meu Pai (in memoriam) e minha Mãe pelo bem mais precioso que me deram, a Educação. A meu irmão pelo incentivo, minha eterna gratidão.

“... E nunca considerem seu estudo como uma obrigação, mas sim como uma oportunidade invejável de aprender, sobre a influência libertadora da beleza no domínio do espírito, para seu prazer pessoal e para o proveito da comunidade à qual pertencerá o seu trabalho futuro.”

Albert Einstein.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por propiciar mais essa conquista em minha vida.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências Exatas, que contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Carlos Alberto Olivieri, pela dedicação e ideias para o desenvolvimento e conclusão dessa dissertação.

Agradeço a todos os meus amigos e colegas de trabalho pela força durante este período, em especial ao meu irmão Kleber Nogueira e ao meu primo Stenio Gustavo pelo suporte técnico em informática.

Aos meus amigos, Bruno, Dari, Herbert, James e Naylor do programa de pós-graduação da UFSCAR, pelos incansáveis momentos de discussão.

Ao Júnior, secretário do programa de pós-graduação de ensino de ciências exatas que esteve sempre pronto a nos ajudar.

À Escola Estadual Marechal Rondon pelo apoio na realização da pesquisa.

Às Diretoras do Colégio Evolução, Dolly Tannous Elias e Faustina Tereza Dezem Telles, da Escola Estadual Marechal Rondon, Claudia Lúcia Rocutan pelo incentivo e colaboração e aos alunos por abraçarem o projeto com garra e dedicação.

À professora Elaine Coelho por sua paciência e ajuda na revisão final deste trabalho.

Um agradecimento especial à professora Maria de Lourdes Rosa Marim por apoiar o meu ingresso neste programa de pós-graduação.

Aos meus amigos Assaka Sakuray, Luis Antônio de Freitas, José Guilherme Tizzoti, Maria Eunice Abboud, Mário Martins, Vânia Maria Peraro Ferreira Fares e Sueli Nakano Takahashi pelo apoio e incentivo nos momentos difíceis.

À UFSCAR por ter proporcionado o apoio necessário à realização deste sonho.

À Secretaria de Estado da Educação de São Paulo, pela concessão da bolsa, tornando possível a realização deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho descreve o desenvolvimento de atividades experimentais com auxílio do microcomputador como instrumento de medida no laboratório didático de Física, bem como um relato desta experiência em sala de aula. Com auxílio do software *Audacity* foram desenvolvidas atividades envolvendo fenômenos ondulatórios e a acústica como meio auxiliar para o desenvolvimento de uma aprendizagem de forma significativa no ensino médio. Como referenciais teóricos foram utilizadas as teorias sociointeracionista de Vygotsky e a da aprendizagem significativa de Ausubel. O material instrucional foi aplicado a duas turmas de alunos de ensino médio: uma da Escola Estadual Marechal Rondon – Guará/SP e outra do Colégio Evolução – Guará/SP. A experiência didática é descrita neste trabalho e como produto educacional foram produzidos roteiros de experimentos para o aluno.

Palavras chave: Ensino de Física; trabalho experimental; ondas e acústica; software *Audacity*.

ABSTRACT

This paper describes the development of experimental activities with the aid of the microcomputer as a measuring tool in the laboratory teaching of physics, as well as an account of his experience in the classroom. Using the software Audacity activities were carried out involving acoustic wave phenomena and as an aid for the development of a significant learning in high school. As theoretical references were used sociointeractionist theories of Vygotsky and Ausubel's meaningful learning. The instructional material was applied to two groups of high school students: a State School Marechal Rondon - Guara / SP and other College Evolution - Guara / SP. The learning experience is described in this paper and the product was produced education tours for student experiments.

Keywords: Physics teaching; experimental work; waves and acoustics; *Audacity* software.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CERG	Cooperativa de Ensino da Região de Guará
EJA	Educação de Jovens e Adultos
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia
MEC	Ministério da Educação.
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
YOUTUBE	Youtube Broadcast Yourself
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (a) Onda transversal; (b) Onda longitudinal.	22
Figura 2 – Onda mista produzida na água do mar.	23
Figura 3 – Onda eletromagnética plana se propagando na direção x.	26
Figura 4 – (a) Onda progressiva para a direita em dois sistemas de referências Oxy e $O'x'y'$; (b) A mesma onda num instante t	29
Figura 5 – No destaque, ponto P da corda oscilante num instante t	31
Figura 6 – Onda harmônica produzida pela oscilação periódica de uma corda longa.	33
Figura 7 – Mecanismo de propagação da onda sonora.	34
Figura 8 – Variação de volume de um fluido num tubo cilíndrico.	35
Figura 9 – (a) Deslocamento das moléculas em relação à sua posição de equilíbrio. (b) Variação da pressão em função da posição. (c) Instantâneo da densidade do ar no interior do tubo.	36
Figura 10 – Soma de duas ondas senoidais, uma de 77 Hz e outra de 82 Hz.	41
Figura 11 - Fonte e observador estão se movendo em relação ao ar (referencial em repouso).	44
Figura 12 – Representação do transdutor com seu circuito externo para seu funcionamento.	45
Figura 13 – (a) Símbolo utilizado para o microfone de eletreto; (b) cápsula de microfone de eletreto com seus terminais.	46
Figura 14 – Principais conceitos relativos à aprendizagem, segundo a teoria de David Ausubel.	65

Figura 15 – Diagrama da metodologia de uma das atividades experimentais desenvolvidas com os alunos.....	67
Figura 16 – Estrutura dos roteiros das atividades experimentais.....	70
Figura 17 – Fachada da E. E. Marechal Rondon – Guará/SP.....	72
Figura 18 – Laboratório de Ciências da E. E. Marechal Rondon.....	73
Figura 19 – Sala de Informática da E. E. Marechal Rondon.	74
Figura 20 – Fachada do Colégio Evolução (CERG).....	74
Figura 21 – Sala de aula adaptada para realização do projeto no Colégio Evolução.	75
Figura 22 – Materiais utilizados na aula “Introdução ao <i>Audacity</i> ”.....	75
Figura 23 – Gerador de tom do software <i>Audacity</i>	76
Figura 24 - Tela principal do software mostrando parte de uma onda senoidal selecionada.....	76
Figura 25 – Ferramenta <i>Espectro de frequência</i> do software <i>Audacity</i> analisando a frequência da onda da Figura 24.....	77
Figura 26 - Materiais utilizados na aula “Determinação da Aceleração da Gravidade”.	77
Figura 27 – Esquema da montagem experimental para a determinação da aceleração da gravidade.....	78
Figura 28 – Tela mostrando a medida do período do pêndulo no experimento DETERMINAÇÃO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE.....	78
Figura 29 – Batimento sonoro – Mago da Física.....	80
Figura 30 – Tela do software que mostra o batimento sonoro.	80
Figura 31 – Materiais utilizados na aula sobre acústica de ambientes.....	81

Figura 32 – Conjunto de tábuas utilizadas no experimento acústica de ambientes. .	81
Figura 33 – (a) Professor Luiz Antônio de Freitas auxiliando na experimentação; (b) Uma das etapas das medidas do tempo de reverberação da sala de aula.	82
Figura 34 - Equipamentos utilizados para medição do tempo de reverberação de algumas salas de aula.....	83
Figura 35 - Preparação dos equipamentos para a realização das medidas.....	83
Figura 36 - Materiais utilizados na atividade “Efeito Doppler”.	84
Figura 37 - Na figura é possível ver o pêndulo preparado para medida do período de oscilação.	90
Figura 38 - Esboço feito por um grupo da turma A onde se vê uma parte de uma atividade sobre batimento sonoro.	92
Figura 39 - Alunos da turma A medindo a sala de aula para realização do experimento.....	94
Figura 40 - Alunos da turma B medindo a sala de aula para realização do experimento.....	96
Figura 41 - Professor na bicicleta equipada com uma sirene para o experimento....	97
Figura 42 - No detalhe, aluna segurando o termômetro durante a passagem do carro buzinando.....	99
Figura 43 - Tempo de reverberação da biblioteca medido pelos alunos.	103
Figura 44 - Forma de onda obtida com microfone de medição profissional em uma sala da Escola Estadual Marechal Rondon.	104
Figura 45 - Forma de onda obtida com o mp3 <i>player</i> , na mesma sala.	104
Figura 46 - Arquivo gravado no experimento da determinação da velocidade da bicicleta.	107

Figura 47 - Em destaque, (a) frequência da buzina se aproximando do aparelho mp3 <i>player</i> e (b) frequência da buzina se afastamento do aparelho mp3 <i>player</i>	108
Figura 48 - Presença dos alunos nos encontros semanais.	110
Figura 49 - Distribuição das notas dos alunos em intervalos.	112
Figura 50 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 1.....	114
Figura 51 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 2.....	114
Figura 52 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 3.....	115
Figura 53 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 4.....	116
Figura 54 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 5.....	116
Figura 55 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 6.....	117
Figura 56 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 7 em relação a atividade “INTRODUÇÃO AO <i>AUDACITY</i> ”....	119
Figura 57 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 7 em relação a atividade “BATIMENTO SONORO”.....	119
Figura 58 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 7 em relação a atividade “DETERMINAÇÃO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE”.....	120
Figura 59 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 7 em relação a atividade “DETERMINANDO O TEMPO DE	

REVERBERAÇÃO DE AMBIENTES COM O USO DO SOFTWARE
AUDACITY..... 121

Figura 60 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à
questão 7 em relação a atividade “DETERMINANDO A VELOCIDADE
DE UMA BICICLETA ATRAVÉS DO EFEITO DOPPLER ”..... 121

Figura 61 - Gráfico que mostra a preferência dos alunos em relação às atividades
desenvolvidas..... 125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Erro percentual obtido no experimento da atividade 3 em sala de aula.	100
Tabela 2 - Dados experimentais e calculados para os tempos de reverberação dos ambientes estudados pelos alunos.	101
Tabela 3 - Velocidade da bicicleta encontrada pelos alunos.....	105
Tabela 4 - Dados obtidos pelos alunos para o cálculo da velocidade do carro pelo efeito Doppler.	106
Tabela 5 - Presença dos alunos da turma A.	109
Tabela 6 – Presença dos alunos da turma B.....	109
Tabela 7 - Notas obtidas pelos alunos da turma A na prova.	111
Tabela 8 - Notas obtidas pelos alunos da turma B na prova.	111

SUMÁRIO

SUMÁRIO	16
INTRODUÇÃO	19
CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTOS GERAIS	21
1.1 ONDAS	21
1.1.1 A importância de se entender as ondas	21
1.1.2 Classificação das ondas.....	22
1.2 TIPOS DE ONDAS	24
1.2.1 Ondas eletromagnéticas	24
1.2.2 Ondas de matéria.....	27
1.2.3 Ondas mecânicas	29
1.2.3.1 Ondas harmônicas.....	32
1.2.3.2 Ondas sonoras.....	33
1.2.3.3 Velocidade do som no ar	36
1.2.3.4 Intensidade sonora	38
1.2.3.5 Batimento sonoro.....	40
1.2.3.6 Tempo de reverberação.....	42
1.2.3.7 Efeito Doppler do som	43
1.2.3.8 Microfone de eletreto	45
CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA.....	47
2.1 INTRODUÇÃO.....	47
2.2 OBJETIVOS GERAIS	51
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	51
2.4 BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	52
CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	60
3.1 INTRODUÇÃO.....	60
3.2 SOBRE O SOCIOINTERACIONISMO DE VYGOTSKY	61
3.3 SOBRE A TEORIA DE DAVID AUSUBEL.....	63
3.3.1 Sobre a aprendizagem significativa	64
3.3.2 Sobre a aprendizagem mecânica.....	65

3.4 AS TEORIAS DE VYGOTSKY E AUSUBEL E SUAS IMPLICAÇÕES NESTE TRABALHO	66
3.4.1 Estrutura dos roteiros dos experimentos.....	69
CAPÍTULO 4 – APLICAÇÃO DA PROPOSTA	71
4.1 INTRODUÇÃO.....	71
4.2 AS ESCOLAS PARTICIPANTES DO PROJETO	72
4.3 PLANOS DE AULAS E DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS COM OS MATERIAIS UTILIZADOS.....	75
4.4 RELATOS DA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA	85
4.4.1 Relato da primeira atividade.....	85
4.4.2 Relato da segunda atividade.....	87
4.4.3 Relato da terceira atividade.....	90
4.4.4 Relato da quarta atividade	93
4.4.5 Relato da quinta atividade.....	96
4.5 ALGUNS RESULTADOS EXPERIMENTAIS DOS ALUNOS	99
4.6 PRESENÇA DOS ALUNOS NOS ENCONTROS	109
4.7 RESULTADO DA PROVA ESCRITA.....	110
4.8 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO.....	113
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	130
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
APÊNDICE A – ROTEIROS DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS	137
APÊNDICE B – PROVA FINAL.....	174
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO	184

INTRODUÇÃO

Neste trabalho idealizamos roteiros experimentais sobre tópicos de ondas e acústica para alunos do Ensino Médio, mas que, com algumas poucas adaptações podem ser utilizados também por alunos do Ensino Superior. Os mesmos podem ser encontrados, na íntegra, no Portal do Professor do MEC¹.

Para a realização dos experimentos propostos foram utilizados: aparelho mp3 *player*, o software *Audacity*², computadores, além de materiais que muitas vezes o professor já tem na escola, mas que não são explorados como recursos didáticos para suas aulas.

Nesta proposta os alunos foram organizados em grupos para trabalharem os temas abordados de forma dinâmica, interagindo com o professor sempre que necessário, procurando a compreensão de fenômenos e a verificação das leis físicas envolvidas nos experimentos. Com isto, o aluno pode construir e reconstruir seu próprio conhecimento de acordo com uma abordagem construtivista.

No capítulo 1 apresentamos uma fundamentação geral sobre ondas que permeiam o trabalho desenvolvido nas atividades experimentais com os alunos.

No capítulo 2 apresentamos a justificativa da escolha do tema deste trabalho e os seus objetivos, além de fazermos uma breve revisão da literatura sobre o assunto, incluindo dissertações e artigos de periódicos científicos que tratam do ensino da Física através de experimentos e uso das novas tecnologias no Ensino Médio.

¹ Portal do Professor – MEC: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/index.html>>

² Audacity é um software de gravação e edição de áudio livre e gratuito disponível no site: <<http://audacity.sourceforge.net/?lang=pt>>, visitado em 28 de agosto de 2011.

No capítulo 3 discutimos a fundamentação teórica do trabalho, baseada na teoria sociointeracionista de Vygotsky e na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

No capítulo 4 apresentamos o material instrucional que se constitui basicamente em roteiros estruturados para os alunos, além da descrição dos materiais utilizados e aplicação desta experiência didática em sala de aula.

No capítulo 5 avaliamos de forma geral, os resultados obtidos pelos alunos nos experimentos, bem como os da prova aplicada aos alunos e também os do questionário aplicado no final do curso.

No último capítulo finalizamos o trabalho com as considerações finais.

CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTOS GERAIS

1.1 Ondas

Um dos campos de estudo mais importantes da Física é o das vibrações e oscilações. Uma onda pode ser descrita como um movimento vibratório periódico ou não, que se desloca em um meio elástico, no caso de ondas mecânicas, e no vácuo e em alguns materiais, no caso de ondas eletromagnéticas. No nosso dia a dia nos deparamos com os diversos tipos de ondas, tais como ondas sonoras, ondas sísmicas e ondas eletromagnéticas em basicamente todas as faixas do seu espectro, desde as ondas de rádio, até os raios cósmicos.

1.1.1 A importância de se entender as ondas

Podemos encontrar variadas aplicações tecnológicas ou não envolvendo fenômenos ondulatórios em nosso dia a dia. Se considerarmos um dos fenômenos ondulatórios mais simples que é o da reflexão, podemos estudar as ondas estacionárias em cordas e tubos e compreender o funcionamento da maioria dos instrumentos musicais. Com as ondas eletromagnéticas refletidas em obstáculos podemos encontrar, por exemplo, aplicação nos radares que se utilizam de micro-ondas refletidas por objetos de metal, possibilitando encontrar a velocidade e a posição de veículos terrestres e aviões. Podemos também encontrar aplicações na medicina, como a ultrassonografia, ressonância magnética, aparelhos de raios-X e efeito Doppler, tanto na diagnose clínica quanto nos mais variados tipos de tratamentos. No campo das telecomunicações encontramos aplicação das ondas eletromagnéticas nas transmissões de sinais entre as antenas de telefonia celular e os aparelhos receptores, entre satélites e aparelhos de TV e entre esta e os controles remotos que utilizam raios infravermelhos.

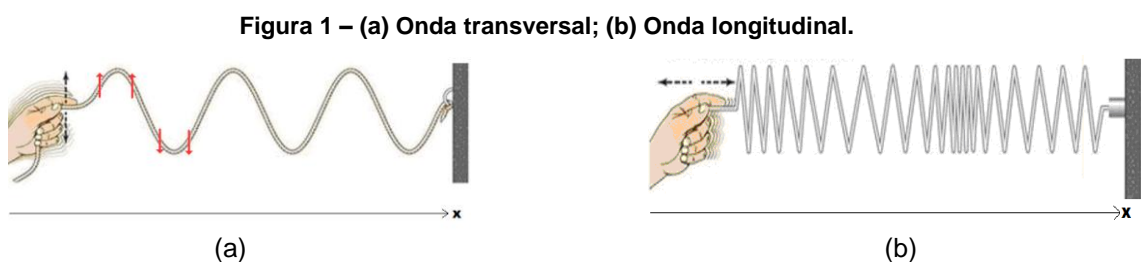
1.1.2 Classificação das ondas

Podemos classificar as ondas quanto à sua forma, à sua natureza e quanto à sua direção de propagação.

Pela forma podemos considerar dois tipos de ondas: Transversais e longitudinais.

Ondas transversais: são aquelas em que a direção de propagação é perpendicular ao plano onde ocorre a vibração que produz a onda. Exemplos desse tipo de onda são: ondas em cordas de instrumentos musicais, todas as ondas eletromagnéticas, ondas sísmicas, etc. Na figura 1(a) vemos uma corda sendo puxada para cima e para baixo produzindo pulsos que se propagam por ela. A mão é a fonte de vibração e se desloca perpendicularmente à direção de propagação da onda, que ocorre no sentido do eixo x mostrado na figura.

Ondas Longitudinais: são aquelas que a direção de propagação coincide com a direção das vibrações. Exemplos de ondas longitudinais: som se propagando no ar, um pulso em uma mola produzido por uma súbita compressão como mostra a Figura 1(b).



Disponível em: <http://www.explicatorium.com/CFQ8/Som_As_ondas.php>

Algumas ondas apresentam comportamentos longitudinais e transversais simultaneamente enquanto se propagam. As ondas na água e as ondas geradas num terremoto são exemplos de ondas com o comportamento misto, que pode ser descrito como uma combinação entre os dois modos, como na figura 2.

Figura 2 – Onda mista produzida na água do mar.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Com relação à natureza de propagação das ondas podemos classificá-las em: Mecânicas, eletromagnéticas e de matéria.

Um movimento ondulatório pode ser imaginado como o transporte de energia e momento de um ponto a outro do espaço sem que haja o transporte de matéria. De acordo com esta ideia podemos ter:

Ondas mecânicas: energia e momento são transportados através de perturbações do meio onde ocorre a sua propagação. Ondas na superfície da água, em cordas tensionadas e ondas sonoras são alguns exemplos de ondas mecânicas.

Ondas eletromagnéticas: neste tipo de onda a energia e o momento são transportados por campos elétricos e magnéticos e não necessitam de um meio para se propagar, podendo ser transportados através do vácuo. As ondas de rádio, micro-ondas, raio-x e luz são alguns exemplos desse tipo de onda.

Podemos ainda classificar as ondas quanto às suas direções de propagação:

Ondas unidimensionais: são aquelas que se propagam em uma única direção. Como exemplo podemos citar uma onda longitudinal que se propaga em uma mola presa em uma extremidade ou uma onda produzida numa corda longa e tracionada. A equação 1 descreve as perturbações ξ em função do espaço e do tempo neste tipo de onda.

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}, \text{ onde } \xi = f(x,t)$$

Equação 1

Na equação 1 e em todo texto, utilizaremos v para representar a velocidade de propagação da onda.

Ondas bidimensionais: são aquelas que se propagam em um plano, ou seja, qualquer direção de propagação pode ser descrita através de duas direções principais. Para este tipo de onda temos como exemplo as ondas na superfície da água, bem como as ondas estacionárias formadas nas membranas de um instrumento de percussão. A equação 2 descreve as perturbações ξ em função do espaço e do tempo para este tipo de onda.

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}, \text{ onde } \xi = f(x, y, t) \quad \text{Equação 2}$$

Ondas tridimensionais: são aquelas que se propagam no espaço, ou seja, qualquer direção de propagação pode ser descrita através de três direções principais. As ondas sonoras e as ondas eletromagnéticas são exemplos deste tipo de ondas. A equação 3 descreve as perturbações ξ em função do espaço e do tempo para este tipo de onda.

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}, \text{ onde } \xi = f(x, y, z, t) \quad \text{Equação 3}$$

O lado esquerdo da equação pode ser substituído pelo laplaciano $\nabla^2 \xi(x, y, z, t)$ ficando:

$$\nabla^2 \xi(x, y, z, t) = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \xi(x, y, z, t) \quad \text{Equação 4}$$

1.2 Tipos de Ondas

1.2.1 Ondas eletromagnéticas

As ondas eletromagnéticas são formadas pelas oscilações de dois campos: o elétrico e o magnético. É uma onda do tipo transversal porque as perturbações nos seus campos são perpendiculares à direção de propagação da

onda. A teoria que descreve este tipo de onda foi primeiramente proposta em 1874, por James Clerk Maxwell.

Sem dúvida alguma, o desenvolvimento da teoria eletromagnética foi, e ainda é, um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento humano nos dias atuais. É difícil encontrarmos algum meio de comunicação na atualidade que não as utilize. De acordo com a Anatel em abril de 2011, os dados indicam que existem cerca de 212,6 milhões de aparelhos de telefonia celular³ no Brasil, uma média de 1,11 celulares por habitante.

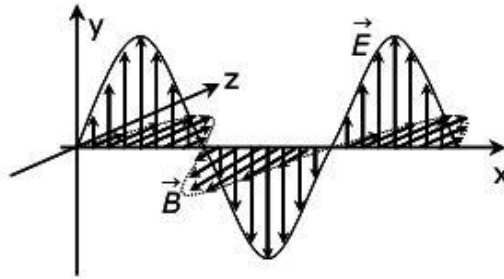
Uma pequena porção do espectro da radiação eletromagnética conhecida como luz visível, nos fornece um dos sentidos mais importantes que é o da visão, forma pela qual o cérebro interpreta a radiação incidente em nossa retina. Além da visão, estudos indicam que certos tipos de reações químicas desencadeadas pela luz visível ajudam a explicar o surgimento de vida em nosso planeta.

As ondas de rádio de frequências menores que a da luz visível possibilitam as transmissões de TV, importante meio de entretenimento e informação. No espectro das ondas de rádio, encontramos as ondas de frequência da ordem de 10^9 Hz, conhecidas como micro-ondas que estão sendo bastante usadas na transmissão de dados nas redes sem fio, levando acesso à internet, em locais de difícil instalação de cabos telefônicos.

Na figura 3 temos a representação de uma onda eletromagnética plana se propagando. Os vetores campo elétrico \vec{E} e campo magnético \vec{B} são dependentes do tempo (t), possuem só componentes em y e z respectivamente e são perpendiculares entre si. A propagação da onda eletromagnética resultante ocorre na direção do eixo x.

3 Dados do Portal Brasil disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2011/05/25/numero-de-celulares-no-brasil-cresce-9-6-milhoes-em-2011>>. Acesso em: 28 de agosto de 2011.

Figura 3 – Onda eletromagnética plana se propagando na direção x.



Disponível em: <<http://joorafaelec.zip.net>>

As equações para a onda eletromagnética da figura 3 podem ser obtidas a partir das equações de Maxwell para os campos elétrico e magnético, oscilantes e são descritas por:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} E_y = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} E_y \quad \text{Equação 5}$$

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} B_z = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} B_z \quad \text{Equação 6}$$

Onde E_y é a componente do campo elétrico no eixo y; B_z é a componente do campo magnético no eixo z; ϵ_0 é a permissividade elétrica e tem valor de $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$; μ_0 é a permeabilidade magnética e vale $4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$.

Como as duas equações possuem a mesma forma, apresentam soluções semelhantes. Uma possível solução para a equação de onda do campo magnético é dada por:

$$B_z(x,t) = B_1 \cdot \text{sen}(kx + \omega t) + B_2 \cdot \text{sen}(kx - \omega t) \quad \text{Equação 7}$$

Onde B_1 e B_2 são constantes que representam a amplitude do campo magnético; k é o número de onda; ω é a frequência angular.

Considerando esta onda plana no espaço livre, portanto, não havendo reflexão, podemos considerar como solução a onda que se desloca no sentido positivo de x:

$$B_z(x,t) = B_2 \cdot \text{sen}(kx - \omega t) \quad \text{Equação 8}$$

Analogamente temos a solução para o campo elétrico da onda:

$$E_y(x,t) = E_2 \cdot \text{sen}(kx - \omega t) \quad \text{Equação 9}$$

Para uma onda eletromagnética tridimensional se propagando no vácuo (espaço livre), onde não existem cargas e correntes elétricas, a equação da onda eletromagnética pode ser obtida pelas seguintes equações para os campos elétrico e magnético:

$$\nabla^2 \vec{E} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad \text{Equação 10}$$

Onde \vec{E} é o campo elétrico e $E = f(x,y,z,t)$

$$\nabla^2 \vec{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} \quad \text{Equação 11}$$

Onde \vec{B} é o campo magnético e $B = f(x,y,z,t)$.

As soluções das equações 10 e 11 são os campos elétrico e magnético que compõem a onda eletromagnética.

1.2.2 Ondas de matéria

O físico francês Louis de Broglie (1892 – 1987) em 1924 propôs que uma partícula material poderia, assim como a luz, apresentar comportamento ondulatório e corpuscular. Isso lhe rendeu o prêmio Nobel em física em 1929, cinco anos depois da defesa de sua tese de doutoramento, onde propunha a existência das ondas de matéria. A dualidade onda-partícula para a luz já era conhecida pela comunidade científica da época, e o que de Broglie fez ao analisar os resultados do experimento do efeito Compton, foi conjecturar que os elétrons poderiam também apresentar propriedades ondulatórias. Suas hipóteses foram comprovadas em 1927

com os experimentos de Clinton Joseph Davisson em New York com espalhamento de elétrons e George Paget Thomson com a difração de elétrons.

Para um elétron em movimento uniforme, o comprimento de onda de uma onda plana que pode descrevê-lo é dado por:

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad \text{Equação 12}$$

Onde h é a constante de Planck e vale $6,626 \times 10^{-34}$ J.s e p é o momento associado ao movimento deste elétron.

Pouco tempo depois, em 1926, Schrödinger propôs uma equação para estas ondas. O primeiro sistema a ser resolvido pela sua equação foi o átomo de hidrogênio. Partindo de um potencial dado por $V(r) = -e^2/4\pi\epsilon_0 r$, a equação de Schrödinger para um estado estacionário de energia E pode ser descrita pela equação:

$$-\frac{\hbar^2}{2\mu} \nabla^2 \Psi(r, \theta, \varphi) + V(r)\Psi(r, \theta, \varphi) = E\Psi(r, \theta, \varphi) \quad \text{Equação 13}$$

Onde μ é a massa reduzida do sistema próton-elétron definida por $\mu = (m_e \cdot m_p) / (m_e + m_p)$; \hbar representa $h/2\pi$; $\Psi(r, \theta, \varphi)$ é a função de onda em coordenadas esféricas; E representa a energia do sistema.

Max Born propôs uma interpretação estatística para a função de onda de Schrödinger: ela representa a medida da probabilidade de se encontrar a partícula, no caso acima, o elétron, em determinada posição e em determinado instante. Ele considera que o elétron é uma carga elétrica pontual, mas não se pode determinar com exatidão a sua posição em um determinado instante e sim somente determinar a probabilidade de encontrá-lo em determinada região.

Em princípio, conhecendo-se a função que representa a energia potencial de um sistema $U(x,y,z,t)$, a equação de Schrödinger, pode fornecer a função de onda de um número grande de sistemas da mecânica quântica.

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\Psi + U(x,y,z,t)\Psi = i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t} \quad \text{Equação 14}$$

Onde $\nabla^2\Psi = \frac{\partial^2\Psi}{dx^2} + \frac{\partial^2\Psi}{dy^2} + \frac{\partial^2\Psi}{dz^2}$ é o operador Laplaciano em coordenadas cartesianas; m é a massa; $i = \sqrt{-1}$.

Muitos conceitos físicos, que envolvem sistemas cujas dimensões são da ordem das dimensões atômicas, surgiram da interpretação das soluções desta equação e muita tecnologia foi desenvolvida a partir de então.

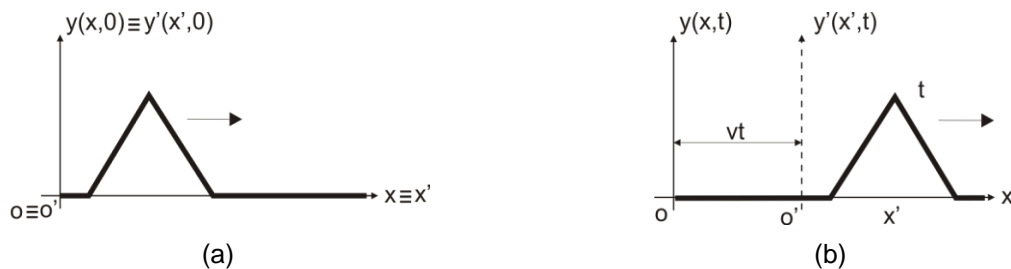
1.2.3 Ondas mecânicas

Objeto de estudo das atividades experimentais desta dissertação, as ondas mecânicas são aquelas que necessitam de um meio material para se propagarem e este meio deve apresentar propriedades elásticas, responsáveis pela energia potencial do sistema e propriedades inerciais, responsáveis pela energia cinética do sistema. Estas ondas podem ser descritas pelas equações do movimento de Newton.

Para Nussenzveig (2002), a onda mais simples de se caracterizar é a onda progressiva em uma única dimensão (onda plana), cujo movimento só depende das variáveis x e t .

Na figura 4(a) podemos ver uma onda progressiva que se desloca para a direita com velocidade v no instante $t = 0$ e dois sistemas referenciais coincidentes neste instante. Na figura 4(b) temos o perfil desta onda num instante t e um referencial inercial $O'x'y'$ que se desloca com a mesma velocidade v da onda.

Figura 4 – (a) Onda progressiva para a direita em dois sistemas de referências Oxy e $O'x'y'$; (b) A mesma onda num instante t .



Fonte: Adaptado de Nussenzveig, H. M. – Curso de Física Básica – V. 2 p. 99.

Considerando que o perfil da onda não sofre alteração com o tempo, no referencial $O'x'y'$, que se desloca com velocidade v para a direita, tendo o eixo x' coincidindo com o eixo x em todos os instantes, podemos escrever:

$$y'(x', t) = y'(x', 0) = y'(x') \quad \text{Equação 15}$$

Verificamos então que y' é função somente de x' . Pelas transformações de Galileu a relação entre os dois referenciais é dada por:

$$x = x' + vt \text{ e } y = y' \quad \text{Equação 16}$$

Assim, podemos escrever a função de onda para o referencial Oxy por:

$$y(x, t) = f(x - vt), \text{ onda se movendo para a direita} \quad \text{Equação 17}$$

Ou

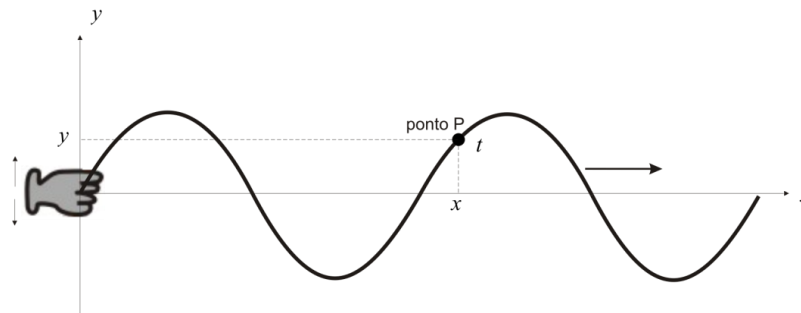
$$y(x, t) = f(x + vt), \text{ onda se movendo para a esquerda.} \quad \text{Equação 18}$$

Para o caso de uma onda unidimensional se propagando transversalmente numa corda podemos através da equação 17, obter a equação de movimento desta onda.

$$y(x, t) = f(x') \quad x' = x - vt$$

A velocidade de um ponto x que se desloca verticalmente na direção de y num instante t , como mostra a figura 5, é dada por $\frac{\partial}{\partial t} y(x, t)$ e sua aceleração por $\frac{\partial^2}{\partial t^2} y(x, t)$.

Figura 5 – No destaque, ponto P da corda oscilante num instante t.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Tomando as derivadas parciais $\frac{\partial}{\partial t} y(x,t)$ e $\frac{\partial}{\partial x} y(x,t)$ temos:

$$\frac{\partial}{\partial t} y(x,t) = \frac{dy}{dx'} \frac{\partial x'}{\partial t} = \frac{dy}{dx'} \frac{\partial}{\partial t} (x - vt) = (-v) \frac{dy}{dx'}$$

$$\frac{\partial}{\partial x} y(x,t) = \frac{dy}{dx'} \frac{\partial x'}{\partial x} = \frac{dy}{dx'} \frac{\partial}{\partial x} (x - vt) = \frac{dy}{dx'} \frac{\partial x}{\partial x} = \frac{dy}{dx'}$$

Tomado as derivadas segundas $\frac{\partial^2}{\partial t^2} y(x,t)$ e $\frac{\partial^2}{\partial x^2} y(x,t)$ temos:

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} y(x,t) = \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial y}{\partial t} \right) = \frac{\partial}{\partial t} \left(-v \frac{dy}{dx'} \right) = (-v) \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{dy}{dx'} \right)$$

Pela regra da cadeia:

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} y(x,t) = (-v) \frac{d}{dx'} \left(\frac{dy}{dx'} \right) \frac{\partial x'}{\partial t} = (-v) \frac{d^2 y}{dx'^2} \frac{\partial}{\partial t} (x - vt)$$

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} y(x,t) = v^2 \frac{d^2 y}{dx'^2}$$

Equação 19

A outra equação:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} y(x,t) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)$$

Pela regra da cadeia:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} y(x,t) = \frac{\partial}{\partial x'} \left(\frac{dy}{dx} \right) \frac{\partial x'}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x'} \left(\frac{dy}{dx'} \right) \frac{\partial}{\partial x} (x - vt)$$

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} y(x, t) = 1 \frac{d^2 y}{dx^2} \quad \text{Equação 20}$$

Comparando a equação 19 com a equação 20 temos:

$$\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0 \quad \text{Equação 21}$$

A equação 21 representa a equação de onda unidimensional. Esta equação de derivadas parciais de segunda ordem é uma equação linear. Se tivermos $y_1(x, t)$ e $y_2(x, t)$ como soluções da equação 21, a combinação linear dada por:

$$y_3(x, t) = C_1 y_1(x, t) + C_2 y_2(x, t) \quad \text{Equação 22}$$

Também será solução desta equação, em que C_1 e C_2 são constantes arbitrárias. Este resultado, para pequenas amplitudes, revela uma forma de se compreender o princípio da superposição de ondas em uma corda ou mesmo da superposição de ondas sonoras em um tubo, por exemplo. Para grandes amplitudes, a equação 21 deixa de ser linear e a equação 22 deixa de ser solução da equação de onda.

1.2.3.1 Ondas harmônicas

Uma onda harmônica é aquela em que a fonte que a produz gera perturbações que são movimentos harmônicos simples. Apenas como exemplo, podemos citar a onda sonora produzida por um diapasão ou a onda produzida em uma corda presa a um sistema massa-mola oscilando em torno de uma posição de equilíbrio.

Uma onda harmônica pode ser representada por uma função seno ou cosseno que representa a solução da equação de onda.

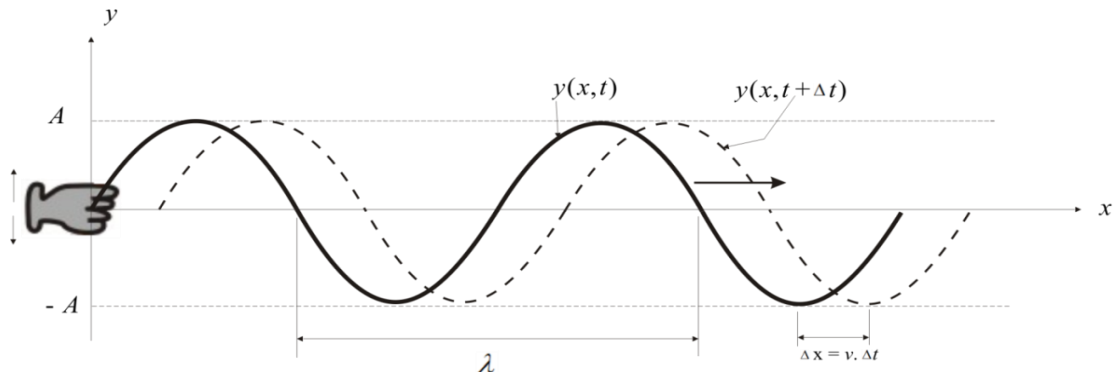
Na figura 6, apresentamos uma onda harmônica senoidal produzida numa corda longa. Como a onda se propaga na figura com uma velocidade v para a direita, num intervalo de tempo Δt ela desloca Δx .

A equação pode ser descrita pela função seno por:

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

Equação 23

Figura 6 – Onda harmônica produzida pela oscilação periódica de uma corda longa.



Fonte: Adaptado de Nussenzveig, H. M. – Curso de Física Básica – V. 2 p. 101.

Descrevendo esta onda podemos verificar que os deslocamentos das partículas da corda ficam confinados entre os valores $y = \pm A$; onde A é a amplitude da onda. O período desta onda, representado por T , é definido como o tempo para a onda percorrer um comprimento de onda λ . Outras relações importantes são:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\lambda}{v}$$

Equação 24

Onde $\omega = 2\pi f$ é a frequência angular, sendo f a frequência das oscilações.

1.2.3.2 Ondas sonoras

Se tivermos uma fonte de ondas que oscile no ar ou na água, ou num meio homogêneo qualquer, estas oscilações, de acordo com Gaspar (2010, p. 50), “dão origem a ondas mecânicas tridimensionais longitudinais que tendem a se propagar uniformemente em todas as direções por meio de frentes de ondas esféricas”.

Como estas ondas necessitam de um meio material para sua propagação, são chamadas de ondas mecânicas e, portanto, não se propagam no vácuo. No cotidiano, limitamos a dar maior importância àquelas ondas harmônicas longitudinais que se propagam no ar com frequências na faixa de 20 Hz até 20 kHz e que, ao atingirem a orelha, serão interpretadas pelo cérebro como som.

Em geral, as ondas possuem velocidade de propagação dependente das propriedades elásticas e inerciais do meio em que ocorre sua transmissão. Para o som, sua velocidade pode ser expressa por:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho_0}}$$

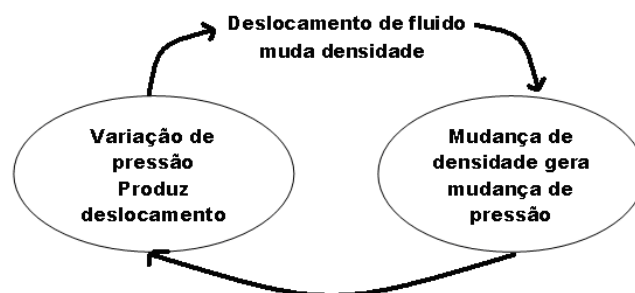
Equação 25

Onde B é o módulo de elasticidade volumar e, ρ_0 é a densidade volumétrica do meio.

Considerando o ar como meio de propagação do som, suas moléculas vibram para frente e para trás na mesma direção em que a onda se propaga. Sempre que essas moléculas sofrem um deslocamento, ocorre um aumento ou uma diminuição da densidade e conseqüentemente uma compressão ou rarefação do ar. Esta variação na densidade provocada pelo deslocamento de um elemento de ar provoca então uma mudança de pressão que, por sua vez, causa um deslocamento do ar adjacente e o ciclo recomeça, proporcionando desta forma, a transmissão de energia sonora através do ar.

Nussenzveig (2002) destaca qualitativamente este processo de propagação das ondas sonoras através de um ciclo que pode ser observado na figura 7.

Figura 7 – Mecanismo de propagação da onda sonora.



Fonte: Nussenzveig, H. M. – Curso de Física Básica – V. 2 p. 123.

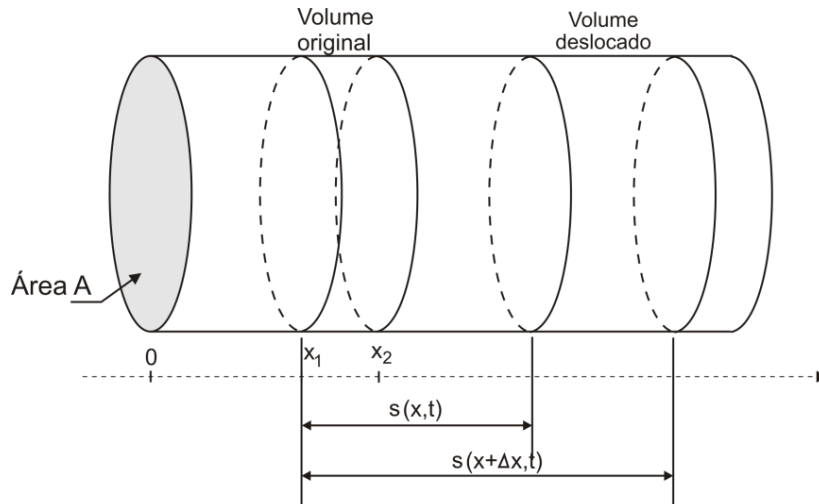
Os deslocamentos das partículas de ar numa onda sonora harmônica se deslocando para a direita num tubo cilíndrico, como mostra a figura 8, podem ser descritos pela equação 26, que é solução da equação de onda.

$$S(x, t) = S \text{ sen}(kx - \omega t + \delta)$$

Equação 26

Onde S é a amplitude dos deslocamentos das partículas; k é o número de onda e δ a constante de fase.

Figura 8 – Variação de volume de um fluido num tubo cilíndrico.



Fonte: adaptado de Nussenzveig, H. M. – Curso de Física Básica – V. 2 p. 125.

Associada a esta equação de deslocamento $S(x,t)$, temos uma correspondente equação que representa a onda de pressão $p(x,t)$, que descreve as variações de pressão em relação à pressão de equilíbrio do gás no cilindro e é dada por:

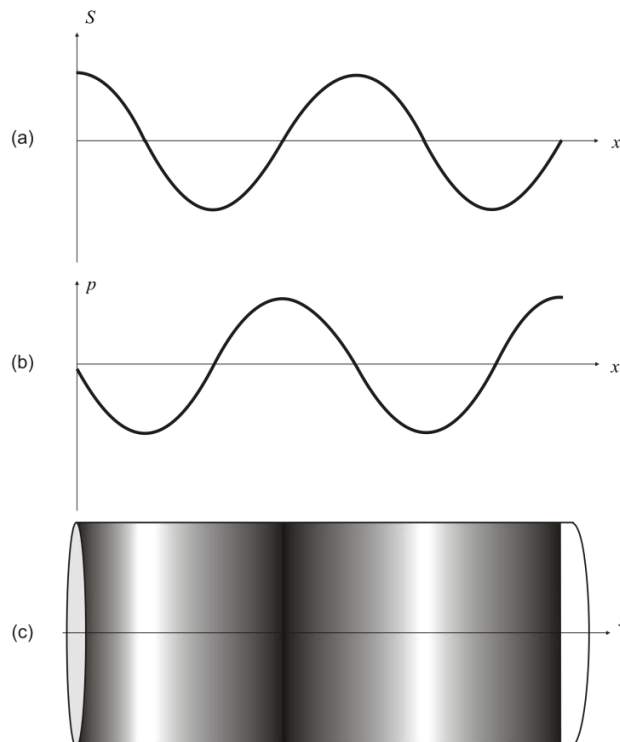
$$p(x, t) = \rho_0 v^2 k S \cos(kx - \omega t)$$

Equação 27

Onde ρ_0 é a densidade do gás.

Analisando a equação 26 e a equação 27 podemos ver que se diferem pela função seno e cosseno do argumento $(kx - \omega t)$. Se considerarmos $\delta = 0$ na onda de deslocamento, temos que esta onda está defasada em 90° da onda de pressão, como se pode ver na figura 9 (a) e (b). Em (c) mostramos uma representação artística em que podemos verificar o comportamento da densidade do ar num determinado instante.

Figura 9 – (a) Deslocamento das moléculas em relação à sua posição de equilíbrio. (b) Variação da pressão em função da posição. (c) Instantâneo da densidade do ar no interior do tubo.



Fonte: Adaptado de Tipler, P. A. – Física – V. 1b p. 399.

1.2.3.3 Velocidade do som no ar

A velocidade do som no ar é dada pela equação 25, em que o módulo de elasticidade volumar isotérmico é dado por:

$$B_{\text{isotérmico}} = -\frac{dP}{dV/V} = P \quad \text{Equação 28}$$

Se considerarmos uma massa de gás, para que o processo de propagação das ondas sonoras seja isotérmico, o mesmo deve trocar calor com o ambiente externo. Newton calculou a velocidade do som no ar utilizando o processo de compressão ou expansão do ar como isotérmico, e obteve:

$$v = \sqrt{\frac{B_{\text{isotérmico}}}{\rho_0}} = \sqrt{\frac{P}{\rho_0}} \quad \text{Equação 29}$$

Considerando a pressão de 1 atm $\approx 1,013 \times 10^5$ N/m² e a densidade do ar $\rho_0 = 1,293$ kg/m³ a 0 °C, obtém-se:

$$v = \sqrt{\frac{1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2}{1,293 \text{ kg/m}^3}} \approx 280 \text{ m/s}$$

Este resultado encontrado por Newton é 15% menor que a velocidade do som a 0 °C que é de aproximadamente 332 m/s. Newton fez uma série de ajustes para explicar essa diferença entre os resultados teórico e experimental da época, mas foi somente com Laplace, mais de um século depois, no ano de 1816, que se explicou que as compressões e rarefações do ar não podiam ser processos isotérmicos, mas sim adiabáticos, ou seja, sem troca de calor com o meio exterior. Estas compressões aconteciam de forma muito rápida, não permitindo que houvesse tempo para trocas de calor durante o processo. Na termodinâmica, o módulo de elasticidade volumar é escrito pela equação:

$$B_{\text{adiabático}} = -\frac{dP}{dV/V} = \gamma P \quad \text{Equação 30}$$

Onde γ é uma constante definida como a razão entre os calores específicos molares para o gás à pressão e volumes constantes

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \quad \text{Equação 31}$$

Esta constante γ depende da natureza do gás. Relacionando a velocidade do som com o módulo de elasticidade volumar adiabático, a equação 29 reduz-se a:

$$v = \sqrt{\frac{B_{\text{adiabático}}}{\rho_0}} = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho_0}} \quad \text{Equação 32}$$

Para o ar, a constante γ tem o valor de 1,4. E para uma temperatura de 0 °C a velocidade do som é:

$$v = \sqrt{\frac{1,4 \times 1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2}{1,293 \text{ kg/m}^3}} \approx 330 \text{ m/s}$$

1.2.3.4 Intensidade sonora

Uma onda sonora pode ser descrita como a solução da equação abaixo:

$$\frac{\partial^2 S(x,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 S(x,t)}{\partial t^2} \quad \text{Equação 33}$$

Como solução para uma onda sonora se deslocando dentro de um tubo na direção do eixo x temos:

$$S(x,t) = S \cos(kx - \omega t) \quad \text{Equação 34}$$

Para esta onda, a onda de pressão correspondente que se desloca dentro do tubo é dada por:

$$p(x,t) = -\rho_0 v^2 \frac{\partial S(x,t)}{\partial x} \quad \text{Equação 35}$$

Como $\frac{\partial S(x,t)}{\partial x} = -kS \sin(kx - \omega t)$, a onda de pressão fica:

$$p(x,t) = \rho_0 v^2 k S \sin(kx - \omega t) \quad \text{Equação 36}$$

Para uma onda harmônica, a intensidade é definida como a energia média transmitida através da secção, por unidade de tempo e área. A força exercida pela camada fluida no tubo, devido à passagem da onda é dada por:

$$F = p(x,t)A = \rho_0 v^2 k S \sin(kx - \omega t)A \quad \text{Equação 37}$$

A potência instantânea é calculada por $P = F \frac{\partial S(x,t)}{\partial t}$

$$F = p(x,t)A = \rho_0 v^2 k S \sin(kx - \omega t)A$$

$$P = \left[\rho_0 v^2 k S \sin(kx - \omega t)A \right] \cdot \left[\omega S \sin(kx - \omega t) \right] A \quad \text{Equação 38}$$

$$P = \rho_0 \omega v^2 k S^2 \overline{\sin^2(kx - \omega t)} A \quad \text{Equação 39}$$

A potência média pode ser calculada como $P_m = F \overline{\frac{\partial S(x,t)}{\partial t}}$. Utilizando a relação para o valor médio de seno ao quadrado, $\overline{\sin^2 x} = 1/2$ temos:

$$P_m = \frac{1}{2} \rho_0 \omega v^2 k S^2 A \quad \text{Equação 40}$$

Podemos calcular a intensidade dessa onda utilizando a definição $I = \frac{P_m}{A}$ e $v.k = \omega$:

$$I = \frac{1}{2} \alpha S^2 \quad \text{Equação 41}$$

Onde $\alpha = \rho_0 \omega^2 v$

O limiar de audibilidade que corresponde ao som de menor intensidade detectado pela orelha humana foi medido para uma frequência de 10^3 Hz e padronizado como $I_0 \approx 10^{-12}$ (W/m²), e o limiar de audibilidade que corresponde à intensidade máxima que nossa orelha pode suportar, ou seja, o limiar da dor, medido a 10^3 Hz é de $I_M \approx 1$ (W/m²).

A razão entre I_M/I_0 é de 10^{12} . Como esta escala apresenta uma faixa muito grande de valores, é conveniente utilizarmos uma escala logarítmica para definir o nível de intensidade sonora β no lugar da intensidade sonora. A definição de β é:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ (dB)} \quad \text{Equação 42}$$

Calculando os níveis sonoros em decibel equivalentes às intensidades mínima e máxima percebidas pelo ser humano temos:

Para $I_0 = 10^{-12}$ W/m², temos $\beta = 0$ e para $I_M = 1$ W/m², temos $\beta = 120$ dB.

1.2.3.5 Batimento sonoro

O batimento sonoro é um fenômeno de superposição de duas ondas de frequências ligeiramente diferentes e foi objeto de estudo, mais qualitativamente, em uma das atividades experimentais desenvolvidas com os alunos.

Uma das aplicações mais interessantes de se mostrar o batimento sonoro para os alunos é a de afinação de um instrumento musical. Um afinador de pianos usa o fenômeno do batimento para afiná-lo, usando um conjunto de diapasões.

O batimento é um fenômeno de superposição de duas ondas. Tomando essas ondas como $f_1(x,t) = A \sin(k_1x - \omega_1t)$ e $f_2(x,t) = A \sin(k_2x - \omega_2t)$, temos que $f_R(x,t) = f_1(x,t) + f_2(x,t)$ também é solução da equação de onda.

$$f_R(x,t) = 2A \cos\left[\frac{(k_1 - k_2)x - (\omega_1 - \omega_2)t}{2}\right] \sin\left[\frac{(k_1 + k_2)x - (\omega_1 + \omega_2)t}{2}\right] \quad \text{Equação 43}$$

Esta é a expressão do batimento entre as duas ondas. Nesta expressão, $2A \cos[(k_1 - k_2)x - (\omega_1 - \omega_2)t] / 2$ representa a amplitude variável no tempo da onda resultante e o termo $\sin[(k_1 + k_2)x - (\omega_1 + \omega_2)t] / 2$ representa a oscilação da mesma.

Se considerarmos $f_R(x,t)$ a soma de duas ondas sonoras $S_1(x,t) = S \sin(k_1x - \omega_1t)$ e $S_2(x,t) = S \sin(k_2x - \omega_2t)$ e desprezando sua parte espacial, podemos reescrevê-la como:

$$f_R(t) = 2S \cos\left[\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}\right)t\right] \sin\left[\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}\right)t\right] \quad \text{Equação 44}$$

Se considerarmos que ω_1 e ω_2 , são frequências muito próximas uma da outra, teremos, $\frac{(\omega_1 + \omega_2)}{2} \gg \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{2}$ e a equação 44 pode ser interpretada como uma função seno, de frequência angular $\frac{(\omega_1 + \omega_2)}{2}$ com amplitude modulada pela

função oscilatória $2S \cos\left[\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}\right)t\right]$.

Um batimento ocorre quando a amplitude da equação 44 tem valor máximo ou mínimo e isso ocorre quando $\cos\left[\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}\right)t\right]$ for igual a +1 ou -1, o que acontece duas vezes a cada período. Como a frequência angular da função $\cos\left[\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}\right)t\right]$ é $\frac{(\omega_1 - \omega_2)}{2}$, a frequência do batimento $\omega_{\text{batimento}}$ é dado por:

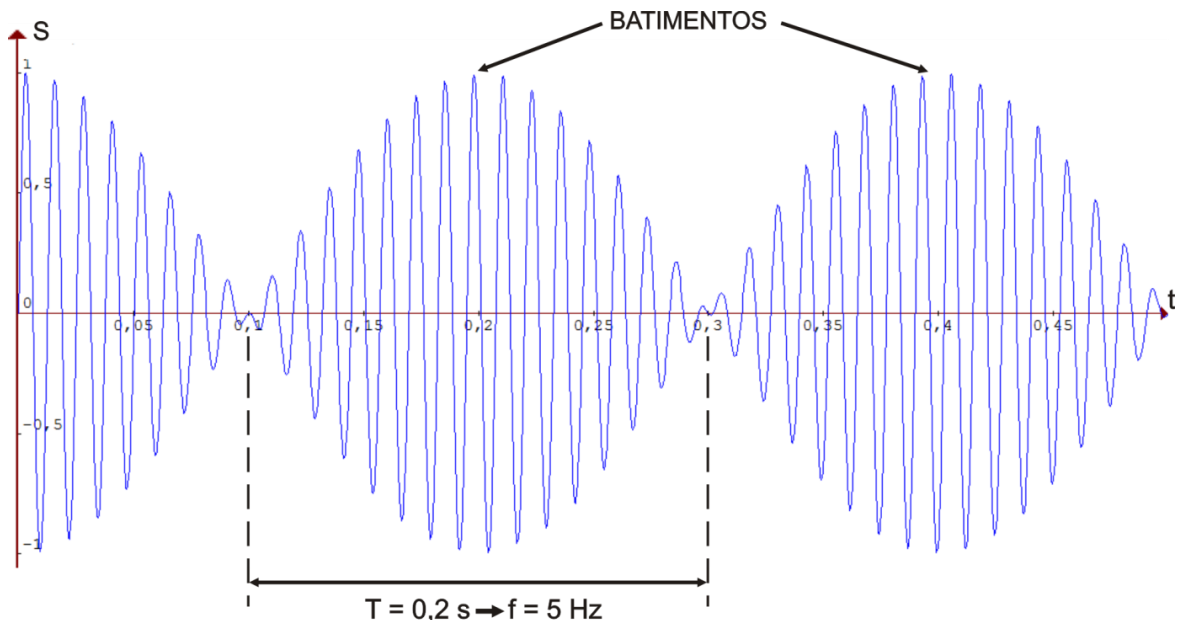
$$\omega_{\text{batimento}} = 2\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}\right) = (\omega_1 - \omega_2) = (2\pi f_1 - 2\pi f_2)$$

$$f_{\text{batimento}} = f_1 - f_2$$

Equação 45

Como a variação de pressão em uma onda sonora é proporcional à sua amplitude máxima e sua intensidade é proporcional ao quadrado desta amplitude, podemos representar graficamente o batimento, representando uma dessas grandezas no eixo vertical e o tempo no eixo horizontal. Para uma onda de amplitude 0,5, numa escala arbitrária variando de 0 a 1 e frequência 77 Hz e outra onda de amplitude também 0,5 na mesma escala, com frequência 82 Hz, o gráfico da resultante destas duas ondas pode ser visto na figura 10.

Figura 10 – Soma de duas ondas senoidais, uma de 77 Hz e outra de 82 Hz.



Fonte: Elaborada pelo autor.

1.2.3.6 Tempo de reverberação

Pessoas falando, ou mesmo músicas, podem ser mais bem ouvidas em alguns ambientes do que em outros. Isso se dá pelo fato de que o som produzido por uma fonte, por exemplo, um alto-falante numa sala fechada, ao ser cessado, persiste no ambiente durante um determinado intervalo de tempo. O tempo desta persistência é conhecido como *tempo de reverberação*. Em ambientes com paredes muito lisas e sem material que absorva o som, esse tempo de reverberação pode ser de alguns segundos. Estes ambientes podem prejudicar profundamente a comunicação falada entre pessoas. Em ambientes com tratamento acústico, como nos estúdios de gravação de música e vídeo, cujas paredes são revestidas com materiais absorvedores e com difusores colocados em locais apropriados, os tempos de reverberação são pequenos, algo em torno de 0,4s e são considerados ambientes pouco reverberantes. Ambientes onde se deseja uma projeção da fala para uma quantidade razoável de pessoas, como em uma sala de aula ou em um teatro, por exemplo, este tempo de reverberação não deve ser nem muito pequeno e nem muito grande. Deve ser assim, não muito grande para que o som soe de forma natural não prejudicando o entendimento da fala, e nem muito pequeno para não exigir grande esforço do orador.

Por definição, tempo de reverberação é o tempo necessário para que a intensidade do som cresça ou decresça por um fator de um milhão. Para uma intensidade I_0 (intensidade inicial), o tempo de reverberação é tal que:

$$I = 10^{-6}I_0 \quad \text{Equação 46}$$

De acordo com a NBR 12179 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992, p. 9) para ambientes com volume até 200 m³ usados como sala de aula, deverá ter o tempo de reverberação medido a uma frequência de 500 Hz, valores entre 0,4 e 0,6 s. Já para uma sala de concertos com volume variando entre 1000 m³ e 30000 m³, a norma técnica estipula um tempo de reverberação variando entre 1,5 s a 2,5 s.

Foi Wallace Clemente Sabine (1868 – 1919) que relacionou o tempo de reverberação de um ambiente com o volume e a absorção dos materiais que o compõe, ao tentar resolver um problema de acústica em um anfiteatro da Universidade de Harvard em Cambridge, EUA no final do século XIX.

O tempo de reverberação pode ser calculado pela equação de Sabine:

$$t_{\text{reverberação}} = 0,16 \frac{V}{A} \quad \text{Equação 47}$$

Onde: $t_{\text{reverberação}}$ é o tempo de reverberação do ambiente em segundos; V é o volume do ambiente em metros cúbicos e A é o coeficiente de absorção total.

Para calcular a absorção total, utilizamos a seguinte equação:

$$A = a_1 \cdot \alpha_1 + a_2 \cdot \alpha_2 + a_3 \cdot \alpha_3 + \dots \quad \text{Equação 48}$$

Onde: a_1, a_2, a_3 , são as áreas das superfícies presentes no ambiente e $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, são os respectivos coeficientes de absorção sonora dos materiais.

1.2.3.7 Efeito Doppler do som

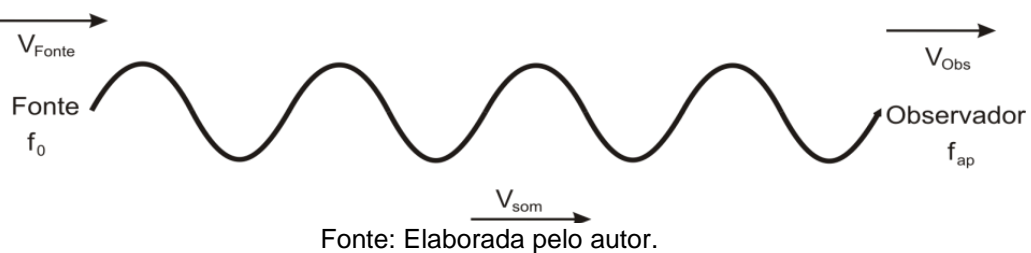
Uma fonte sonora que emite ondas com uma frequência constante, parece ter sua frequência alterada para mais alta ou mais baixa quando está em movimento. Este fenômeno foi observado por Christian Johann Doppler (1803 – 1853), matemático, astrônomo e físico austríaco, que observou mudanças na frequência que um observador percebia quando existia movimento relativo entre o mesmo e a fonte de ondas. Este fenômeno, em sua homenagem, passou a se chamar efeito Doppler. Um exemplo facilmente observável é o da ambulância com a sirene ligada. Apesar do som da sirene ser uma combinação de ondas de diversas frequências, como todas serão afetadas pelo movimento, um observador percebe que quando a ambulância se aproxima, o som é mais agudo do que quando ela se afasta.

Podendo haver movimento relativo entre o observador, a fonte e o ar, este fenômeno depende de três fatores: as velocidades da fonte emissora, do observador e do ar. Se tomarmos a massa de ar na qual as ondas se propagam como referencial e considerarmos as velocidades relativas entre a fonte e o observador subsônicas, com o ar em repouso, a frequência percebida pelo observador é dada por:

$$f_{ap} = f_0 \frac{V_{som} \pm V_{obs}}{V_{som} \mp V_{fonte}} \quad \text{Equação 49}$$

Na equação: f_{ap} representa a frequência aparente percebida pelo observador; f_0 representa a frequência real emitida pela fonte sonora; V_{som} é a velocidade do som no ar; V_{obs} é a velocidade do observador; V_{fonte} é a velocidade da fonte sonora.

Figura 11 - Fonte e observador estão se movendo em relação ao ar (referencial em repouso).



Para a correta utilização dos sinais da fórmula do efeito Doppler, adota-se um eixo com orientação positiva, da esquerda para a direita. Se a fonte e o observador estiverem se aproximando, utiliza-se os sinais superiores da equação 49, e se a fonte e o observador estiverem se afastando, utiliza-se os sinais inferiores da mesma equação.

O efeito Doppler também pode ser observado para as ondas eletromagnéticas, incluindo a luz. Com a análise deste efeito, os astrônomos puderam determinar as velocidades de estrelas e galáxias, tomando a Terra como referencial.

Para as ondas eletromagnéticas, o efeito Doppler foi observado pela primeira vez em 1848 pelo físico francês Hippolyte Fizeau e estes estudos tiveram implicações importantes em diversas áreas, tais como na astronomia, na medicina,

na detecção de velocidades de objetos que se movem, na estimativa da temperatura de um gás, na música e mesmo em aplicações militares.

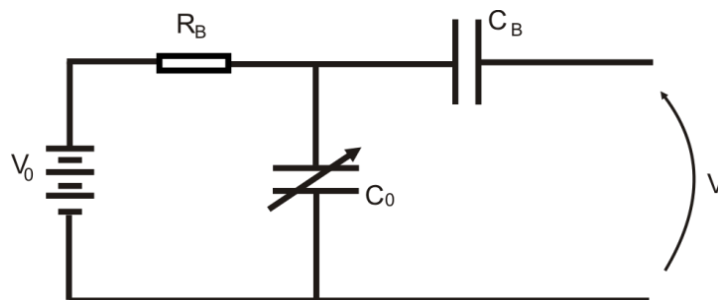
1.2.3.8 Microfone de eletreto

Em nossos experimentos, para a captação de sons, utilizamos microfone de eletreto. Tais microfones são encontrados nos kits multimídias da maioria de computadores pessoais e notebooks.

O princípio de funcionamento são os transdutores eletrostáticos que convertem uma grandeza mecânica, como a variação de pressão (onda sonora) em uma grandeza elétrica. Eles são conhecidos como microfones a condensador.

De acordo com Kinsler et al (2000, p. 418) estes microfones apresentam um diafragma circular, que consiste de uma fina membrana esticada, de aço, alumínio, ou vidro metalizado, e separado de uma placa paralela rígida, por uma pequena distância. O movimento do diafragma em resposta a uma vibração mecânica exterior induz cargas elétricas na placa rígida, a qual está submetida a uma tensão de polarização dada por V_0 , o que produz uma corrente alternada devido à variação da capacitância desse conjunto. Na figura 12 podemos ver uma representação deste transdutor.

Figura 12 – Representação do transdutor com seu circuito externo para seu funcionamento.



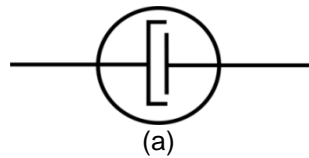
Fonte: Adaptado de Kinsler et al – Fundamentals of Acoustics – 4ª Ed. - p. 395

A tensão V_0 é conhecida como phantom power, a qual, normalmente, é fornecida externamente ao microfone. O Capacitor C_B bloqueia a corrente DC,

proveniente de V_0 , e R_B é o resistor que isola a fonte de polarização do circuito DC da corrente alternada.

Em nossos experimentos utilizamos este tipo de microfone para analisarmos amostras dos sons emitidos pelas mais variadas fontes. Este sistema de captação possibilitou a gravação direta no software *Audacity*, utilizado nos tratamentos dos dados deste trabalho, para posterior análise das frequências e/ou intensidades.

Figura 13 – (a) Símbolo utilizado para o microfone de eletreto; (b) cápsula de microfone de eletreto com seus terminais.



Fonte: (a) Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20061/Cesar/SENSORES-Microfone.html>>; (b) Disponível em: < <http://www.csr.com.br/produtos/em4fp.htm>>.

CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA

2.1 Introdução

Ao ingressar no mestrado profissional, meu objetivo principal era desenvolver material instrucional como roteiros de experimentos em ondas e acústica para o Ensino Médio. Durante as aulas do mestrado tive o prazer de conhecer o software *Audacity* com o qual fiquei muito entusiasmado e, quase que de imediato, busquei relacionar os roteiros experimentais tendo por base este software de uso livre para fins educacionais.

Há 15 anos atuando no Ensino Médio, percebi que era o momento de refletir um pouco mais a respeito da metodologia que uso na sala de aula. Desde criança tinha verdadeira paixão em desmontar e montar objetos eletrônicos e fazer montagens experimentais. Poucas foram as oportunidades de realizar experimentos, discutir fenômenos e trabalhar com projetos durante minha formação básica, o que me levou a dedicar, paralelamente ao período das aulas, a este tipo de atividade, com ajuda de outras pessoas.

Ao ingressar no curso de Engenharia em 1991, acreditava que as minhas dúvidas e inquietações seriam todas sanadas. A título de exemplo, uma dúvida que surgiu no decorrer do curso era conhecer mais a fundo o processo de condução elétrica nos semicondutores e, em uma das aulas, ao questionar o professor do curso de eletrônica sobre tal assunto, o mesmo me respondeu que se eu quisesse aprofundar mais meu conhecimento, deveria então fazer Física.

Resolvi assim, paralelamente, fazer o curso de bacharelado e licenciatura em Física, para que eu pudesse, além de aprofundar mais meus conhecimentos, poder transmitir aos meus alunos o gosto pelos mesmos e mostrar a eles o quanto é gratificante entender minimamente como as coisas são, como funcionam e como se relacionam com as demais, bem como realizar experimentos, através dos quais, pudesse aprender e entender mais a respeito dessas coisas.

Sempre gostei de realizar atividades experimentais que usassem equipamentos de baixo custo e mesmo outros nem tão baratos, mas que podem ser encontrados facilmente nas escolas, como por exemplo, caixa de som, projetor multimídia, etc.

Dentre os temas estruturadores do ensino da Física propostos nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), o tema 3 tem como título “Som, imagem e informação” e apresenta “Fontes sonoras” como uma de suas unidades temáticas.

Esta unidade temática propõe que o aluno do ensino médio seja capaz de:

"Identificar objetos, sistemas e fenômenos que produzem sons para reconhecer as características que os diferenciam; associar diferentes características de sons a grandezas físicas (como frequência, intensidade etc.) para explicar, reproduzir, avaliar ou controlar a emissão de sons por instrumentos musicais ou outros sistemas semelhantes; conhecer o funcionamento da audição humana para monitorar limites de conforto, deficiências auditivas ou poluição sonora." (BRASIL, 2002, p. 75).

Apesar de os temas ondas e acústica serem de grande importância para a formação do aluno, estes, principalmente a acústica, são deixados de lado ou vistos às pressas, somente como etapa obrigatória do cumprimento do programa, ou seja, são fracamente explorados, principalmente devido à correria do ano letivo e da carga horária reduzida para as aulas de Física. No Ensino Médio do Estado de São Paulo, são duas aulas semanais de Física nas três séries do ensino regular.

Nas escolas particulares, com uma média de três a quatro aulas semanais, a ênfase em resolução de exercícios com o intuito de cumprir o programa, com vistas aos resultados dos alunos nos vestibulares, torna a aplicação de atividades experimentais no período regular de aulas uma tarefa quase impossível.

Para a formação do aluno, além dos conteúdos da Física necessários para a compreensão dos fenômenos corriqueiros à sua volta, os alunos devem adquirir competências e habilidades para a utilização das tecnologias disponíveis ao ser humano contemporâneo tais como as TVs, CDs, DVDs, *Blue rays*, projetores

multimídia, computadores, etc., ou seja, instrumentos que fazem parte do seu dia a dia. Sobre um processo de ensino e aprendizagem que contemple estas exigências, os PCN+ destacam:

“implica em trabalhar tanto a natureza ondulatória comum ao som e à luz, quanto reconhecer suas especificidades. Isso inclui, quanto ao som, reconhecer suas características físicas, relacionando-as a fontes, volume, timbre ou escalas musicais, os meios que aprimoram sua transmissão, amplificam ou reduzem sua intensidade e sua interação com a matéria, como a produção do eco.” (BRASIL, 2002, p. 74).

Publicações em âmbito nacional e nas pesquisas na área de Ensino de Física mostram que o computador pode ser utilizado como instrumento de medida no laboratório didático de Física, sem a necessidade de softwares e interfaces comerciais caras. A utilização da entrada de microfone das placas de som do computador pode ser um excelente modo de realizar experimentos com ondas e acústica. Podemos destacar aqui os trabalhos de Cavalcante et al. (2003, 2008), Veit et al. (2005), Haag (2001, 2005), Morini (2009), Calderón et al. (2010), Berg et al. (2010).

Nos PCNEM, fica claro o papel da informática na educação quando define competências e habilidades que os alunos devem desenvolver no decorrer do Ensino Médio. Dentre elas podemos destacar:

“Reconhecer a Informática como ferramenta para novas estratégias de aprendizagem, capaz de contribuir de forma significativa para o processo de construção do conhecimento, nas diversas áreas.” (PCNEM, 2000, p.62).

A aliança do uso do computador como instrumento de medida em atividades experimentais com o uso de processadores de texto, planilhas eletrônicas, blogs e redes sociais como ferramentas de organização e divulgação dos resultados alcançados pelos alunos, certamente propiciará formas do mesmo adquirir estas habilidades e competências necessárias à sua formação social e intelectual, preparando-o para o trabalho e para a continuação dos seus estudos.

Escolhemos a técnica de ensino em grupo para trabalhar com os alunos, pois, nessa técnica, de acordo com Turra et al (1975, p. 140), a “ênfase recai no aproveitamento das possibilidades que o indivíduo traz de *interagir* com o outro”.

Em nosso trabalho, os grupos são formados por três alunos e cada um desempenha papel diferente, que vai se revezando durante os encontros.

De acordo com as técnicas de trabalho em grupo, são vários os papéis que os alunos podem desempenhar neste tipo de atividade. Nos experimentos deste projeto, os alunos assumiram os seguintes papéis: Coordenador, montador e secretário, que também desempenha a função de relator do grupo.

A função do Coordenador é a orientação do grupo em busca dos objetivos propostos, ele é o responsável por organizar a realização das atividades e a coleta dos dados experimentais.

O Montador é o responsável pela organização do material a ser utilizado na atividade, pela montagem experimental, quando esta existir, e pela utilização do software *Audacity* ou outros quando necessário.

O Relator, que também carrega consigo a função de secretário, tem a função de registrar as ideias desenvolvidas durante a atividade, atento aos problemas que vão acontecendo e registrando, com cuidado, o pensamento do grupo, para discussão em grande grupo nos finais dos encontros.

Denominaremos de Turma A, um grupo formado por 9 alunos do Ensino Médio regular de segundas e terceiras séries do Colégio Evolução, uma cooperativa de ensino, pertencente à rede de ensino particular, e de Turma B, um grupo formado por 6 alunos de segundas e terceiras séries do Ensino Médio regular da Escola Estadual Marechal Rondon, da rede pública de ensino.

O trabalho com os alunos foi desenvolvido no período de outubro a dezembro de 2010 e cabe acrescentar que os encontros foram planejados no período de produção dos roteiros, para terem a duração de uma hora e trinta minutos, equivalente ao tempo de duas aulas de quarenta e cinco minutos. Ao final dos encontros, os alunos foram avaliados através de uma prova e responderam a um questionário.

A escolha do tema a ser pesquisado deveu-se basicamente à busca por fundamentar minhas atividades em teorias de aprendizagem e pela minha

aproximação com a música e aos estúdios de gravação, uma vez que sou músico e proprietário de um HOME STUDIO⁴ nas horas vagas.

Nesse sentido, um dos objetivos deste trabalho é trazer subsídios para que o professor possa repensar o seu método de atuação em sala de aula, verificando que, mesmo com poucos recursos financeiros, é possível realizar experimentos com o uso do computador e equipamentos de fácil acesso, que possam auxiliar o processo de ensino e aprendizagem.

2.2 Objetivos gerais

Este trabalho tem como objetivo produzir e avaliar o uso de roteiros de experimentos baseados no software *Audacity* para auxiliar o trabalho do professor e a aprendizagem dos alunos em ondas e acústica, proporcionando uma estratégia de aprendizagem dos conteúdos e uma melhor compreensão dos fenômenos físicos ocorrentes em seu dia a dia.

Visando apresentar os conteúdos da Física aos alunos através de uma proposta metodológica baseada naquilo que os levem a se sentirem satisfeitos nas descobertas de soluções rumo ao seu aprendizado, realizamos neste projeto, atividades experimentais usando o computador como instrumento de medida em que o professor, com esta e outras ferramentas, propõe situações lúdicas e desafiadoras para os alunos.

2.3 Objetivos específicos

- Motivar os alunos para a aprendizagem da Física por meio de atividades experimentais que usem o computador como instrumento de medida.

⁴ HOME STUDIO na Wikipédia é “Um estúdio pequeno, para gravações e ensaios pessoais”, “Tais estúdios geralmente direcionam sua estrutura para as necessidades específicas de seu uso, geralmente com fins de hobby ou não-comerciais”.

- Desenvolver atividades experimentais com roteiros sobre ondas e acústica com o uso do computador e do software *Audacity* que auxiliem o processo ensino e aprendizagem dos conceitos sobre os temas envolvidos.

- Propiciar momentos de diálogos e discussões através de questões problematizadoras, levando os alunos a questionarem os conceitos envolvidos nas atividades experimentais e nas suas vidas, como por exemplo, entenderem como um instrumento musical é afinado e a respeito da influência da reverberação do ambiente no entendimento da fala.

- Permitir que os alunos participem ativamente do processo ensino e aprendizagem, adquirindo valores tais como responsabilidade e respeito por meio do trabalho em grupo, fomentando a cooperação, apresentando os conteúdos de forma lúdica e interativa.

- Desenvolver nos alunos, atitudes como autonomia, iniciativa, para que a sua atuação participativa nas atividades torne-se mais eficiente.

- Desenvolver nos alunos a observação dos fenômenos da Física.

- Aprender a registrar dados.

2.4 Breve revisão bibliográfica

Como ponto de partida para a realização deste trabalho foi feita uma pesquisa bibliográfica em anais de congressos e periódicos sobre ensino de Ciências e Física.

Procuramos identificar trabalhos que descrevessem experiências didáticas ou que propusessem metodologias de trabalho com atividades experimentais em ondas e acústica com o uso do computador como instrumento de medida, bem como aqueles que utilizassem o software *Audacity* ou outro software de gravação de áudio equivalente, e que buscassem auxiliar a aprendizagem da Física no Ensino Médio.

Segue abaixo, a descrição de alguns trabalhos consultados nesta linha de ação:

No primeiro artigo “Aquisição de dados em laboratórios de física: um método simples, fácil e de baixo custo para experimentos em mecânica” (CAVALCANTE; BONIZZIA; GOMES, 2008), os autores, utilizando recursos freeware⁵ e shareware⁶ e um computador, propõem dois experimentos que utilizam a placa de som do mesmo como um sistema de aquisição de dados de baixo custo, se comparados aos sistemas de coleta de dados comercializados por empresas especializadas.

Nos experimentos são utilizados fotossensores ligados à entrada do microfone da placa de som e analisados em programas de gravação e análise sonora.

Na descrição das atividades realizadas pelos autores, o tempo é a variável que se quer medir nos experimentos, tanto na determinação da aceleração da queda dos corpos, como na conservação da quantidade de movimento linear. Nessas atividades o software *Cool Edit*⁷, foi capaz de medir e registrar tempos da ordem de milissegundos com a gravação de sinais através da entrada de microfone ou da entrada de linha da placa de som.

Os autores concluem que, com este tipo de sistema de custo bem reduzido, pode-se realizar experimentos de Física para a verificação das leis envolvidas, mostrando que eles podem ser reproduzidos nos laboratórios didáticos escolares.

Na dissertação analisada “Uma experiência didática de inserção do microcomputador como instrumento de medida no laboratório de Física no Ensino Médio” (SILVA 2005), o autor elaborou e aplicou cinco atividades do tipo aberta em

⁵ Freeware é um modo de distribuição gratuita de softwares de computador.

⁶ Shareware é um modo de distribuição de programas de computador em que se pode experimentar o aplicativo gratuitamente e pagar mais tarde, se desejar continuar a utilizá-lo.

⁷ Cool Edit – Software de gravação e edição de áudio. Originalmente era de licença shareware e foi descontinuado em 2003. Hoje substituído pelo software Adobe Audition da empresa Adobe Systems.

sala de aula para alunos do Ensino Médio, utilizando o microcomputador como instrumento de medida.

A dissertação traz na introdução, a importância da inserção de novas tecnologias no ensino, em especial o uso do computador como ferramenta no laboratório didático de Física, utilizando-o como instrumento de medida através das entradas de microfone e auxiliar da placa de som do computador.

A abordagem construtivista permeia as atividades desenvolvidas e a fundamentação teórica escolhida por Silva (2005, p. 9) para o trabalho foi a teoria interacionista de Vygotsky.

As atividades desenvolvidas com os alunos foram: (a) Medidas automáticas de tempo; (b) Explorando sensores; (c) Ondas mecânicas transversais; (d) Ondas mecânicas longitudinais I; (e) Ondas mecânicas longitudinais II.

Em cada atividade realizada o autor utilizou uma montagem experimental diferente, e o seu desenvolvimento se deu em três turmas diferentes dos cursos do CEFET/RS - Unidade Sapucaia do Sul e do Instituto de Física da UFRGS.

Como avaliação do projeto, o pesquisador propôs às turmas que realizaram a atividade: "*Medidas automáticas de tempo*" e que respondessem a um questionário sobre o qual o autor fez uma análise das respostas dos alunos.

Em outro artigo, os pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul discutem o porquê de introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física, dando ênfase ao uso do microcomputador na coleta e análise de dados, relatando a importância do computador como coadjuvante em grandes transformações na sociedade (HAAG; ARAUJO; VEIT, 2005).

Afirmam que o computador, na escola atual, está sendo explorado para construção de materiais, consulta de informações e como forma de comunicação. Separam a aplicação das tecnologias de informação e comunicação em duas: computador como suporte no laboratório didático de física e como instrumento para modelagem científica.

No laboratório didático de Física, descrevem a utilização do computador como um sistema de aquisição automática de dados, utilizando para conversão das grandezas físicas a serem medidas, sensores e componentes eletrônicos de baixo custo e de fácil obtenção no mercado nacional.

Sensores que foram utilizados com os alunos: termistores do tipo NTC⁸, foto diodo⁹, LDR¹⁰ e até mesmo um potenciômetro, o qual pode ser adaptado para medir variações de grandezas em função da resistência elétrica.

Indicam, como sensor mais simples, o uso da entrada de microfone, em que, com o auxílio de um software e um microfone, é possível realizar experiências em acústica, estudar os timbres de instrumentos musicais e fazer até experimentos de mecânica (choques mecânicos). Afirmam que com este tipo de arranjo experimental, minimiza-se o tempo necessário à coleta de dados, possibilitando um tempo maior para discussão e análise dos fenômenos físicos envolvidos.

Na busca por algum trabalho que utilizasse aquisição de dados com o software *Audacity*, encontramos dois artigos internacionais que mostram a utilização deste software na realização de experimentos de baixo custo para auxiliar o ensino da Física.

No trabalho de Calderón, Núñez e Gil (2010) “*Experimentos em el aula utilizando la tarjeta de sonido de una PC*”, os autores descrevem como eles utilizam a entrada de microfone do computador como um sistema de aquisição de dados para estudar a propagação e a reflexão de pulsos sonoros em tubos cilíndricos (PVC), abertos e fechados, de diferentes comprimentos.

Propõem através do uso do software *Audacity*, para diferentes comprimentos de tubos, calcularem a velocidade do som utilizando o software Excel.

⁸ NTC (*Negative temperature coefficient*) termistores cujo coeficiente de variação de resistência com a temperatura é negativo (resistência diminui com o aumento da temperatura).

⁹ Fotodiodo é um dispositivo semiconductor de junção p-n que utiliza a luz como controle da corrente elétrica que o atravessa.

¹⁰ LDR ou célula fotocondutiva é um dispositivo semiconductor de dois terminais cuja resistência varia (linearmente) com a intensidade da luz incidente.

Concluem que com a placa de som disponível na maioria dos computadores, pode-se realizar atividades como a descrita acima, com baixo custo para alunos de Ensino Médio e até das séries iniciais de Ensino Superior, incorporando a utilização das novas tecnologias de informação e comunicação (TICs).

Em outro artigo que utiliza também o software *Audacity*, Berg e Courtney (2010) descrevem uma forma de medir a velocidade do som no ar, diferentemente de Cavalcante e Tavaloro (2003), através do eco produzido pelo estouro de um balão a uma dada distância de uma parede lisa.

Com a digitalização do som emitido pelo estouro do balão através do microfone do computador, pode-se verificar na tela do software, o som direto e o som refletido. Com a diferença de tempo entre os dois sinais gravados e conhecendo-se a distância de ida e volta na sala, calcula-se a velocidade do som no ar na temperatura em que o ambiente se encontra.

Dado que o *Audacity* importa vários tipos de formatos de arquivos, como ideia, eles enfatizam que o iPod¹¹ e outros similares podem ser utilizados como equipamentos para digitalização do som em ambientes para posterior análise em computadores e, poder-se assim, realizar o experimento proposto em vários ambientes diferentes, sem precisar levar o computador até estes locais.

A área educacional do *Institute of Physcs* (IOP¹²) mantém o website TAP¹³ (*Teaching Advanced Physics*), que apresenta recursos e ideias detalhadas para ensinar Física para alunos entre 16 e 19 anos. Estes recursos podem ser adaptados de acordo com a necessidade dos professores e dos materiais disponíveis nas escolas. Na seção de vibrações e ondas encontramos 5 tópicos divididos em 25 episódios que vão do episódio 300 ao 324. Cada episódio é um link para várias atividades.

¹¹ iPod são reprodutores de áudio no formato digital, marca registrada da Apple.

¹² IOP (Institute of Physics): disponível em <<http://www.iop.org/>>.

¹³ TAP (Teaching Advanced Physics): disponível em <<http://tap.iop.org/>>.

No episódio 311 – *Speed, frequency and wavelength*, encontramos atividades que utilizam um software chamado *Multimedia Sound* da *Cambridge Science Media (multimedia for science education)* que comercializa um CD, contendo além do software *Multimedia Sound* outros softwares para uso em ensino de Física.

Este software possui, além de ferramentas que permitem comparar formas de onda, ferramentas para analisar espectros de frequências geradas por fontes sonoras e medir as suas amplitudes e frequências. Para análise, o software traz um conjunto de sons reais gerados por instrumentos musicais e objetos do cotidiano. Possui também um sintetizador de sons, importa vários formatos de arquivos de áudio e pode gravar sons com um microfone conectado ao computador através da placa de som, além de extrair arquivos de áudio do CD.

Durante a análise destes episódios encontramos duas atividades, além das realizadas com o software *Multimedia Sound*, que podem ser adaptadas facilmente para o uso com o software *Audacity*. São elas: 307-4 – *Resonance of a Milk bottle* e 324-5 – *Standing waves in sound*.

No Portal do Professor, site criado e mantido pelo MEC, acessamos os links: **Espaço da aula** e na sequência, **sugestões de aulas**. Nesta página, utilizando a ferramenta de busca do site, fizemos uma pesquisa pela palavra **som**; **tipo de pesquisa**: Ensino Médio; **Componente curricular**: Física, **tema**: som, imagem e informação; **UF**: todos; **Ordem de classificação**: relevância.

Encontramos um total de 110 sugestões de aulas que foram analisadas em busca de atividades que utilizassem o computador como instrumento de medida ou registro de som e que utilizassem o software *Audacity* ou outro semelhante.

Do total de sugestões de aulas, 36 correspondem ao tema som, 58 ao tema imagem e 16, ao tema informação.

Das 36 aulas sugeridas, analisamos todas na busca de atividades semelhantes às realizadas neste projeto e encontramos três atividades, descritas abaixo.

Atividade 1: *Ondas – Altura e intensidade sonora*. (GOMES; NUNES; VENTURA, 2010).

O experimento descrito utiliza a ferramenta *gerador de áudio* do software *Scope*¹⁴ para mostrar ao aluno a diferença entre altura e intensidade do som relacionando as variáveis envolvidas nestes dois conceitos. Como material para a aula expositiva proposta, o professor utiliza além do computador, um data-show e um amplificador de áudio integrado a uma caixa de som.

Atividade 2: *Acústica – Batimento*. (GOMES; NUNES; VENTURA, 2010).

Nesta aula, também expositiva, com duração de 50 minutos e utilizando os mesmos recursos da atividade 1 descrita acima, o autor tem por objetivo mostrar aos alunos o fenômeno do batimento sonoro e como calcular a frequência do batimento utilizando também o software *Scope*.

Atividade 3: *O microfone espião*. (HARTUNG; MEIRELLES, 2011).

Nesta aula o professor propõe que os alunos construam um microfone espião para que eles compreendam seu funcionamento e os conceitos físicos e matemáticos envolvidos na sua construção e respectivo funcionamento.

Após a construção de uma superfície refletora parabólica proposta pelo professor, os alunos são levados a verificarem experimentalmente a amplificação do som emitido por fontes, colocando a orelha aproximadamente no foco deste refletor direcional, verificando assim, a amplificação do som emitido. Para gravar, registrar o som e mostrar a amplitude das ondas sonoras no foco deste refletor na tela de um computador, os alunos colocam neste local, um microfone ligado a um computador e gravam o sinal com auxílio do software *Audacity*.

¹⁴ Soundcard Sciloscope (Scope). Autor: Christian Zeitnitz. Software gerador de áudio e osciloscópio de dois canais que pode ser baixado no site <http://zeitnitz.de/Christian/Scope/Scope_en> e pode ser usado gratuitamente para fins educacionais.

Apesar de encontrarmos vários trabalhos experimentais que utilizam o computador como instrumento de medida, poucos deles descrevem a utilização do software *Audacity* em sala de aula e esperamos contribuir para que os professores possam realmente utilizar estes roteiros em suas aulas, assim como adaptá-los de acordo com sua realidade escolar.

CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Introdução

De acordo com teorias construtivistas, o conhecimento não é apenas transmitido ao aluno pelo professor e recebido de forma passiva por ele, mas sim construído pelos alunos de forma ativa através das suas relações com o meio.

Como fundamentação teórica para este trabalho, optamos pela teoria sociointeracionista de Vygotsky e a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Acreditamos que a aprendizagem de um novo conhecimento pelo aluno depende daquilo que ele já sabe e a interação social contribui para a formação deste novo conhecimento.

O sociointeracionismo de Vygotsky tem como questão central a aquisição de conhecimentos pela interação social do sujeito com o meio. O sujeito adquire novos conhecimentos a partir de relações intra e interpessoais e de trocas com o meio. Estas relações ocorrem através de processos conhecidos por interação social e mediação.

Como psicólogo da aprendizagem com posição cognitivista, David Ausubel em sua teoria busca compreender como o sujeito, através de processos de aprendizagem, relaciona as ideias e conhecimentos que já adquiriu em sua vida com novos conhecimentos. Sua teoria tem como ideia principal a aprendizagem significativa, aquela em que os novos conhecimentos se ancoram em ideias ou conceitos que já existem na estrutura cognitiva do indivíduo. Para que esta aprendizagem ocorra, ela deve partir daquilo que o aluno já tem de conhecimento, os chamados conhecimentos prévios. Para tanto, duas condições são essenciais: - O aluno deve estar predisposto a aprender. - O material desenvolvido deve ser significativo para o aluno.

3.2 Sobre o sociointeracionismo de Vygotsky

Uma das ideias centrais do pensamento de Vygotsky é a de que o funcionamento psicológico fundamenta-se nas relações sociais entre o indivíduo e o mundo exterior, as quais se desenvolvem num processo histórico.

Rego (1997) menciona que “as funções psicológicas especificamente humanas se originam nas relações do indivíduo e seu contexto cultural e social” e salienta que é o aprendizado, aspecto necessário para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, que possibilita e movimenta o processo de desenvolvimento. Para Martins (1997, p. 114) as funções psicológicas são instrumentos do pensamento em que podemos distinguir funções psicológicas elementares e superiores. Como elementares podemos citar a memória e como superiores podemos citar o raciocínio e a atenção voluntária.

Na perspectiva de Vygotsky o desenvolvimento cognitivo é a conversão destas relações sociais em funções mentais, entendendo-se aqui por funções mentais o pensamento, a memória, a percepção e a atenção. Neste contexto, o desenvolvimento e a aprendizagem se relacionam porque o ser humano vive em um meio social, o qual serve de sustentação para esta relação e, portanto, o desenvolvimento e a aprendizagem caminham juntos. Para Vygotsky (1984, p. 101) a aprendizagem está diretamente relacionada ao desenvolvimento e é “um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas”. Destaca ainda que: “o aprendizado pressupõe uma natureza social específica e um processo através do qual as crianças penetram na vida intelectual daqueles que as cercam”.

Porém, para que ocorra o desenvolvimento cognitivo este deve ser mediado por signos e instrumentos. Para Moreira (1999, p. 111) “instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa” e “signo é algo que significa uma outra coisa” como exemplos podemos citar palavras, números, gestos, etc.

Na concepção de Vygotsky (1999) é através da mediação que se dá a internalização de significados e o maior instrumento mediador é o sistema de signos conhecido como linguagem, sistema este que propulsiona a construção do conhecimento, realizando a mediação entre o sujeito e o conhecimento através da interação social utilizando-se de signos e instrumentos construídos culturalmente.

Vygotsky identificou dois níveis de desenvolvimento:

- O real, que são conquistas que já se consolidaram na estrutura cognitiva da criança. Determina o que ela já é capaz de fazer sozinha, sem a assistência de alguém mais experiente (pai, mãe, professor, etc.).

- O potencial, que é a capacidade de aprender com outra pessoa. Refere-se ao fazer mediante a ajuda de adultos ou crianças mais experientes.

Partindo destes dois postulados, Vygotsky define o conceito de zona de desenvolvimento proximal, considerando fundamental para a compreensão das relações entre desenvolvimento e aprendizagem.

“a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes” (VYGOTSKY, 1984, p. 97).

O professor deve atuar nesta região para que o ensino seja eficiente. Aqui o trabalho do professor é o de mediador¹⁵, que deve proporcionar situações de demonstração, assistência, fornecimento de pistas, experimentos, instruções, quer dizer, atividades que favoreçam a interação entre os alunos, entre eles e o professor e entre eles e o material de ensino. Com isso, o professor ajudará o aluno a construir o seu conhecimento e conseqüentemente produzirá seu desenvolvimento cognitivo.

Desta forma, o professor é o agente que contribui para a transmissão do conhecimento que foi acumulado historicamente pelo homem, interferindo no processo de aprendizagem do aluno.

¹⁵ Para Oliveira (2003, p. 26) mediação “em termos genéricos, é o processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação; a relação deixa, então, de ser direta e passa a ser mediada por esse elemento”.

Segundo Moreira (1999, p. 121) “Sem interação social, ou sem intercâmbio de significados, dentro da zona de desenvolvimento proximal do aprendiz, não há ensino, não há aprendizagem e não há desenvolvimento cognitivo”.

3.3 Sobre a teoria de David Ausubel.

Assim como Vygotsky, Ausubel também construiu uma teoria construtivista por acreditar que o processo de apreensão do conhecimento acontece em um processo evolutivo. O conhecimento se dá através da construção a partir de estruturas já consolidadas.

Na teoria de David Ausubel o conceito central é o da aprendizagem significativa, em que ele explica os processos de aprendizagem sob um enfoque cognitivista. Para Moreira (1985, p. 61) a aprendizagem cognitiva é “aquela que resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva”.

Segundo Moreira (1982) a preocupação de uma aprendizagem significativa é armazenar informação, agrupar os conhecimentos em classes mais genéricas a fim de que o indivíduo possa manipular e utilizar essas informações no futuro. Deve-se, portanto, favorecer mecanismos para que o indivíduo possa desenvolver esta habilidade de organização de informações.

Ausubel se preocupa com a sala de aula e como a aprendizagem acontece neste contexto. Para tal, o material de ensino deve ser realmente significativo e proporcionar condições favoráveis para que ocorra esta aprendizagem.

Visando uma aprendizagem significativa dos assuntos abordados nas atividades experimentais deste projeto, os roteiros e sua utilização na sala de aula foram produzidos tendo como pressuposto esta teoria.

3.3.1 Sobre a aprendizagem significativa

A aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo e só ocorre quando aquele conceito que se quer ensinar relaciona-se de maneira substantiva e não arbitrária com conceitos que já estão incorporados na estrutura cognitiva do aluno.

Ausubel (1978, p. 4) afirma que: “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fato mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o indivíduo já sabe. Descubra isso e ensine-o de acordo.”

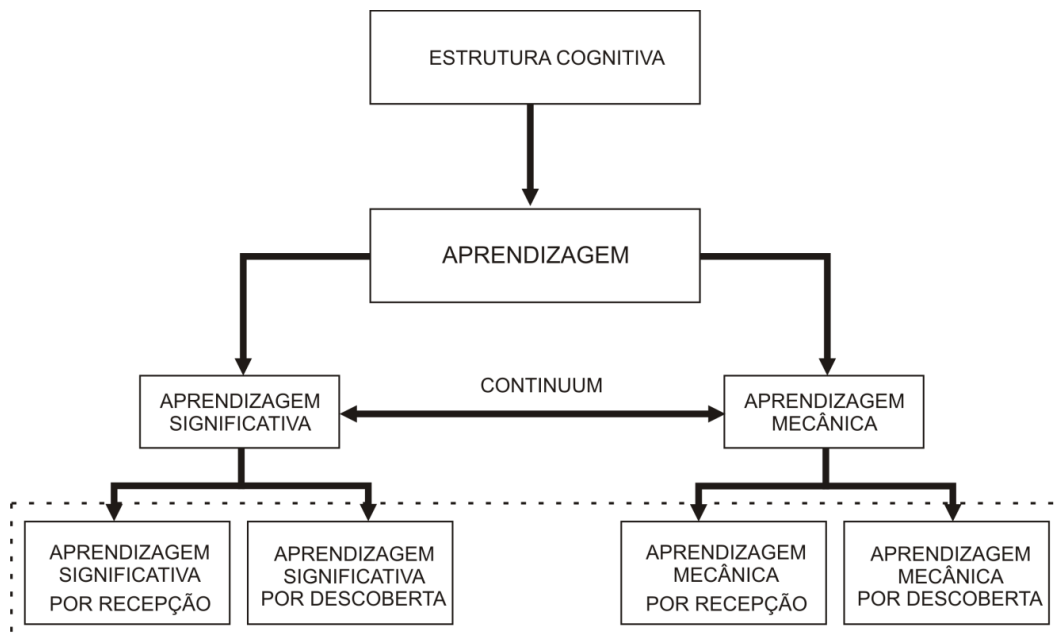
Aquilo que o aluno já sabe ou conceitos que já estão incorporados na estrutura cognitiva do aluno é o que se chama de subsunçores.

Moreira (1983, p.20) destaca que “*subsunçor* é um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de *ancoradouro* a uma nova informação, de modo que ela adquira, assim, algum significado para o indivíduo (i. e., que ele tenha condições de atribuir significados a essa informação).”

Novos conceitos ou ideias podem ser aprendidos, de maneira significativa, se esses conceitos ou ideias estiverem claras e disponíveis na estrutura cognitiva do aluno para que funcionem como ponto de ancoragem (subsunçores) às primeiras. Pode-se dizer que, de acordo com esta ideia, a aprendizagem significativa irá ocorrer quando o novo conhecimento se “ancorar” em subsunçores, já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

Quando os alunos não possuem esses subsunçores em sua estrutura cognitiva ou conhecimentos prévios, o professor deve lançar mão de uma aprendizagem que Ausubel chama de aprendizagem mecânica. Portanto, apesar de parecer que Ausubel faz uma distinção entre dois tipos de aprendizagem: a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa, para ele isto não é classificado como uma dicotomia e sim um continuum como pode ser observada na figura 14.

Figura 14 – Principais conceitos relativos à aprendizagem, segundo a teoria de David Ausubel.



Fonte: Adaptado de <http://www.robertexto.com/ardchivo3/a_teorias_ausubel.htm>.

3.3.2 Sobre a aprendizagem mecânica

Na aprendizagem mecânica o conhecimento que o aluno adquiriu não fica ligado a conceitos subsunçores em sua estrutura cognitiva, mas permanece nesta, distribuído de maneira aleatória. Quando um assunto como o tempo de reverberação de ambientes é proposto nos roteiros de experimentação deste projeto, a fórmula de Sabine é apresentada aos alunos sem que haja dedução formal, pois a mesma foi obtida empiricamente através dos estudos deste cientista e, neste caso, os alunos tiveram contato com este tipo de aprendizagem.

A aprendizagem mecânica, que pode ser por descoberta ou por recepção se faz necessária quando o aluno não possui os subsunçores necessários para a aprendizagem significativa, e numa área completamente nova para ele, as informações adquiridas através da aprendizagem mecânica poderão servir de subsunçores para novas aprendizagens.

Em ambas as turmas participantes deste projeto, o conhecimento sobre alguns conceitos físicos tiveram de ser apresentados de forma tradicional, através da simples memorização das fórmulas e exemplos de sua aplicação, antes mesmo da

realização das atividades experimentais. Os alunos da escola estadual, não haviam visto a função matemática para o batimento sonoro anteriormente, nem a equação do efeito Doppler para o som. Com o número reduzido de aulas neste nível de ensino, muitos conceitos de Física são explorados pelo material de ensino de forma muito superficial. Por isso a necessidade de uma aprendizagem mecânica através da memorização para realização dos experimentos.

Segundo a teoria de Ausubel, a aprendizagem pode se processar de duas formas: a aprendizagem por descoberta e a aprendizagem por recepção.

Na aprendizagem receptiva o que deve ser aprendido é apresentado ao aluno na sua forma final, enquanto na aprendizagem por descoberta, o conteúdo deve ser descoberto por ele. A aprendizagem por recepção e a aprendizagem por descoberta só se tornam significativas se forem ligadas a conceitos subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do aluno.

Uma aprendizagem por descoberta pode ser mecânica ou significativa e da mesma forma a aprendizagem por recepção pode ser mecânica ou significativa como mostrado na figura 14. A aprendizagem só será significativa se o aluno possuir ou não conceitos subsunçores em sua estrutura cognitiva.

3.4 As teorias de Vygotsky e Ausubel e suas implicações neste trabalho

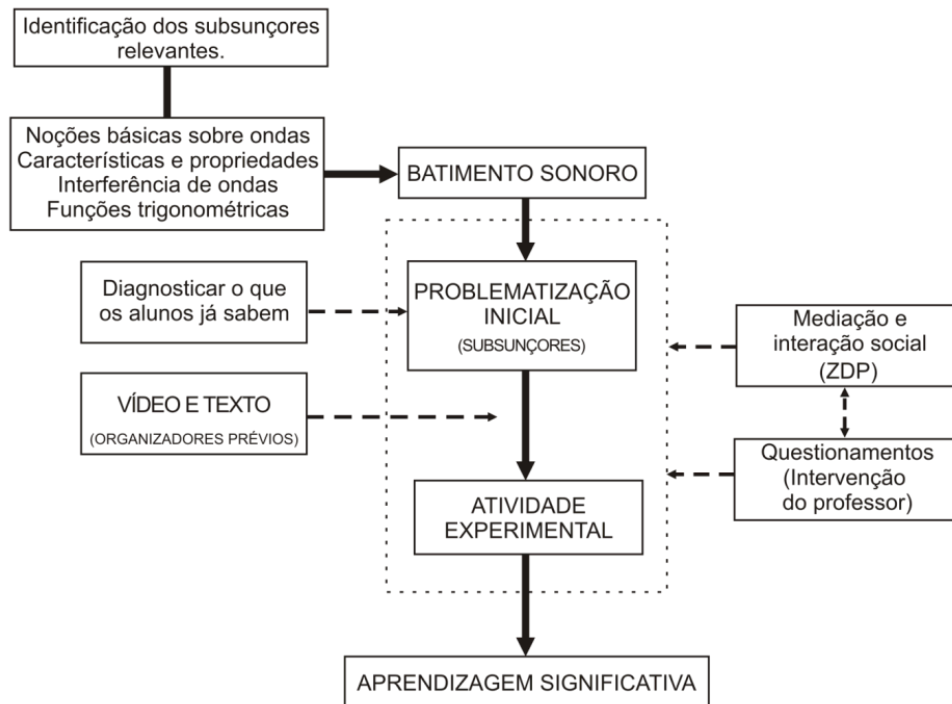
Para o desenvolvimento deste projeto muitas teorias de aprendizagem poderiam ser descritas aqui, mas, para a fundamentação teórica, duas delas mereceram destaque por melhor se aplicarem ao estudo.

No caso de Vygotsky, as atividades experimentais acompanhadas de roteiros e do uso do software *Audacity* terão a função de auxiliar o aluno na zona de desenvolvimento proximal fazendo com que os conceitos envolvidos passem a fazer parte do seu nível de desenvolvimento real. Esta não será o único tipo de

aprendizagem desta metodologia, pois a aprendizagem significativa de Ausubel foi utilizada para a elaboração dos roteiros e na forma de condução dos encontros.

Segue, abaixo, o diagrama procedimental teórico e metodológico de desenvolvimento de uma das atividades desenvolvidas no projeto.

Figura 15 – Diagrama da metodologia de uma das atividades experimentais desenvolvidas com os alunos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Escolhemos dentro do estudo das ondas e acústica, alguns tópicos envolvendo fenômenos importantes da Física que pudessem ser trabalhados. Os conceitos mais importantes trabalhados nas atividades experimentais foram: frequência, período de um pêndulo simples para a determinação da aceleração da gravidade, interferência de ondas sonoras, tempo de reverberação e efeito Doppler.

Partindo deste ponto, utilizamos nos encontros, uma problematização inicial. Esta, por sua vez, era formada por questões que, junto às indagações feitas pelo professor através de suas intervenções com os alunos, tinham a finalidade de diagnosticar o que os alunos já sabiam sobre o assunto a ser trabalhado nas atividades e procurar subsunçores em sua estrutura cognitiva para que os novos conceitos apresentados pudessem se ancorar.

Na atividade *Batimento Sonoro*, a questão problematizadora utilizada foi a seguinte: Se ouvirmos uma frequência de 410 Hz e depois de um minuto ouvirmos uma frequência de 420 Hz, muitas pessoas não serão capazes de distinguir estas duas frequências. Mas, se as produzirmos no mesmo instante, perceberemos um som cuja frequência é a média das duas frequências, ou seja, 415 Hz e com uma variação periódica na intensidade percebida. Este fenômeno é muito utilizado por músicos de instrumentos de corda, para afiná-los. Você sabe como se afina um instrumento musical de cordas?

Identificados os conhecimentos prévios, apresentamos aos alunos o objetivo a ser atingido com a atividade experimental, que era o de observar o batimento sonoro de duas ondas produzidas pelo software no computador.

Após o conhecimento deste objetivo, apresentamos aos alunos um vídeo que, juntamente com o texto teórico do roteiro, serviram como organizadores prévios para apresentar alguns conceitos subsunçores tais como: interferência de ondas e ressonância que, para alguns alunos, representavam algo que já possuíam em sua estrutura cognitiva e para outros ainda não.

A atuação do professor nesta fase é muito importante, pois, com a grande proximidade com os alunos, faz indagações levando-os a encontrarem e analisarem pontos relevantes a serem verificados na atividade experimental proposta. Com isso, eles puderam se organizar para relacionar estes pontos aos conceitos que eles verificaram através do experimento proposto.

No experimento em si, os alunos interagiram com os materiais, com o software Audacity e com os colegas de grupo. Enquanto eles realizavam o experimento proposto, o professor fazia questionamentos em cada grupo acerca dos problemas encontrados e dos conceitos científicos envolvidos no experimento. De acordo com uma abordagem vygotskiana do desenvolvimento de funções psicológicas superiores, esse desenvolvimento se dá do social para o individual.

Acreditamos que, através desta interação proporcionada pela atividade experimental em grupo, estamos disponibilizando momentos importantes para a consolidação de uma aprendizagem mais significativa aos alunos.

Para que as situações didáticas deste projeto atingissem os objetivos propostos, estruturamos os roteiros a fim de propiciar momentos que possibilitassem a discussão de situações problemas entre alunos e entre alunos e professor, visando, através da interação social dos mesmos com o objeto de aprendizagem, uma aprendizagem significativa dos conteúdos propostos. Em dois momentos dos encontros eram propostas discussões em grande grupo: após a problematização inicial, em que os alunos expunham suas respostas à questão problematizadora, e ao final da atividade experimental, em que liam seus relatórios e faziam suas considerações finais a respeito dos fenômenos físicos estudados e dos resultados obtidos naquela atividade.

3.4.1 Estrutura dos roteiros dos experimentos

Foram estruturados cinco roteiros para cinco encontros semanais. São eles:

- Introdução ao *Audacity*.
- Determinação da aceleração da gravidade.
- Batimento sonoro.
- Acústica de ambientes.
- Efeito Doppler.

Dos roteiros construídos, o primeiro, *Introdução ao Audacity*, é o único que não segue a estrutura vista na figura 16, por se tratar de uma atividade em que o aluno tinha como objetivo aprender a utilizar o software e relacioná-lo a alguns conceitos da Física. Algumas atividades deste roteiro utilizaram ferramentas do software e conhecimentos de Física como: medida de período de uma onda, frequência e escala musical.

As quatro atividades restantes tiveram seus roteiros experimentais elaborados à seguinte estrutura:

Figura 16 – Estrutura dos roteiros das atividades experimentais.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A *problematização inicial*, composta por questões, tem por finalidade diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos pelo professor, verificando assim se eles possuem os subsunçores necessários para a compreensão dos fenômenos estudados.

Após a parte da problematização são apresentados os *objetivos* que os alunos devem atingir com a realização da atividade experimental.

A *introdução teórica* apresenta um texto do assunto proposto e tem a função de ser organizador prévio, juntamente com a apresentação de vídeo ou apresentações em PowerPoint e às explicações dadas pelo professor nesta fase da atividade.

Na parte *material utilizado*, são listados os materiais que os alunos necessitarão para a realização do experimento.

Na última etapa, *procedimentos e atividades* assim definidas, são apresentados os procedimentos para realização das atividades experimentais. Apresentam também atividades que complementam as situações didáticas propostas na busca de uma aprendizagem significativa dos conteúdos propostos. Estas últimas atividades são compostas por questões abertas ou não, retiradas de livros didáticos e vestibulares para fixação dos conteúdos.

CAPÍTULO 4 – APLICAÇÃO DA PROPOSTA

4.1 Introdução

Neste capítulo descrevemos a utilização dos roteiros em encontros semanais com os alunos participantes do projeto no segundo semestre de 2010.

Os roteiros foram concebidos primeiramente para serem aplicados aos alunos das segundas séries do Ensino Médio regular, mas por conta da suspensão das aulas devido ao alerta da pandemia da chamada “gripe suína” no ano de 2009, o projeto foi desenvolvido com os alunos, no período vespertino no ano de 2010, em horários não coincidentes com os das suas aulas normais, ao que chamaremos de “período contrário”.

Como o projeto foi desenvolvido em período contrário ao das aulas regulares, tornou-se necessário esclarecer aos alunos de segundas e terceiras séries o que seria o projeto, para só então abrir o convite para aqueles que quisessem participar.

Foram formadas duas turmas assim compostas: *Turma A*: nove alunos da escola da rede particular e *Turma B*: seis alunos da escola estadual.

Para o desenvolvimento da proposta, foram organizados encontros semanais de uma hora e trinta minutos para a realização das atividades experimentais nas escolas.

A dinâmica de trabalho dos encontros consistiu na distribuição dos roteiros e dos materiais necessários para os experimentos, os quais foram disponibilizados em uma mesa tal que o aluno destacado como responsável pela montagem experimental, se tornava também responsável pela sua organização.

Após uma organização prévia, os alunos discutiam a problematização inicial inserida nos roteiros e liam uma introdução teórica do assunto.

Logo após esta leitura, dava-se início ao desenvolvimento da parte experimental propriamente dita e quando necessário, o professor fazia no quadro negro, uma breve revisão dos conceitos envolvidos. Nos dez minutos finais de cada encontro, o secretário de cada grupo apresentava as conclusões, as dificuldades encontradas e as suas superações para todos na sala. Após esta apresentação final o professor e os alunos faziam suas considerações finais sobre o assunto tratado na atividade.

4.2 As escolas participantes do projeto

Uma das escolas em que aplicamos o projeto foi a escola pública “E. E. Marechal Rondon”, localizada na cidade de Guará, no interior do estado de São Paulo. É a única escola estadual de Ensino Médio da cidade onde leciono como professor efetivo desde o ano 2000.

Abaixo segue uma foto da fachada da escola que oferece Ensino Médio regular e suplência para cerca de seiscentos (600) alunos.

Figura 17 – Fachada da E. E. Marechal Rondon – Guará/SP.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

A escola, que apesar de ser considerada uma construção antiga, foi totalmente adaptada para a inclusão de alunos portadores de deficiências físicas, com rampas de acesso e elevador. Ela possui 13 salas de aula, sala da coordenação, que também é utilizada como sala multimídia, uma biblioteca, duas quadras esportivas (uma coberta), e uma sala de informática com 15 computadores com acesso à Internet, além das dependências administrativas da escola.

Destaca-se aqui que a escola estadual onde o projeto foi desenvolvido atende somente alunos do Ensino Médio regular, diurno e noturno e E.J.A. (Educação de Jovens e Adultos) no período noturno.

A escola conta com um laboratório de Ciências e, no período em que o projeto estava sendo executado, o mesmo não se encontrava disponível para a sua utilização, uma vez que estava temporariamente sendo utilizado como almoxarifado, devido a uma reforma para instalação de um elevador e outras adaptações na escola, para facilitar a locomoção de portadores de necessidades especiais.

Figura 18 – Laboratório de Ciências da E. E. Marechal Rondon.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

Os experimentos que não puderam ser realizados na sala de informática o foram na sala da coordenação e quando esta também não estava disponível, utilizamos outros locais adaptados na escola.

Na figura 19 podemos ver a sala de informática de escola estadual Marechal Rondon.

Figura 19 – Sala de Informática da E. E. Marechal Rondon.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

A outra escola que também participou do projeto foi o Colégio Evolução, que é uma cooperativa de ensino que se instalou na cidade de Guará há 14 anos e conta com 250 alunos distribuídos entre os ensinos: Fundamental e Médio.

Figura 20 – Fachada do Colégio Evolução (CERG).



Fonte: Foto tirada pelo autor.

A escola conta com 12 salas de aula, além das dependências administrativas, uma quadra esportiva e uma biblioteca. Não possui sala de informática nem locais adequados para a realização de experimentos em Física e/ou Química. A Diretora do colégio disponibilizou uma sala de aula para que o projeto pudesse ser realizado na escola.

Figura 21 – Sala de aula adaptada para realização do projeto no Colégio Evolução.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

4.3 Planos de aulas e descrição das atividades experimentais com os materiais utilizados.

As discussões dos resultados das atividades experimentais descritas a seguir serão apresentadas na seção 4.5

Atividade nº 1 – INTRODUÇÃO AO *AUDACITY*

Tempo da atividade: 1 h e 30 min. (aproximadamente duas aulas).

Para esta atividade foram utilizados, além do roteiro impresso encontrado no apêndice A, computador com kit multimídia, aparelho mp3 *player* e um diapasão. Os materiais podem ser vistos na figura abaixo.

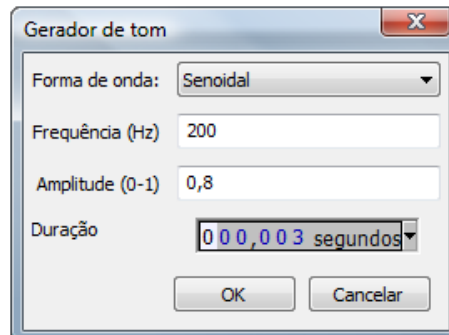
Figura 22 – Materiais utilizados na aula “Introdução ao *Audacity*”.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

O objetivo principal era colocar os alunos em contato com o software *Audacity* e suas ferramentas básicas e realizar algumas atividades simples como: determinar o período de uma onda gerada pelo dispositivo *gerador de tom* do software (figura 23) e calcular sua respectiva frequência através do tamanho da amostra em segundos (eixo horizontal) da figura 24

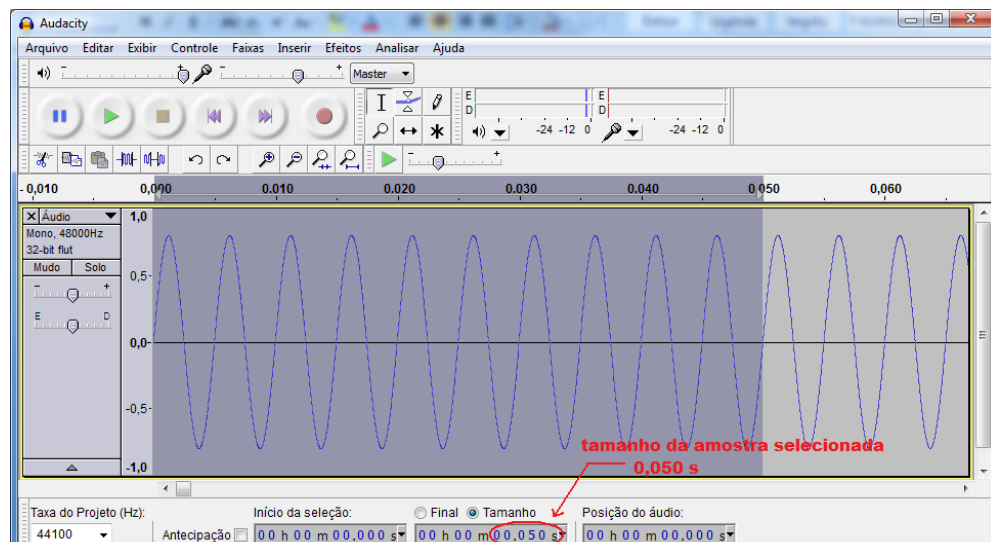
Figura 23 – Gerador de tom do software *Audacity*.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Comparar a frequência calculada com a medida utilizando uma ferramenta do próprio software chamada *espectro de frequência* vista na figura 25.

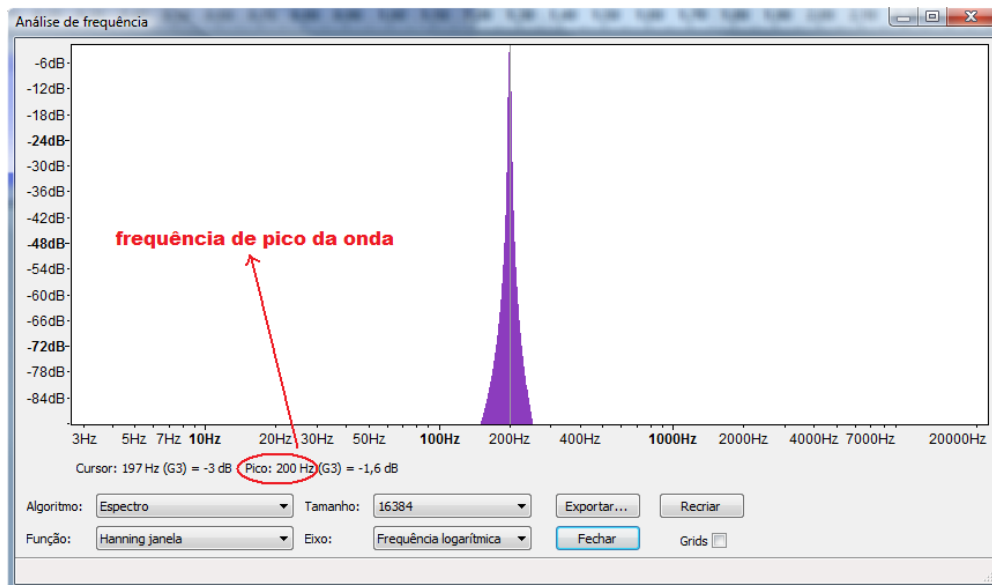
Figura 24 - Tela principal do software mostrando parte de uma onda senoidal selecionada.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Como última atividade, os alunos aprenderam a calcular as frequências das notas musicais dentro de uma oitava e inseriram as mesmas no software a fim de escutar a sua execução pelo mesmo. Esta atividade tinha como objetivo familiarizar os alunos com o software e mostrar a relação da música com as frequências das notas de um instrumento musical.

Figura 25 – Ferramenta *Espectro de frequência* do software *Audacity* analisando a frequência da onda da Figura 24.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Atividade nº 2 – DETERMINAÇÃO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

Tempo da atividade: 1 h e 30 min. (aproximadamente duas aulas).

O objetivo principal desta atividade é determinar a aceleração da gravidade local com auxílio de um pêndulo formado por uma bolinha (massa), linha de costura, alfinete, suporte, trena e transferidor como podem ser vistos na figura 26.

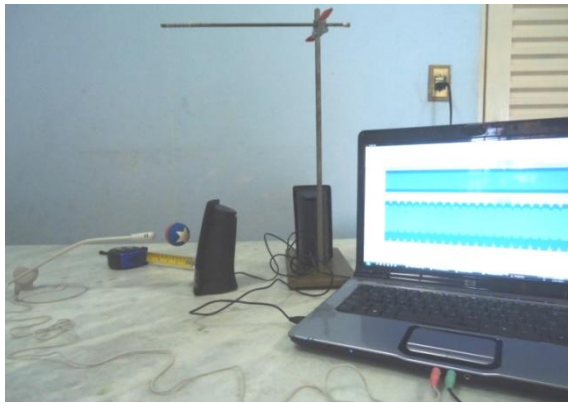
Figura 26 - Materiais utilizados na aula “Determinação da Aceleração da Gravidade”.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

A montagem experimental pode ser vista na figura 27.

Figura 27 – Esquema da montagem experimental para a determinação da aceleração da gravidade.

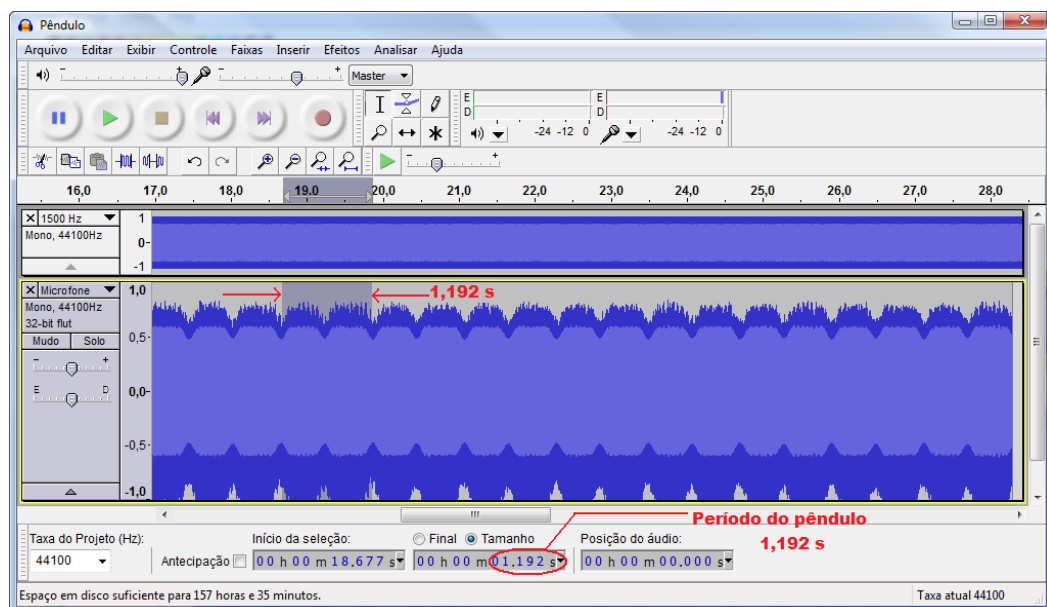


Fonte: Foto tirada pelo autor.

Para medir o período do pêndulo proposto a fim de encontrarmos a aceleração da gravidade local, um sinal de frequência 1500 Hz é gerado pela ferramenta *gerador de tom* do software e reproduzido pela caixa de som do computador. Este sinal é então captado pelo microfone e gravado pelo software. Cada vez que a massa do pêndulo passa em frente ao microfone, a amplitude do sinal captado sofre uma diminuição.

Na figura 28 podemos ver as diminuições da amplitude do sinal do microfone e em destaque a medida do período do pêndulo.

Figura 28 – Tela mostrando a medida do período do pêndulo no experimento DETERMINAÇÃO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Com este dado e o comprimento do pêndulo medido pelos alunos, eles conseguem obter a aceleração da gravidade pela equação 50.

$$g=4.\pi^2.\frac{L}{T^2} \qquad \text{Equação 50}$$

Atividade nº 3 – BATIMENTO SONORO.

Tempo da atividade: 1 h e 30 min. (aproximadamente duas aulas).

Como não foi possível levar diapasões com as suas respectivas caixas de ressonância para o encontro, foi utilizado para demonstração do fenômeno, um vídeo de curta duração do mago da física, professor Me. Amadeu Albino Júnior, que pode ser encontrado no site de busca de vídeos Youtube (www.youtube.com) ou no Banco Internacional de Imagens do MEC no seguinte endereço: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/2103>> Visitado em 28 set. 2010.

Na figura 29 podemos observar o trecho do filme onde é apresentado o fenômeno do batimento sonoro.

O objetivo foi apresentar no software *Audacity*, o batimento sonoro através da produção de duas ondas, com frequências muito próximas, uma em cada trilha do software *Audacity*. Após a criação das ondas, os alunos puderam somar as duas ondas com a função *Mixar e renderizar* do software, função esta que realiza a soma das mesmas e apresenta o resultado em uma nova trilha de áudio, onde eles podem ver na tela do computador o batimento das ondas. Puderam também ouvir o batimento dessas ondas reproduzido pelo software no alto-falante do sistema de som do computador.

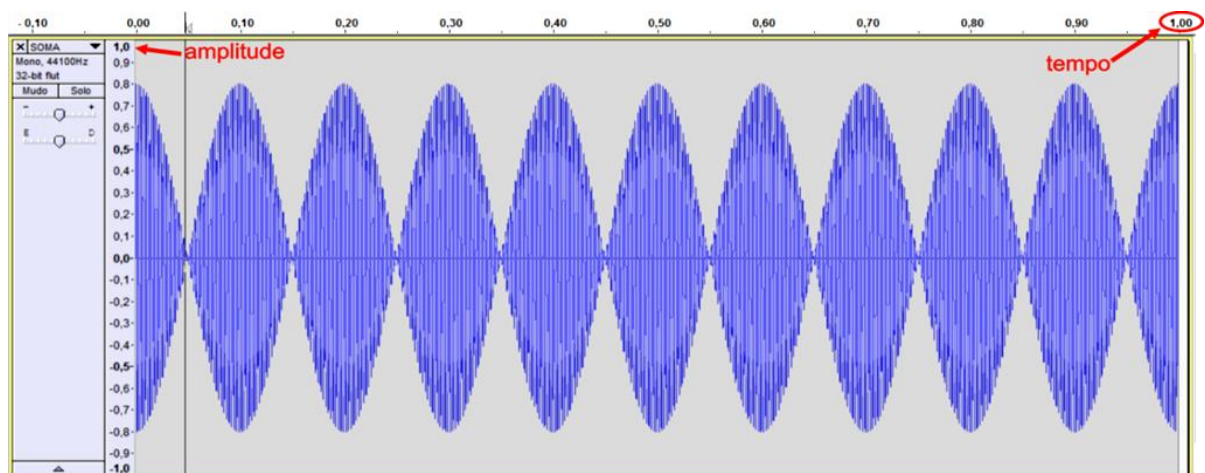
Figura 29 – Batimento sonoro – Mago da Física.



Fonte: Youtube Broadcast Yourself – Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=UitcHO8PYt8>>

A figura 30 mostra o batimento sonoro de duas ondas de frequências 410 Hz e 420 Hz. As amplitudes de cada onda fornecida pelo *gerador de tom* do software *Audacity* são iguais a 0,4, numa escala arbitrária em que a amplitude mínima é 0 a amplitude máxima é 1. Na horizontal temos o tamanho da amostra resultante em segundos, cuja duração total é mostrada no detalhe como 1 s.

Figura 30 – Tela do software que mostra o batimento sonoro.



Fonte: Elaborada pelo autor.

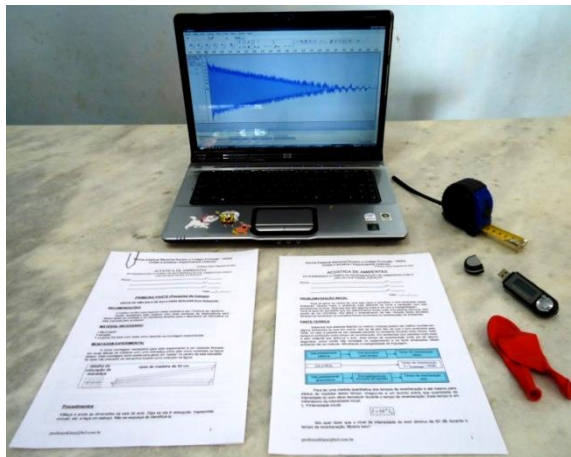
Atividade nº 4 – ACÚSTICA DE AMBIENTES.

Tempo da atividade: 1 h e 30 min. (aproximadamente duas aulas).

Para esta atividade foram utilizadas bexigas, aparelho mp3 *player*, trena, calculadora, mostrados na figura 31.

Na figura 32 mostramos um conjunto de tábuas presas por uma dobradiça, usado na produção de ruído tipo palma seca nas salas em que o experimento foi realizado.

Figura 31 – Materiais utilizados na aula sobre acústica de ambientes.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

Figura 32 – Conjunto de tábuas utilizadas no experimento acústica de ambientes.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

Numa primeira etapa os alunos receberam os roteiros e foram até a escola em que estudam e cada grupo escolheu uma sala de aula para realizar as medidas. A orientação do professor aos alunos foi a de que eles fossem à escola

num horário em que não houvesse aulas para que o ruído das atividades normais das mesmas não atrapalhasse as medidas e vice versa.

Na segunda etapa os alunos tiveram como objetivo comparar o tempo de reverberação calculado para a sala de aula escolhida pelo grupo, utilizando a equação de Sabine, com o tempo de reverberação medido pelo software *Audacity* e discutir em grande grupo as conclusões.

Antes da elaboração do roteiro desta atividade, houve a preocupação em verificar se, com o auxílio do aparelho mp3 *player* e do software *Audacity*, a sua execução era viável. Para tanto, Luiz Antônio de Freitas, professor de Química da escola, nos auxiliou na realização do experimento, em que equipamentos profissionais de áudio foram utilizados, como pode ser verificado na figura 33. A ideia era a de comparar os resultados obtidos com este equipamento com os obtidos com o material mais acessível, disponibilizado aos alunos.

Figura 33 – (a) Professor Luiz Antônio de Freitas auxiliando na experimentação; (b) Uma das etapas das medidas do tempo de reverberação da sala de aula.



(a)



(b)

Fonte: Fotos tiradas pelo autor.

Para as medidas dos tempos de reverberação de algumas salas, utilizamos: software *Audacity*, microfone omnidirecional, bexigas, um conjunto de tábuas mostrado na figura 32 e no detalhe da figura 33.

Na figura 33(a) e (b) apresentamos duas formas de se gerar o ruído para a medida do tempo de reverberação: com o conjunto de tábuas e com o estouro de uma bexiga. Várias medidas foram feitas com o microfone no centro da sala, tomando o cuidado de estourar bexigas em vários pontos da mesma, para, ao final, fazermos uma média entre os tempos de reverberação medidos.

A figura 34 mostra os equipamentos utilizados e a figura 35 mostra a preparação dos equipamentos para iniciar as medidas do tempo de reverberação de uma sala de aula.

Figura 34 - Equipamentos utilizados para medição do tempo de reverberação de algumas salas de aula.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

Figura 35 - Preparação dos equipamentos para a realização das medidas.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

Atividade nº 5 – EFEITO DOPPLER.

Tempo da atividade: 1 h e 30 min. (aproximadamente duas aulas).

Nesta última atividade os materiais utilizados foram: mp3 *player*, sirene de alarme residencial com sua respectiva bateria, bicicleta com velocímetro, aparelho mp3 *player* e o roteiro da atividade. Como objetivo, os alunos são levados a determinar a velocidade de uma bicicleta ou de um automóvel através do efeito Doppler. Os materiais utilizados podem ser vistos na figura 36.

Figura 36 - Materiais utilizados na atividade “Efeito Doppler”.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

Numa primeira etapa, os alunos da turma A gravaram com o aparelho de mp3 *player*, o som da sirene de alarme residencial mostrada na figura 36, mantendo a mesma em repouso em relação a este aparelho. Em seguida, gravaram o som da mesma sirene em movimento, montada em uma bicicleta cuja velocidade poderia ser medida através de um velocímetro instalado na mesma.

Já os alunos da turma B realizaram o experimento para determinar a velocidade de um automóvel, porque a bicicleta encontrava-se com o pneu furado horas antes da realização do experimento. O automóvel foi colocado em movimento com uma velocidade constante em uma rua em frente à escola e os alunos gravaram o som da buzina do carro com o auxílio do aparelho mp3 *player*.

Vale ressaltar que os alunos das duas turmas foram autorizados pela direção da escola a realizarem a atividade experimental na rua em frente à escola e o automóvel foi pilotado por pessoa habilitada e em baixa velocidade, cuidados essenciais para que não houvesse perigo aos alunos participantes.

Na segunda etapa, através dos sons emitidos pela sirene ou pela buzina do carro, gravados pelo aparelho mp3 *player*, as duas turmas calcularam a velocidade da bicicleta ou do carro com auxílio da ferramenta espectro de frequência do software *Audacity*.

4.4 Relatos da experiência didática

Cada encontro semanal com os alunos tinha início com a entrega dos roteiros de experimentação e com a disponibilização dos materiais que seriam utilizados, os quais eram colocados sobre uma mesa, para que um dos alunos de cada grupo os separasse para a sua utilização na atividade em questão. Todos os grupos realizavam os mesmos experimentos em cada encontro.

Alguns detalhes procedimentais sobre esses encontros semanais serão apresentados no início dos relatos de cada atividade realizada.

As frases dos alunos neste trabalho foram transcritas na íntegra a partir dos roteiros trabalhados e relatórios produzidos pelos mesmos durante as atividades e do questionário aplicado no último encontro. Os roteiros e o questionário encontram-se em apêndice neste trabalho.

4.4.1 Relato da primeira atividade

INTRODUÇÃO AO AUDACITY

Neste primeiro encontro foi utilizado um material impresso com a descrição das principais ferramentas do software *Audacity*. Também foram apresentadas atividades que relacionavam estas ferramentas com os conceitos físicos envolvidos: período, frequência e amplitude de uma onda.

TURMA A:

O primeiro encontro da turma A que ocorreu no dia 01/10/2010 estava programado inicialmente para ter uma duração de 1 h e 30 min, mas acabou se estendendo por mais quinze minutos, por conta de algumas dificuldades que os alunos encontraram na utilização de uma calculadora científica.

O trabalho inicial foi conhecer o software *Audacity*, sua interface gráfica, barra de ferramentas, seu uso em atividades tais como gravar, editar, copiar trechos de áudio, limpar ruídos, e criar formas de onda com o *gerador de tom* do mesmo. Como era o primeiro contato com o software, deixamos livre o tempo de interação dos alunos com o mesmo, para que eles tomassem conhecimento das suas ferramentas básicas e pudessem operá-lo com maior autonomia.

O tempo gasto para que eles pudessem realizar as atividades que gerassem formas de onda na tela através do *gerador de tom* do *Audacity* e medissem os seus períodos para calcularem matematicamente as frequências foi de 20 minutos. Viram também como usar a ferramenta *Espectro de frequência* do software e gravaram o som de um diapásão para medir a sua frequência através deste analisador, para posteriormente comparar com o valor anunciado pelo professor.

O roteiro da aula apresentava alguns exercícios em que os alunos eram levados a preencherem suas lacunas com as respostas. Além disso, foram realizadas discussões entre os alunos de um mesmo grupo com o intuito de encontrar soluções e buscar a formulação de uma resposta mais completa para as atividades. Um dos alunos de cada grupo ficou encarregado de anotar ocorrências de situações adversas e curiosas, para confeccionar o relatório para posterior discussão em grande grupo.

Os próximos 45 minutos foram deixados para os dois últimos exercícios que também compunham o roteiro de introdução ao software *Audacity*: *escala musical* e *criando uma composição musical*. Estas foram as atividades que eles mais gostaram, embora tenham sido as que tiveram maiores dificuldades. No exercício *escala musical*, os alunos tiveram que fazer uso da calculadora científica do Windows para obterem as frequências das notas musicais de uma oitava da escala musical proposta no roteiro e tiveram alguma dificuldade com isso. No exercício *criando uma composição musical*, eles utilizaram as frequências calculadas na atividade anterior e, utilizando o *gerador de tom* do software, inseriram as notas de uma composição musical proposta no roteiro para posterior reprodução pelos alto-

falantes do computador. Como não sobrou tempo para a discussão entre os grupos, esta ficou para o próximo encontro.

Turma B:

Esta atividade ocorreu dia 25/10/10 e teve a duração prevista para 1h e 30 min e também precisou ser estendida por mais 15 minutos, como na turma A. Este foi o único encontro em que os alunos trabalharam individualmente para terem contato com o software *Audacity* e conhecerem sua interface e suas ferramentas. A turma era composta por 6 alunos e tínhamos um total de 15 computadores à disposição.

Após este contato inicial os alunos passaram a realizar as atividades onde, com auxílio do *gerador de tom* do software, geraram ondas na tela para que pudessem medir os seus períodos e encontrassem as suas respectivas frequências. Logo após esta atividade, com auxílio da ferramenta *espectro de frequência*, eles mediram a frequência do diapasão que o professor levou para a sala.

Nesta turma o roteiro sofreu uma pequena modificação para mostrar aos alunos, através de um exemplo, como utilizar a calculadora científica do Windows para calcular as frequências das notas musicais da escala proposta. Isto facilitou o trabalho e todos conseguiram fazer a composição final proposta no roteiro e realizamos uma discussão em grande grupo nos dez minutos finais. Na discussão os alunos apresentaram soluções para a última pergunta do roteiro que era propor soluções para melhorar a execução da música que eles, unanimemente, acharam muito lenta.

Neste primeiro encontro os alunos ficaram muito entusiasmados com o que fizeram e com o que viria pela frente, porque gostaram muito de utilizar o software e perguntavam como seriam as próximas atividades.

4.4.2 Relato da segunda atividade

DETERMINAÇÃO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE.

TURMA A:

Esta atividade ocorreu no dia 08/10/2010. Foi um encontro que estava previsto para 1 h e 30 min e durou 1 h e 10 min. Nenhum aluno faltou a este encontro.

Nos 10 minutos iniciais o professor propôs uma discussão sobre o que tinha sido tratado no encontro anterior, uma vez que, na ocasião, o tempo já havia se esgotado.

Logo após, nos 25 minutos iniciais, os alunos discutiram a problematização inicial da segunda atividade. Expuseram formas de como medir o período de um pêndulo simples com relógios e com o auxílio do software *Audacity*. Separaram o material necessário e leram a introdução que apresentava a parte teórica do experimento. Após esta etapa os pêndulos foram montados e neste momento surgiram os primeiros problemas. Dois grupos não conseguiram realizar a parte experimental por problemas nas configurações do áudio do computador, os quais não puderam ser resolvidos durante a aula para não atrapalhar o desenvolvimento das atividades dos demais alunos.

Resolveram então se juntarem a um grupo que não teve problemas com o computador e que passou a realizar a atividade explicando aos demais os procedimentos que estavam realizando. Apesar de não ser a forma que havíamos planejado para a realização desta atividade, os objetivos foram alcançados.

Alguns alunos se sentiram culpados pela não realização da parte experimental como relatam dois grupos.

Turma A - Grupo 1

“Problemas técnicos impediram a conclusão do trabalho. Mas foi possível perceber que alterar o comprimento do fio altera-se também o período. O objetivo era medir o período de um pêndulo simples para determinar a aceleração da gravidade na sala. Falhamos miseravelmente, desculpe Klaus.”

Turma A - Grupo 2

“O pêndulo foi construído com sucesso, mas não conseguimos realizar o próximo passo do procedimento e, conseqüentemente, nem os seguintes. O problema foi ocasionado por uma falha na configuração do microfone, o qual não foi capaz de detectar interferências durante a passagem da bolinha”.

O professor acalmou os alunos dizendo que problemas técnicos acontecem e que da forma que a aula estava acontecendo, nada seria prejudicado.

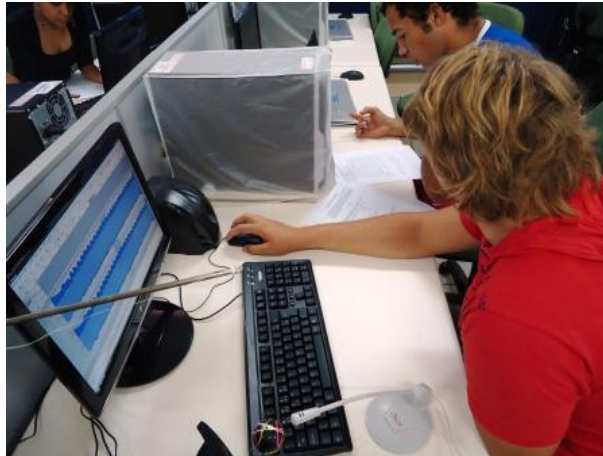
Nos 15 minutos subsequentes, os alunos realizaram as tarefas referentes ao experimento e tiveram 10 minutos para responderem aos exercícios gerais sobre pêndulos simples encontrados no roteiro no apêndice A. Durante a resolução dos exercícios houve bastante discussão entre os integrantes de cada grupo na execução desta atividade. Os 10 minutos finais da aula foram utilizados para uma comparação dos resultados obtidos no experimento e correção dos exercícios.

TURMA B:

Neste encontro que ocorreu no dia 22/11/2010, um aluno faltou e a duração da atividade que era de 1 h e 30 min foi realizada em 1 h.

Nos 20 minutos iniciais, os alunos leram a problematização inicial e procuraram discutir entre eles como fariam para utilizar o computador com o software *Audacity* para medir o período do pêndulo. Neste tempo também tiveram contato com a teoria do pêndulo simples para reverem os conceitos envolvidos e a fórmula do período para este pêndulo. Finalmente fizeram a montagem experimental como mostra a figura 37.

Figura 37 - Na figura é possível ver o pêndulo preparado para medida do período de oscilação.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

Em 10 minutos eles realizaram as medidas e responderam as perguntas que levavam a encontrar o valor da aceleração da gravidade local. Cada grupo construiu um pêndulo de comprimento diferente e realizaram as medidas dos respectivos períodos.

Esta turma teve menos dificuldade que a anterior, devido a um ajuste feito na frequência do *gerador de tom* para a realização do experimento. Na turma A, a frequência utilizada foi de 400 Hz enquanto que na turma B a frequência foi de 1500 Hz, o que facilitou a medida do período no computador. Com esta frequência, obtivemos a maior variação da amplitude do sinal gravado quando a bolinha (massa) do pêndulo atravessava entre o microfone e o alto-falante, facilitando a medição do período.

Os 30 minutos finais foram destinados à realização dos exercícios propostos no roteiro e a discussão final em grande grupo.

4.4.3 Relato da terceira atividade

BATIMENTO SONORO

TURMA A

Esta atividade foi realizada no dia 22/10/2010. O encontro durou 1 h e tinha sido previsto para ser realizado em 1 h e 30 minutos.

Os 15 minutos iniciais foram utilizados para trabalharem a problematização inicial:

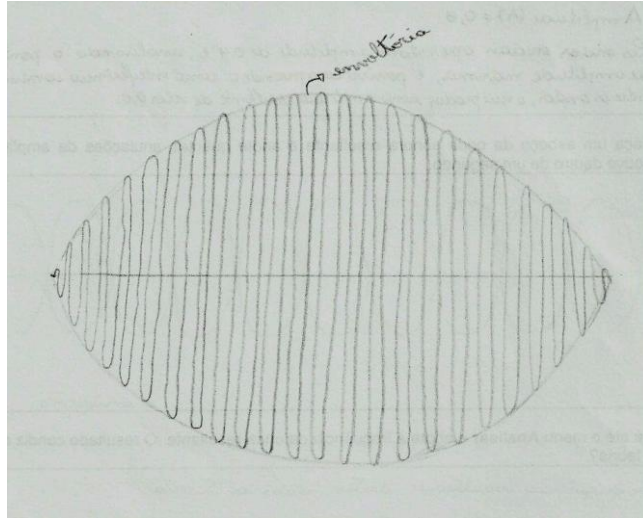
“Se ouvirmos uma frequência de 410 Hz e depois de um minuto ouvirmos uma frequência de 420 Hz, muitas pessoas não serão capazes de distinguir estas duas frequências. Mas, se as produzirmos no mesmo instante, perceberemos um som cuja frequência é a média das duas frequências, ou seja, 415 Hz e com uma variação periódica na intensidade percebida. Este fenômeno é muito utilizado por músicos de instrumentos de corda, para afiná-los. Você sabe como se afina um instrumento musical de cordas?”

Após esta atividade os alunos passaram a assistir um vídeo sobre interferência, ressonância e batimento sonoro do Mago da Física, disponibilizado nos computadores. Após assistirem ao vídeo foi disponibilizado mais 10 minutos para a leitura da introdução, que consistia da teoria sobre o batimento sonoro.

O tempo disponibilizado aos alunos foi de 15 minutos para que eles realizassem a parte experimental, que era a verificação do batimento sonoro utilizando o software *Audacity* e responder as questões nos roteiros. Os 10 minutos finais foram disponibilizados para a discussão final em grande grupo sobre a problematização inicial e o batimento sonoro.

A figura 38 mostra parte de uma das atividades realizada pelos alunos de um grupo da turma A. A atividade levou os alunos a esboçarem um batimento, perceber a variação de sua amplitude em função do tempo e relacionarem estas variações com interferências construtivas e destrutivas das ondas que geraram o batimento.

Figura 38 - Esboço feito por um grupo da turma A onde se vê uma parte de uma atividade sobre batimento sonoro.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

TURMA B

Esta atividade foi realizada no dia 29/11/2010 e teve a duração de 1 h e 10 min e o tempo previsto era de 1 h e 30 min.

Nos primeiros 10 minutos os alunos leram a problematização inicial e discutiram qual seria a melhor resposta. Ao tentarmos assistir o vídeo do Mago da Física sobre interferência, ressonância e batimento sonoro, percebemos que os computadores disponíveis não executavam o vídeo devido a falta do Codec¹⁶ adequado. Sem acesso à Internet e sem os arquivos de instalação, fomos até a secretaria da escola e, com a permissão da Diretora, assistimos ao vídeo. Os alunos assistiram a apresentação dos fenômenos e fizeram as suas anotações.

O tempo para os alunos se dirigirem até a secretaria da escola e assistirem ao vídeo de 5 minutos de duração foi de 15 minutos. Ao retornarem para a sala de informática, leram a introdução e o professor fez uma explanação de 15 minutos no quadro negro para explicar as equações presentes no roteiro. No curso de Física destes alunos, o *Caderno do Aluno*, material impresso disponibilizado pela

¹⁶ Codec segundo a Wikipédia é o acrônimo de codificador/decodificador, dispositivo de hardware ou software que codifica/decodifica sinais.

Secretaria de Estado da Educação do Estado de São Paulo, traz apenas uma abordagem qualitativa do batimento sonoro, de forma que os alunos não conheciam a equação e se sentiram pouco a vontade com ela.

Foram reservados 15 minutos para o preenchimento das questões no roteiro da atividade e 10 minutos finais para a leitura dos relatórios, discussão em grande grupo e considerações finais.

4.4.4 Relato da quarta atividade

ACÚSTICA DE AMBIENTES (DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO DE AMBIENTES COM O USO DO SOFTWARE *AUDACITY*)

TURMA A

Esta atividade foi realizada no dia 20/10/2010 e teve a duração de 1 h e 20 min sendo que o tempo previsto era de 1 h e 30 min.

Em 5 minutos o professor fez uma explanação inicial sobre o que consistia a atividade daquele encontro.

Os alunos discutiram a problematização inicial e realizaram as atividades da primeira parte do roteiro, que consistia em escolher uma sala de aula vazia para medirem suas dimensões e realizarem as gravações, com o auxílio do mp3 *player*, para o cálculo do tempo de reverberação do ambiente em 40 minutos. Na figura 39 podemos ver os alunos de um grupo fazendo as medidas das dimensões da sala de aula como solicitadas no roteiro.

Nesta primeira etapa surgiram algumas pequenas dificuldades: - medir a altura da sala com a trena; - problemas com o funcionamento do aparelho mp3 *player*, uma vez que os alunos estão acostumados a utilizarem o aparelho mp3 *player* para ouvir música e a grande maioria não sabia como utilizá-lo para gravação de áudio.

Uma dificuldade técnica encontrada nesta atividade foi a instalação de um programa específico para o funcionamento do aparelho mp3 *player* conhecido como driver. Um grupo levou um mp3 *player* antigo sem o respectivo CD de instalação. Como os computadores disponíveis estavam com o sistema operacional Windows XP home edition, não reconheceram o aparelho mp3 *player*, de forma que os alunos precisaram realizar suas medidas com o aparelho mp3 *player* emprestado do outro grupo, o que os atrasou um pouco.

Após realizarem as medidas e os cálculos necessários, os alunos voltaram para a sala e tiveram 15 minutos para a leitura da teoria presente no roteiro e 20 minutos para a realização das medidas a partir dos arquivos gravados no mp3 *player* e suas análises com o uso do software *Audacity*.

Os 10 minutos finais foram reservados para a discussão em grande grupo, dos resultados obtidos e confrontá-los com a teoria.

Figura 39 - Alunos da turma A medindo a sala de aula para realização do experimento.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

TURMA B

Esta atividade foi realizada no dia 09/12/2010 e teve a duração de 1 h e 40 min sendo que o tempo previsto inicialmente era de 1 h e 30 min.

Apenas um grupo compareceu para realizar esta atividade, e mesmo com apenas um grupo, a atividade foi desenvolvida sem problemas e os resultados foram bons.

O professor iniciou a aula e explicou ao grupo o que era a atividade daquele encontro e os alunos ficaram entusiasmados. A explicação durou em torno de 5 minutos.

Esta turma utilizou 50 minutos para discutir a problematização inicial e realizar as atividades da primeira parte do roteiro. Já nesta etapa, um dos alunos teve a ideia de escolher a sala de aula que eles estudavam e também a biblioteca da escola para compararem os resultados ao final. Acreditamos que esta ideia tenha surgido devido às explicações iniciais do professor e pela problematização inicial encontrada no roteiro.

Na figura 40 podemos ver os alunos da turma B realizando as medidas das dimensões da sala para calcularem o tempo de reverberação médio do ambiente.

Ao retornarem para a sala de informática, os alunos tiveram 15 minutos para ler a teoria e darem início aos procedimentos experimentais.

O tempo disponível para eles usarem o software *Audacity*, medirem o tempo de reverberação da sala escolhida e compararem com os resultados teóricos foi de 15 minutos. Neste momento do trabalho, os alunos estavam ansiosos para medirem o tempo de reverberação dentro da biblioteca, através das gravações do estouro de uma bexiga e do “estalo” das tábuas.

Os alunos voltaram para a sala de informática, descarregaram os arquivos para o computador e, com auxílio do software *Audacity*, puderam comparar os tempos de reverberação da sala de aula e da biblioteca. Esta etapa durou cerca de 10 minutos. Os 5 minutos finais foram utilizados para a discussão dos resultados. Apesar de apenas um grupo ter realizado a atividade, podemos dizer que ela foi realizada conforme o planejado.

Figura 40 - Alunos da turma B medindo a sala de aula para realização do experimento.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

Nas duas turmas, ao final dos experimentos, discutiu-se a respeito da inteligibilidade da fala através das orientações dadas no roteiro da atividade. “A inteligibilidade da fala é definida como a relação entre palavras faladas e palavras entendidas expressas em porcentagem” (GONÇALVES; SILVA; COUTINHO, 2009, p.470). Também foram apresentadas sugestões de como diminuir o tempo de reverberação do ambiente estudado, a fim de obterem um melhor conforto acústico durante as aulas como mostrado no item 4.5 questão 4.

4.4.5 Relato da quinta atividade

EFEITO DOPPLER

TURMA A

Esta atividade aconteceu no dia 19/11/2010. Teve duração de 1 h e 30 min como havia sido previsto no planejamento da atividade.

Todos os alunos de todos os grupos estavam presentes e conseguiram realizar o experimento.

Nos 15 minutos iniciais o professor explicou a atividade aos alunos e ajudou-os a gravarem o som de uma sirene de alarme residencial dentro da sala de aula, para que eles pudessem ter um arquivo com o som obtido com a fonte e o

observador em repouso. Com isso, puderam medir a frequência desta situação no software *Audacity*.

Depois, em grupos, discutiram aproximadamente por 15 minutos a problematização e fizeram a leitura da teoria presente no roteiro.

A etapa mais demorada foi a de fazer as gravações, uma vez que os alunos precisaram ir até a parte externa da escola, onde gravaram o som da sirene montada sobre uma bicicleta. Esta etapa durou 20 minutos.

O professor, como mostrado na figura 41, de posse de uma bicicleta com velocímetro e uma sirene de alarme residencial, se deslocou com velocidade desconhecida aos alunos e eles gravaram o som da sirene com auxílio do aparelho *mp3 player*.

Figura 41 - Professor na bicicleta equipada com uma sirene para o experimento.



Fonte: Foto tirada por um aluno participante desta atividade.

Em continuação, os alunos trabalharam no software para medirem a frequência da fonte se aproximando e também a frequência da fonte se afastando. Alguns alunos tiveram dificuldades com relação à convenção de sinais em realizar os cálculos com a fórmula do efeito Doppler, mas o trabalho em grupo ajudou-os a resolver o problema. Foram reservados 20 minutos para os alunos encontrarem a velocidade da bicicleta e mais 10 minutos foram utilizados para responderem os 3 exercícios propostos no roteiro.

Os 10 minutos finais foram utilizados para a apresentação dos resultados, correção dos exercícios e a discussão a respeito da diferença

encontrada entre os valores que os alunos calcularam para a velocidade da bicicleta, e o medido no velocímetro.

TURMA B

Esta atividade aconteceu no dia 16/12/2010. A atividade durou 1 h e 30 min.

Como pode ser visto na figura 42, a experiência na turma B não foi realizada com a bicicleta. Como exposto anteriormente, tivemos problemas com a utilização da bicicleta. Para que os alunos não perdessem a motivação inicial foi proposta a realização do experimento utilizando a buzina de um automóvel como fonte sonora para o estudo do efeito Doppler.

Esta atividade foi realizada somente por duas alunas. Uma aluna do grupo não pode vir porque não tinha como se deslocar até a escola, dado que mora na zona rural. Os alunos do segundo grupo não apresentaram justificativa. Acreditamos que a proximidade do término do ano letivo desmotivou um pouco os alunos.

Os alunos desta turma não conheciam a equação do efeito Doppler, levando o professor a apresentar tal efeito e suas equações de maneira tradicional nos 20 minutos iniciais. O professor utilizou o quadro negro e giz para que através da aprendizagem mecânica, os alunos adquirissem os conteúdos necessários à realização da atividade.

Ao término da apresentação dos conteúdos os alunos tiveram 15 minutos para fazerem a leitura e discussão da problematização inicial e da parte teórica para reforçar os conceitos.

O tempo utilizado para realizar as medidas em frente à escola foi de 20 minutos. Nesta etapa os alunos mediram a temperatura do ar, gravaram o áudio da fonte (buzina) em repouso e em movimento.

Os alunos tiveram 20 minutos para determinarem a velocidade do automóvel com o software *Audacity* e mais 15 minutos para a realização dos

exercícios propostos no roteiro. Não foi realizada a discussão em grande grupo porque só havia um grupo naquele encontro.

Figura 42 - No detalhe, aluna segurando o termômetro durante a passagem do carro buzinando.



Fonte: Foto tirada por um aluno participante desta atividade.

4.5 Alguns resultados experimentais dos alunos

A primeira e a terceira atividade não produziram dados numéricos para serem analisados quantitativamente e as análises qualitativas foram apresentadas, como mostrado nos itens 4.4.1 e 4.4.3 desta dissertação.

Abaixo analisamos os resultados numéricos das atividades que os produziram.

SEGUNDA ATIVIDADE:

DETERMINAÇÃO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

Na turma A, como foi explicado no item 4.4.2, somente um grupo de alunos realizou a medida com o computador e o respectivo cálculo da aceleração da gravidade local. Apesar disso, esta turma conseguiu um valor de aceleração da gravidade com um desvio de 1,02% em relação ao valor esperado, como mostra a tabela 1.

Tabela 1 - Erro percentual obtido no experimento da atividade 3 em sala de aula.

TURMA	VALOR TEÓRICO (m/s ²)	VALOR EXPERIMENTAL (m/s ²)	ERRO PERCENTUAL (%)
Turma A – Grupo 1	9,81	9,91	1,02
Turma B – Grupo 1	9,81	9,70	1,12
Turma B – Grupo 2	9,81	9,67	1,42

Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com Lopes (1999), conhecendo a aceleração da gravidade na linha do Equador, podemos determinar a aceleração da gravidade, em função da latitude e da altitude, através da equação:

$$g_{\lambda,z} \approx g_0(1+\beta \operatorname{sen}^2\lambda)\left(1-\frac{2z}{R}\right) \quad \text{Equação 51}$$

Onde g_0 representa a aceleração da gravidade no Equador e ao nível do mar; λ a latitude do local; z a altitude do local; R o raio da Terra, suposta esférica; β um fator numérico que leva em conta a rotação terrestre em torno de seu eixo e o achatamento polar devido a essa rotação (COOK, 1969).

Com os dados da localização da cidade de Guará/SP, onde foram realizados os experimentos, calculamos a aceleração da gravidade local para compararmos com os valores experimentais dos alunos.

Dados da cidade de Guará: Latitude = 20° 25' 42", Altitude = 573 m

Dados auxiliares: $R = 6,371 \times 10^6$ m, $\beta = 5,300 \times 10^{-3}$ temos:

$$g_{\lambda,z} \approx g_0(1+\beta \operatorname{sen}^2\lambda)\left(1-\frac{2z}{R}\right)$$

$$g_{\lambda,z} \approx 9,8062 \left[\left(1 + 5,3000 \times 10^{-3} \times \operatorname{sen}^2 20\right) \cdot \left(1 - \frac{2 \times 573}{6,371 \times 10^6}\right) \right]$$

$$g_{\text{Guará/SP}} \approx 9,81 \text{ m/s}^2$$

Cada um dos dois grupos, na turma B, realizou o experimento com pêndulos de comprimentos diferentes e os resultados dos cálculos da aceleração da gravidade podem ser encontrados na tabela 1.

QUARTA ATIVIDADE:

ACÚSTICA DE AMBIENTES (DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO DE AMBIENTES COM O USO DO SOFTWARE *AUDACITY*)

Na turma A, os alunos realizaram esta atividade em dois grupos. Cada grupo escolheu uma sala de aula do Colégio Evolução para calcular e medir os seus respectivos tempos de reverberação. Na turma B, o único grupo que realizou o experimento, calculou e mediu o tempo de reverberação de uma sala de aula e a título de curiosidade, mediu o tempo de reverberação da biblioteca da escola. Os resultados experimentais das duas turmas estão apresentados na tabela 2

Tabela 2 - Dados experimentais e calculados para os tempos de reverberação dos ambientes estudados pelos alunos.

TURMA	TEMPO DE REVERBERAÇÃO CALCULADO (s)	TEMPO DE REVERBERAÇÃO MEDIDO (s)	ERRO PERCENTUAL (%)
Turma A – Grupo 1	2,29	2,49	8,73
Turma A – Grupo 2	2,32	2,10	9,48
Turma B – Grupo 1	2,14	2,40	12,15

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em uma das atividades do roteiro, os alunos discutiram a respeito da inteligibilidade da fala na sala de aula escolhida. Na sequência, o professor apresentou qual deve ser o tempo de reverberação ideal para este tipo de sala e foi solicitado que os alunos propusessem sugestões para a diminuição desse tempo, a fim de tornar o ambiente mais confortável acusticamente.

Um dos objetivos desta atividade era levar o aluno a perceber que uma sala de aula, com um tempo de reverberação elevado, pode causar problemas na inteligibilidade da fala. Os alunos não calcularam a porcentagem de palavras

entendidas em relação às faladas para encontrarem essa porcentagem, mas analisaram qualitativamente o entendimento de um texto lido por um aluno e escutado pelos outros sentados em diferentes posições dentro da sala.

Na problematização inicial o professor comentou com os alunos que eles deveriam, em algum momento da atividade, comparar o som da sala de aula escolhida, praticamente vazia, com a sala cheia de alunos, com o propósito de responder algumas questões do roteiro. O professor queria induzir os alunos a perceberem que eles poderiam ser considerados absorvedores de som, diminuindo o tempo de reverberação e melhorando a inteligibilidade da fala naquele local. Abaixo, algumas respostas de alunos sobre a questão número 4 do roteiro do aluno, que trata deste assunto.

Questão 4: Quando a sala fica cheia de alunos, a inteligibilidade da fala melhora?

Turma A - Grupo 1

“Sim, pois o corpo humano absorve som, portanto a reverberação do som é bem menor, fazendo com que o som fique melhor”.

Turma B - Grupo 1

“Sim, se os alunos ficarem em silêncio, porque, eles em silêncio funcionariam como absorvedores de som”.

Na questão abaixo, os alunos são levados a propor soluções para melhorar a acústica do ambiente estudado, diminuindo o tempo de reverberação do local.

Questão 5: Com os conhecimentos adquiridos nas aulas, faça sugestões de como melhorar a acústica dos ambientes estudados.

Turma A - Grupo 1

“Colocar materiais absorvedores nas salas, como livros, almofadas, carpetes. Outra coisa é aumentar a quantidade de alunos, pois o corpo humano também absorve som”.

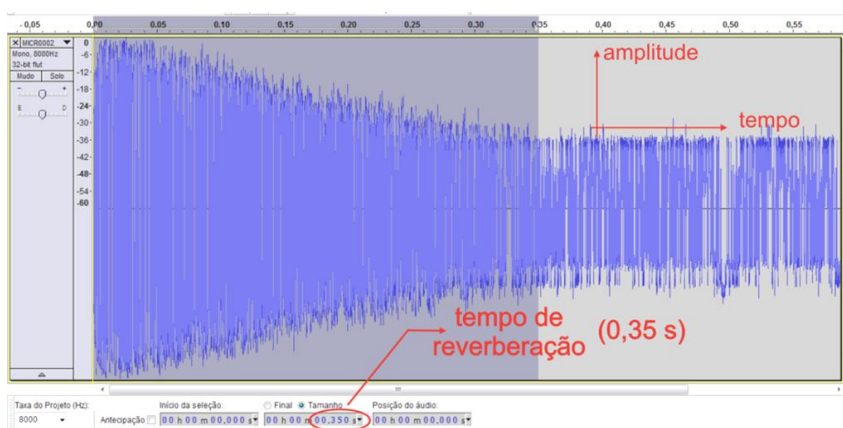
Turma B - Grupo 1

“Para melhorar a acústica dos ambientes que estudamos seria preciso implantar carpetes sobre o concreto, colocar caixinhas de ovos e/ou isopor, espumas na parede”.

Nas discussões em grande grupo no final desta atividade, percebemos que os alunos entenderam claramente que o tempo de reverberação influencia a inteligibilidade da fala no ambiente, e que materiais absorvedores melhoram o conforto acústico, diminuindo o tempo de reverberação da mesma. Eles não conhecem outras formas de diminuir o tempo de reverberação de um ambiente além da absorção sonora, e como o assunto acústica de ambientes não aparece nos currículos atuais, o professor pode, através desta atividade de experimentação, inseri-lo em seu planejamento anual.

A figura 43 mostra o tempo de reverberação medido pelo Grupo 1 da turma B na biblioteca da escola Marechal Rondon.

Figura 43 - Tempo de reverberação da biblioteca medido pelos alunos.

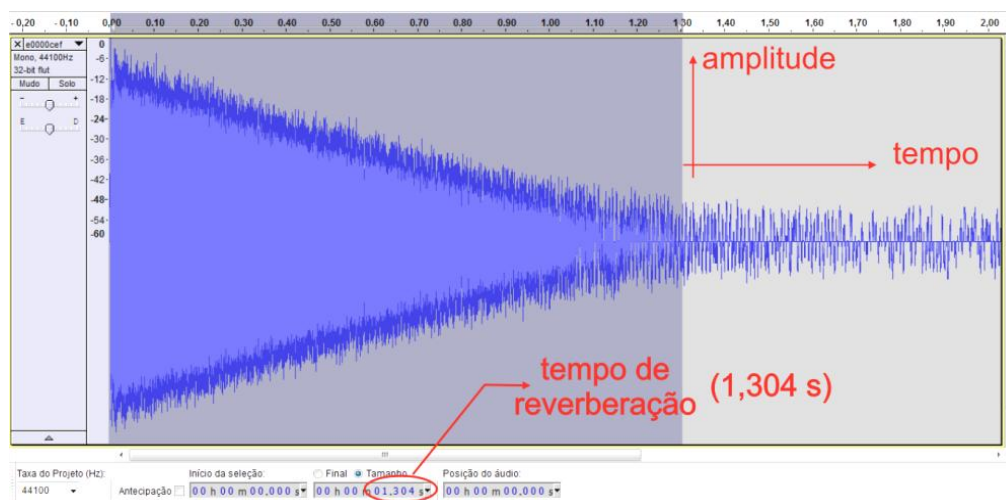


Fonte: Elaborada pelo autor.

Para testarmos a qualidade dos resultados obtidos com o aparelho mp3 *player*, antes da realização do experimento fizemos um teste com auxílio de um microfone omnidirecional, uma mesa de som e o software *Audacity*, gravando o estouro de uma bexiga e o ruído seco produzido pelo conjunto de madeiras montadas para este experimento. Na figura 44 podemos ver o ruído gravado por um sistema profissional em uma das salas de aula da Escola Estadual Marechal

Rondon. No destaque, o tempo de reverberação desse ambiente medido com o software *Audacity*.

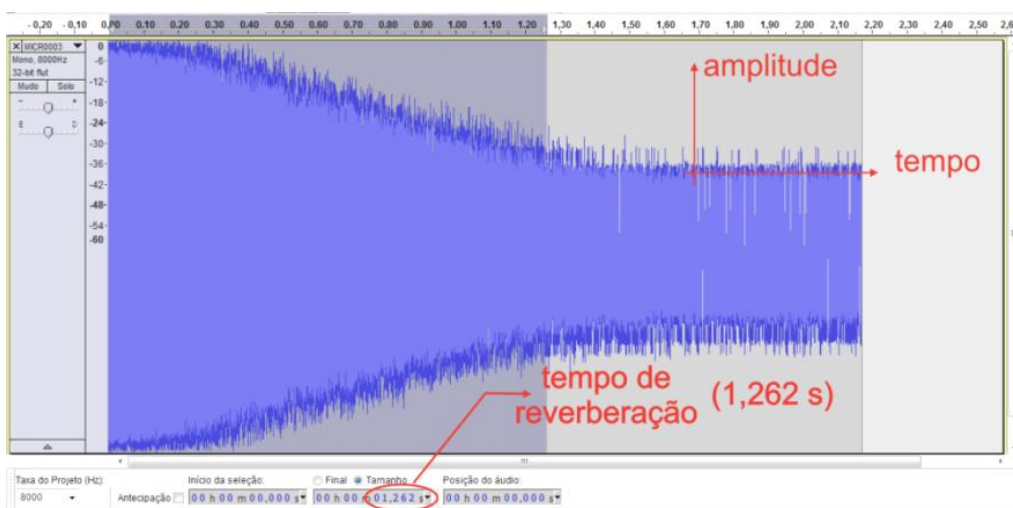
Figura 44 - Forma de onda obtida com microfone de medição profissional em uma sala da Escola Estadual Marechal Rondon.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na figura 45, temos o mesmo ruído agora gravado com o auxílio de um aparelho de mp3 *player*, na mesma sala de aula, em que podemos ver o tempo de reverberação medido também com o auxílio do software *Audacity*.

Figura 45 - Forma de onda obtida com o mp3 *player*, na mesma sala.



Fonte: Elaborada pelo autor.

QUINTA ATIVIDADE:

EFEITO DOPPLER

Turma A: Nesta atividade, com auxílio de uma sirene de alarme residencial, os grupos calcularam a velocidade de uma bicicleta se deslocando com velocidade constante. Esta sirene emitia uma frequência média, medida pelos alunos, de 2343 Hz.

Ao propormos o experimento, fizemos uma comparação entre as velocidades medidas pelo velocímetro da bicicleta e pelo velocímetro de um automóvel. Tentando manter a velocidade do automóvel o mais constante possível, o ciclista se deslocou lado a lado agarrado ao mesmo. A experiência mostrou que ambos os velocímetros mostravam a mesma velocidade. Por outro lado, o velocímetro do automóvel marcava velocidades cerca de 5 km/h maiores que as medidas realizadas com o auxílio de um GPS¹⁷, fato levado em conta nos cálculos.

Na tabela 3 encontramos os valores medidos e os resultados obtidos para o valor da velocidade da bicicleta.

Tabela 3 - Velocidade da bicicleta encontrada pelos alunos.

TURMA	FREQUÊNCIA DA FONTE SE APROXIMANDO (Hz)	FREQUÊNCIA DA FONTE SE AFASTANDO (Hz)	VELOCIDADE CALCULADA (km/h)
Turma A – Grupo 1	2404	2373	8,15
Turma A – Grupo 2	2369	2356	6,53
Turma A – Grupo 3	2378	2348	7,98
Média das velocidades			7,50

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados esperados para este experimento eram em torno de 10 km/h (15 km/h no velocímetro).

Na turma B o experimento foi realizado com um automóvel se movimentando a 30 km/h, tentando mantê-la constante durante o trajeto.

Medindo a frequência do som da buzina do automóvel em repouso com auxílio da ferramenta *espectro de frequência* do software *Audacity*, os alunos obtiveram 1495 Hz.

¹⁷ GPS (Global Positioning System): Sistema que utiliza satélites para transmitir a aparelhos receptores móveis na superfície da Terra, informações de tempo e de localização, auxiliando a navegação de pessoas ou qualquer sistema móvel.

A frequência da fonte se aproximando e se afastando do aparelho mp3 *player* em repouso está apresentada na tabela 4.

A velocidade medida no velocímetro do automóvel foi de 30 km/h indicando um desvio de 20% em relação ao obtido no experimento, fato que nos fez buscar a causa desta diferença. Segundo a portaria n.º 115, de 1998 do INMETRO, determina que o erro máximo admitido para medidas tomadas em serviço seja um valor de ± 5 km/h para velocidades de até 100 km/h.

Se considerarmos uma diferença especificada para velocidades em mais 5 km/h, tida como erro máximo permitido para este tipo de medição no velocímetro, o valor encontrado pela turma B passa a um erro de 3,4 % para o experimento realizado.

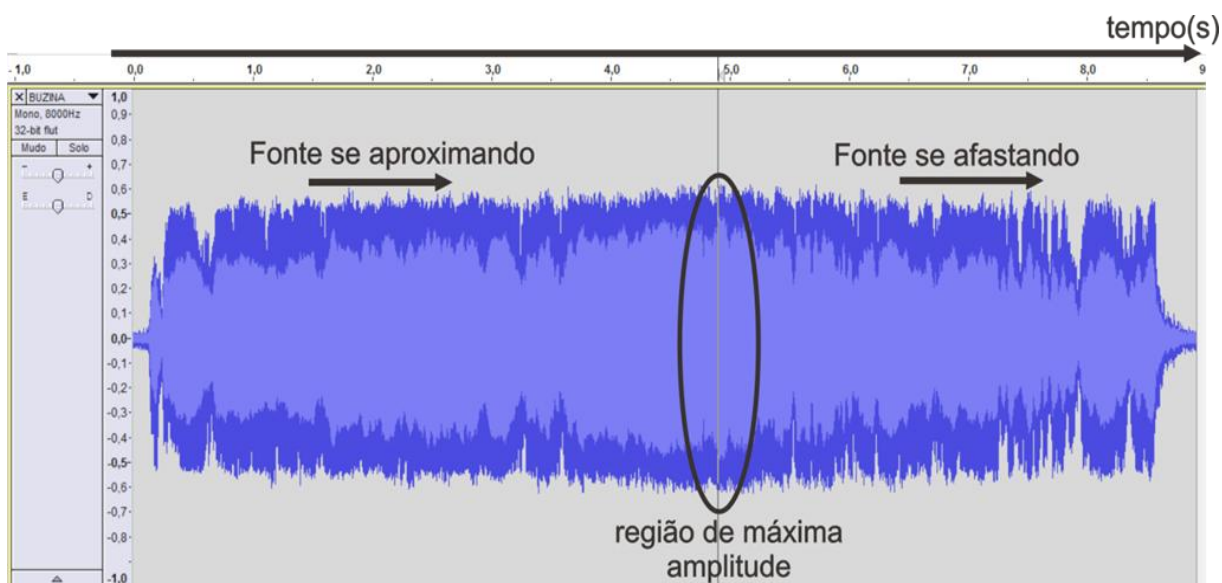
Tabela 4 - Dados obtidos pelos alunos para o cálculo da velocidade do carro pelo efeito Doppler.

TURMA	FREQUÊNCIA DA FONTE SE APROXIMANDO (Hz)	FREQUÊNCIA DA FONTE SE AFASTANDO (Hz)	VELOCIDADE CALCULADA (km/h)
Turma B – Grupo 1	1526	1468	24,12

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na figura 46 podemos ver a forma de onda do som da buzina, gravado no aparelho mp3 *player*, com o carro em movimento uniforme. No eixo vertical temos a intensidade do som gravado e no eixo horizontal encontramos o tamanho da amostra. Quando o carro está longe do aparelho de mp3 *player*, a intensidade do som emitido pela buzina é um pouco mais baixa e neste trecho, com a ferramenta *espectro de frequência* do *Audacity*, podemos medir a frequência da fonte se aproximando. No detalhe da figura, podemos ver o instante em que a intensidade é máxima, correspondendo ao ponto em que o carro está mais próximo do aparelho mp3 *player*. Do lado direito do ponto de máxima intensidade do gráfico, pode-se medir a frequência da fonte se afastando também com o auxílio da ferramenta *espectro de frequência*.

Figura 46 - Arquivo gravado no experimento da determinação da velocidade da bicicleta.



Fonte: Elaborada pelo autor.

No dia do experimento a temperatura do ambiente estava em torno de 25°C e usando a equação 32 obtivemos um valor de 346 m/s para a velocidade do som.

Utilizando a ferramenta *espectro de frequência*, obtivemos a frequência da fonte se aproximando como mostra a figura 47(a) que foi de 1526 Hz. Na figura 47(b) e com procedimento análogo ao da fonte se aproximando, encontramos a frequência de 1468 Hz para a fonte se afastando.

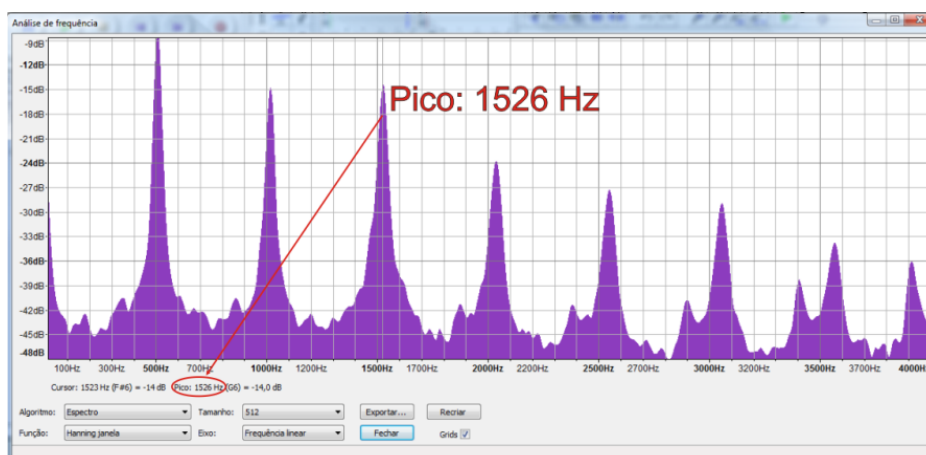
Abaixo, podemos ver a relação entre as frequências da fonte se aproximando e se afastando para encontrarmos sua velocidade.

$$f_{\text{aproximação}} = f_o \frac{V_s + V_o}{V_s - V_F} \quad \text{Equação 52}$$

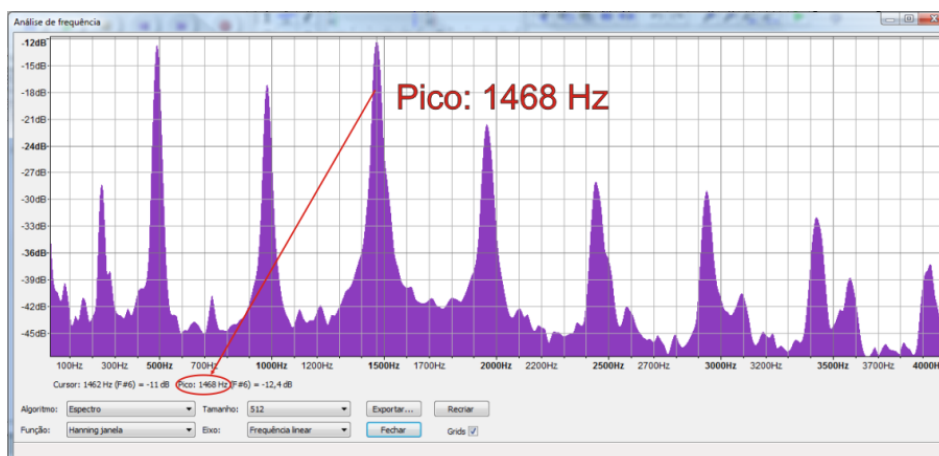
$$f_{\text{afastamento}} = f_o \frac{V_s - V_o}{V_s + V_F} \quad \text{Equação 53}$$

Em que f_o é a frequência da fonte em repouso, V_s é a velocidade do som no ar, V_F é a velocidade da fonte.

Figura 47 - Em destaque, (a) frequência da buzina se aproximando do aparelho mp3 *player* e (b) frequência da buzina se afastamento do aparelho mp3 *player*.



(a)



(b)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Dividindo a equação 52 pela equação 53 e fazendo $V_o = 0$ (aparelho MP3 *player* em repouso), temos:

$$\frac{f_{\text{aproximação}}}{f_{\text{afastamento}}} = \frac{f_o \frac{V_s}{V_s - V_F}}{f_o \frac{V_s}{V_s + V_F}}$$

$$\frac{f_{\text{aproximação}}}{f_{\text{afastamento}}} = \frac{V_s + V_F}{V_s - V_F}$$

$$V_F = \frac{f_{\text{aproximação}} - f_{\text{afastamento}}}{f_{\text{aproximação}} + f_{\text{afastamento}}} V_s \quad \text{Equação 54}$$

Com os dados do experimento realizado pela turma B, podemos calcular a velocidade da fonte (buzina):

$$V_F = \frac{1526 - 1468}{1526 + 1468} \times 346$$

$$V_F = 6,70 \text{ m/s (x3,6)} \rightarrow V_F = 24,12 \text{ km/h}$$

4.6 Presença dos alunos nos encontros

Foram realizados 6 encontros com cada turma. As presenças dos alunos da turma A aos encontros estão indicadas na tabela 5, e da turma B, na tabela 6.

No sexto encontro foram realizadas uma prova escrita, o preenchimento de um questionário, bem como uma festinha de confraternização.

Tabela 5 - Presença dos alunos da turma A.

LISTA DE CHAMADA DA TURMA A NOS ENCONTROS DO PROJETO							
ALUNO	1º ENCONTRO	2º ENCONTRO	3º ENCONTRO	4º ENCONTRO	5º ENCONTRO	6º ENCONTRO	
TURMA A - ALUNO 1	P	P	P	P	P	P	P
TURMA A - ALUNO 2	P	P	P	P	P	P	P
TURMA A - ALUNO 3	P	AU	P	P	P	P	AU
TURMA A - ALUNO 4	P	P	AU	P	P	P	P
TURMA A - ALUNO 5	P	P	P	P	P	P	P
TURMA A - ALUNO 6	P	P	P	AU	P	P	P
TURMA A - ALUNO 7	P	P	P	AU	P	P	P
TURMA A - ALUNO 8	P	P	P	P	P	P	P
TURMA A - ALUNO 9	P	P	P	P	P	P	P
Total de alunos presentes	9 (100%)	8 (89%)	8 (89%)	7 (78%)	9 (100%)	8 (89%)	

Legenda: AU - Ausente; P - Presente

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao final, do total de 15 alunos participantes do projeto nas duas turmas, tivemos uma média de 13 alunos presentes por encontro (86%).

Tabela 6 – Presença dos alunos da turma B.

LISTA DE CHAMADA DA TURMA B NOS ENCONTROS DO PROJETO							
ALUNO	1º ENCONTRO	2º ENCONTRO	3º ENCONTRO	4º ENCONTRO	5º ENCONTRO	6º ENCONTRO	
TURMA B - ALUNO 1	P	P	P	P	AU	P	
TURMA B - ALUNO 2	P	AU	P	P	AU	P	
TURMA B - ALUNO 3	P	P	P	P	AU	AU	
TURMA B - ALUNO 4	P	P	P	AU	AU	P	
TURMA B - ALUNO 5	P	P	P	AU	P	P	
TURMA B - ALUNO 6	P	P	P	AU	P	P	
Total de alunos presentes	6 (100%)	5 (83%)	6 (100%)	3 (50%)	2 (33%)	5 (83%)	

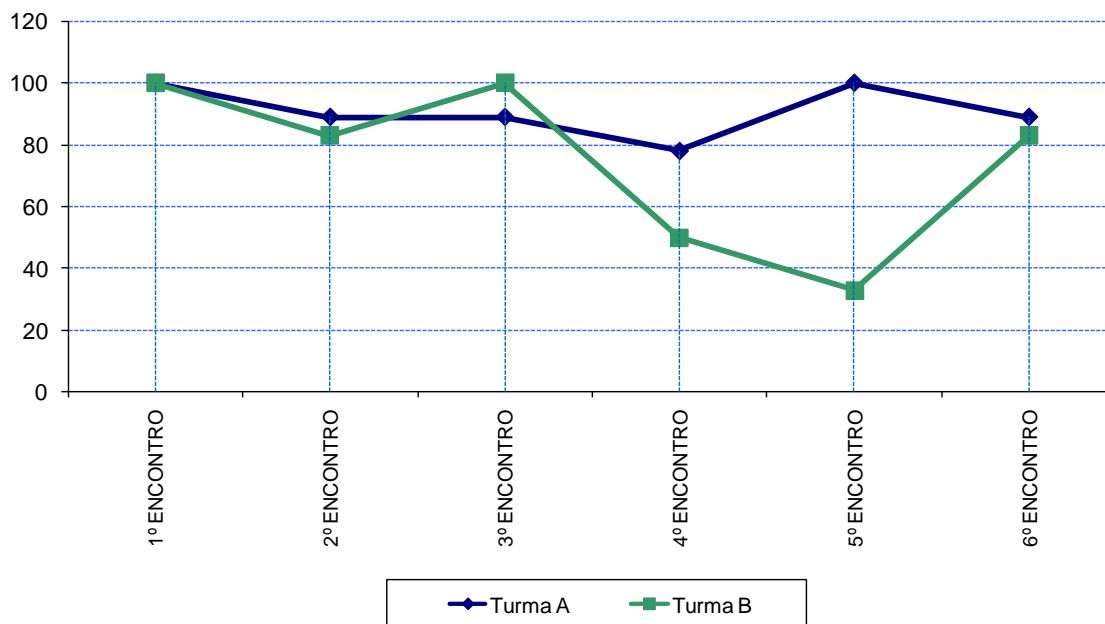
Legenda: AU - Ausente; P - Presente

Fonte: Dados da pesquisa.

Os encontros foram realizados como atividades extracurriculares e de participação voluntária. Apesar das ausências de alguns alunos, consideramos a

porcentagem de frequência, média de 86% nas duas turmas, positiva para os resultados.

Figura 48 - Presença dos alunos nos encontros semanais.



Fonte: Dados da pesquisa.

Como podemos ver na figura 48, os alunos da turma B, entre o quarto e o quinto encontro, apresentaram uma média de 67% de faltas, média esta considerada alta. Concluímos que, como estes alunos não fizeram as atividades destes dois encontros e não foi possível a repetição das mesmas em outras datas, os alunos apresentaram dificuldades em responder algumas questões sobre os assuntos tratados nestes encontros na prova final.

Consideramos satisfatória a participação dos alunos nos encontros, visto que a turma A apresentou mais de 90% de frequência e a turma B, 75%.

4.7 Resultado da prova escrita

No último encontro os alunos das duas turmas realizaram uma prova que pode ser vista no apêndice B.

Também responderam a um questionário para avaliação do projeto e das atividades realizadas. Após o preenchimento do questionário, os alunos participaram de uma festinha de confraternização.

Abaixo, duas tabelas com as notas dos 13 alunos que realizaram a prova no último encontro.

Tabela 7 - Notas obtidas pelos alunos da turma A na prova.

ALUNO	CLASSE	NOTA
TURMA A - ALUNO 1	2º ANO	8,4
TURMA A - ALUNO 2	2º ANO	7,9
TURMA A - ALUNO 3	2º ANO	NF
TURMA A - ALUNO 4	3º ANO	8,0
TURMA A - ALUNO 5	3º ANO	7,5
TURMA A - ALUNO 6	3º ANO	7,4
TURMA A - ALUNO 7	3º ANO	7,6
TURMA A - ALUNO 8	3º ANO	7,5
TURMA A - ALUNO 9	3º ANO	8,0

NF - Não fez

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 8 - Notas obtidas pelos alunos da turma B na prova.

ALUNO	CLASSE	NOTA
TURMA B - ALUNO 1	2º ANO	6,1
TURMA B - ALUNO 2	2º ANO	6,1
TURMA B - ALUNO 3	3º ANO	NF
TURMA B - ALUNO 4	2º ANO	5,2
TURMA B - ALUNO 5	2º ANO	6,1
TURMA B - ALUNO 6	2º ANO	5,8

NF - Não fez

Fonte: Dados da pesquisa.

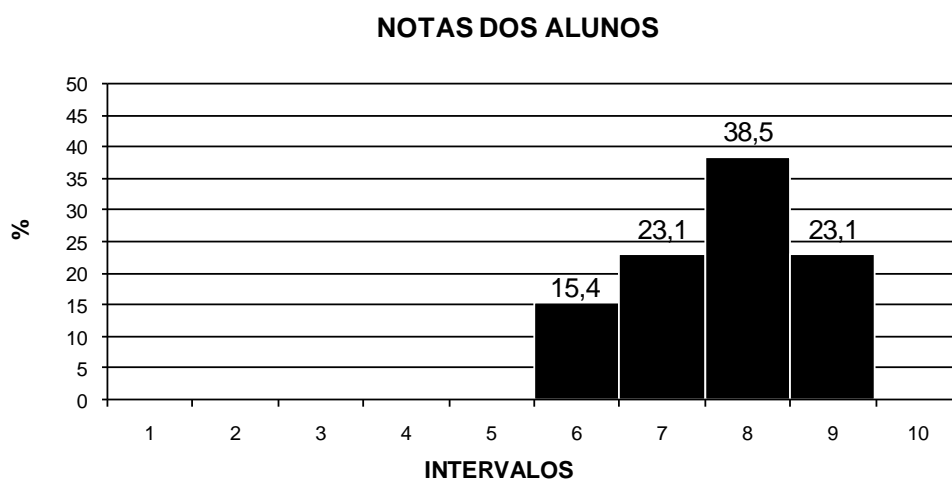
A prova encontrada no apêndice B contém 20 questões. Destas, 17 são questões de múltipla escolha e 3 do tipo discursiva. A figura 49 a seguir mostra a distribuição do percentual das notas das duas turmas, A e B, na prova.

Nas 17 primeiras questões, as quais são de múltipla escolha, o aluno, baseado nas atividades realizadas durante os encontros, escolhe a alternativa que, ao seu ver, responde a questão.

Os conceitos abordados nestas questões são: intensidade sonora, período do pêndulo simples, timbre, reverberação, efeito Doppler, altura de um som, ondas mecânicas, velocidade do som e batimento sonoro.

As 3 últimas questões são discursivas e versam sobre os assuntos: definição de som, propagação de ondas sonoras, e uma questão dividida em três partes em que o aluno analisa uma tela do software *Audacity* para encontrar o período, a frequência e a amplitude da onda em questão, devendo utilizar a equação $v = \lambda.f$ para encontrar o comprimento de onda, sendo, neste caso, uma onda sonora se propagando no ar a uma velocidade de 300 m/s.

Figura 49 - Distribuição das notas dos alunos em intervalos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os alunos não sabiam que teriam que realizar uma prova. O que eles sabiam desde o início do projeto é que seriam seis encontros semanais, sendo que no último responderiam a um questionário.

Pelas notas alcançadas pelos alunos, mesmo sem terem conhecimento prévio da ocorrência desta prova final, podemos perceber que as atividades realizadas contribuíram para a aprendizagem dos alunos sobre estes assuntos, uma vez que utilizaram os conhecimentos que já possuíam e os vistos nas atividades dos encontros para realizarem a prova.

Acreditávamos que, ao serem avisados da prova, os alunos ficariam revoltados ou até amedrontados. Entretanto, os mesmos reagiram de forma natural e

fizeram a prova com tranquilidade. Como as notas não fizeram parte da avaliação escolar, dado que o projeto não fazia parte do planejamento anual, acreditamos que ao realizarem as atividades sem a pressão de alcançarem médias bimestrais, fizeram mais compromissados com os resultados em suas vidas pessoais.

4.8 Análise do questionário

Ao final dos encontros, em dezembro de 2010, as turmas das duas escolas responderam a um questionário para avaliar as atividades experimentais desenvolvidas e o uso do software *Audacity* nos encontros.

O questionário foi composto por sete questões do tipo fechado, em que as respostas são pré estabelecidas e o aluno deve responder assinalando apenas uma alternativa das disponíveis. Nesta parte do questionário, o objetivo era verificar a motivação dos alunos com relação às atividades experimentais com a utilização do computador com o software *Audacity* como instrumento de medida.

As outras seis questões foram do tipo aberto, em que os alunos tiveram a liberdade de escrever como quisessem. A intenção era avaliar a estratégia utilizada, a relação do docente com os alunos e o trabalho em grupo. Ao final, havia um espaço disponibilizado para o aluno tecer críticas, sugestões e fazer comentários gerais.

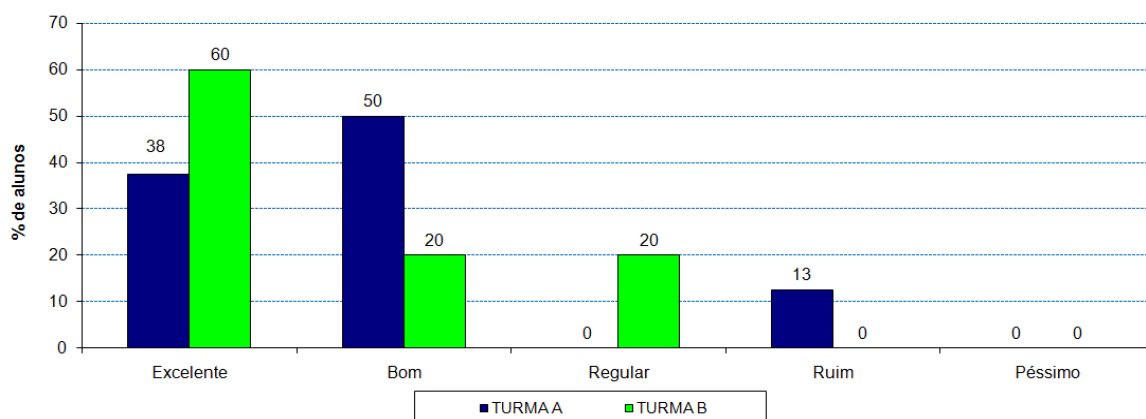
O questionário foi aplicado a oito alunos da turma A e cinco alunos da turma B e as respostas às questões abertas foram transcritas na íntegra.

Em seguida apresentaremos questão por questão, juntamente com os resultados obtidos nas aplicações das mesmas.

“1_ Qual o seu grau de satisfação com as atividades com o uso do computador nas aulas do projeto?”

a)Excelente b)Bom c)Regular d)Ruim e)Péssimo

Figura 50 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 1.



Fonte: Questionário de pesquisa de campo aplicado aos alunos participantes deste projeto.

Podemos constatar, a partir dos gráficos, que seis alunos acharam as atividades excelentes e cinco alunos classificaram as atividades com o uso do computador, boas.

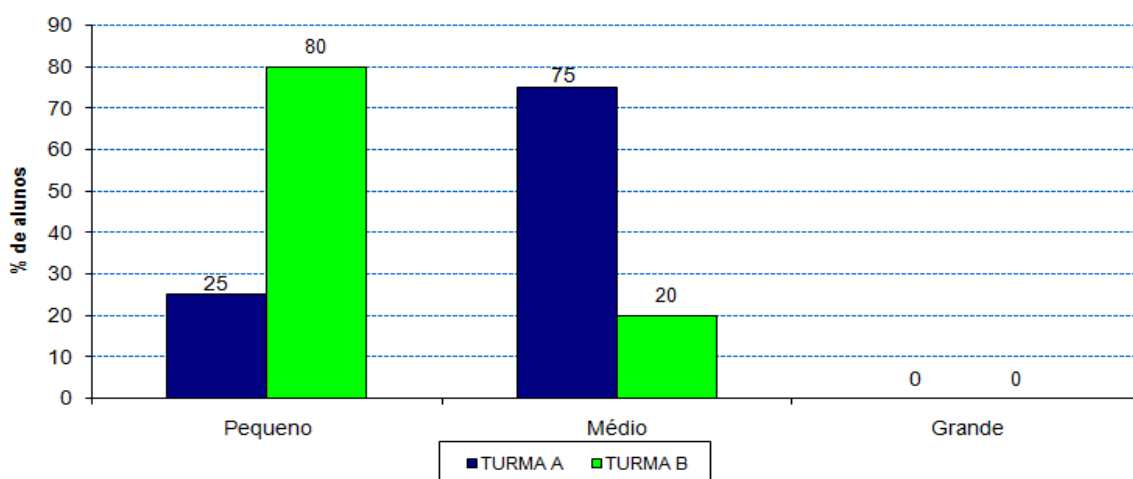
“2_ Com relação ao software *Audacity*, qual o grau de dificuldade na sua utilização?”

a) Pequeno

b) Médio

c) Grande

Figura 51 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 2.



Fonte: Questionário de pesquisa de campo aplicado aos alunos participantes deste projeto.

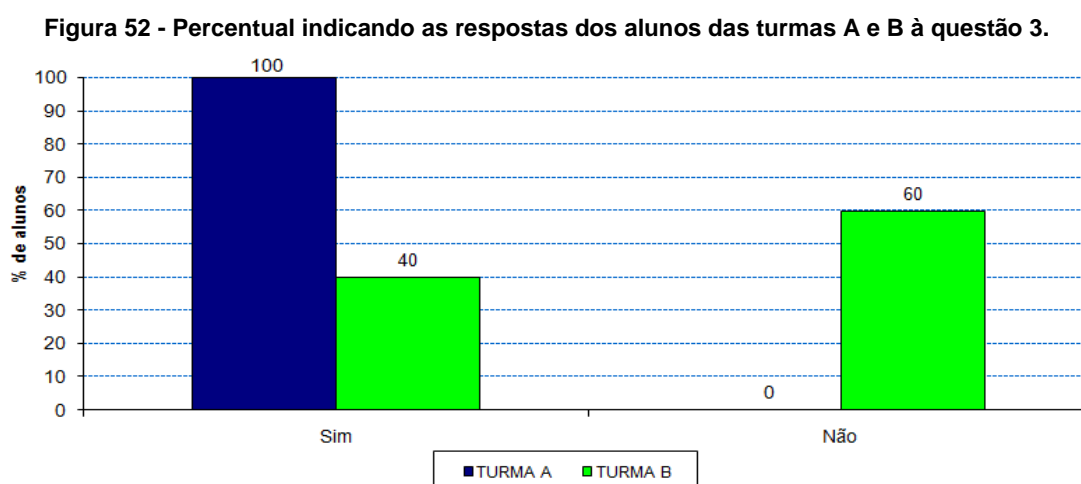
Esta questão mostra que a turma B basicamente não encontrou dificuldades na utilização do software. Nesta turma, o professor já havia utilizado o mesmo software em sala de aula com auxílio de um data show, fazendo uma

demonstração de como determinar a velocidade de uma bola após um chute. Acreditamos que este primeiro contato, mesmo que através do experimento demonstrativo, levou os alunos da turma B responderem a esta questão como alternativa b, que representa dificuldade média na utilização do software.

“3_Com relação ao tempo para o desenvolvimento das atividades, você acha que foi suficiente?”

a)Sim

b)Não



Fonte: Questionário de pesquisa de campo aplicado aos alunos participantes deste projeto.

Todos os alunos da turma A, que responderam ao questionário acharam que o tempo para realização das atividades foi suficiente, enquanto somente 2 alunos da turma B acharam o mesmo.

Acreditamos que, pelo problema de interpretação de texto, relatada como dificuldade por alunos da turma B, as atividades deveriam ser realizadas num tempo maior, haja vista que nesta turma nenhuma atividade foi terminada antes do tempo previsto.

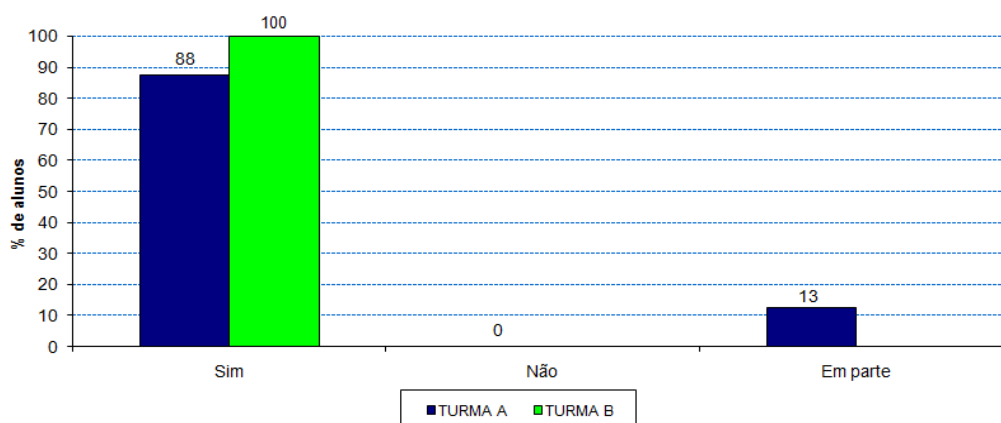
“4_As atividades experimentais facilitaram a compreensão dos fenômenos físicos estudados?”

a)Sim

b)Não

c)Em parte

Figura 53 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 4.



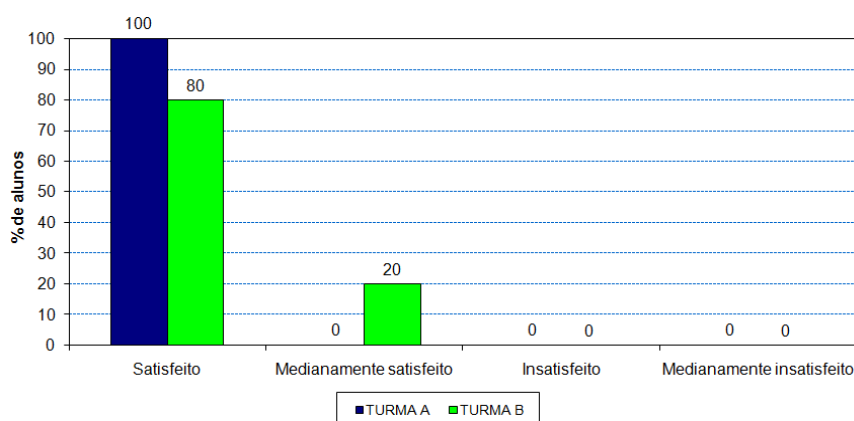
Fonte: Questionário de pesquisa de campo aplicado aos alunos participantes deste projeto.

Por estes gráficos percebe-se que as atividades experimentais realizadas foram bem avaliadas por parte dos alunos. Somente um aluno da turma A respondeu que as atividades experimentais propostas neste trabalho auxiliaram em parte a compreensão dos conceitos físicos. Mais de 70% dos alunos responderam que as atividades experimentais facilitaram a compreensão dos fenômenos físicos estudados.

“5_ Indique o seu nível de satisfação com relação às atividades desenvolvidas.”

a) Satisfeito b) Medianamente satisfeito c) Insatisfeito d) medianamente insatisfeito

Figura 54 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 5.



Fonte: Questionário de pesquisa de campo aplicado aos alunos participantes deste projeto.

Pela análise destes gráficos e relacionando-os com as respostas dos alunos à questão aberta número 13: “13-O espaço abaixo é para você colocar críticas, sugestões ou comentários que queira fazer.”, acreditamos que os mesmos ficaram satisfeitos com o tipo de atividade desenvolvida neste projeto. Abaixo, alguns relatos extraídos do questionário respondido e que mostram o grau de satisfação desses alunos com relação às atividades desenvolvidas.

Aluno 2 - Turma A

“As aulas me trouxeram melhor entendimento sobre a física, e me fez gostar ainda mais dessa matéria, por isso eu penso que sempre deveriam das aulas de física com atividades experimentais.”

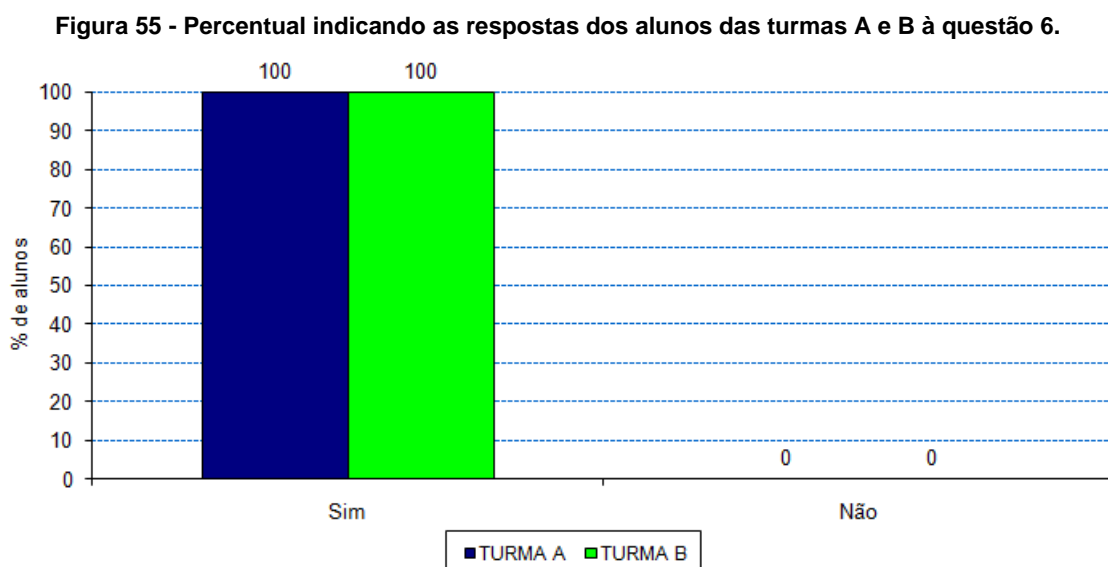
Aluno 4 - Turma B

“Em meu ponto de vista, acho que deveríamos ter mais aulas experimentais assim, pois facilita muito na aprendizagem dos alunos.”

“6_Você acha que deveria ter mais atividades deste tipo na escola?”

a)Sim

b)Não



Fonte: Questionário de pesquisa de campo aplicado aos alunos participantes deste projeto.

As propostas pedagógicas das duas escolas participantes do projeto não preveem aulas experimentais no Ensino Médio regular e os professores que as fazem, as fazem por iniciativa própria, na busca de uma melhor aprendizagem por parte dos alunos. Acreditamos que seja por isso que tivemos uma unanimidade com relação a esta questão, como podemos ver nas respostas de alguns alunos à questão 13 deste mesmo questionário.

Aluno 4 - Turma A

“Essas atividades deveriam ser feitas com maior frequência, pois auxiliam bastante na aprendizagem da Física, além de possibilitarem a interação dos alunos.”

Aluno 9 - Turma A

“Considero muito importante para o aluno ter contato com a parte experimental de qualquer disciplina. Por ser tão interessante o aprendizado fica mais dinâmico e espontâneo. Se o Ensino médio não fosse tão atribulado, visando atender às exigências do vestibular, as aulas práticas poderiam fazer parte da programação curricular.”

Aluno 2 - Turma B

“Eu queria que tivesse mais aulas desse tipo.”

“7_De acordo com o seu desempenho no desenvolvimento das atividades indique o grau de dificuldade de cada atividade.”

➤ Introdução ao *Audacity*

a)Muito fácil

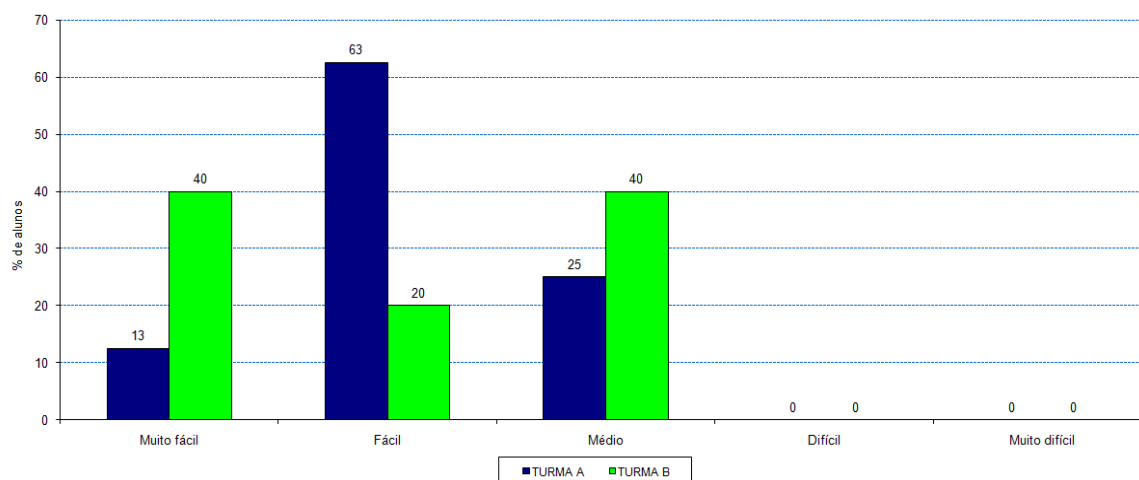
b) Fácil

c)Médio

d)Difícil

e)Muito difícil

Figura 56 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 7 em relação a atividade “INTRODUÇÃO AO AUDACITY”.



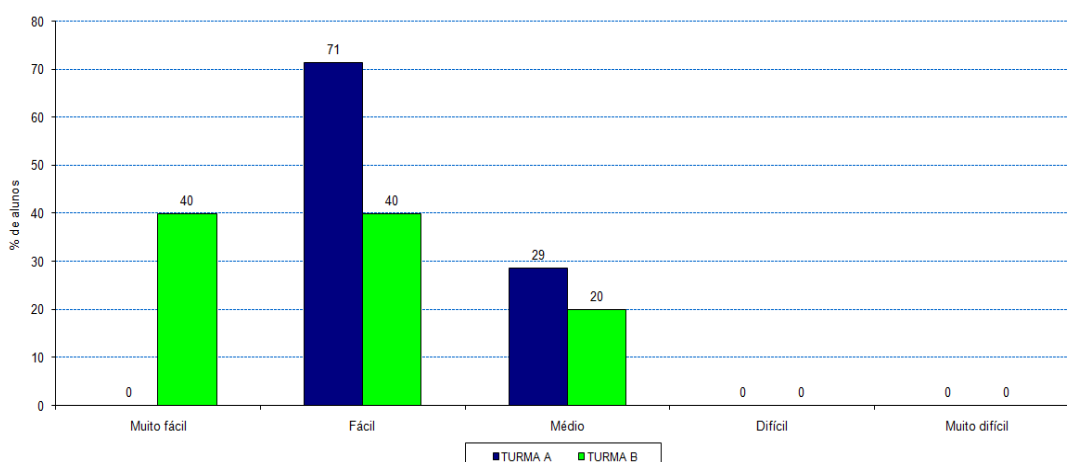
Fonte: Questionário de pesquisa de campo aplicado aos alunos participantes deste projeto.

Nenhum aluno achou esta atividade de introdução ao *Audacity* difícil, porém, alguns alunos tiveram dificuldade com o uso da calculadora científica e isto pode ter contribuído com os percentuais atribuídos à resposta de grau de dificuldade médio, item (c) desta questão. Do total de 13 alunos, 4 consideraram esta atividade de dificuldade média.

➤ Batimento Sonoro

a) Muito fácil b) Fácil c) Médio d) Difícil e) Muito difícil

Figura 57 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 7 em relação a atividade “BATIMENTO SONORO”.



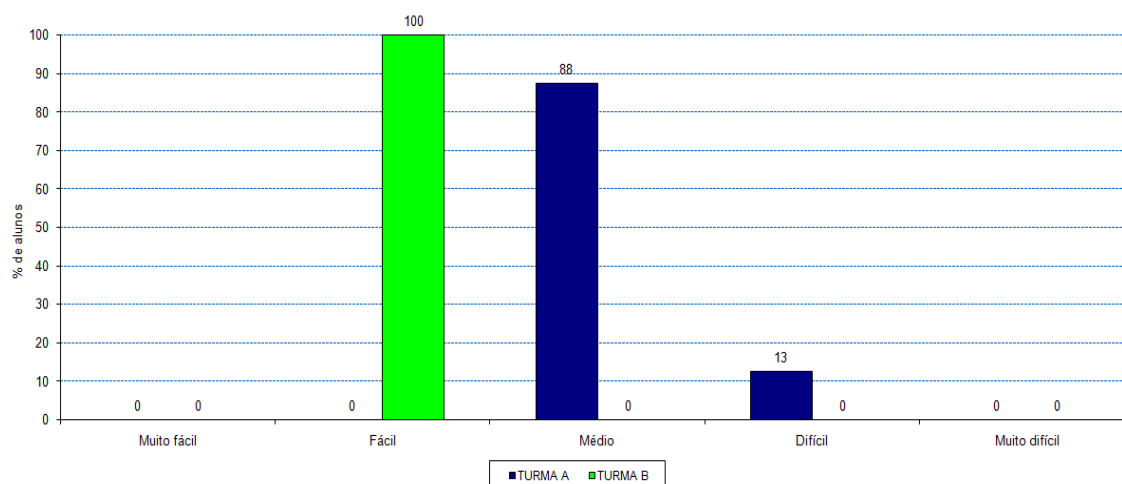
Fonte: Questionário de pesquisa de campo aplicado aos alunos participantes deste projeto.

Na turma A, do total de 8 alunos que participaram desta atividade, 5 alunos acharam a atividade fácil e 2 alunos classificaram a atividade de nível médio. Na turma B, apesar das dificuldades já relatadas na seção 4.4.3 , 5 alunos consideraram esta atividade fácil.

➤ Determinação da aceleração da gravidade local.

a) Muito fácil b) Fácil c) Médio d) Difícil e) Muito difícil

Figura 58 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 7 em relação a atividade “DETERMINAÇÃO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE”.



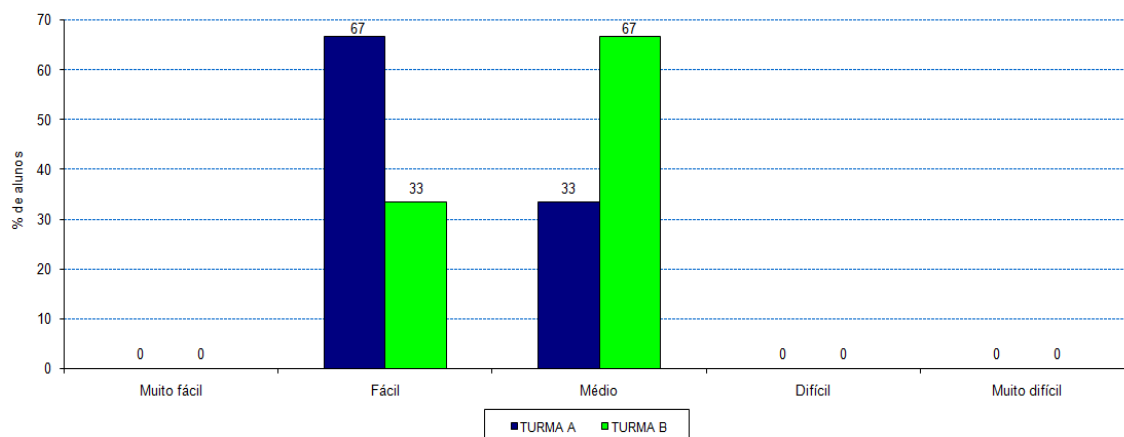
Fonte: Questionário de pesquisa de campo aplicado aos alunos participantes deste projeto.

Nesta atividade, do total de 13 alunos que responderam ao questionário, somente 1 aluno, pertencente à turma A, achou a atividade difícil. Na turma B, onde não houve problemas técnicos na realização do experimento, mencionados na seção 4.4.2 os três alunos que participaram da atividade consideraram-na fácil.

➤ Acústica de ambientes: Determinando o tempo de reverberação de ambientes com o uso do software *Audacity*.

a) Muito fácil b) Fácil c) Médio d) Difícil e) Muito difícil

Figura 59 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 7 em relação a atividade “DETERMINANDO O TEMPO DE REVERBERAÇÃO DE AMBIENTES COM O USO DO SOFTWARE AUDACITY”.



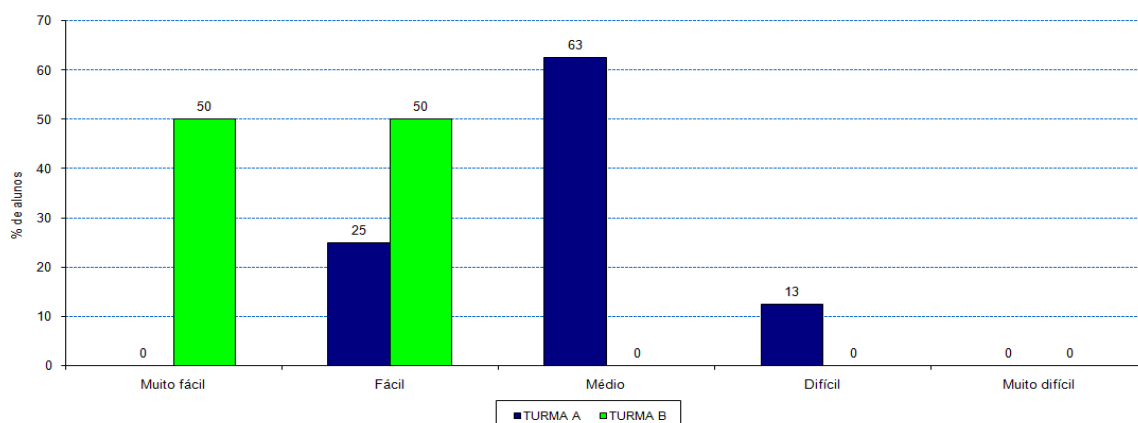
Fonte: Questionário de pesquisa de campo aplicado aos alunos participantes deste projeto.

Na turma A, do total de 6 alunos que realizaram esta atividade, 4 alunos a consideraram fácil. Os alunos desta turma não apresentaram dificuldades nos cálculos das áreas e dos volumes exigidos pela atividade, enquanto os alunos da turma B, dos 3 que realizaram a atividade, somente 1 achou a atividade fácil. Os dois outros alunos, durante as atividades, tiveram grande dificuldade no cálculo das áreas e dos volumes do ambiente estudado.

➤ Efeito Doppler: Determinando a velocidade de uma bicicleta através do efeito Doppler.

a) Muito fácil b) Fácil c) Médio d) Difícil e) Muito difícil

Figura 60 - Percentual indicando as respostas dos alunos das turmas A e B à questão 7 em relação a atividade “DETERMINANDO A VELOCIDADE DE UMA BICICLETA ATRAVÉS DO EFEITO DOPPLER”.



Fonte: Questionário de pesquisa de campo aplicado aos alunos participantes deste projeto.

Somente um aluno achou a atividade do Efeito Doppler difícil, sendo que, na questão 10: “10-Qual o experimento que você mais gostou de realizar?”, o mesmo aluno respondeu que foi o do Efeito Doppler. Acreditamos que esta dificuldade se dê na realização dos cálculos e não na compreensão dos conceitos de Física envolvidos, dado que na prova final realizada com esta turma, nas três questões sobre este assunto, tivemos mais de 90% de acertos.

“8_Descreva nas linhas abaixo se o trabalho em grupo ajudou ou não o desenvolvimento das atividades.”

Todos os alunos que responderam ao questionário afirmaram que o trabalho em grupo ajudou no desenvolvimento das atividades, uma vez que este tipo de atividade gera um ambiente descontraído, com discussões e trocas de ideias, além do que, com a divisão das funções, a realização das atividades se torna mais fácil e de melhor execução. Estas trocas de ideias proporcionam ao aluno com maior grau de dificuldades, a possibilidade de discutir as suas dúvidas no grupo, levando à compreensão do tema em questão, com a ajuda do mais experiente, seja ele o professor ou outros alunos do grupo.

Abaixo algumas respostas das turmas a esta questão.

Aluno 9 - Turma A

“O trabalho em grupo ajudou, pois criou um ambiente descontraído e possibilitou a divisão de funções para aproveitar melhor o tempo e aprender mais.”

Aluno 5 - Turma A

“Ajudou, é mais fácil trabalhar em grupo com divisão das tarefas e maior entendimento das propostas em cada aula pois um membro do grupo auxilia o outro”

Aluno 4 - Turma A

“O trabalho em grupo auxiliou no desenvolvimento das atividades, por possibilitar a discussão e a troca de ideias.”

Aluno 1- Turma A

“Somando a qualidade de cada um do grupo, as atividades se tornam fáceis, rápidas e divertidas. Enquanto um fazia uma coisa, o outro já estava adiantando outra, e no final, todos discutiam as conclusões.”

Aluno 6 - Turma A

“O trabalho em grupo ajudou sim no desenvolvimento das atividades, pois um ajudava o outro e dava opiniões no que sabia, e assim entrávamos em um acordo e resolvíamos as atividades.”

Aluno 6 - Turma B

“O trabalho em grupo ajuda muito o desenvolvimento, porque com o grupo ajuda um aos outros conforme o grau de dificuldade dos colegas e debatem sobre o assunto e vê a ideia de cada grupo.”

Aluno 4 - Turma B

“O trabalho em grupo me ajudou muito, pois quando aparecia alguma dúvida, minhas amigas me ajudavam, e assim vice-versa.”

“9_ Para você a função do professor no desenvolvimento das atividades foi importante? De que forma ele colaborou na realização das atividades?”

Os alunos acreditam ser indispensável ter o professor na condução das atividades. Eles alegam que o professor explicando-as ou dando as instruções do experimento a serem realizados, facilita o desenvolvimento das mesmas.

Os alunos que disseram que o professor ajudava tirando as suas dúvidas durante as atividades trabalhadas nos encontros perfazem 31% do total.

Aluno 1 - Turma A

“O professor contribuiu no desenvolvimento, ajudando os grupos, explicando as atividades e tirando as dúvidas, isso tornou as atividades mais rápidas e fáceis.”

Aluno 4 - Turma A

“A função do professor foi importante, pois foi ele que nos instruiu no desenvolvimento das atividades e também nos explicou o sentido dos experimentos.”

Aluno 7 - Turma A

“A participação do professor é fundamental para a realização das atividades. O projeto envolve atividades até então desconhecidas para os alunos, além de que a computação não está sob domínio de todos.”

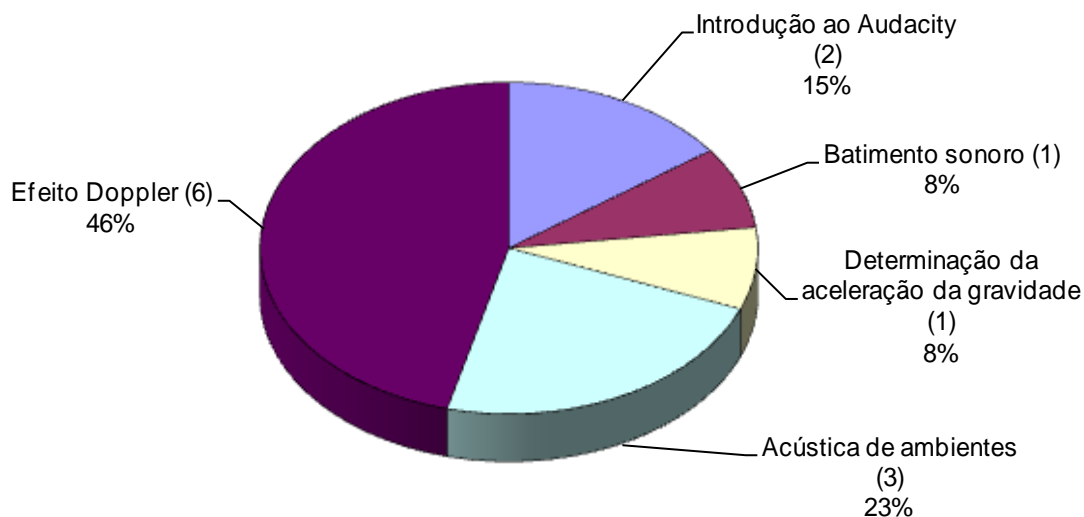
Aluno 1 - Turma B

“Sim, o professor ajudou muito no desenvolvimento das atividades. Ele nos auxiliou de uma maneira bem simples, com explicações completas e de fácil entendimento por nós, alunos.”

“10_ Qual o experimento que você mais gostou de realizar?”

Na figura 61 apresentamos um gráfico que mostra a preferência dos alunos em relação às 5 atividades realizadas nos encontros. Dos 13 alunos que responderam a esta questão, 6 gostaram mais da atividade do Efeito Doppler, 3 da atividade Acústica de ambientes e 2 da atividade de Introdução ao software *Audacity*. As atividades: Aceleração da gravidade e Batimento sonoro, foram apontadas, como experimento que mais gostou, por 1 aluno cada.

Figura 61 - Gráfico que mostra a preferência dos alunos em relação às atividades desenvolvidas.



Fonte: Elaborada pelo autor com os dados do questionário de pesquisa de campo aplicado aos alunos participantes deste projeto.

Abaixo, algumas respostas dos alunos.

Aluno 1 - Turma A

“O do Efeito Doppler, pois com um simples alarme, medimos a velocidade da bicicleta.”

Aluno 2 - Turma A

“O da acústica de ambientes, o qual tinha que determinar o tempo de reverberação de ambientes.”

Aluno 5 - Turma A

“O último, efeito Doppler, ver o Klaus andando de bicicleta!”

Aluno 8 - Turma A

“A experiência do Efeito Doppler foi mais divertida e satisfatória, alcançando resultados objetivos e trabalhando com diversos materiais e ambientes.”

Aluno 1 - Turma B

“Acústica de ambientes: Determinando o tempo de reverberação de ambientes com o uso do software Audacity. No meu critério de escolha, foi levado em consideração a atividade que achei mais interessante e a que eu acho que foi a que mais houve interação entre o aluno e o experimento.”

Aluno 5 - Turma B

“Eu gostei do Audacity, por distorcer os sons, retirar os ruídos.”

“11_Você acredita que as atividades experimentais desenvolvidas facilitam a aprendizagem da Física? Como?”

Os alunos, na sua totalidade, responderam que sim: as atividades experimentais facilitam a aprendizagem da Física. Nas suas respostas podemos notar que as aulas com atividades experimentais saem um pouco da rotina das aulas que eles chamam de decoreba. Para eles, este tipo de atividade os atrai mais, tornando a aprendizagem mais interessante, promovendo uma melhor interação entre eles.

Aluno 1 - Turma A

“Tudo fica mais fácil com a ajuda de um computador, porém, o professor é mais importante na aprendizagem.”

Aluno 2 - Turma A

“As atividades experimentais com certeza facilitam na aprendizagem da Física, pelo fato de estarmos presenciando os fenômenos físicos por meio dos experimentos.”

Aluno 7 - Turma A

“Sim, através do projeto é possível construir um aprendizado sobre física engajado no entendimento e, não, no tão utilizado “decoreba”.”

Aluno 1 - Turma B

“Sim, pois as atividades experimentais são as formas de trabalhos escolares que os alunos mais se interagem e interessam.”

Aluno 2 - Turma B

“Sim, porque é mais fácil aprender daquela forma. As aulas ficam mais interessantes.”

Aluno 6 - Turma B

“Sim. Através dos experimentos e na base do computador (programa) ajudou esclarecer dúvidas e também interessar mais na matéria.”

“12_Descreva abaixo comentários sobre o material impresso e sobre a realização dos experimentos. Explícite as dificuldades encontradas tanto na compreensão do material impresso, quanto na realização dos experimentos, ou outra de qualquer natureza.”

Dez alunos, ou seja, 83% do total, disseram que o material era de fácil compreensão e ajudou na realização das atividades. Porém as dificuldades relatadas por alguns foram: 2 alunos alegaram terem dificuldades de interpretação de textos, mas com a ajuda do professor conseguiram realizar as atividades; 2 alunos disseram que no início tiveram dificuldades no uso do software *Audacity*; 2 alunos indicaram que problemas com os computadores atrapalharam o desenvolvimento de algumas atividades; 2 alunos alegaram terem tido dificuldades na resolução dos exercícios e cálculos.

“13_O espaço abaixo é para você colocar críticas, sugestões ou comentários que queira fazer.”

Algumas sugestões e críticas foram selecionadas e estão a seguir:

Aluno 1 - Turma A

“Gostaria de deixar apenas um comentário, aprendi que na Física nada é perfeito, como na determinação da aceleração da gravidade.”

Aluno 5 - Turma A

“As aulas foram muito divertidas e nos ajudaram a lembrar de matérias a respeito de onda e som. Só tenho uma sugestão, Klaus, arrume computadores desse século! :D”

Aluno 6 - Turma A

“Esse trabalho foi muito bom para mim, pois aprendi muitas coisas que servirá pro meu futuro, e acho que deve continuar esse tipo de aula, pois é muito legal de se fazer.”

Aluno 7 - Turma A

“Foi excelente compreender parte da Física através da prática. Muito melhor foi poder compartilhar conhecimentos a fim de desenvolver uma coletividade entre alunos. Desde já agradeço pela oportunidade e parablenizo o professor Klaus pela qualidade e, principalmente pelo interesse em ajudar seus alunos de maneira solidária e verdadeira.”

Aluno 8 - Turma A

“As aulas, de maneira geral, foram objetivas, esclarecedoras e proveitosas. A revisão dos conteúdos e demonstração dos usos práticos das teorias físicas foram imprescindíveis para melhor compreensão de fenômenos cotidianos e colaborou com um melhor desempenho nos vestibulares. A sugestão, para os

projetos futuros ainda mais eficientes é a substituição do equipamento de áudio dos computadores ou dos aparelhos, como um todo.”

Aluno 1 - Turma B

“O trabalho feito, cuja a base era o software Audacity, e através do auxílio do professor Klaus gerou um desenvolvimento importante e muito satisfatório para nós, alunos da escola Estadual Marechal Rondon.”

Aluno 5 - Turma B

“Bom, eu não tenho crítica nenhuma a fazer, pois foi uma experiência única, amei fazer este curso, pois nele aprendi coisas que sozinha jamais saberia, eu não perdi nada só ganhei.”

Aluno 6 - Turma B

“O curso me ajudou mais com a matéria, entender como acontece nos experimentos. E mostrou o quanto a física está 100% nas nossas vidas.

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho aqui apresentado é uma proposta para utilização do computador com o software *Audacity*, de uso livre, em atividades experimentais em sala de aula. Foram produzidos quatro roteiros de experimentação e um de introdução ao software *Audacity*, que podem servir de material de apoio ao professor de Ensino Médio e, com alguns ajustes, para alunos do Ensino Superior.

Nesta experiência didática buscamos abordar alguns conteúdos que não fazem parte do programa normal desta faixa de ensino e fazer uma pequena revisão de alguns outros, com verificação experimental de leis físicas relacionadas aos temas ondas e acústica, utilizando para isso, como suporte, o software *Audacity* e equipamentos disponíveis nas escolas e no cotidiano do aluno.

Percebemos que, de modo geral, os alunos receberam bem e abraçaram o projeto de trabalho com as atividades experimentais com o auxílio do computador. Avaliamos que a execução do projeto auxiliou na aprendizagem dos conteúdos de ondas e acústica propostos nas atividades. Encontramos nas falas dos alunos evidências de que este tipo de atividade ajudou e facilitou a compreensão de certos fenômenos da Física que só tinham tido contato em aulas teóricas, sem nenhuma verificação experimental. Algumas atividades apresentaram conteúdos inéditos para ambas as turmas e de maneira geral, os alunos chamaram para si a construção do seu próprio conhecimento, mediado pelo professor e pelo uso do software *Audacity*.

A partir da análise feita nos questionários, podemos dizer que os alunos gostaram das atividades realizadas e acharam a interação em grupo importante para sua aprendizagem, um dos focos do trabalho, no desenvolvimento das atividades.

Na busca por indicadores que relacionavam o interesse dos alunos às atividades experimentais, pudemos notar que, no início de cada aula, os alunos eram submetidos a uma problematização relacionada a um dos temas abordados, através de uma leitura e discussão entre eles e o professor. Durante este período notou-se grande participação dos alunos na discussão inicial. Até mesmo alunos com pouca oralidade, participavam ativamente. Na análise dos questionários e nos próprios registros feitos em sala de aula, verificamos o interesse e o envolvimento dos alunos nas atividades.

Com poucos recursos financeiros e utilizando computadores das escolas e o software *Audacity*, o professor pode preparar suas aulas e utilizar os roteiros como material de apoio ou mesmo utilizá-los como base para ensinar os conteúdos neles abordados. O material instrucional aqui produzido e testado não tem a intenção de ser um curso de ondas e acústica para o Ensino Médio, mas para servir de auxílio para a aprendizagem significativa do aluno.

Muitas vezes, com a correria e as tribulações do dia a dia, nós professores, nos esquecemos de admirar a beleza daquilo que ensinamos aos nossos alunos e esquecemos que só se consegue ser mediador do conhecimento através da interação com os mesmos, se você realmente ama o que faz. Devemos buscar sempre a atualização para proporcionar aos nossos alunos situações em que eles realmente possam e tenham prazer em aprender.

Devemos ressaltar que este tipo de abordagem apresenta baixo custo dos materiais envolvidos e utilizam outros que fazem parte do cotidiano dos alunos. O uso do aparelho mp3 *player* pode ser substituído por outros mais atuais e até por aparelhos de telefonia celular.

Acreditamos ter atingido os objetivos propostos. Os roteiros experimentais se mostraram material potencialmente significativo e importante na compreensão de alguns conteúdos sobre ondas e acústica para alunos do Ensino Médio e podem ser utilizados por outros professores, com suas devidas adequações em suas aulas.

O software *Audacity* mostrou-se uma ferramenta poderosa e seu funcionamento de fácil compreensão pelos alunos. Durante o decorrer do desenvolvimento do projeto, outras aplicações foram sendo idealizadas na área de mecânica e outras em ondas e acústica, de forma a corroborarem a ideia de que esse tipo de ferramenta pode auxiliar o professor no laboratório didático de Física.

Queremos ressaltar que os roteiros de experimentação com auxílio do software não visa a substituição das aulas regulares e sim complementá-las ou, com algumas adaptações, serem utilizados para introduzir os assuntos. De qualquer forma, se bem preparada, a aula normal pode transcorrer no mesmo ambiente, concomitantemente às atividades experimentais.

Outros trabalhos nesta mesma linha devem ser desenvolvidos e, mais do que isso, devem ser divulgados de forma que, efetivamente, chegue às mãos do professor do Ensino Médio e sirva de subsídios para aplicação em sala de aula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, A. J. **Mago da física - interferência, ressonância e batimento.** Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/2103>>. Acesso em: 28 set. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12179: 1992** Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 2000. 9p.

BERG, A.; COURTNEY M. **Echo-based measurement of the speed of sound.** Disponível em: <<http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1102/1102.2664.pdf>> Acesso em: 30 set. 2010.

BOYLESTAD R.; NASHELSKY L. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos.** 3. ed. São Paulo: Prentice Hall, 1994.

BRASIL. Ministério da Educação. **Portal do Professor.** Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/index.html>>. Acesso em: 1 mai. 2011.

BRASIL. Ministério da indústria, do comércio e do turismo. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria n.º 115.** 1998. 9p.

BRASIL. **PCN+ - Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.** Local: MEC-SEMTEC, 2002.

CALDERÓN, S. E.; NÚÑEZ, P.; GIL, S. Latin-American Journal of physics Education. **Experimentos en el aula utilizando la tarjeta de sonido de una PC**, v. 4, n. 1, p. 188-193, 2010. Disponível em: <http://www.journal.lapen.org.mx/jan10/LAJPE_340_Silvia_Calderon_preprint_corr_f.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2011.

CAVALCANTE, M. A.; BONNIZIA, A.; GOMES, L. C. Revista Brasileira de Ensino de Física. **Aquisição de Dados em Laboratórios de Física: Um método Simples, Fácil e de Baixo Custo para Experimentos em Mecânica**, v. 30, n. 2, p.2501-1 – 2501-6, 2008.

CAVALCANTE, M. A.; SILVA E.; PRADO, R. Revista Brasileira de Ensino de Física. **O Estudo de colisões através do som**, v. 24, n. 2, p.150-157, jun. 2002. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v24_150.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2008.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Revista A Física Na Escola. **Medir a Velocidade do som pode ser rápido e fácil**, v. 4, n. 1, p.29-30, maio 2003. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num1/a10.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2008.

COORDENADORIA DE ESTUDOS E NORMAS PEDAGÓGICAS. **SUBSÍDIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA CURRICULAR DE FÍSICA PARA O SEGUNDO GRAU; ONDAS E ÓPTICA FÍSICA**. São Paulo, SE/CENP/FUNBEC, 1979.

GASPAR, A. **Compreendendo a física**. São Paulo: Ed. Ática, 2011. 448p.

GOMES, J. M.; NUNES E. L.; VENTURA D. R. **Ondas – Altura e intensidade**. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=22268>>. Acesso em: 18 set. 2011.

_____. **Acústica – Batimento**. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=22278>>. Acesso em: 18 set. 2011.

GONÇALVES V. S. B.; SILVA L. B.; COUTINHO A. S. Ruído como agente comprometedor da inteligibilidade de fala dos professores. **Produção**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 466-76, 2009.

HAGG, R.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Física na Escola. **Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de Física?** v. 6, n.1, p. 69-74, 2005.

HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. **Fundamentos de física**. 4. ed. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996. 292p.

HARTUNG G. E.; MEIRELLES R. **Microfone espião**. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=28540>>. Acesso em: 18 set. 2011.

INSTITUTE OF PHYSICS. IOP. **Teaching Advanced Physics**. Disponível em: <<http://tap.iop.org/vibration/index.html>>. Acesso em: 8 abr. 2011.

KINSLER, L. et al. **Fundamental of Acoustics**. 4. ed. USA: John Wiley & Sons, Inc, 2000.

LOPES, W. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. **Varição da aceleração da gravidade com a latitude e altitude**, v. 25, n. 3, p. 561-568, dez. 2008.

MARTINS, J. C. **Vygotsky e o papel das interações sociais na sala de aula: reconhecer e desvendar o mundo**. São Paulo: FDE, 1997. p. 111-122. Disponível em: <http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/ideias_28_p111-122_c.pdf>. Acesso em: 20 mar 2011.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. **Aprendizagem significativa** – a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982. 112p.

MOREIRA, M. A. **Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos**. São Paulo: Moraes, 1985. 94p.

MOREIRA, M. A. **Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos**. São Paulo: Moraes, 1999. 195p.

_____. **Uma abordagem cognitivista no ensino da Física**. Porto Alegre: Editora de Universidade, 1983. 189p.

_____. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Universidade de Brasília, 2006.

MORINI, L. B. M.. **Atividades experimentais de Física à luz da epistemologia de Laudan: ondas mecânicas no ensino médio**. 2009. p.134. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

NUSSENZVEIG, M. **Curso de física básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

_____. **Curso de física básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

OLIVEIRA, M. K. **Vigotsky** - aprendizado e desenvolvimento - um processo sócio-histórico. São Paulo: Ed. Scipione, 2003. 105p.

PINHO ALVES, J. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. 2000, p.312. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

REGO, Teresa C. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 4. ed. Petrópolis, Rio de Janeiro: Ed. Vozes, 1997.

SILVA, E. W. F. M.; GOBARA S. T. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. **Soundgate: um dispositivo sonoro para medir períodos**, v.26, n.2, p.379-393, ago. 2009

SILVA, L. F. **Uma Experiência Didática de Inserção do Microcomputador como Instrumento de Medida no Laboratório de Física do Ensino Médio**. 2005, p.144. Dissertação (Mestrado em ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

TIPLER, P. A. **Física/1b**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1985. 587p.

TURRA, C. M. G. et al. **Planejamento de Ensino e Avaliação**. Porto Alegre: PUC-EMMA, 1975. 307p.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984. 160p.

_____. **Pensamento e linguagem**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1979. 207p.

APÊNDICE A – ROTEIROS DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Neste apêndice apresentamos os roteiros de atividades confeccionados para uso dos alunos nas aulas com o professor. Foram tomados cuidados especiais na diagramação dos mesmos a fim de que tornasse seu uso, pelos alunos participantes do projeto, algo agradável.

ROTEIRO 1:

INTRODUÇÃO AO AUDACITY

Alunos: _____ n.º _____

_____ n.º _____

_____ n.º _____

Data: ___/___/___

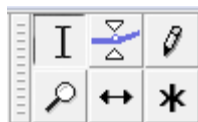
Audacity é um software editor de áudio de uso livre para fins educacionais e não comerciais.

INTERFACE BÁSICA





Acima você pode encontrar em destaque as três áreas da janela principal do software.


BARRA DE FERRAMENTAS





Estas ferramentas selecionam as funções de como o mouse vai atuar sobre as pistas de áudio.


 Ferramenta de seleção: é a ferramenta padrão do Audacity. Você irá utilizá-la para selecionar trechos das pistas de áudio.

 Ferramenta envelope: ela controla o volume da pista de áudio através de desenhos que você cria na pista de áudio. No meio profissional esse recurso é conhecido como ferramenta de automação.

 Ferramenta de desenho: essa ferramenta é muito poderosa, permitindo você alterar as amostras do áudio analisado. Para isso você deve ampliar ao máximo o trecho que você quer e alterar livremente.

 Ferramenta de Zoom: clique na pista de áudio e você ampliará a forma de onda. Se você utilizar esta ferramenta em conjunto com a tecla shift você diminuirá o zoom.

 Ferramenta deslizar: você pode deslizar a pista de áudio na tela. Muito utilizado para alinhar várias pistas de áudio.

 Modo Multi ferramenta: é uma ferramenta inteligente. De acordo com o local apontado pelo cursor do mouse na pista de áudio, ela assume uma ferramenta diferente.

USANDO O AUDACITY


Abrindo um arquivo de áudio gravado no computador

Siga os passos: **Arquivo**→**Abrir**

Uma janela de diálogo será aberta.

Vá até a pasta meus documentos: grupo de estudo e abra o som **Pássaro.wav**.

Observação: Não esqueça: Seu arquivo de áudio pode estar gravado no seu pendrive.

Clicar em  para ouvir seu arquivo.

Gravar em nova pista

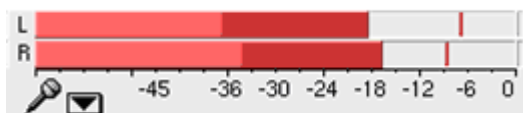
Clique em Arquivo→Novo

Agora vamos gravar um sinal de áudio.

Pressione a tecla **r**. Automaticamente será iniciada uma gravação ou tecla:



Durante a gravação você poderá monitorar o sinal de entrada através da barra



É importante observar se o sinal não estabilizará no zero (fim do monitor), se isso acontecer, o mesmo poderá ficar distorcido.

Após terminar a gravação aperte a tecla

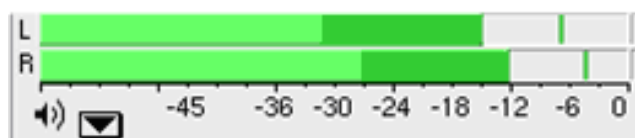


Clicar em



para ouvir sua gravação.

Durante a reprodução você poderá monitorar o sinal de saída através da barra:



Agora vamos aprender a aplicar efeitos ao sinal gravado.

Aplicando efeitos

Selecione o trecho da pista onde você deseja aplicar o efeito utilizando a ferramenta de seleção.

Na Barra de Menus, selecione a opção **Efeitos**.

Altere as configurações do efeito ao seu gosto.

Para verificar se o efeito aplicado está como desejado, selecione a opção **Testar**.

Se estiver do seu agrado, clique em OK.

Se você não gostou do efeito, você pode desfazer sua aplicação. É só ir ao menu **Editar** e desfazer o efeito ou tecla CTRL+Z.

Limpendo “chiados” do som

Abra o som **pássaros.wav** em seu computador. Você já usou este arquivo nesta aula. Perceba um chiado de fundo. Se não estiver, aproxime-se de sua caixa de som e escute. Muitas vezes esses chiados atrapalham o uso dos arquivos de áudio então vamos aprender a eliminá-lo.

Selecione no início um pequeno trecho do áudio.

Vá até o menu Efeitos→Remover ruído.

Clique em **Perceber ruído**. (Nesse momento o software está analisando o tipo de ruído).

Selecione o trecho inteiro que você quer eliminar o chiado.

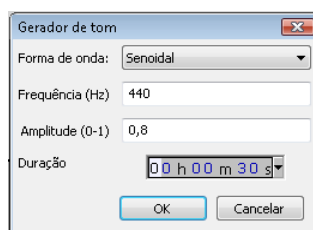
Novamente vá até o menu Efeitos→Remover ruído→Clique em testar.

Ouçã se o ruído foi eliminado. Se sim clique em Ok. Se o ruído ainda persistir, aumente a **Redução de ruído (dB)** para 24 ou mais.


Criando uma forma de onda

Vamos inserir uma forma de onda para analisarmos seu período e sua frequência.

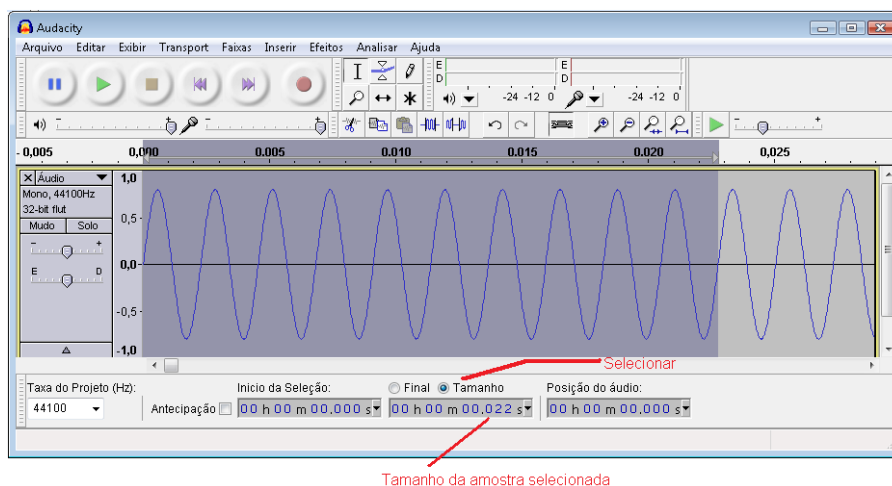
Vá até o menu **Inserir→Tom**



Clique na setinha ao lado de 00h00m30s e mude a configuração para mostrar o conteúdo desta caixa em *segundos*.

Aparecerá na pista de áudio uma onda do tipo senoidal. Aumente a visualização com a ferramenta  zoom

Amplie para melhor visualização e selecione 10 comprimentos de onda (10 λ) para medirmos o período de oscilação.



O tamanho da amostra (indicado na figura) será o período (**T**) de 10 comprimentos de onda. Encontre e anote o período no quadro abaixo.

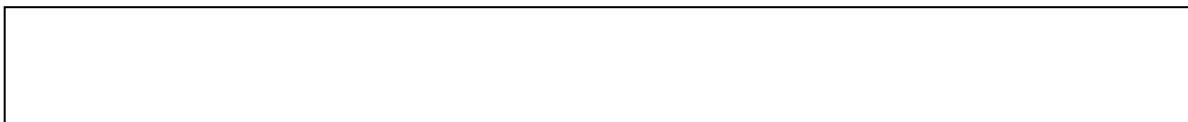
Com este dado, encontre a frequência da onda $f = \frac{1}{T}$

→ Abra o arquivo chamado som_1 em seu computador e tente encontrar a frequência.

Outra forma de você encontrar a frequência sem utilizar cálculos é através da ferramenta **Espectro de frequência**. Ela é encontrada no menu **Analisar**. Vamos usá-la. Selecione o trecho de áudio a ser analisado e clique em **Analisar** → **Espectro de frequência**. Compare a frequência medida no analisador com o calculado no item anterior.

Com o que foi aprendido até agora, grave o som emitido pelo seu diapasão e encontre sua frequência.

O sinal gravado terá uma amplitude muito pequena e, portanto, você deve utilizar algum efeito que irá aumentar esta amplitude (volume).



Escala Musical

Existem várias escalas musicais. Os orientais utilizam escalas musicais bem diferentes das nossas, por isso estranhemos quando assistimos a filmes chineses e escutando as músicas, achamos muito estranho. No Brasil utilizamos a escala musical temperada composta por 12 notas igualmente espaçadas. O intervalo entre duas notas dessa escala é chamado de semitom. Conhecendo a frequência da primeira nota da escala, multiplicamos esta frequência por valores obtidos pela

equação $\left(2^{\frac{n}{12}}\right)$ e obtemos uma escala completa, conhecida como escala temperada cromática.

Fórmula:

$$f = f_{D\acute{o}_1} \cdot \left(2^{\frac{n}{12}}\right); n = \text{número do semitom em relação ao D\acute{o}}$$

Exemplo de cálculo:

Abra a calculadora do Windows e mude para o modo científico.

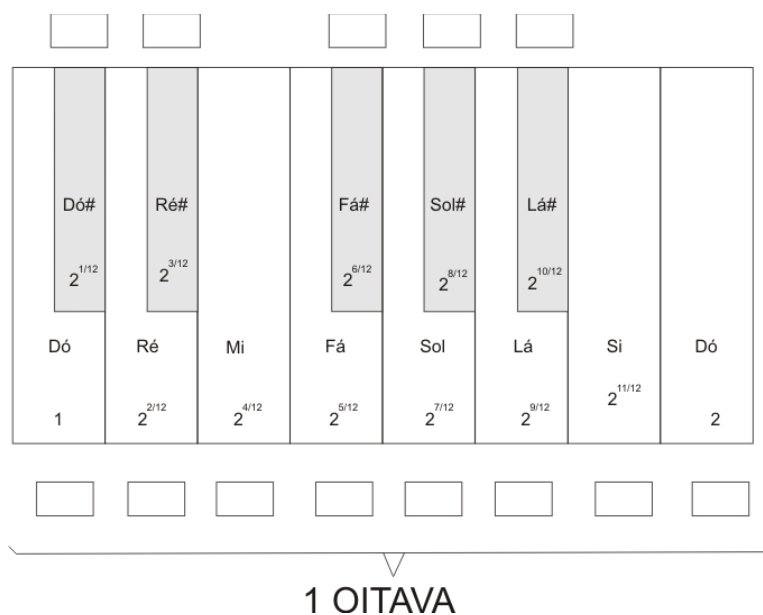


Vamos calcular a frequência da nota Dó#:

Clique em:



Sabendo que a frequência do Dó₁ é de 262 Hz, complete os **quadrinhos** com a frequência de cada nota musical.



Criando uma composição musical

Vamos criar uma composição simples utilizando o **Gerador de Tom** do Audacity.

Vá até o menu **Inserir→Tom**

Ajuste a duração para 1 segundo e insira a frequência da primeira nota Dó₁ e assim sucessivamente. Após colocar todas, escute o resultado.

Agora faça isso para a melodia:

Dó – Ré – Mi – Fá – Fá – Fá

Dó – Ré – Do – Ré – Ré – Ré

Do – Sol – Fá – Mi – Mi – Mi

Dó – Ré – Mi – Fá – Fá – Fá

Escute o resultado e salve na pasta de trabalho do seu grupo.

Desafio: O que falta para melhorar a execução desta música?
Proponha uma solução e discuta com os outros grupos no final da aula.

BIBLIOGRAFIA:

www.feiradeciencias.com.br

ROTEIRO 2:

DETERMINAÇÃO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

Alunos: _____ n.º _____

_____ n.º _____

_____ n.º _____

Data: ___/___/___

PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Sabemos que existem relógios que funcionam baseados num pêndulo como mostra a figura abaixo. O mecanismo de funcionamento tem por base o tempo necessário para o vai e vem deste pêndulo. Como medir este tempo utilizando o software Audacity e utilizá-lo para determinar a aceleração da gravidade local?

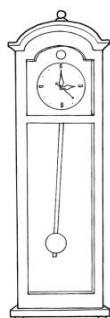


Figura 1 – Relógio de pêndulo.

Fonte: http://etevprimeiroc.blogspot.com/2009_11_01_archive.html visitada em 7 out. 2010

OBJETIVOS:

- Determinar o período de oscilação do pêndulo com auxílio do software Audacity.
- Determinar a aceleração da gravidade do local.
- Verificar se o comprimento do fio influencia no período do pêndulo simples.

INTRODUÇÃO

Um pêndulo simples é formado por um corpo de massa m preso a um fio de comprimento L , com uma das extremidades presa a um ponto fixo e a outra, com a massa, que oscila no plano vertical. Desprezando, é claro, a ação da resistência do ar.

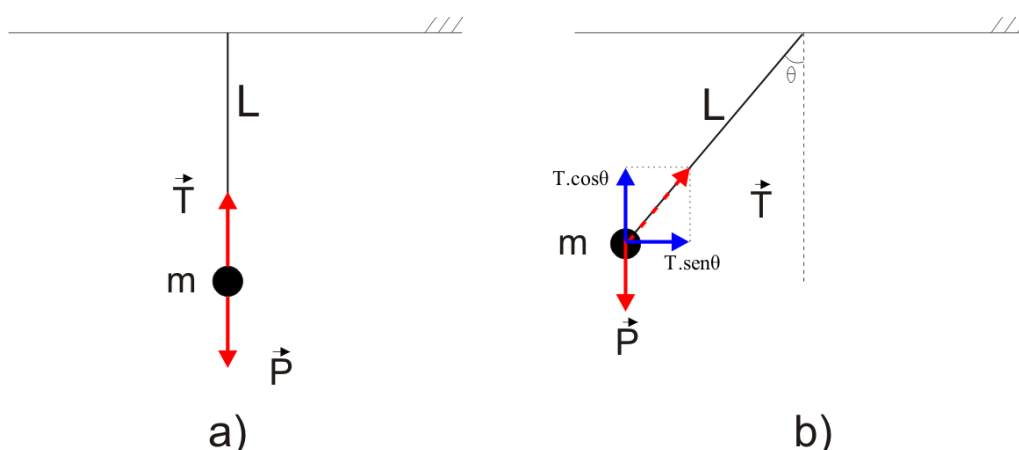


Figura 2 – (a) Pêndulo simples na configuração de equilíbrio. (b) Instante em que podem ser observadas as componentes da tração T no fio.

Em sua posição de equilíbrio, como visto na figura, a massa m fica sujeita a ação da força peso \vec{P} , exercida pela Terra e da força de tração \vec{T} , exercida pelo fio.

Quando ele é tirado de sua posição de equilíbrio e posto a oscilar, se não houver atrito ele permanecerá assim para sempre em um movimento periódico. O intervalo de tempo gasto para que o pêndulo saia de uma posição inicial e realize um ciclo completo é chamado de período de oscilação e para o ângulo θ pequeno o pêndulo executa um movimento harmônico simples. Seu período pode ser calculado por:

$$T=2.\pi.\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Onde:

L → comprimento do fio em metros (m)

g → aceleração da gravidade local em metros por segundo ao quadrado (m/s²)

T → período de oscilação do pêndulo simples em segundos (s).

Elevando os dois membros da equação do período ao quadrado temos:

$$T^2 = \left(2.\pi.\sqrt{\frac{L}{g}} \right)^2$$

$$T^2 = 4.\pi^2.\frac{L}{g}$$

Isolando g na igualdade acima temos:

$$g = 4.\pi^2.\frac{L}{T^2}$$

MATERIAL

- trena;
- transferidor;
- fio fino;
- computador com caixas de som, microfone e o software Audacity instalado;
- bases e suportes para a sustentação do pêndulo.

PROCEDIMENTO

Monte o experimento como a figura 3.

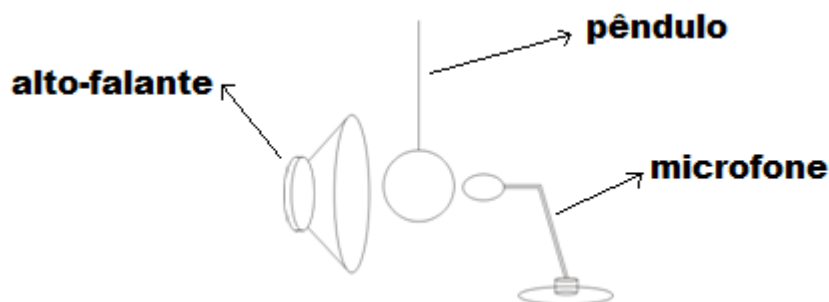


Figura 3 – Montagem experimental.

- Meça o comprimento do pêndulo montado e anote na tabela.
- Use um transferidor para medir o ângulo que você irá colocar o pêndulo a oscilar.
- No software, vá até o menu **Inserir**→**Tom**
- Crie uma onda de frequência 1500 Hz de duração igual a 60 segundos.
- Solte o pêndulo com um ângulo de 10°.
- Coloque o software Audacity para gravar.
- Após mais ou menos dez oscilações pare de gravar e meça os períodos na forma de onda gravada no canal 2 do software.
- Preencha a tabela com os respectivos valores dos períodos.
- Repita o procedimento para outro valor de comprimento do fio **L**.

- Calcule a média dos períodos: $\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{N}$ e complete a tabela.

Tabela		
	L = _____	L = _____
	Período T (s)	Período T (s)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
Média dos períodos		

ATIVIDADES

1_ Utilizando a equação $g=4.\pi^2 \cdot \frac{L}{T^2}$, calcule a aceleração da gravidade local para os dois valores de L.

--	--

2_ Compare o valor obtido com o valor de $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, calculando o erro percentual nos dois casos.

$$\text{Erro percentual} = \left(\frac{\text{valor teórico} - \text{valor experimental}}{\text{valor teórico}} \right) \times 100\%$$

--	--

3_ O comprimento do fio alterou o período de oscilação do pêndulo simples?

--

4_ Imagine a seguinte situação. O pêndulo do seu experimento foi levado para um planeta com atmosfera igual a da Terra, porém a gravidade é cinco vezes menor que a da Terra. Mantidas as mesmas condições do experimento realizado na aula, o que aconteceria com o período medido pelo software? Qual seria este novo período?

--

5_(VUNESP-SP) Período de um pêndulo é o intervalo de tempo gasto numa oscilação completa. Um pêndulo executa 10 oscilações completas em 9,0 segundos. Seu período é:

- a) 0,9 segundos
- b) 1,1 segundos
- c) 9,0 segundos
- d) 10,0 segundos
- e) 90,0 segundos

6_(FATEC-SP) O período de oscilação de um pêndulo simples pode ser calculado

por $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$, onde L é o comprimento do pêndulo e g a aceleração da

gravidade (ou campo gravitacional) do local onde o pêndulo se encontra. Considere um relógio de pêndulo que marca, na Terra, a hora exata, e responda as situações descritas abaixo.

É correto afirmar que, se este relógio for levado para a Lua,

- a) atrasará, pois o campo gravitacional lunar é diferente do terrestre.
- b) não haverá alteração no período de seu pêndulo, pois o tempo na Lua passa da mesma maneira que na Terra.
- c) seu comportamento é imprevisível, sem o conhecimento de sua massa.
- d) adiantará, pois o campo gravitacional lunar é diferente do terrestre.
- e) não haverá alteração no seu período, pois o campo gravitacional lunar é igual ao campo gravitacional terrestre.

BIBLIOGRAFIA

Edy Wilson Ferreira Mendes da Silva, Shirley Takeco Gobara; SOUNDGATE: UM DISPOSITIVO SONORO PARA MEDIR PERÍODOS. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.26, n.2: p.379-393, ago. 2009

ROTEIRO 3:

BATIMENTO SONORO

Alunos: _____ n.º _____

_____ n.º _____

_____ n.º _____

Data: ___/___/___

PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Se ouvirmos uma frequência de 410 Hz e depois de um minuto ouvirmos uma frequência de 420 Hz, muitas pessoas não serão capazes de distinguir estas duas frequências. Mas, se as produzirmos no mesmo instante, perceberemos um som cuja frequência é a média das duas frequências, ou seja, 415 Hz e com uma variação periódica na intensidade percebida. Este fenômeno é muito utilizado por músicos de instrumentos de corda, para afiná-los. Você sabe como se afina um instrumento musical de cordas?

OBJETIVO:

Observar o efeito do batimento utilizando software e caixa de som.

INTRODUÇÃO

Suponha que duas fontes sonoras estejam montadas como na figura abaixo.

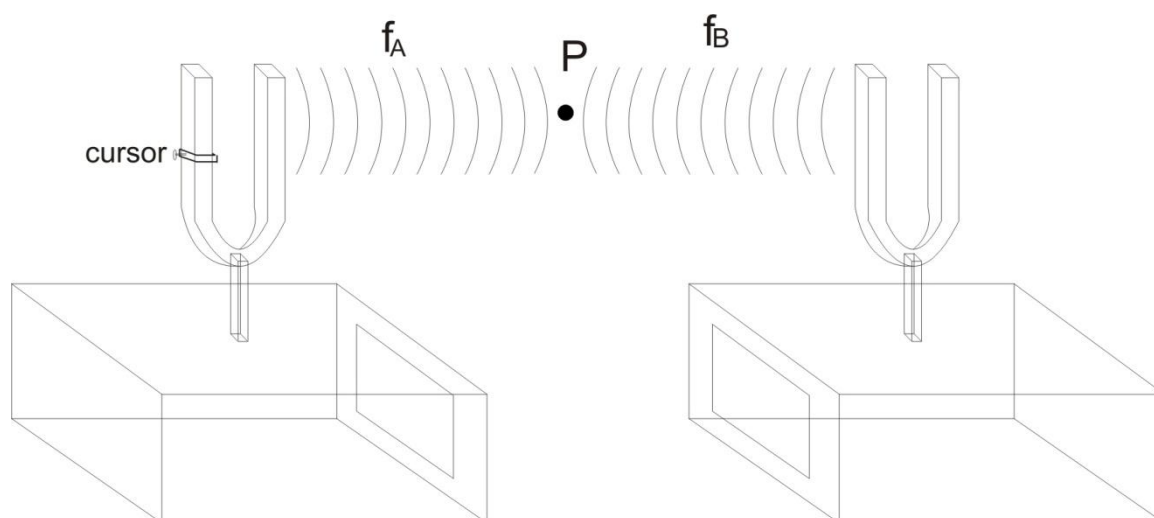


Figura 1 – Configuração experimental dos diapasões para obtenção do batimento.

Assista ao vídeo do *Mago da Física*, disponibilizado pelo professor em seu computador.

Sem o cursor em um dos diapasões e fazendo os dois diapasões vibrarem com ajuda de um martelo de borracha, nota-se um reforço no som que ouvimos.

Se colocarmos o cursor em um dos diapasões e vibrarmos o conjunto todo novamente, notaremos que o som resultante não será mais de reforço e sim de variações em sua intensidade. A este fenômeno chamamos batimento.

Vamos conceituar teoricamente o batimento.

Suponha que no ponto P cheguem as duas ondas sonoras provenientes dos diapasões A e B com a mesma amplitude e com frequências f_A e f_B um pouco diferentes.

O ponto P fica submetido a um movimento que é a superposição dos movimentos das ondas produzidas pelas fontes A e B

$$y_A = A \cdot \text{sen } 2\pi f_A t$$

$$y_B = A \cdot \text{sen } 2\pi f_B t$$

O movimento resultante é a soma dos movimentos y_A e y_B

$$y_A + y_B = A (\text{sen } 2\pi f_A t + \text{sen } 2\pi f_B t)$$

Utilizando a identidade trigonométrica

$$\text{sen } \alpha + \text{sen } \beta = 2 \cos \frac{1}{2} (\alpha - \beta) \text{sen } \frac{1}{2} (\alpha + \beta)$$

Temos:

$$y_A + y_B = A \left[2 \cos \frac{1}{2} (2\pi f_A t - 2\pi f_B t) \right] \text{sen } \frac{1}{2} (2\pi f_A t + 2\pi f_B t)$$

$$y_A + y_B = 2A \left[\cos \frac{1}{2} 2\pi (f_A - f_B) t \text{sen } \frac{1}{2} 2\pi (f_A + f_B) t \right]$$

$$y_A + y_B = 2A \cos 2\pi \left(\frac{f_A - f_B}{2} \right) t \text{sen } 2\pi \left(\frac{f_A + f_B}{2} \right) t$$

Amplitude resultante (variável com o tempo)

frequência do som resultante

A interpretação gráfica desta equação será vista no software Audacity na execução deste roteiro.

A frequência do som resultante é dada por: $\frac{f_A + f_B}{2}$

E a amplitude do som resultante varia com frequência dada por: $\frac{f_A - f_B}{2}$

MATERIAL

- Computador com software Audacity instalado.

- Caixa de som.

PROCEDIMENTO

Abra o software Audacity em seu computador.

No software, vá até o menu **Inserir**→**Tom**.

Crie uma onda de frequência 410 Hz, amplitude 0,4 e duração igual a 1 segundo.

Va até o menu **Faixas** →Add new →Faixa de áudio.

Vá até o menu **Inserir**→**Tom**.

Crie uma onda de frequência 420 Hz, amplitude 0,4 e duração igual a 1 segundo.

Reproduza em loop o som, clicando as teclas **shift+space** e escute o batimento.

Tecele **ctrl+A** para selecionar todas as ondas.

Clique no menu Faixa → mixar e renderizar.

Ouçã o resultado.

Anote a amplitude da onda resultante. Compare o resultado com as amplitudes das ondas iniciais. Este resultado está de acordo com a teoria?

Faça um esboço da onda sonora resultante e anote quantas anulações da amplitude houve dentro de um segundo.

Vá até o menu **Analisar** e anote a frequência da onda resultante. O resultado condiz com a teoria?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas, SUBSÍDIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA CURRICULAR DE FÍSICA PARA O SEGUNDO GRAU; ONDAS E ÓPTICA FÍSICA; coord. Antonio de Souza Teixeira Jr. E Desna Celoria. São Paulo, SE/CENP/FUNBEC, 1979. 9v.

ALBINO JÚNIOR, Amadeu. Vídeo: Mago da física - interferência, ressonância e batimento. Disponível em <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/2103>> Visitado em 28 set. 2010.

ROTEIRO 4:

ACÚSTICA DE AMBIENTES

DETERMINANDO O TEMPO DE REVERBERAÇÃO DE AMBIENTES COM O USO DO SOFTWARE AUDACITY

Alunos: _____ n.º _____

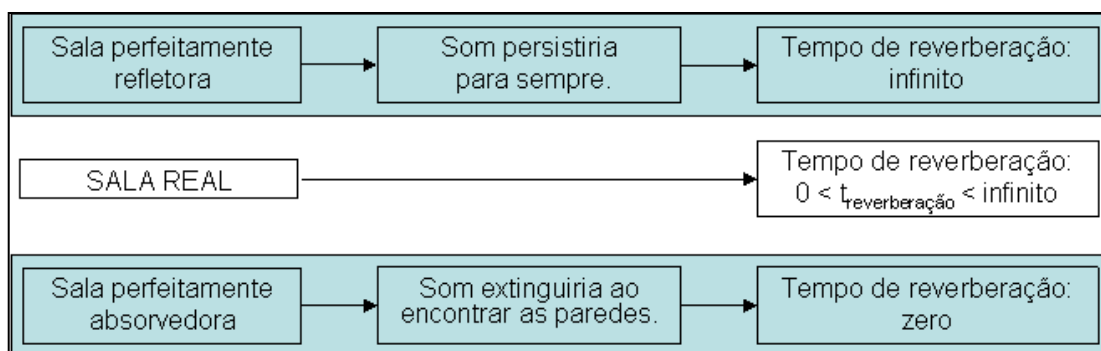
_____ n.º _____

PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Você já parou no centro de uma sala vazia e percebeu o som produzido nesse ambiente? Quanto maior o ambiente mais diferente se torna a sensação com que percebemos os sons. Será que isso tem alguma coisa a ver com a inteligibilidade?

Você já deve ter percebido que em determinados locais onde uma pessoa discursa, sem auxílio de um microfone, fica difícil o entendimento da fala. Através desta atividade, tentaremos esclarecer os conceitos físicos envolvidos na reverberação de ambientes.

PARTE TEÓRICA



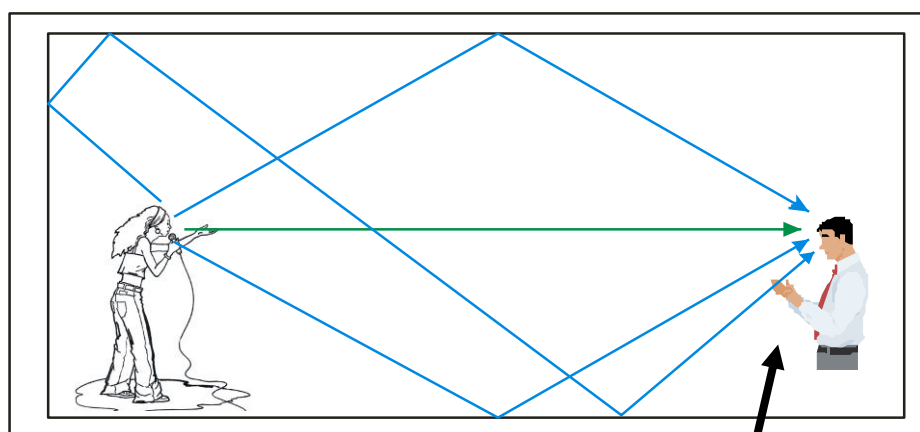
Sabemos que pessoas falando, ou mesmo músicas, podem ser melhor ouvidas em alguns ambientes do que em outros. Isso se dá pelo fato de que o som produzido pela fonte, no caso a pessoa, ao ser cessado, persiste no ambiente durante certo tempo. Este tempo é conhecido como tempo de reverberação. Em ambientes com paredes muito lisas e sem material que absorva o som, esse tempo de reverberação pode ser de alguns segundos, como vocês irão constatar no experimento, e os sons produzidos nesse ambiente vão se misturar, dificultando a inteligibilidade da linguagem.

Para ter uma medida quantitativa dos tempos de reverberação, adotamos a definição usual, que é o tempo que a intensidade do som produzido pela fonte caia para um milionésimo de sua intensidade inicial.

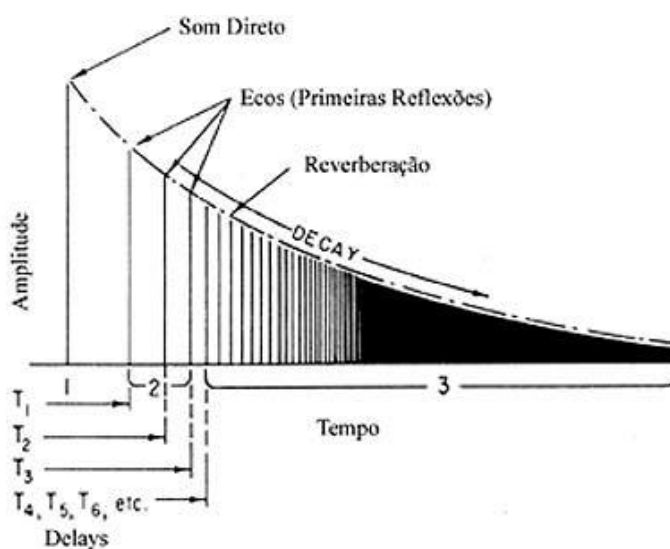
$$I = 10^{-6} I_0$$

I_0 → Intensidade inicial.

Isto quer dizer que o nível de intensidade do som diminui de 60 dB durante o tempo de reverberação.



■ som direto
■ som refletido



Wallace Sabine (1868 – 1919), professor na Universidade de Harvard, por volta de 1895 foi chamado a tentar resolver um caso de reverberação excessiva num salão de conferências desta universidade e após um minucioso estudo

estabeleceu uma ciência de acústica arquitetônica. Sua principal contribuição foi a expressão para calcular o tempo de reverberação de um ambiente.

$$t_{reverberação} = 0,16 \frac{V}{A}$$

$t_{reverberação}$ → Tempo de reverberação do ambiente em segundos (s).

V → Volume do ambiente em metros cúbicos (m^3).

A → Absorção total.

$$A = a_1 \cdot \alpha_1 + a_2 \cdot \alpha_2 + a_3 \cdot \alpha_3 + \dots$$

a_1, a_2, a_3 , → são as áreas.

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, → são os coeficientes de absorção sonora.

Coeficiente de absorção sonora para alguns elementos construtivos

Lousa	0,013
Vidro	0,168
Concreto	0,060
Carpete sobre concreto	0,240

MATERIAL UTILIZADO

-1 Mp3 *player*.

-Computador com o software Audacity instalado.

-1 conjunto formado com ripas como descrito na montagem experimental.

-Roteiro para pesquisa de campo.

PROCEDIMENTO

Esta atividade será dividida em duas partes:

Na primeira parte vocês realizarão uma pesquisa de campo. Siga o roteiro entregue pelo professor.

Na segunda parte, na sala de informática, vocês encontrarão os respectivos tempos de reverberação médios das salas que vocês analisaram com o auxílio do software Audacity.

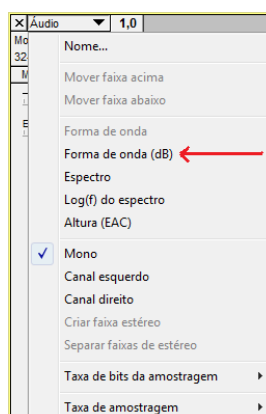
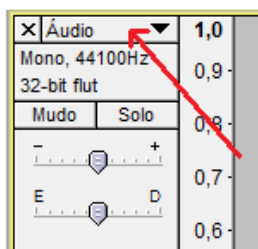
NO LABORATÓRIO DE INFORMÁTICA

Descarregue seu *pen drive* na pasta especificada para seu grupo. Vocês terão no mínimo três arquivos.

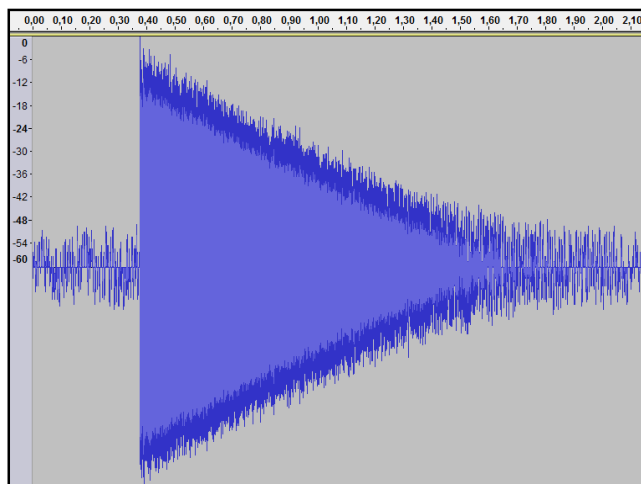
Inicie o software Audacity e abra o primeiro arquivo da sala.

Normalize o sinal de áudio com a ferramenta Normalizar. (Efeitos→Normalizar).

Em seguida clique na pista de áudio na opção **Áudio** como na figura abaixo e mude o modo de visualização para →**Forma de onda (dB)**.



O seu arquivo da sala de aula ficará assim



Selecione o trecho do som **direto** até a sua intensidade ter caído 60 dB. Meça esse tempo usando a barra de seleção.

1_Anote todos os tempos para a sala na tabela abaixo.

<p>Sala</p> <p>$t_1 =$ _____</p> <p>$t_2 =$ _____</p> <p>$t_3 =$ _____</p> <p>$t_{\text{médio}} =$ _____</p>
--

2_Compare os resultados obtido com os calculados usando a expressão empírica de Sabine para os tempos de reverberação.

<p>Sala</p> <p>$t_r =$ _____ (medido)</p> <p>$t_r =$ _____ (calculado)</p>

3_ Se houve alteração, discuta com seus colegas de grupo o porquê desta diferença e escreva as conclusões do grupo para posterior discussão.

4_ Quando a sala fica cheia de alunos melhora a inteligibilidade da fala?

5_ Com os conhecimentos adquiridos nas aulas, faça sugestões de como melhorar a acústica dos ambientes estudados.

ACÚSTICA DE AMBIENTES

DETERMINANDO O TEMPO DE REVERBERAÇÃO DE AMBIENTES COM O USO
DO SOFTWARE AUDACITY

Alunos: _____ n.º _____

_____ n.º _____

_____ n.º _____

Data: ___/___/___

PESQUISA DE CAMPO

ESCOLHA UMA SALA DE AULA PARA REALIZAR SUA PESQUISA.

RECOMENDAÇÕES

O melhor horário para fazerem estas medidas é das 17h45min às 18h45min.

Vocês receberam este relatório com duas semanas de antecedência para serem feitas as medidas e os resultados levados para o laboratório de informática na data marcada pelo professor.

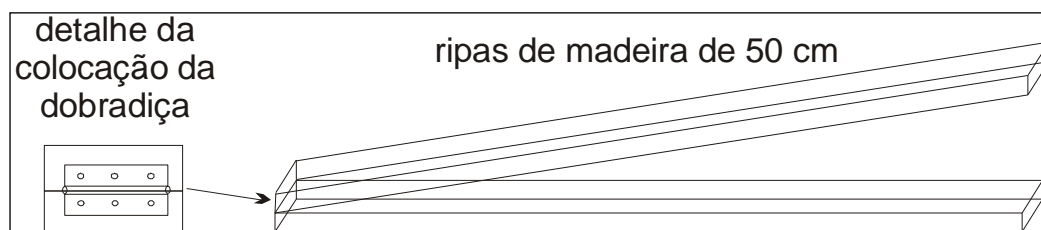
MATERIAL NECESSÁRIO

- 1 Mp3 *player*.
- 3 bexigas.
- 1 conjunto formado com ripas como descrito na montagem experimental.

MONTAGEM EXPERIMENTAL

A única montagem necessária para este experimento é um conjunto formado por duas tábuas de madeira, com uma dobradiça entre elas, como mostrada na figura abaixo. Esta montagem será usada para gerar um “estalo” no centro da sala estudada.

As ripas não precisam ter tamanhos exatos como indicado na figura.



PROCEDIMENTO

→Meça e anote as dimensões da sala de aula. Diga se ela é retangular, trapezoidal, circular, etc. e faça um esboço. Não se esqueça de identificá-la.

	Sala = _____
Comprimento	
Largura	
Altura	

Esboço (vista aérea)

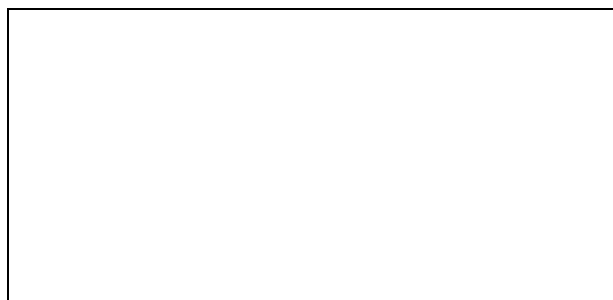
Sala

1_Anote de que material são feitas as paredes, o teto e o chão.

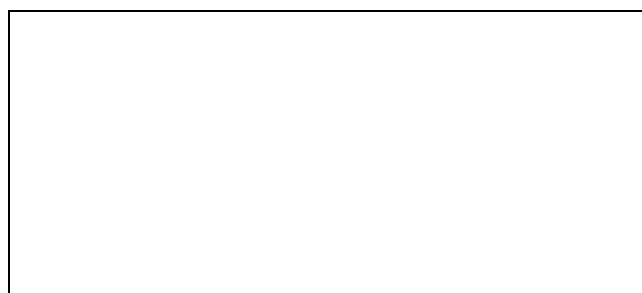
--

2_Otras características da sala (portas, janelas, móveis, etc.)

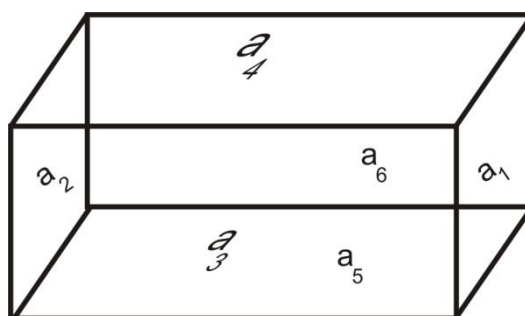
--



3_Calcule o volume da sala.



4_Calcule a área em m^2 de cada face da sala.



Sala 1

$a_1 =$

$a_2 =$

$a_3 =$

$a_4 =$

$a_5 =$

$a_6 =$

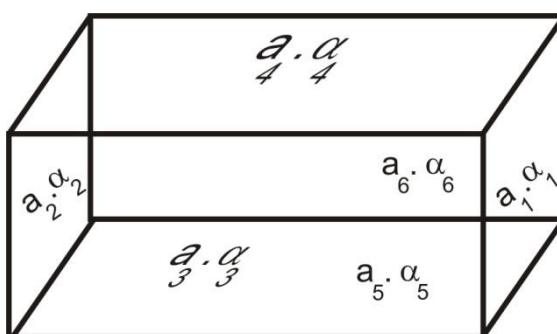
5_Calcule a absorção total da sala.

Lembre-se que a absorção total é dada por:

$$A = a_1 \cdot \alpha_1 + a_2 \cdot \alpha_2 + a_3 \cdot \alpha_3 + \dots$$

a_1, a_2, a_3 , → são as áreas.

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, → são os coeficientes de absorção sonora (tabelado).



6_Utilizando a fórmula de Sabine, vista na primeira parte (teórica) deste roteiro, calcule o tempo de reverberação médio da sala escolhida.

7_Verifique se na sala existem materiais que podem absorver o som.

8_ Um aluno deve ir ao centro da sala com o mp3 e gravar o estouro da bexiga e depois o batido das tábuas provenientes de três pontos distintos da sala. O aluno que estiver com o mp3, deverá gravar a identificação da sala e o local em que a bexiga está sendo estourada, para melhor organizar o trabalho. Grave cada estouro em um arquivo diferente.

9_ Verifique a inteligibilidade da fala nessa sala. Um aluno deve se colocar na posição do professor e os outros vão se sentar nas posições dos alunos. Enquanto o que está na posição do professor conta uma estória, recita um poema ou canta uma música, os outros analisam o que escutam.

Faça as anotações do que sentiram.

ROTEIRO 5:

EFEITO DOPPLER

DETERMINANDO A VELOCIDADE DE UMA BICICLETA ATRAVÉS DO EFEITO DOPPLER

Alunos: _____ n.º _____

_____ n.º _____

_____ n.º _____

Data: ___/___/____

PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

É muito comum se ver nas cidades os famosos “**carros de som**”. Você deve estar pensando naqueles que, nos finais de semana, ficam disputando quem

produz sons mais intensos na avenida. Não são esses que estamos falando e sim daqueles que fazem propaganda volante. Você já percebeu que quando eles passam por você o som sofre ligeira modificação? Se a frequência emitida pela fonte, o carro, como no nosso exemplo, é a mesma, por que ocorre essa diferença no som?

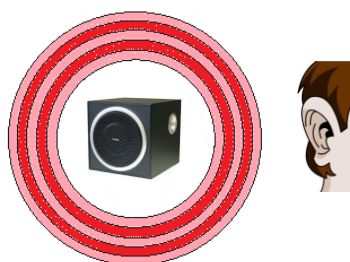
OBJETIVOS

Determinar a velocidade de uma bicicleta utilizando o efeito Doppler, um computador e um *pen drive*.

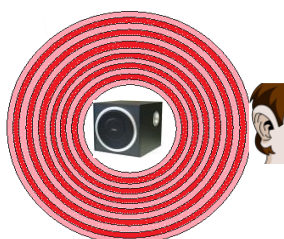
EFEITO DOPPLER

INTRODUÇÃO

Quando uma fonte emite um som, ele se espalha em todas as direções na forma de ondas. Compressões do ar estão mostradas na figura com a cor vermelha escura, enquanto que as rarefações do ar estão mostradas em vermelho claro. As ondas estão se afastando da fonte (um rádio) com uma velocidade de aproximadamente 330 m/s, que é a velocidade do som no ar



O Som proveniente da fonte não chega imediatamente ao observador. Apesar da rápida propagação do som, ele leva questão de milésimos de segundo para atingir a orelha do observador.



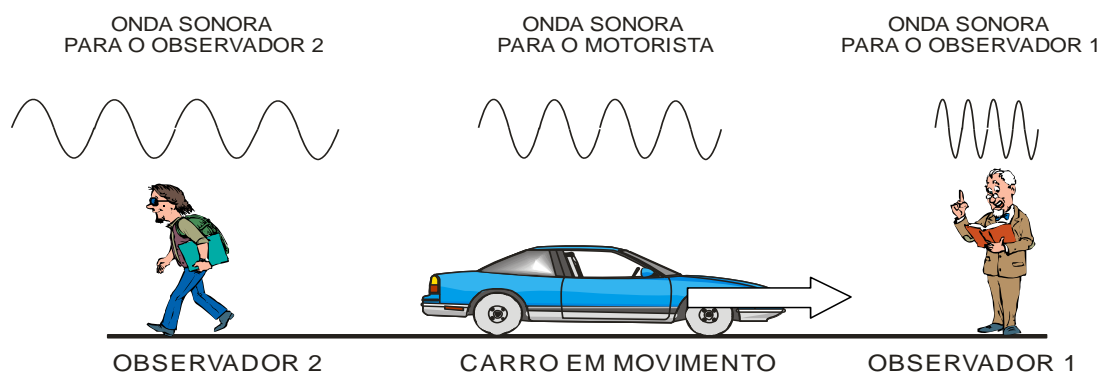
Com a chegada da primeira onda, as outras se seguem.

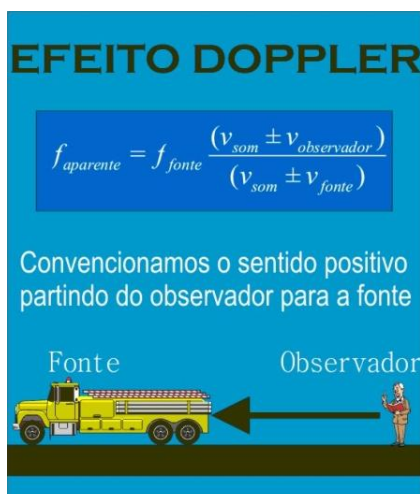


Se o observador se encontra em repouso, as ondas sonoras alcançam suas orelhas com a mesma frequência da fonte. Suponhamos que esta esteja reproduzindo a nota Lá, acima do Dó central de um violino (440 Hz), o observador estará percebendo uma frequência de 440 Hz.

E se a fonte estiver em movimento em relação ao observador ou vice-versa?

Devido ao movimento, neste caso, de aproximação, cada onda percorrerá uma distância menor que a anterior, chegando antes do que ela chegaria se não estivesse se movendo. Um número maior de ondas chegarão até o observador por segundo, indicando assim, um pequeno aumento na frequência percebida em relação à emitida pela fonte. Já se a fonte estiver se afastando, as ondas levarão um tempo maior para chegar até o observador e a frequência percebida será menor que a emitida pela fonte.





Convenção de sinais

$v_{fonte} (+)$ → movimento da fonte a favor da trajetória;

$v_{fonte} (-)$ → movimento da fonte contrário ao da trajetória;

$v_{observador} (+)$ → movimento do observador a favor da trajetória;

$v_{observador} (-)$ → movimento do observador contrário ao da trajetória.

MATERIAL UTILIZADO

-1 Mp3 *player*.

-Computador com o software **Audacity** instalado.

-1 Bicicleta com um velocímetro e uma sirene de alarme residencial com bateria (disponibilizada pelo professor).

PROCEDIMENTO

Esta atividade será dividida em duas partes:

Na primeira parte vocês irão gravar o sinal da sirene na quadra da escola. Primeiro com a fonte parada.

Logo após, um aluno irá atravessar a quadra da escola com a bicicleta e quando atingir certa velocidade, ele irá disparar a sirene.

Neste momento vocês irão gravar este sinal com auxílio de um mp3.

No momento da medição vocês deverão estar o mais alinhado possível com a direção do movimento da bicicleta. CUIDADO para não serem atropelados!

Na segunda parte vocês utilizarão o laboratório de informática para analisar o áudio gravado no mp3 e com auxílio do software **Audacity**, determinar a velocidade da bicicleta através da fórmula.

$$f_{aparente} = f_{fonte} \frac{v_{som} \pm v_{observador}}{v_{som} \pm v_{fonte}}$$

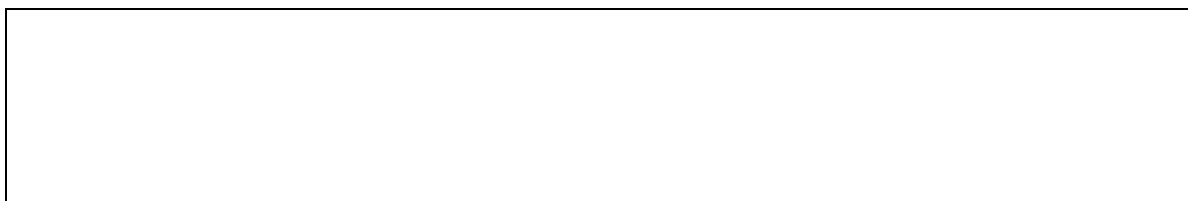
SALA DE INFORMÁTICA

1_ Inicie o software Audacity e abra o primeiro arquivo gravado no *pen drive*.

2_ Determine a frequência da fonte sonora (observador e fonte em repouso)



3_ Conhecendo a frequência da fonte (sirene) abra agora o segundo arquivo gravado (bicicleta em movimento) e desenhe a forma de onda no espaço abaixo.



4_ Encontre a frequência emitida pela fonte em movimento de aproximação e anote o resultado.



5_ Encontre a frequência emitida pela fonte em movimento de afastamento.

6_ Calcule a velocidade do som no ar no momento do experimento. Para isso utilize a fórmula que relaciona a velocidade do som no ar com a temperatura do local.

$$v = 331 + 0,6.T$$

Onde v é a velocidade do som em m/s e T é a temperatura do local em °C.

7_ De posse da velocidade do som no ar no momento do experimento, calcule a velocidade da fonte (bicicleta) utilizando a fórmula para o efeito Doppler.

ATIVIDADES

1_ Um avião aproxima-se do aeroporto com velocidade de 64 m/s. Tanto o aeroporto quanto o avião possuem sirenes iguais, que emitem sons de frequência 400 Hz. Considere a velocidade do som no ar igual a 320 m/s.

É correto afirmar que o:

- a) piloto do avião ouvirá a sirene do aeroporto com a mesma frequência com que o controlador de voo do aeroporto ouvirá a sirene do avião.
- b) piloto do avião ouvirá a sirene do aeroporto com frequência maior do que o controlador de voo do aeroporto ouvirá a do avião.
- c) piloto do avião ouvirá a sirene do aeroporto com frequência de 500 Hz.
- d) controlador de voo do aeroporto ouvirá a sirene do avião com frequência de 400 Hz.
- e) controlador de voo do aeroporto ouvirá a sirene do avião com frequência de 500 Hz.

2_ Uma ambulância transportando um paciente se aproxima do hospital com velocidade de 90 km/h, estando com a sirene ligada. A frequência da sirene é de 1.000 Hz e a velocidade do som no ar vale 340 m/s. Uma pessoa parada na calçada em frente ao hospital ouvirá o som da sirene com frequência, em Hz, de

- a) 1.123
- b) 1.079
- c) 1.000
- d) 932
- e) 927



3_ O desenho a seguir mostra um trem (fonte sonora) aproximando-se e depois se afastando de um observador. Observa-se numa situação assim, algo conhecido como efeito Doppler. É correto afirmar que a frequência percebida pelo observador:



- a) é mesma quando o trem se aproxima e quando se afasta.
- b) é menor quando o trem se aproxima e maior quando se afasta.
- b) é maior quando o trem se aproxima e menor quando se afasta.
- d) não depende de o trem estar se aproximando ou se afastando.

APÊNDICE B – PROVA FINAL

Prova aplicada aos alunos no último encontro de cada turma.

Escola Estadual Marechal Rondon -- Colégio Evolução

Prova de Física – Projeto Audacity

Nome: _____ Data: ____/____/____

Série: _____

1_(SARESP 2008) O texto a seguir discorre sobre problemas decorrentes da poluição sonora.

“A poluição sonora pode causar dor de cabeça, fadiga, estresse, distúrbios cardiovasculares, distúrbios do sono e perda auditiva. Francisco Antônio Pereira, motorista há 13 anos, trabalha entre seis e sete horas por dia, seis dias por semana, com o motor ao lado do ouvido. Os reflexos já apareceram. No último exame realizado, foi detectada uma perda de audição de 8% a 8,5%, do lado direito -, afirma Francisco Antônio Pereira, motorista. O ideal seria que toda a frota tivesse ônibus com motor traseiro. O índice do nível de decibéis chega a ter 20 pontos a menos, em relação aos ônibus mais antigos.”

Fonte: Disponível em: <<http://dftv.globo.com/Jornalismo/DFTV/0,,MUL434755-10039,00.html>>. Acesso em: 18 ago. 2008.

Segundo o texto, uma das possíveis soluções para minimizar as doenças típicas de motoristas de ônibus, como as citadas no texto, é

-
- a) construir os motores na parte de trás do ônibus.
 - b) mudar a posição do motorista no ônibus.
 - c) distribuir a jornada de trabalho do motorista ao longo do dia.
 - d) aumentar o nível do barulho do motor em 20 pontos no índice de decibéis.

2_ Uma pessoa, após sair de um show de rock de uma banda do colégio onde estuda, resolveu perguntar para os integrantes da banda: “Porque ao tocar a nota Lá no contra baixo e a mesma nota na guitarra apresentam sons diferentes?” Um dos integrantes da banda responde:

- a) O som do contra baixo é grave e o da guitarra é mais agudo, por isso ocorre a diferença.
- b) Apesar dos dois instrumentos estarem apresentando a mesma nota musical, eles possuem timbres diferentes.
- c) A espessura da corda influencia na frequência da nota emitida, por isso eles possuem sons diferentes.
- d) Pelo fato da corda do contra baixo ser mais grossa, a nota emitida por ele é mais intensa que a da guitarra.

3_ Ao entrar em uma sala grande e vazia, Marta percebe que ao falar com sua amiga Joana, tem a sensação de não estar falando sozinha no ambiente. Esta sensação se dá:

- a) Pelo fato de em ambientes vazios as pessoas ouvirem vozes, que acreditam virem do além.
- b) Este fenômeno é facilmente explicado pela física e é conhecido como eco.

c) O fenômeno percebido por Marta e Joana é conhecido como reverberação e também ocorre em banheiros, templos, igrejas etc.

d) Este fenômeno não pode ser explicado pelo conhecimento científico atual.

4_ Para dobrar a frequência de oscilação de um pêndulo simples é suficiente:

a) Transportá-lo para um planeta de aceleração da gravidade quatro vezes.

b) Dobrar o comprimento do fio.

c) Reduzir à quarta parte o comprimento do fio.

d) Dobrar a massa pendular.

5_ (UESPI-PI) Um relógio de pêndulo é um dispositivo composto por uma pequena esfera, suspensa por um fio metálico. Sabe-se que tal fio apresenta um determinado coeficiente de dilatação térmica linear. O pêndulo em questão, oscila periodicamente sob a ação de forças gravitacionais. Baseados em tais informações, podemos dizer que os relógios de pêndulo:

a) Atrasam no verão.

b) Adiantam no verão.

c) Não sofrem alteração em seus períodos de oscilação, devido às mudanças de temperatura.

d) São os mais precisos, uma vez que seus períodos de oscilação apenas dependem da aceleração da gravidade no local, que é constante.

6_(PUC-CAMPINAS/SP) Um professor lê o seu jornal sentado no banco de uma praça e, atento às ondas sonoras, analisa três eventos

I. O alarme de um carro dispara quando o proprietário abre a tampa do porta-malas.

II. Uma ambulância se aproxima da praça com a sirene ligada.

III. Um mau motorista, impaciente, após passar pela praça, afasta-se com a buzina permanentemente ligada.

O professor percebe o Efeito Doppler apenas:

a) No evento I, com frequência sonora invariável.

b) Nos eventos I e II, com diminuição da frequência.

c) Nos eventos II e III, com aumento da frequência em II e diminuição em III.

d) Nos eventos II e III, com diminuição da frequência em II e aumento em III.

7_Dois diapasões A e B emitem sons puros de frequências 400 e 800 Hz, respectivamente. Assinale a alternativa correta.

a)O som de A é mais alto que o de B.

b)O som de B é mais grave que o som de A.

c)O som de B é mais alto que o som de A.

d)O som de B e A possuem a mesma intensidade.

8_ (UFU) O efeito Doppler-Fizeau está relacionado com a sensação de:

a) Variação da altura do som.

-
- b) Variação do timbre do som.
 - c) Aumento da intensidade do som.
 - d) Diminuição de intensidade do som.

9_ Um som de alta frequência é muito:

- a) forte;
- b) agudo;
- c) grave;
- d) fraco

10_(UNESP-SP) Numa experiência clássica, coloca-se em uma campânula de vidro, onde se faz o vácuo, uma lanterna acesa e um despertador que está despertando. A luz da lanterna é vista, mas o som do despertador não é ouvido. Isso acontece por que:

- a) o comprimento de onda da luz é menor que o do som;
- b) nossos olhos são mais sensíveis que nossos ouvidos;
- c) o som não se propaga no vácuo e a luz sim;
- d) o vidro da campânula serve de blindagem para o som, mas não para a luz.

11_(FAAP 97) O som é uma onda _____. Para se propagar necessita _____ e a altura de um som refere-se à sua _____.

-
- a) plana - do ar - intensidade
 - b) mecânica - do meio material - frequência
 - c) mecânica - do vácuo - frequência
 - d) transversal - do ar - velocidade

12_Quando assistimos a filmes em que ocorrem batalhas espaciais, tipo Star Wars, notamos que em locais do espaço onde existe vácuo, uma espaçonave de combate atira contra outras, provocando grandes estrondos. A respeito podemos dizer que:

- a) esses estrondos realmente existem, pois o som se propaga no vácuo;
- b) esses estrondos são muito mais intensos que os exibidos no cinema, porque surgem da emissão de ondas eletromagnéticas que se originam na desintegração das espaçonaves;
- c) esses estrondos não existem, pois o som não se propaga no vácuo;

13_Mexendo no botão de volume do aparelho de som estamos:

- a) Variando a altura do som.
- b) Variando a intensidade do som.
- c) Variando a frequência do som.
- d) Variando a velocidade do som.

14_A velocidade do som no ar depende:

- a) Da sua frequência.
- b) Da sua altura.
- c) Da temperatura do ar.
- d) Da intensidade.

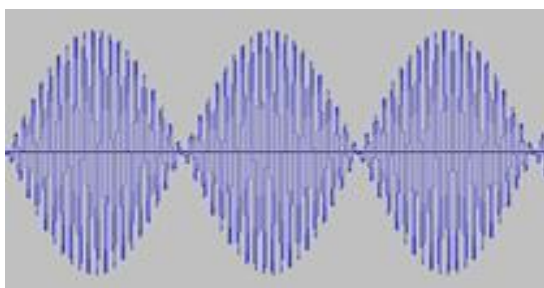
15_ Uma pessoa tocando sua guitarra executa uma nota LÁ e depois, uma nota SOL. Na plateia uma pessoa perceberá dois sons distintos, porque estas ondas sonoras possuem:

- a) Amplitudes diferentes.
- b) Frequências diferentes.
- c) Intensidades diferentes.
- d) Timbres diferentes.

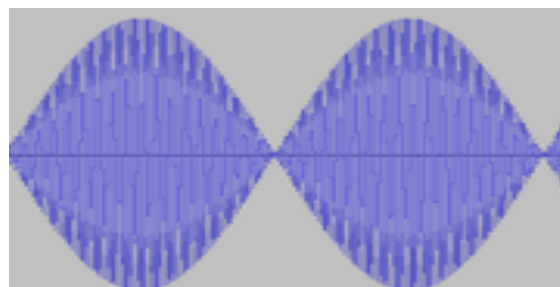
16_ Quando um observador se aproxima de uma fonte sonora, a frequência do som percebida pelo observador torna-se:

- a) Maior que a da fonte.
- b) Menor que a da fonte.
- c) Igual à da fonte.
- d) Ora maior e ora menor que a da fonte.

17_As formas de onda abaixo mostram os batimentos que acontecem quando são somados dois pares diferentes de ondas. Qual dos dois pares de ondas originais contém as ondas com as frequências maiores?



Par 1



Par 2

- a) Par 1
- b) Par 2
- c) A diferença de frequência é a mesma para ambos pares de ondas.
- d) Os pares de ondas acima não representam batimento sonoro.

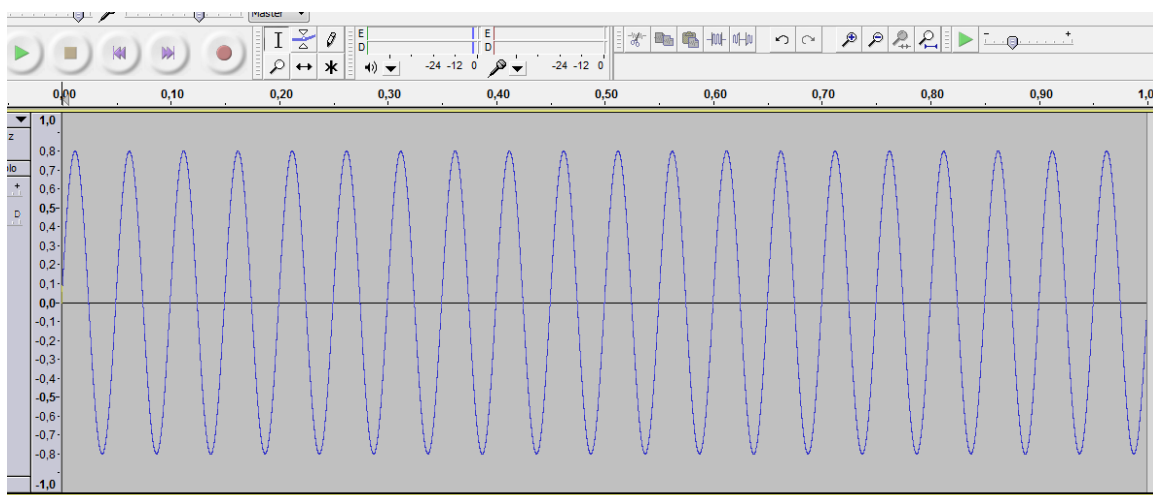
Questões discursivas:

Nestas questões, caso achar necessário, utilizar desenho (s) para ilustrar sua resposta.

18_O que você entende por som?

19_ Uma espaçonave foi à Lua levando dois astronautas. Chegando lá, um dos astronautas que tinha levado uma vuvuzela, começa a tocar para comemorar sua chegada à Lua. É possível que o outro astronauta consiga ouvir o som da vuvuzela? Justifique sua resposta.

20_ A figura abaixo mostra a forma de onda tomada a partir do gerador de tom do Audacity.



Com relação à figura abaixo responda os itens abaixo.

a) Encontre a frequência da onda em hertz (Hz).

b) Qual a amplitude da onda?

c) Supondo que a forma de onda acima representasse uma onda produzida por uma fonte que se propaga com velocidade de 300 m/s, calcule seu comprimento de onda.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO



Universidade Federal de São Carlos

PPGECE - Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências Exatas - Física

KLAUS NOGUEIRA DA SILVA

Nome: _____ idade: _____

Série: _____ Data: ___/___/_____

1_ Qual o seu grau de satisfação com as atividades com o uso do computador nas aulas do projeto?

a) Excelente

b) Bom

c) Regular

d) Ruim

e) Péssimo

2_ Com relação ao software Audacity, qual o grau de dificuldade na sua utilização?

a)Pequeno

b)Médio

c)Grande

3_ Com relação ao tempo para desenvolvimento das atividades, você acha que foi suficiente?

a)Sim

b)Não

4_ As atividades experimentais facilitaram a compreensão dos fenômenos físicos estudados?

a)Sim

b)Não

c)Em parte

5_ Indique o seu nível de satisfação com relação às atividades desenvolvidas.

a)Satisfeito

b)Medianamente satisfeito

c)Insatisfeito

d)medianamente insatisfeito

6_ Você acha que deveria ter mais atividades deste tipo na escola?

a)Sim

b)Não

7_De acordo com o seu desempenho no desenvolvimento das atividades, indique o grau de dificuldade de cada atividade.

- Introdução ao Audacity

a)Muito fácil

b) Fácil

c)Médio

d)Difícil

e)Muito difícil

- Batimento Sonoro

a)Muito fácil

b) Fácil

c)Médio

d)Difícil

e)Muito difícil

- Determinação da aceleração da gravidade.

a)Muito fácil

b) Fácil

c)Médio

d)Difícil

e) Muito difícil

- Acústica de ambientes: Determinando o tempo de reverberação de ambientes com o uso do software Audacity.

a) Muito fácil

b) Fácil

c) Médio

d) Difícil

e) Muito difícil

- Efeito Doppler: Determinando a velocidade de uma bicicleta através do efeito Doppler.

a) Muito fácil

b) Fácil

c) Médio

d) Difícil

e) Muito difícil

8_ Descreva nas linhas abaixo se o trabalho em grupo ajudou ou não o desenvolvimento das atividades.

9_Para você a função do professor no desenvolvimento das atividades foi importante? De que forma ele colaborou na realização das atividades?

10_Qual o experimento que você mais gostou de realizar?

11_Você acredita que as atividades experimentais desenvolvidas facilitam a aprendizagem da Física? Como?

12_Descreva abaixo comentários sobre o material impresso e sobre a realização dos experimentos. Explícite as dificuldades encontradas tanto na compreensão do material impresso, quanto na realização dos experimentos ou outra de qualquer natureza.

13_O espaço abaixo é para você colocar críticas, sugestões ou comentários que queira fazer.

Obrigado.