

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA CAMPUS JARAGUÁ DO SUL
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA COM HABILITAÇÃO EM FÍSICA

LUCAS DE FREITAS

**EQUIPAMENTO MUSICAL PARA APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS DE ALTURA,
INTENSIDADE E TIMBRE: UM ESTUDO SOBRE SUA CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO
NO ENSINO MÉDIO.**

JARAGUÁ DO SUL, 2013.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA - CAMPUS JARAGUÁ DO SUL
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA COM HABILITAÇÃO
EM FÍSICA**

LUCAS DE FREITAS

**EQUIPAMENTO MUSICAL PARA APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS DE ALTURA,
INTENSIDADE E TIMBRE: UM ESTUDO SOBRE SUA CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO
NO ENSINO MÉDIO.**

**JARAGUÁ DO SUL
2013**

LUCAS DE FREITAS

**EQUIPAMENTO MUSICAL PARA APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS DE ALTURA,
INTENSIDADE E TIMBRE: UM ESTUDO SOBRE SUA CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO
NO ENSINO MÉDIO.**

**Trabalho de conclusão de curso submetido
ao Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Santa Catarina como parte
dos requisitos de obtenção do título de
Licenciado em Ciência da Natureza com
Habilitação em Física.**

**Professor Orientador:
Rodrigo Luis da Rocha, MSc.**

**JARAGUÁ DO SUL
2013**

Dedico a minha família por ter me apoiado em todas as etapas de minha graduação!

Dedicatória

Agradecimentos

Agradeço a Deus, por permitir que eu tivesse a oportunidade de concluir o curso e a todos os professores que fizeram parte de minha graduação em especial ao orientador Rodrigo Luis da Rocha e ao professor Julio Eduardo Bortolini por ceder as aulas para aplicação da pesquisa.

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo analisar se o uso de um equipamento musical, como experimento didático, pode auxiliar na aprendizagem dos conceitos de acústica no ensino médio e estudo sobre sua aplicação. Realizou-se uma pesquisa exploratória sobre os equipamentos existentes no mercado para o ensino de acústica e então foi construído o equipamento musical didático e um roteiro de como utilizá-lo. O equipamento musical foi aplicado em duas turmas do ensino médio integrado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. A coleta de dados sobre o uso do equipamento realizou-se por meio de questionário e observações, pois, se trata de uma pesquisa com abordagem qualitativa. Foi aplicada uma atividade diagnóstica a fim de verificar os conhecimentos prévios da turma e possibilitar uma comparação inicial e final sobre o nível de aprendizagem. A mesma atividade diagnóstica foi realizada após a aplicação do equipamento, com o intuito de analisar e comparar a aprendizagem entre os alunos. Os resultados obtidos através das análises dos questionários apontam que o uso de experimentos no ensino auxilia na compreensão dos conceitos estudados. Também nos mostram que houve dificuldade dos alunos em diferenciar alguns conceitos como intensidade e altura. Conclui-se que o uso de equipamento musical pode ser uma ferramenta didática que o professor poderá utilizar em suas aulas. Os resultados mostram que os alunos compreendem a importância de aulas experimentais, e que o uso de equipamentos pode auxiliar na aprendizagem dos conceitos.

Palavras-chave: Ensino de Física, Experimentos didáticos, Equipamento musical.

ABSTRACT

This research aims to analyze the use of a musical equipment can assist in learning the concepts of acoustics in high school and systematic study on its application. Performing will be an exploratory research about the equipment on the market for teaching acoustics and then the equipment will be built musical teaching and a roadmap of how to use it. The musical equipment was applied in two high school classes at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Santa Catarina. The collection of data on the use of the equipment held by a questionnaire and observations, because it is a qualitative approach to research. Will apply a diagnostic activity to verify the prior knowledge of the class and allow a comparison of the initial and final level of learning. The same activity was performed after diagnostic application of equipment, in order to analyze and compare learning among students. The results obtained from the analysis of the questionnaires show that the use of the teaching experiments assists in understanding the concepts studied. We also show that there was difficulty in differentiating some of the students concepts such as strength and height. We conclude that the use of musical equipment can be a teaching tool that teachers can use in their classes. The results show that students understand the importance of experimental classes, and the use of equipment that can assist in learning the concepts.

Key-words: Teaching Physics Experiments textbooks, musical equipment.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 2 – Xilofone	19
Figura 1 - Partes do violão	19
Figura 3 - Perturbação que se propaga na corda.	20
Figura 4 - Ondas se propagando na corda.....	21
Figura 5 - Ondas propagando-se na superfície do líquido.....	21
Figura 6 - Cortiça oscilando verticalmente.	22
Figura 7 - Onda transversal.	23
Figura 8 - Onda longitudinal.....	23
Figura 9 - Onda sonora.....	24
Figura 10 - Corda esticada.....	24
Figura 12 - Elementos de onda	25
Figura 11 - Onda se propagando horizontalmente na corda.	25
Figura 13 - Ondas Estacionárias.....	27
Figura 14 - Nó e ventre de uma onda estacionária.....	27
Figura 15 - Fotografias estroboscópicas de ondas estacionárias.....	28
Figura 16 - Lâmina de aço.	28
Figura 17 - Sistema auditivo.	29
Figura 18 - Garrafas de água.	30
Figura 19 - Intensidade do som.....	31
Figura 20 - As formas de ondas produzidas (a) por uma flauta e (b) por um oboé.	32
Figura 21 - Corda de comprimento L	32
Figura 22 - Uma corda esticada entre dois suportes. Mostrando os números de harmônicos.....	33
Figura 23 - A coluna de ar no interior de um digeridu oscila quando o instrumento e tocado.	34
Figura 24 - Onda sonora em um tubo com as duas extremidades abertas.	35
Figura 25 - Onda estacionária sonora em um tubo com as duas extremidades abertas.	35
Figura 26 - Alunos respondendo o questionário diagnóstico no laboratório do IFSC.	36
Figura 27 - Alunos manuseando o equipamento musical.	37
Figura 28 - Gerador de ondas estacionárias.....	38
Figura 29 - Conjunto de diapasões com caixa de ressonância.	39
Figura 30 - Diapasão.....	39
Figura 31 - Monocórdio.....	40
Figura 32 - Diapasão.....	40
Figura 33 - Equipamento musical.	42
Figura 34 - Equipamento musical.	43
Figura 35 - Corda esticada e fixa pelas extremidades de comprimento L	44
Figura 36 - Diminuindo o comprimento da corda do equipamento musical.	45
Figura 37 - Aumentando a tensão na corda do equipamento	46
Figura 38 - Cordas do equipamento musical com diferentes espessuras.....	47
Figura 39 - Aluna tocando com a baqueta a nota musical Fá (F) do equipamento.	48
Figura 40 - Gráficos dos resultados da questão 01.a.....	49
Figura 41 - Gráficos dos resultados da questão 01.b.....	50
Figura 42 - Figura 40 – Gráficos dos resultados da questão 01.c.....	50
Figura 43 - Gráficos dos resultados da questão 01.d.....	51
Figura 44 - Gráficos dos resultados da questão 02.a.....	51

Figura 45 - Gráficos dos resultados da questão 02.b	52
Figura 46 - Gráficos dos resultados da questão 02.c	53
Figura 47 - Gráficos dos resultados da questão 03.a	53
Figura 48 - Gráficos dos resultados da questão 03.b	54
Figura 49 - Gráficos dos resultados da questão 04.a	55
Figura 50 - Gráficos dos resultados da questão 04.b	55
Figura 51 - Gráficos dos resultados da questão 05	56

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa	15
1.2 Definição do Problema	16
1.3 Objetivo Geral	16
1.4 Objetivos Específicos	16
Ondas	20
Classificação das ondas	22
Velocidade de propagação de onda unidimensional em corda	24
Ondas periódicas	25
Ondas estacionárias	26
Som	28
Qualidade do som	30
Sons Fundamentais	32
Ressonância	33
Fontes de sons musicais - Tubos sonoros	34
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	38
4.1 Pesquisa exploratória sobre os equipamentos existentes no mercado para o ensino de acústica.	38
4.1.1 Gerador de Onda Estacionária	38
4.1.2 Conjunto de diapasões com caixa de ressonância	39
4.1.3 Ajustando o Diapasão	39
4.1.4 Monocórdio	40
4.1.5 Diapasão 440 Hz - com caixa de Ressonância.	40
4.2 Construção do equipamento musical	41
4.3 Possibilidades de uso do equipamento musical	44
4.4 Análise e discussão dos resultados	49
REFERÊNCIAS	58
APÊNDICES A – Questionário aplicado antes da aplicação do equipamento musical	61
APÊNDICES B - 12. Questionário aplicado depois da aplicação do equipamento musical	63
APÊNDICES C – Roteiro	65
APÊNDICES D - Plano de aula	67

1 INTRODUÇÃO

A falta de laboratório em algumas escolas e a relação entre a física e a música, levou a construir um equipamento musical para o aprendizado de alguns conceitos referentes à acústica e sua análise e aplicação no ensino médio.

Nossas escolas de educação básica possuem uma grande carência de atividades laboratoriais. São diversos os fatores que contribuem para essa deficiência. Como a limitação de alguns professores devido ao excesso de carga horária em sala de aula, falta de recursos para elaboração de experimentos e o desinteresse perante tais atividades.

Através da utilização de um instrumento musical é possível analisar vários fenômenos físicos, porém, em alguns casos, esses instrumentos são caros e de difícil aquisição tanto para o professor como para o aluno.

Alguns materiais utilizados para a construção do equipamento musical foram doados por uma escola de música que vende instrumentos musicais, esses materiais seriam jogados fora devido seu gasto e irregularidade. Foi acrescentado ao equipamento musical um xilofone simples vendido em lojas de brinquedo. No equipamento proposto pode-se explorar vários conceitos referentes à acústica, porém, neste trabalho daremos ênfase nas qualidades do som, como altura, intensidade e timbre.

A ausência das atividades experimentais nas aulas de ciências tem sido citada por professores dos ensinos fundamental e médio como uma das principais causas da deficiência em relação a aprendizagem das ciências (BORGES, 1997; ARRUDA & LABURÚ, 1998; HODSON, 1994, GARCIA BARROS & MARTINEZ LOSADA, 2003, apud MONTEIRO, 2005).

O equipamento musical tem algumas características do violão, mas, não o devido acabamento e precisão da escala do braço do e sua caixa de ressonância. Achou-se viável construir um equipamento com as características do violão devido a sua popularidade, ou seja, um instrumento musical no qual todos têm acesso, tanto em lojas, redes sociais ou conhecem algum músico que toque o instrumento. Com isso, os alunos possuem um conhecimento prévio acerca do violão. As características de um violão tradicional poder ser um vínculo para despertar o interesse do aluno para conhecimento das ciências, tanto à física como à música. Por se tratar de uma atividade experimental poder aproximar mais o professor do educando, através do desenvolvimento da atividade por meio de diálogos acerca da descoberta sobre o funcionamento dos instrumentos de corda e percussão e conhecimento científico do som.

A ação mediadora permitirá negociações, relativas às causas e efeitos de um dado fenômeno físico “presente” na sala de aula, facilitando o diálogo didático entre estudantes e professor na construção de “saber compartilhado”. Significa dizer que, a todo e qualquer momento do diálogo didático da sala de aula, a atividade experimental poderá ser solicitada para configurar os conhecimentos prévios dos estudantes, para gerar conflitos de interpretação acerca de uma dada situação ou ainda como decorrência de uma problematização inicial (Delizoicov & Angotti, 1991, apud PAULA, 2006).

As atividades experimentais se inserem como um dos instrumentos que servem de mediadores entre a visão científica que se deseja compartilhar e as concepções e formas de raciocínio dos estudantes.

Pinho Alves (2000) mostrou como as atividades experimentais foram incorporadas enquanto recomendação curricular para o ensino da Física de modo a estabelecer um consenso tão forte a ponto de não encontrarmos na literatura nenhum autor que se posicione contra utilização dessas atividades nos ambientes de aula. O autor reconhece que a concepção construtivista da produção de Ciência deve ser adotada pelos personagens que farão parte da esfera responsável pela nova transposição didática, e sugere que as atividades experimentais teriam função mediadora no ensino dos conteúdos de Ciência, o que implica diálogo entre dados experimentais e enunciados teóricos.

Segundo Pacheco (1997, p. 10), “os alunos, em situações de experimentação, com caráter investigativo, têm os seus próprios métodos de proceder diante do fenômeno e, com eles, suas próprias concepções e organicidade sobre o referido fenômeno.”. É preciso permitir a ação cognitiva do aluno sobre o objeto de estudo.

Apesar de o experimento ser simples em relação a sua montagem e seu entendimento físico, ele aborda uma proposta de ensino investigador sobre os conceitos físico presentes no funcionamento do equipamento musical. Neste caso, o experimento tem um papel importante como ponte de ligação entre o conteúdo que se quer ensinar e os conhecimentos e experiências que os alunos possuem.

Esse trabalho traz uma proposta de construção de aplicação no ensino médio de um equipamento musical que busca a análise da adequação das teorias às experiências que o aluno possui em relação ao conhecimento e funcionamento de um instrumento musical de corda e percussivo.

Sérè (2003) mostram que as atividades experimentais têm o papel de permitir o estabelecimento de relações entre três pólos: o referencial empírico; o referencial teórico (os conceitos, leis e teorias) e as diferentes linguagens e simbolismos utilizados na Física. Segundo esses autores, a atividade experimental incitaria os alunos a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das “linguagens”, criando a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico – consequentemente dando “um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens” (SÉRÈ, 2003).

Percebe-se na experimentação um elemento importante ou uma ferramenta didática que faz parte da própria ciência. Com isso, a experimentação é capaz de propiciar aos alunos eficiência na construção e aprendizado de conceitos e não simplesmente um elemento de motivação para os alunos (BARBOSA, 1999, p.106).

Segundo Axt e Moreira (1991), embora grande parte dos professores reconheça a importância das atividades experimentais para o ensino da Física, o número de professores que as pratica ainda é, proporcionalmente, muito pequeno em relação aos que se limitam ao giz e quadro negro.

Azevedo et al. (2009), relata que os aparatos experimentais constituem uma das importantes ferramentas no ensino da física. Seu uso tem sido feito de diversas formas, a partir de diversos referenciais educacionais. Desde as atividades de laboratório tradicionais, até àquelas desenvolvidas com aparatos experimentais mais simples, por meio dos quais se busca uma discussão conceitual. Azevedo et al. (2009) também relata sobre o uso de experimentos problematizadores, esta categoria enquadra-se as atividades experimentais que se baseiam numa proposta de ensino investigadora. Neste caso, o experimento tem um papel importante como ponte de ligação entre os conteúdos que se quer ensinar e os conhecimentos e experiências que os alunos possuem, materializados através de suas interpretações. Propostas em que se busca a análise da adequação das teorias às experiências e não das experiências às teorias.

Maurício Pietrocola (2002, p. 92) acredita que embora exista consciência por parte de professores de que a Física é uma ciência da natureza e que relatos de experiências, observações, laboratórios e dados empíricos existam em grande quantidade nos livros e nos discursos didáticos, as atividades escolares acabam por se restringir às aplicações de formalismos matemáticos e aos exercícios numéricos extraídos das teorias.

Através do equipamento musical os alunos poderão fazer observações. Este trabalho traz consigo um referencial dos conceitos físicos, que serão necessário seus conhecimentos para aplicação do equipamento e faz um breve relato sobre interdisciplinaridade. No quais as Diretrizes Curriculares ressaltam ainda que “na perspectiva escolar, a interdisciplinaridade não tem a pretensão de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar os conhecimentos de várias disciplinas para resolver um problema concreto ou compreender um determinado fenômeno sobre diferentes pontos de vista. Em suma, a interdisciplinaridade tem uma função instrumental. Trata-se de recorrer a um saber diretamente útil e utilizável para responder às questões e aos problemas sociais contemporâneos” (Brasil, 1999, p.34, apud RICARDO, 2004). Nesta perceptiva essa pesquisa pretende relacionar conhecimentos referentes à física (acústica), música e a matemática através de uso de fórmulas e comparação de equações matemática.

1.1 Justificativa

A construção do equipamento foi devido à falta de laboratórios e equipamentos didáticos nas escolas que auxiliam no processo de ensino aprendizagem dos alunos e o interesse, gosto particular em música.

Algumas escolas do ensino médio não possuem laboratórios e com isso a aprendizagem se limita apenas em aulas teóricas. Com isso, a construção e o uso de equipamentos didáticos pode ser uma metodologia a mais que o professor poderia utilizar em suas aulas. Fazendo-se com que os alunos se tornem mais interessados e críticos perante a o conteúdo. Nessa pesquisa pretende-se relacionar a ondulatória com alguns conceitos físicos presente na música e relacionar com o cotidiano do aluno.

De acordo com a Sociedade Brasileira de Física (2012, p. 37) é indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável.

A Sociedade Brasileira de Física (2012, p. 38) acredita que experimentar pode significar observar situações e fenômenos a seu alcance, em casa, na rua ou na escola, desmontar objetos tecnológicos, tais como chuveiros, liquidificadores, construir aparelhos e outros objetos simples, como projetores ou dispositivos óptico-mecânicos. Pode também envolver desafios, estimando, quantificando ou buscando soluções para problemas reais.

1.2 Definição do Problema

Como construir um equipamento musical didático que possa auxiliar na aprendizagem dos conceitos de altura, intensidade e timbre e analisar sua aplicação no ensino médio?

1.3 Objetivo Geral

Construir e analisar se o uso de um equipamento musical pode auxiliar na aprendizagem dos conceitos de altura intensidade e timbre.

1.4 Objetivos Específicos

Verificar os equipamentos disponíveis no mercado que podem ser utilizados para o ensino dos conceitos de acústica;

Elaborar um equipamento que permita estudar alguns fenômenos físicos presentes na música e aplicar em sala de aula;

Analisar a aprendizagem dos estudantes sobre os conceitos de acústica em uma turma do ensino médio, a fim de, verificar se o uso do equipamento didático construído é eficiente para uso no ensino e aprendizagem.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As pesquisas sobre a importância do uso do experimento no ensino já possuem tradição materializada em artigos nos periódicos da área de ensino de ciências (Souza Filho 2005, Amorim 2001), apud AZEVEDO et al, 2009. Pode-se encontrar um gama de artigos que abordam sobre esse tema e sobre diversas metodologias referentes ao uso de experimentos disponíveis na internet entre outros.

Encontramos várias possibilidades de uso de equipamentos e sua utilização como ferramenta didática em periódicos (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 191).

É consenso que o emprego da experimentação é uma ferramenta fundamental no Ensino de Ciências (Galiazzi 2001), apud PAULA, 2006, p.250.

“há uma ampla gama de possibilidades de uso das atividades experimentais no ensino médio, que vão desde as atividades de verificação de modelos teóricos e de demonstração, geralmente associadas a uma abordagem tradicional de ensino, até a presença já significativa de formas relacionadas a uma visão construtivista de ensino, representadas por atividades de observação e experimentação de natureza investigativa.” (Galiazzi 2001, Barbosa 1990, Atx 1991), apud PAULA, 2006, p. 17.

Tais relatos têm dado cada vez mais ênfase na necessidade de associar as atividades experimentais às expectativas dos estudantes e aos contextos sociais, numa postura problematizadora, investigativa (PORTELA; LARANJEIRAS, 2005; SARAIVA-NEVES; CABALLERO; MOREIRA, 2006), apud AZEVEDO et al., 2009. O termo problematizadora de acordo com Paulo Freire no livro *Pedagogia do Oprimido* se refere à:

“a educação que se impõe aos que verdadeiramente se comprometem com a libertação não pode fundar-se numa compreensão dos homens como seres “vazios” a quem o mundo “encha” de conteúdos; não pode basear-se numa consciência especializada, mecanicistamente compartimentada, mas nos homens como “corpos conscientes” e na consciência como consciência intencionada ao mundo. Não pode ser a do depósito de conteúdos, mas a da problematização dos homens em suas relações com o mundo.” (FREIRE, 1987, p. 38). “Neste sentido, a educação libertadora, problematizadora, já não pode ser o ato de depositar, ou de narrar, ou de transferir, ou de transmitir “conhecimentos” e valores aos educandos, meros pacientes, à maneira da educação “bancária”, mas um ato cognoscente.” (FREIRE, 1987, p. 39).

Problematizar o assunto que irá ser tratado, convidando os alunos à reflexão sobre o funcionamento do equipamento musical. Através da análise do roteiro os alunos poderão observar, assim, promovem o interesse do aluno, que se sente desafiado a mobilizar seus conhecimentos para resolvê-las e, mais importante, estimulado a aprender mais a respeito a fim de construir explicações satisfatórias sobre o funcionamento dos instrumentos de corda e percussão, assim, como as qualidades do som.

O uso de equipamentos de montagens simples e de baixo custo tem sido uma tônica, contudo, quase sempre num modo verificacionista. Tais aparatos podem permitir o desenvolvimento de atividades experimentais simples que são importantes na formação dos conceitos científicos, desde que tratados com cuidado. Ao invés de uma abordagem

ilustrativa, no qual os alunos não são convidados a participarem ativamente do processo, o mesmo aparato, utilizado de uma forma crítica, poderia gerar interessantes discussões em torno da física envolvida (AZEVEDO, 2009).

As escolas muitas vezes não incorporam a música em seu currículo, sendo que o PCN de 5ª a 8ª série, comenta-se sobre a importância da música na formação do ser humano e também sobre a construção de instrumentos musicais. Segundo o PCN:

“Fazer uso de formas de registros sonoro, convencionais ou não, na grafia e leitura de produções musicais próprias ou de outros, utilizando alguns instrumentos musicais, vozes e/ou sons mais diversos, desenvolvendo variadas maneiras de comunicação” (BRASIL, ANO, p.81 a 8ª Série), apud PRADO, 2010.

O PCN também discute sobre o enfoque interdisciplinar que inclui a música dentro do ensino de ciências.

A interdisciplinaridade questiona a segmentação entre os diferentes campos de conhecimento produzidos por uma abordagem que não leva em conta a inter-relação e a influência entre eles – questiona a visão compartimentada (disciplinar) da realidade sobre a qual a escola, tal como é conhecida, historicamente se constituiu. (PCN – 5ª a 8ª, Ens. Fund., 1998, p. 30). Apud PRADO, 2010.

Alguns livros de física e ciências até abordam sobre alguns instrumentos musicais como o violão, violino e alguns instrumentos de sopro e percussão, porém, sem uma análise investigativa sobre os funcionamentos dos instrumentos. A música poderia ser mais explorada no ensino de acústica e aproveitada mais como caráter interdisciplinar.

Com isso, acredita-se que a construção do equipamento e sua aplicação em sala de aula, para que os alunos possam manusear o experimento e investigar seu funcionamento, relacionando a teórica com a parte prática, possam contribuir para uma melhor aprendizagem. De acordo como o PCN:

“construção de instrumentos musicais convencionais (dos mais simples) e não convencionais a partir da pesquisa de diversos meios, materiais, e de conhecimentos elementares de ciências físicas e biológicas aplicadas á música”. Podem auxiliar no processo ensino aprendizagem. (BRASIL, ANO, p. 83),

Características do equipamento musical com o violão e o xilofone

O equipamento musical construído terá algumas semelhanças de um violão tradicional. Pode-se notar, sem grandes dificuldades, uma enorme variedade de violões existentes em diversos países e nas inúmeras lojas de instrumentos musicais. Tal variedade vai desde o tipo de cordas ou material do instrumento a forma deste após ser confeccionado. Com isso, é um instrumento popular no qual a maioria dos alunos conhece. Não se sabe ao certo qual a origem do violão. Sabe-se que o nome é, possivelmente, derivado da palavra viola, um instrumento de origem portuguesa (o qual originou a “viola caipira”) com formato semelhante ao do violão, porém de tamanho menor

e com diferente número de cordas. Em outras culturas, o instrumento o qual chamamos de violão é conhecido como guitarra, nome que damos à versão elétrica do instrumento. Abaixo a figura de um violão tradicional.

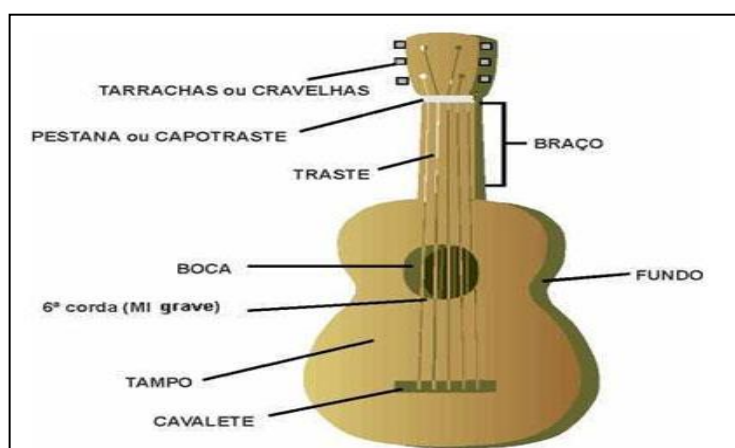


Figura 1 - Partes do violão

Fonte: <<http://www.mundodoviolo.com.br/conhecendo-o-violao/partes-do-violao/>>. Acesso em: 21/03/2013

Será acrescentado ao equipamento um xilofone, um instrumento musical de percussão que consiste em uma série de plaquetas retangulares de madeira, apoiadas pelos pontos nodais sob duas barras de ferro transversal, estas plaquetas emitem som quando são tocadas com baquetas que as fazem vibrar. Abaixo a figura de um xilofone.



Figura 2 – Xilofone

Fonte: <<http://reparosembateria.blogspot.com.br/2010/12/xilofone-marimba.html>>. Acesso: 21/03/2013

Antes de falarmos sobre o equipamento é necessário conhecermos alguns conceitos chave a cerca da ondulatória que é a parte da física que estuda os fenômenos em forma de onda.

Segundo Bonjorno, 2003, diariamente estamos em contato com a natureza através de nossos sentidos. Pela audição, reconhecemos os sons e obtemos um grande número de informações sobre o meio em que vivemos. Utilizando conceitos de acústica, é possível aperfeiçoar telefones e outros sistemas de comunicação para melhorar a percepção e a qualidade do som. É possível reduzir os ruídos de fontes como geladeiras, máquinas de lavar roupa, automóveis entre outros. Para bloquear o ruído, utilizam-se paredes espessas, sem aberturas, materiais porosos, cortinas e cerâmica acústica que absorve parte do som.

Na Medicina, a acústica é utilizada para medir o grau de audição e construir materiais de proteção para o ouvido. Em arquitetura, na construção de salas, teatros, igrejas e auditórios, a acústica pode eliminar ruídos excessivos e proporcionar a essas locais condições ótimas de audição.

Ondas

Segundo Halliday, (2001) as ondas são um dos principais assuntos da física. Para se ter uma ideia da importância das ondas no mundo basta considerar a indústria musical. Cada peça musical que escutamos depende da produção de ondas pelos artistas e da capacidade da platéia de detectar essas ondas. Entre a produção e a detecção a informação contida nas ondas podem ser transmitidas ao vivo pela internet ou gravada e reproduzida através de CDs, DVDs ou outros meios.

Para compreendermos os fenômenos acústicos, precisamos entender o conceito de ondas. Considere duas pessoas segurando a extremidade de uma corda. Se um delas fizer um movimento brusco vertical, para cima e depois para baixo causará uma perturbação na corda que se deslocará ao longo da corda aproximando-se da outras pessoas, enquanto a extremidade que recebeu o impulso retorna à posição inicial, por ser a corda um meio elástico (BONJORNNO, 2003, p.262).

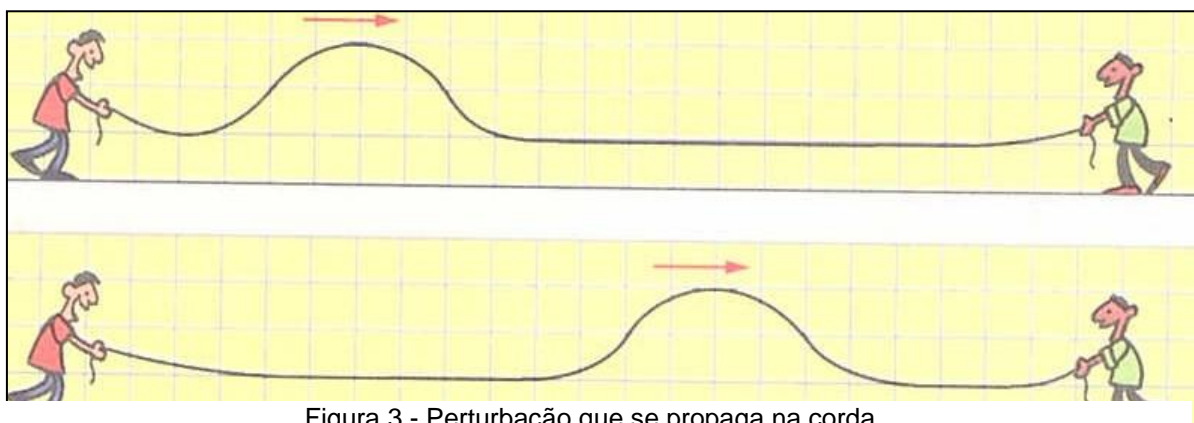


Figura 3 - Perturbação que se propaga na corda.

Fonte: BONJORNNO, 2003, p.262.

Nesse exemplo, a perturbação denomina-se pulso, o movimento do pulso denomina-se onda, a mão da pessoa que faz o movimento vertical é a fonte e a corda onde se propaga a onda é denominada meio. Se provocarmos vários pulsos sucessivos com um movimento de sobe-e-desce, teremos várias ondas propagando-se na corda, uma atrás da outra, constituindo um trem de ondas.

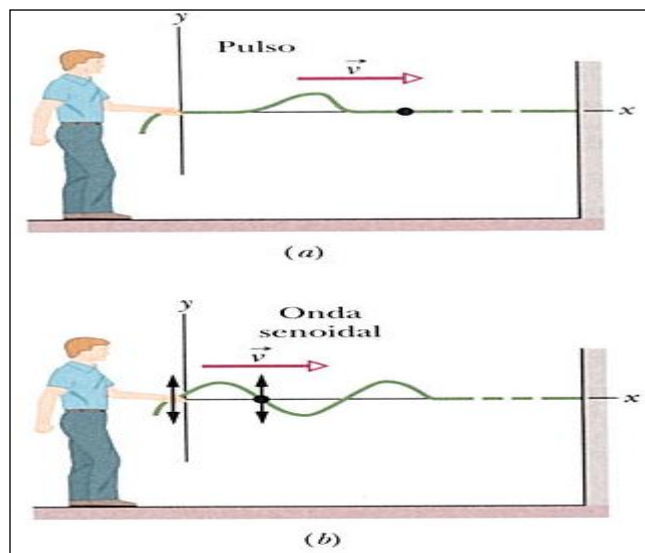


Figura 4 - Ondas se propagando na corda
Fonte: HALLIDAY, 2001, p.116.

Outro exemplo pode ser visto quando cai uma gota na superfície de um líquido em repouso. A perturbação causada pela queda da água originará um movimento que se propaga pela superfície do líquido, afastando-se do ponto de impacto. Pode-se concluir, então, que denomina-se onda o movimento causado por uma perturbação que se propaga através de um meio.

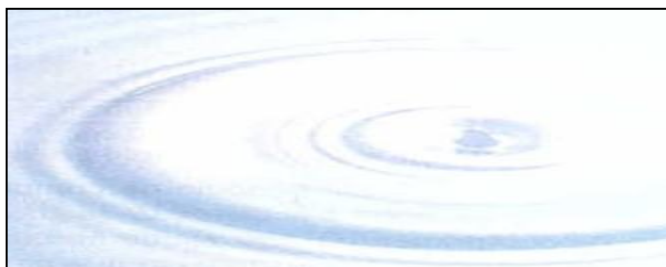


Figura 5 - Ondas propagando-se na superfície do líquido.
Fonte: BONJORNO. 2003. p.262.

Outra característica da onda é que ela não transporta matéria. Por exemplo, colocando-se um pedaço de cortiça na água, próximo ao local de impacto da água na

superfície, verifica-se que a onda, ao atingir a cortiça que fica flutuando na superfície da água, faz com que ela oscile, subindo e descendo, sem variar a direção.

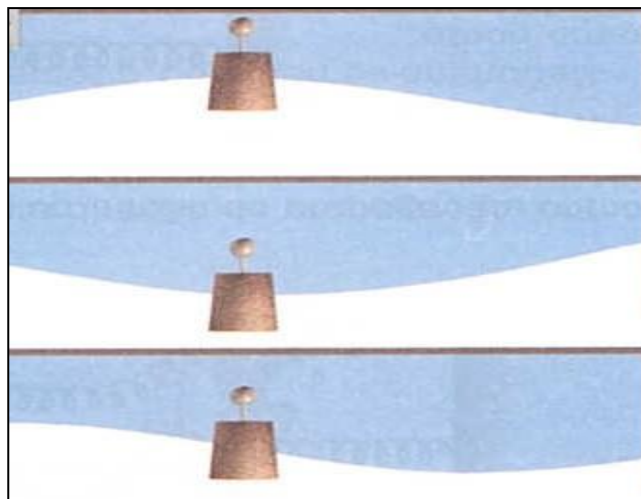


Figura 6 - Cortiça oscilando verticalmente.
Fonte: BONJORNNO, 2003, p.263.

Pode-se concluir que a onda não transporta matéria. A cortiça se movimenta porque ele recebeu energia da onda. Então, uma onda transmite energia sem o transporte da matéria.

Classificação das ondas

Quanto à natureza temos as ondas mecânicas e eletromagnéticas e mistas. De acordo com Halliday (2001), as ondas mecânicas são aquelas que precisam de um meio material para se propagar. Como exemplo, temos as ondas em cordas e ondas sonoras (som). As ondas mecânicas não se propagam no vácuo. Ondas eletromagnéticas são geradas por cargas elétricas oscilantes e não necessitam de um meio material para se propagar, podendo se propagar no vácuo. Por exemplo: ondas de rádio, de televisão, de luz, raios X, raios laser, ondas de radar etc. Nesta pesquisa estudaremos somente as ondas mecânicas. Ondas mistas são aquelas em que as partículas do meio vibram transversal e longitudinalmente, ao mesmo tempo.

Quanto à direção de propagação temos as ondas: Unidimensionais que são aquelas que se propagam em uma só direção, como as ondas em cordas. Bidimensionais que são aquelas que se propagam num plano, como as ondas na superfície de um lago. E as ondas tridimensionais que são aquelas que se propagam em todas as direções. Por exemplo: ondas sonoras no ar atmosférico ou em metais.

Quanto à direção de vibração temos as ondas transversais e longitudinais. Transversais são aquelas cujas vibrações são perpendiculares à direção de propagação, como as ondas em cordas. Estudaremos as ondas transversais no equipamento musical que construiremos. Através das cordas que o experimento possui.

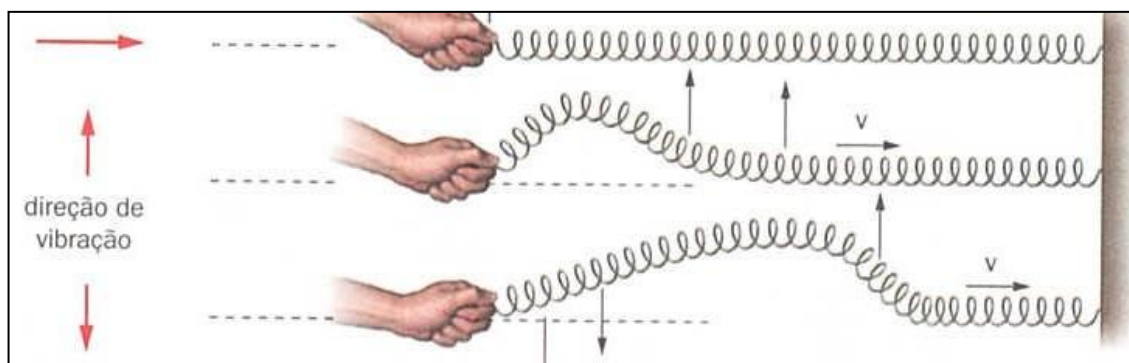


Figura 7 - Onda transversal.
Fonte: BONJORNNO, 2003, p.264.

As ondas longitudinais são aquelas cujas vibrações coincidem com a direção de propagação, como as ondas sonoras. Para exemplificar este tipo de onda, consideremos agora uma pessoa falando ou um auto-falante emitindo um determinado som. O som (onda mecânica) da voz da pessoa se propaga no espaço em todas as direções (por este motivo, a onda sonora também pode ser caracterizada como onda tridimensional), afastando-se da fonte. O som, transmitindo-se no ar, produz compressões e rarefações.

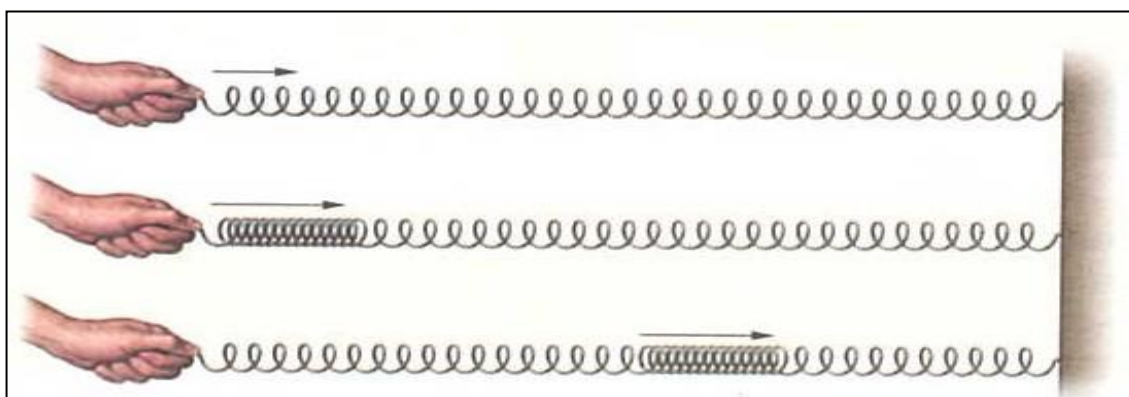


Figura 8 - Onda longitudinal.
Fonte: BONJORNNO, 2003, p.264.

Segundo Halliday, (2001) uma onda sonora é produzida, em um tubo cheio de ar, movendo o êmbolo para frente e para trás. Com as oscilações de um elemento de ar (representado pelo ponto) são paralelas à direção de propagação da onda, ela é uma onda longitudinal.

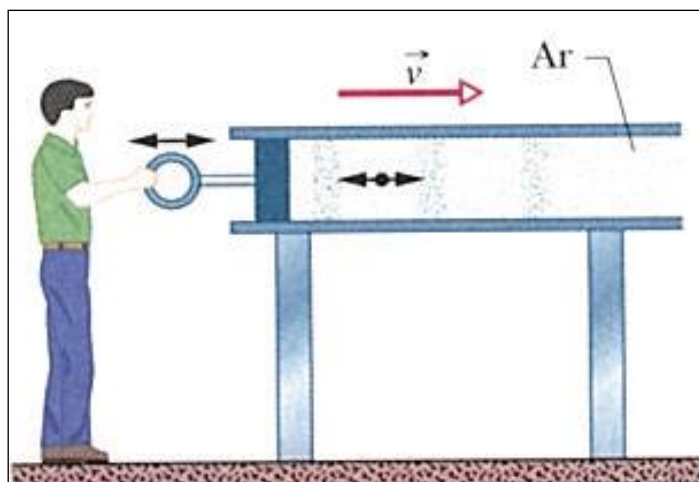
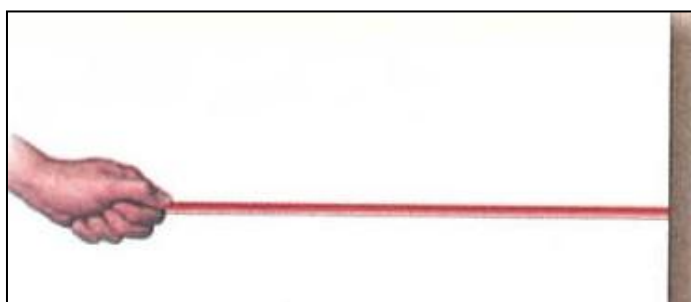


Figura 9 - Onda sonora
Fonte: HALLIDAY, 2001, p.117.

Velocidade de propagação de onda unidimensional em corda

A velocidade da onda será discutida no equipamento musical através da comparação com a frequência, serão mostradas as equações matemáticas desses dois conceitos. Segundo Halliday, (2001) a velocidade de uma onda em uma corda esticada é determinada pelas propriedades da corda. O equipamento proposto terá três cordas de diferentes espessuras, onde vamos relacionar suas espessuras e suas velocidades.

Imagine uma corda violão de massa m e comprimento l , sob a ação de uma força de atração F , conforme a figura abaixo.



Suponha que a mão de uma pessoa, agindo na extremidade livre da corda, realize um movimento vertical, periódico, de sobe-e-desce. Uma onda passa a se propagar com velocidade v . Conforme a figura abaixo.

Figura 10 - Corda esticada.
Fonte: BONJORN, 2003, p.264.

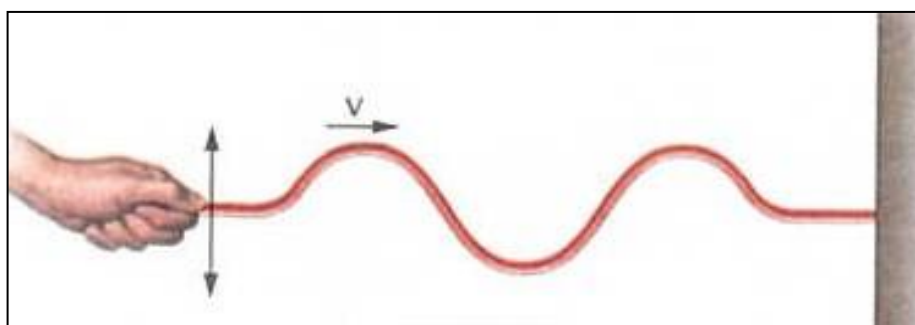


Figura 11 - Onda se propagando horizontalmente na corda.
Fonte: BONJORNO, 2003, p.264.

Segundo Ramalho; Nicolau; Toledo, (2008) a velocidade de propagação de um pulso na corda depende apenas da intensidade da força de tração e da densidade linear da corda.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu_0}} \quad (1)$$

$F \rightarrow$ a força de tração na corda

$\mu_0 = \frac{m}{L} \rightarrow$ Densidade linear da corda

Ondas periódicas

Um movimento que se repete da mesma forma, em intervalos de tempos iguais, é denominada periódico. Na prática muitos movimentos são apenas aproximadamente periódicos, devido à existência das forças de atritos que dissipam a energia dos mesmos. Assim, o pêndulo e a corda no violão, ao fim de certo tempo, param de oscilar (BONJORNO, 2003, p.265).

Considere uma pessoa executando um movimento vertical de sobe e desce na extremidade livre de uma corda indicada na figura, em intervalos de tempo iguais.

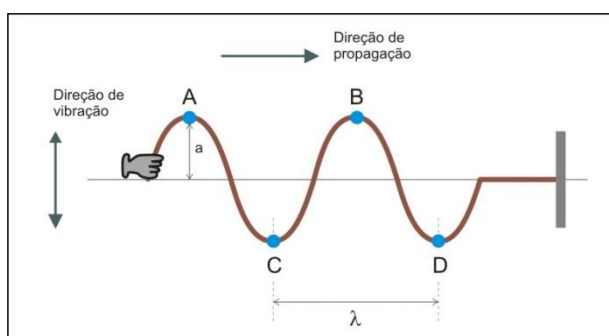


Figura 12 - Elementos de onda

Fonte: < <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2010/11/resolucao-de-preparando-se-para-as.html> >. Acesso em: 28/03/2013

Esses impulsos causarão pulsos que se propagarão ao longo da corda em espaços iguais, pois os pulsos são periódicos.

A parte elevada denomina-se crista da onda e a cavidade entre duas cristas chama-se vale. Denomina-se período (T) o tempo necessário para que duas cristas consecutivas passem pelo mesmo ponto.

Chama-se frequência (f) o número de cristas consecutivas que passam por um mesmo ponto, em cada unidade de tempo.

Entre T e f vale a relação:

$$f = \frac{1}{T} \quad (2)$$

A distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos é denominada comprimento de onda, representado por (λ) lambda e (a) é a amplitude da onda. Como um pulso se propaga com velocidade constante, vale as expressões:

$$\Delta s = vt \quad (3.1)$$

$$\text{Fazendo } \Delta s = \lambda \quad (3.2)$$

$$\text{Temos que } t = T \quad (3.3)$$

$$s = vt \rightarrow \lambda = v.T \rightarrow \lambda = v.\frac{1}{f} \quad (3.4)$$

$$v = \lambda f \quad (4)$$

Essa equação vale para todas as ondas periódicas (som, ondas na água, luz) e é chamada equação fundamental da onda.

Ondas estacionárias

De acordo com Ramalho; Nicolau; Toledo, 2008, ondas estacionária é caracterizada pelo fato de os pontos da corda realizarem MHS de várias amplitudes, conforme a posição do ponto considerado. Considere uma corda presa numa das extremidades. Fazendo a outra extremidade vibrar com movimentos verticais periódicos, originam-se perturbações regulares, que se propagam pela corda. Ao atingir a extremidade fixa, elas se refletem, retornando à corda com sentido e deslocamento contrário ao anterior.

Dessa forma, as perturbações se superpõem às outras que estão chegando à parede, originando-se o fenômeno de ondas estacionárias.

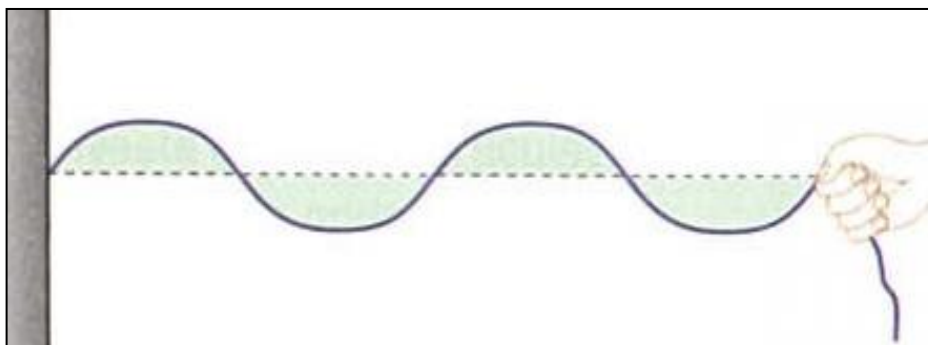


Figura 13 - Ondas Estacionárias
Fonte: BONJORNNO, 2003, p.288.

Uma onda estacionária se caracteriza pela amplitude variável de ponto para ponto. Os pontos na corda que não se movem (amplitude nula) chamados nós, com interferência constante destrutiva, e pontos que vibram com amplitude máxima chamada ventres, com interferência constante construtiva.

Entre os nós os pontos na corda vibram com a mesma frequência, mas com amplitudes diferentes. Como os nós estão em constante repouso não pode haver passagem de energia por eles e, portanto, não há transporte de energia na onda estacionária. Segundo Halliday, (2001) a interferência de duas ondas iguais, mesmo comprimento e mesma amplitude, que se propaga em sentidos opostos produz ondas estacionárias. A vantagem de produzir ondas estacionárias é que, nessas condições, a corda passa a oscilar com grande amplitude movimentando o ar ao redor e produzindo assim uma onda sonora audível com a mesma frequência que as oscilações da corda.

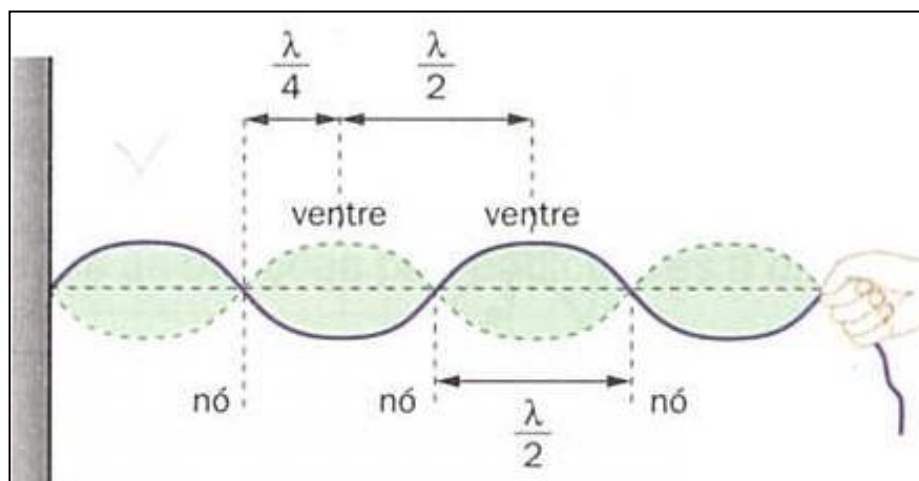


Figura 14 - Nó e ventre de uma onda estacionária.
Fonte: BONJORNNO, 2003, p.288.

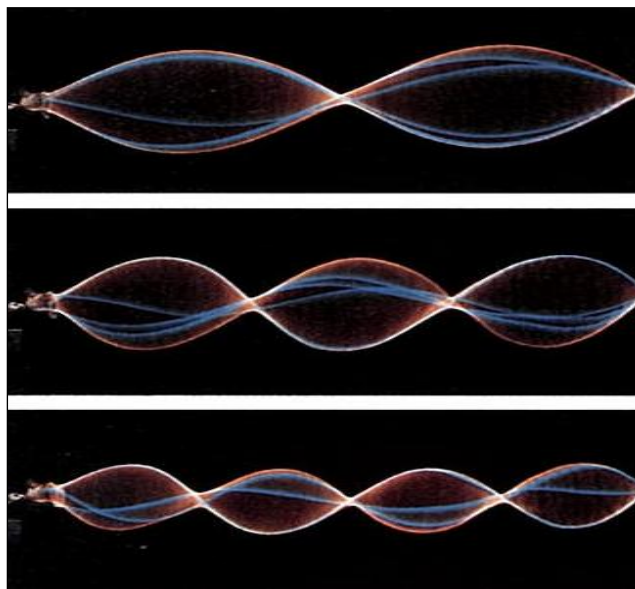


Figura 15 - Fotografias estroboscópicas de ondas estacionárias
Fonte: HALLIDAY, 2001, p.136.

Som

Para compreendermos a produção do som. Observe a figura 16. Ela representa uma lâmina de aço muito fina.



Figura 16 - Lâmina de aço.
Fonte: BONJORN, 2003, p.297.

De acordo com Bonjorno, (2003) quando deslocamos a lâmina, sua extremidade livre começa a oscilar para a direita e para a esquerda. Se ela vibrar com rapidez, produzirá um som sibilante. Isso nos mostra que a matéria em vibração produz som. À medida que a lâmina oscila para a direita, ela realiza trabalho nas moléculas do ar, comprimindo-as, transferindo energia na direção da compressão. Ao mesmo tempo, as moléculas do ar, situadas à esquerda, se expandem e se tornam rarefeitas, perdendo energia. Quando a lâmina se move no sentido inverso, ela transfere energia para as moléculas do ar situadas à esquerda, se expandindo e se tornando rarefeitas, perdendo energia.

O efeito combinado de compressão e rarefação simultânea transfere energia das moléculas do ar da esquerda para a direita, ou da direita para a esquerda na direção do movimento da lâmina, produzindo trens longitudinais nas ondas, nos quais as moléculas do ar se movimentam para frente e para trás, recebendo energia das moléculas mais próximas da fonte e transferindo-a para as moléculas mais afastadas dela, até chegar ao ouvido. No ouvido, as ondas atingem a membrana chamada tímpano. O tímpano passa a vibrar com a mesma frequência das ondas, transmitindo ao cérebro, por impulsos elétricos, a sensação denominada som.

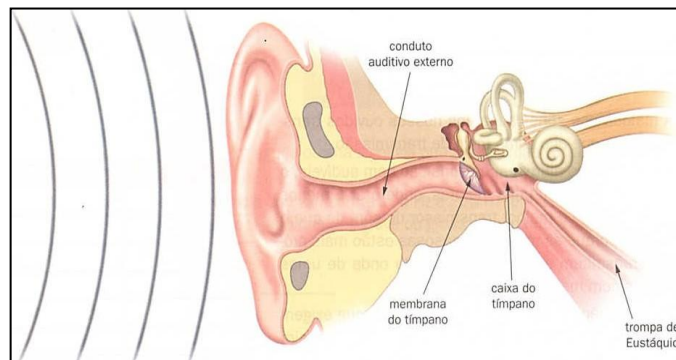


Figura 17 - Sistema auditivo.
Fonte: BONJORNO, 2003, p.297.

O som musical, que provoca sensação agradável, é produzido por vibrações periódicas. O ruído que provoca sensações desagradáveis é produzido por vibrações não periódicas.

Quanto à transmissão do som. A maioria dos sons chega aos nossos ouvidos transmitidos pelo ar, que age como meio de transmissão. Nas pequenas altitudes, os sons são bem audíveis, o que não ocorre em altitudes maiores, onde o ar é menos denso. O ar denso é melhor transmissor do som do que o ar rarefeito, porque as moléculas gasosas estão mais próximas e transmitem a energia cinética da onda de umas para outras com maior facilidade.

Os sons não se transmitem no vácuo, porque exigem um meio material para a sua propagação. De uma maneira geral, os sólidos transmitem o melhor som do que os líquidos, e estes, melhor do que os gases.

Qualidade do som

O fato de podermos diferenciar os sons leva-nos a concluir que cada som corresponde a um movimento vibratório específico, com determinadas qualidades. O som possui as seguintes qualidades: altura ou tom, intensidade ou volume e timbre.

Altura é qualidade que permite classifica um som em grave (baixo ou grosso) ou agudo (alto ou fino). A altura depende da frequência do corpo que vibra. Quanto maior a frequência de um som maior será a sua altura e vice-versa.

Quanto mais curta for à corda vibrante maior é a frequência de vibração e, consequentemente, mais agudo é o som.

Batendo igualmente nas garrafas ouvimos sons de diferentes alturas, pois, sendo diferentes as colunas de ar em vibrações, teremos diferentes frequências de vibrações.



Figura 18 - Garrafas de água.
Fonte: BONJORN, 2003, p.299.

Dizer que uma pessoa tem voz aguda ou alta significa que suas cordas vocais vibram com alta frequência. A voz do homem tem frequência que varia entre 100 a 200 hertz, e a da mulher entre 200 a 400 hertz. Portanto, a voz do homem geralmente é grave ou grossa, enquanto a da mulher costuma ser aguda ou fina.

A intensidade é a qualidade que permite distinguir um som forte de um som fraco. Uma forma de aumentar a intensidade do som consiste em aumentar a amplitude de vibração da fonte sonora, devido a uma força de percussão maior. Por exemplo, dedilhando levemente a corda de um violão o som é mais fraco do que dedilhando com mais força.

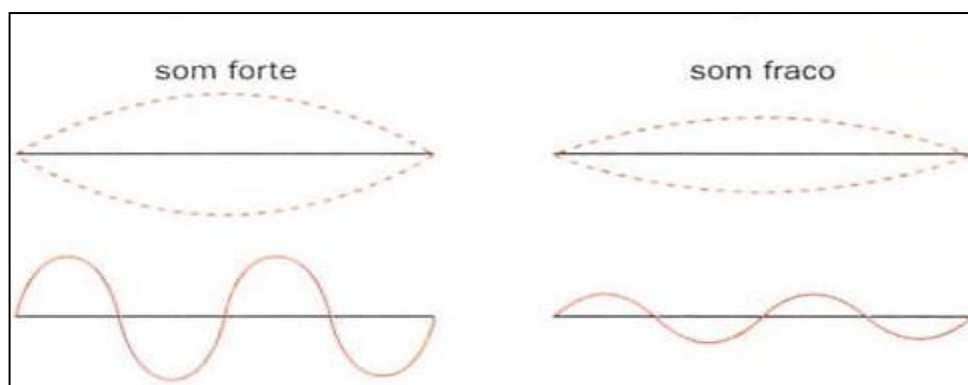


Figura 19 - Intensidade do som.
Fonte: BONJORNO, 2003, p.299.

Na música quando o compositor quer destacar determinada parte de sua obra musical, nas partituras musicais aparece o sinal de maior (>) ou menor (<) abaixo da nota musical na partitura, com isso, o músico ao executar a peça musical sabe que naquele momento da peça ele deve atacar as notas musicais com mais ou menor pressão.

Note que altura e intensidade são conceitos distintos. A altura está relacionada com a frequência, enquanto a intensidade está relacionada com a potência ou energia. Por exemplo, quando pedimos para uma pessoa para “abaixar o som”, na realidade estamos pedindo para uma pessoa para diminuir a frequência do som. Mas o que queremos é que seja diminuída a intensidade sonora, isto é, o volume. Assim, o correto seria pedir para a pessoa diminuir o volume do rádio. A intensidade é medida com aparelhos especiais e não depende da audição de um ouvinte. A intensidade mínima audível é chamada limiar da percepção auditiva, e a máxima, limiar da sensação dolorosa.

Segundo Ramalho; Nicolau; Toledo, (2008) um fato interessante é que o ser humano apenas consegue perceber (e, por consequência, distinguir) sons de frequências entre 20 Hz e 20000 Hz, por maior que sejam suas respectivas intensidades. Sons de frequência abaixo do limite inferior e acima do limite superior são, respectivamente, chamados infra-sons e ultra-sons. Devido a suas características fisiológicas, alguns animais são capazes de escutar infra-sons e outros capazes de escutar ultra-sons.

Outra característica do som extremamente usada na música e na física é o timbre. O timbre é a qualidade que nos permite identificar os sons de mesma altura e mesma intensidade, produzidos por fontes sonoras diferentes. O timbre é um “documento de identidade” dos instrumentos. A mesma nota produzida por um violão, violino ou um piano, pode ser distinguidas porque produzem sensações sonoras diferentes, isto é, timbres diferentes. Devido, ao timbre, também podemos identificar a voz de um amigo que nos chama pelo telefone ou que nos chama na rua. Isto ocorre porque as cordas vocais vibram de maneiras diferentes.

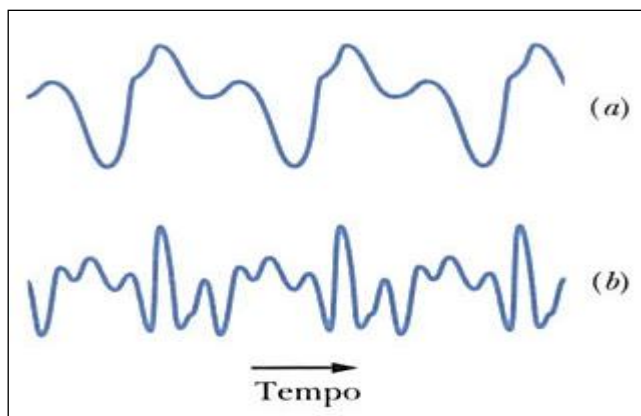


Figura 20 - As formas de ondas produzidas (a) por uma flauta e (b) por um oboé.
 Fonte: HALLIDAY, 2001, p.163.

São poucos os sons que têm uma só frequência. É o caso de um som emitido por um diapasão, ser percutido levemente, ou uma flauta soprada levemente. Entretanto a maioria dos sons são misturas do som fundamental com uma série de outros sons de maior frequência, denominados sons harmônicos, que não são perfeitamente audíveis, porque suas intensidades são menores que a do som fundamental. São os últimos que nos ajudam a distingui-los. Portanto, o que permite distinguir o som (a nota) emitido por um piano ou por um violino é o número e a intensidade dos harmônicos que acompanham o som fundamental de cada instrumento. Isto proporciona ao mesmo som fundamental timbres diferentes. A presença dos harmônicos, em quantidade e intensidades diferentes, determina formas de ondas variadas do mesmo som (nota) emitido por um instrumento.

Sons Fundamentais

Consideramos uma corda de comprimento L , fixa pelas extremidades e esticada de modo a permanecer tensa quando submetida às forças de tração.

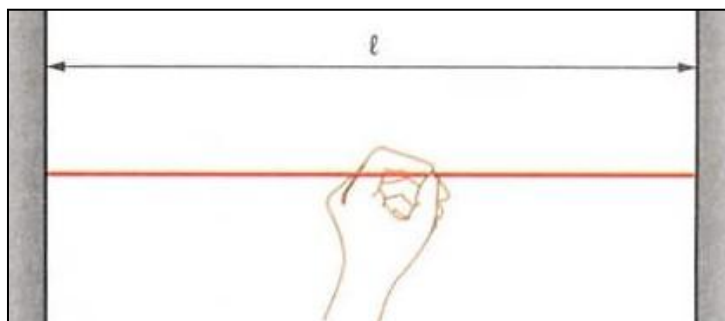


Figura 21 - Corda de comprimento L .
 Fonte: BONJORN, 2003, p.303.

Percutindo-a na parte central, originam-se vibrações transversais que se propagam na corda, refletindo-se nas extremidades, produzindo ondas estacionárias de velocidade v . Estas ondas estacionárias provocam, no ar, regiões de compressão e rarefação, originando ondas sonoras.

Uma corda que vibra como um todo produz sua frequência mais baixa, dita frequência fundamental, e o som correspondente é chamada fundamental.

Percutindo a corda próxima a uma extremidade, ela vibra em dois, três ou mais segmentos, dependendo da onda estacionária que se estabelece:

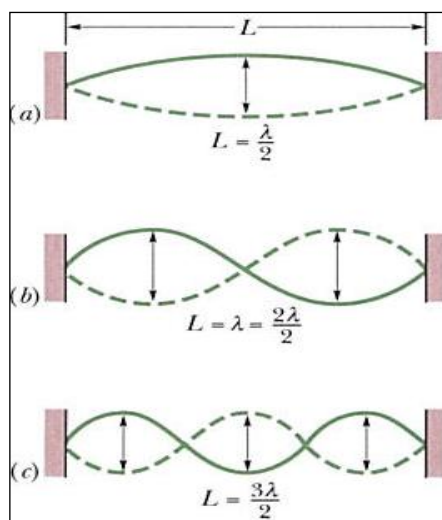


Figura 22 - Uma corda esticada entre dois suportes. Mostrando os números de harmônicos.

Fonte: HALLIDAY, 2001, p.136.

Para que a corda vibre em dois segmentos, a frequência de vibração deve ser duplicada; para que vibre em três, triplicada, e assim sucessivamente.

O som fundamental é também chamado 1° harmônico; figura 22(a), o que tem frequência dupla do fundamental, 2° harmônico, letra (b) e o que tem frequência tripla, 3° harmônico, letra (c) e assim por diante.

Ressonância

Se um sistema físico qualquer recebe energia periodicamente, com uma frequência igual à sua frequência de vibração, o referido sistema passa a vibrar com amplitude crescente, que tende ao maior valor possível. Nesse caso, dizemos que o sistema entrou em ressonância. Ressonância é o fenômeno no qual um corpo começa a vibrar por influência de outro na mesma frequência deste.

No caso do som a ressonância consiste numa superposição de sons provocando a sensação de que o som foi reforçado.

Com as caixas de ressonância, o ar existente dentro delas entra em vibração com a mesma frequência de vibração da fonte sonora, aumentando a intensidade do som produzido. As caixas de ressonância atuam como amplificadores do som.

Fontes de sons musicais - Tubos sonoros

Os sons musicais podem ser produzidos pelas oscilações das cordas dos instrumentos musicais (violão, piano, violino), membranas (tímpano, tambor), coluna de ar (flauta, tubos de órgão e o digeridu da figura abaixo) e blocos de madeira ou barra de aço (marimba, xilofone).

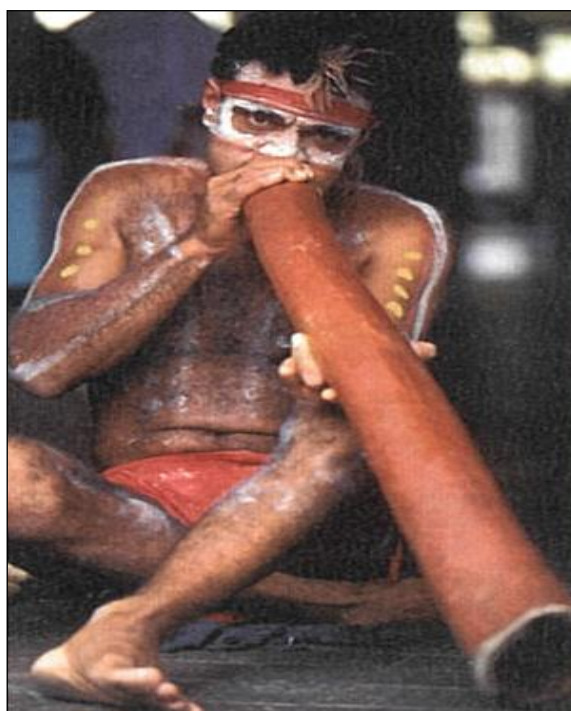


Figura 23 - A coluna de ar no interior de um digeridu oscila quando o instrumento é tocado.
Fonte: HALLIDAY, 2001, p.161.

Precisamos compreender como as ondas sonoras se comportam no xilofone, ou seja, ondas estacionárias em um tubo cheio de ar. Segundo Halliday, (2009) quando as ondas se propagam no interior de um tubo são refletidas nas extremidades (mesmo extremidades abertas). Para certos comprimentos de onda das ondas sonoras, a superposição das ondas que se propagam no tubo em sentido oposto produz uma onda estacionária. Os comprimentos de ondas para os quais isso acontece correspondem as frequências de ressonâncias do tubo. Quando as ondas se propagam no interior de tubo são refletidas nas extremidades. Para certos comprimentos de onda das ondas sonoras, a superposição das ondas que se propaga no tubo em sentidos opostos produz ondas estacionárias. A vantagem de produzir ondas estacionárias e que, nessas condições, o ar no interior do tubo passa a oscilar com grande amplitude e produzindo uma onda sonora audível com a mesma frequência que as oscilações do ar no tubo.

A figura abaixo mostra uma onda estacionária que podem ser produzidas em tubos com as duas extremidades abertas, caso como acontece no xilofone presente no equipamento musical proposto. Existe um antinó (A) em cada extremidade e um nó (N) no

ponto médio do tubo. A onda estacionária da figura abaixo é chamada de modo fundamental ou primeiro harmônico. Para produzir ondas sonoras em um tubo de comprimento L , devemos ter um comprimento de onda tal que $\lambda = 2L$.

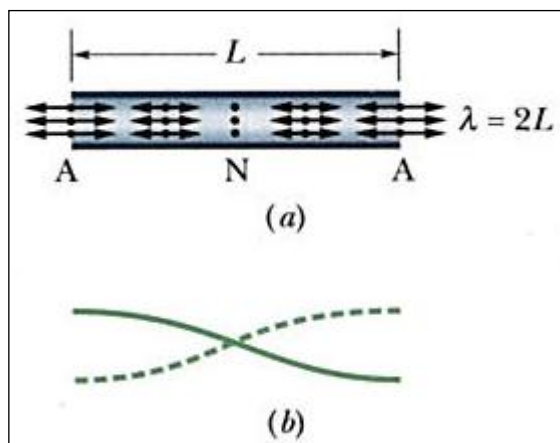


Figura 24 - Onda sonora em um tubo com as duas extremidades abertas.
Fonte: HALLIDAY, 2001, p.162.

A figura abaixo mostra várias outras ondas que podem ser produzidas em um tubo com as duas extremidades abertas. No caso do segundo harmônico, o comprimento das ondas sonoras é $\lambda = L$, no caso do terceiro harmônico é $\lambda = 2L/3$, e assim por diante.

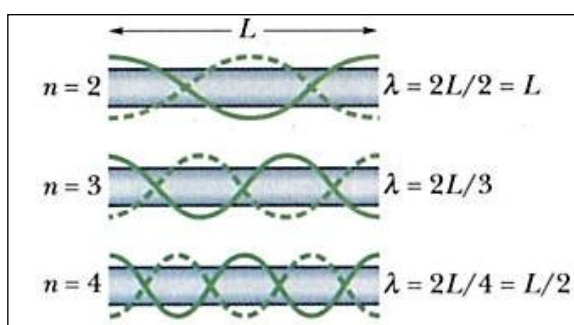


Figura 25 - Onda estacionária sonora em um tubo com as duas extremidades abertas.
Fonte: HALLIDAY, 2001, p.162.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida por meio da construção de um equipamento que possibilite o ensino das qualidades do som (altura, intensidade e timbre) no ensino médio e estudo sistematizado sobre sua aplicação. A coleta de dados ocorreu por meio de questionários e observações.

Inicialmente, realizou-se uma pesquisa exploratória sobre os equipamentos existentes no mercado para o ensino de acústica e foram analisados os conceitos, construção, manuseio e componentes que estes exploram. Após conhecer estes equipamentos foi construído um equipamento musical didático para utilização no ensino das qualidades do som e elaboração de um roteiro, e um plano de aula com uma sequência didática para utilização do equipamento (Apêndice D).

A pesquisa foi desenvolvida no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina Campus Jaraguá do Sul. Os questionários foram aplicados na terceira e quarta fase do curso Integrado em Química (ensino médio), no qual participaram 55 alunos. Cada fase foi dividida em dois grupos com uma média de 14 alunos por grupo, totalizando quatro grupos. Cada grupo foi levado para uma sala separada para aplicação dos questionários e do equipamento. O tempo de aplicação da pesquisa, pré-questionário, apresentação dos conceitos, roteiro e pós-questionário teve a duração de uma aula por grupo, totalizando quatro aulas.

Iniciou-se a aula explicando para os alunos do grupo o objetivo do que estudaríamos com equipamento musical, ou seja, as qualidades do som. No primeiro momento foi aplicado o questionário diagnóstico (apêndice A). Abaixo os alunos respondendo o questionário diagnóstico.



Figura 26 - Alunos respondendo o questionário diagnóstico no laboratório do IFSC.
Fonte: Autor, 2013.

Em seguida explicaram-se os componentes de uma onda, qualidades do som e as equações matemáticas que seriam utilizadas com o auxílio de um multimídia, quadro e giz. Após a explicação dos conceitos foi entregue um roteiro (apêndice C) para os alunos realizarem os procedimentos e as análises contidas no roteiro.

Após as análises foram mostrado no quadro às equações utilizadas para responder as perguntas. Cada procedimento foi realizado por um aluno diferente, assim, todos tiveram contato direto com o equipamento explorando e manuseando.

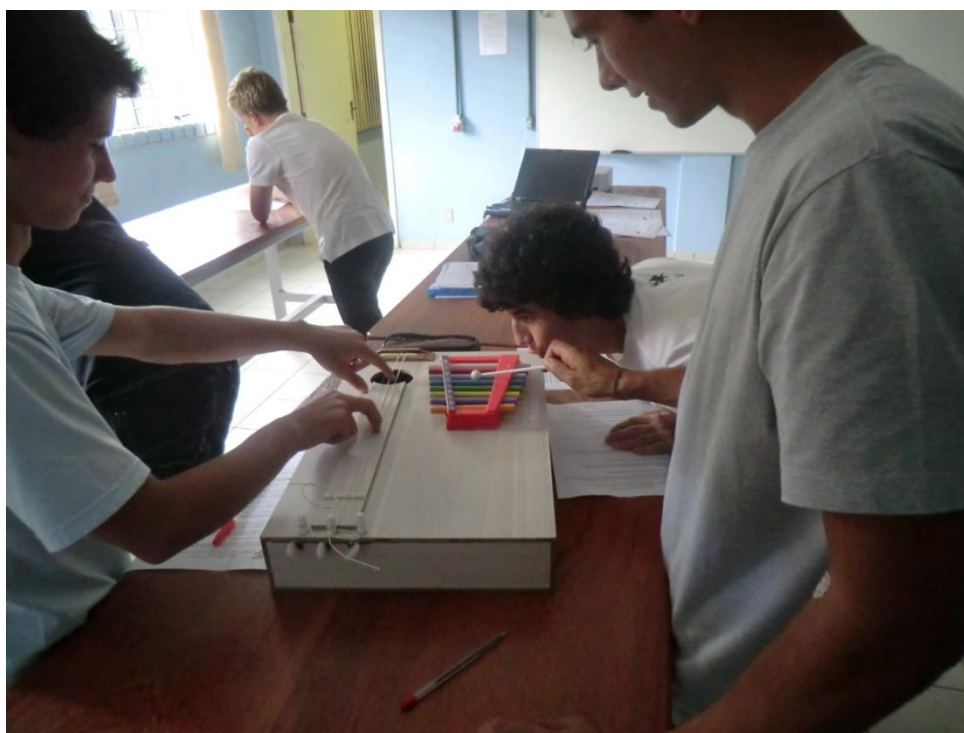


Figura 27 - Alunos manuseando o equipamento musical.
Fonte: Autor, 2013.

Após a utilização do roteiro foi entregue outro questionário (apêndice B) com as mesmas perguntas, porém, com uma pergunta a mais comentando sobre a utilização do equipamento musical.

Em seguida realizaram-se as análises dos questionários antes e depois da aplicação da pesquisa e foram construídos gráficos para visualização dos resultados.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Pesquisa exploratória sobre os equipamentos existentes no mercado para o ensino de acústica.

Experimentos de aprendizagem para o ensino de acústica são ferramentas que podem auxiliar no entendimento dos conceitos. Utilizando os experimentos pode se obter diversos dados a respeito dos conceitos físicos. Realizando uma busca nas empresas a respeito de alguns experimentos que trabalham conceitos referentes à acústica, podem-se citar as indústrias AZERHEB e PASCO que são referências sobre fabricação de equipamentos didáticos.

4.1.1 Gerador de Onda Estacionária

É um equipamento para estudo de ondas estacionárias em cordas com sistema de medição de frequência composto de sensor fotoelétrico e display de três dígitos de precisão de 0,1Hz. Esse experimento é destinado ao estudo de ondas estacionárias. Os conceitos que ele aborda são: nó e ventre, interferência construtiva e interferência destrutiva, comprimento de onda, relação entre força de tração e massa específica da corda, relação entre força de tração e comprimento de onda, refração de uma onda mecânica na corda.

O gerador de ondas estacionária é composto de um dinamômetro de 1 N, uma base metálica em L com 69cm com motor vibrador para ondas estacionaria 0 à12V / 1,5A e sistema de medição de frequência com sensor fotoelétrico e display de 3 dígitos precisão de 0,1hz, quatro cordas e um manual de montagens e experimentos. Abaixo a imagem do gerador de ondas estacionária.



Figura 28 - Gerador de ondas estacionárias.

Disponível em <http://www.azeheb.com.br/produtos_interna.php?idproduto=184>. Acesso em: 22/05/2012.

4.1.2 Conjunto de diapasões com caixa de ressonância

Esse equipamento é destinado para o estudo de ressonância e batimento com par de diapasões. O conjunto de diapasões com caixa de ressonância é composto de dois diapasões de 440 Hz acoplados em uma caixa de ressonância de madeira, um martelo de borracha, uma massa acoplável para haste do diapasão e um manual de montagens e experimentos.



Figura 29 - Conjunto de diapasões com caixa de ressonância.

Disponível em <http://www.azeheb.com.br/produtos_interna.php?idproduto=183>. Acesso em: 22/05/2012.

4.1.3 Ajustando o Diapasão

Este experimento é utilizado para compreender a relação entre frequência de onda em diferentes diapasões. Estes diapasões são feitos de alumínio robusto e econômico. O conjunto inclui oito diapasões representando uma oitava de frequências, um estojo de proteção e um martelo de borracha. Uma oitava, ou seja, de C á C (C é representado na música como cifra da nota musical dó). Cada diapasão soa uma nota musical C, D, E, F, G, A, B e C (Cifras que representam as notas musicais).



Figura 30 - Diapasão.

Disponível em <http://www.pasco.com/prodCatalog/SE/SE-8686_slide-whistle-4-pack/>. Acesso em: 24/05/2012.

4.1.4 Monocórdio

Esse instrumento, o “monocórdio”, é usado para investigar as vibrações de cordas e como o tom de uma música depende do comprimento e espessura da tensão das cordas. O monocórdio tem várias características do instrumento que será elaborado. O monocórdio é composto de duas cordas de um ressonador, tendo mais de duas pontes fixas; na ponte móvel em cada corda; escala sintonizada é uma indicação dos valores de relação dos comprimentos de fio.

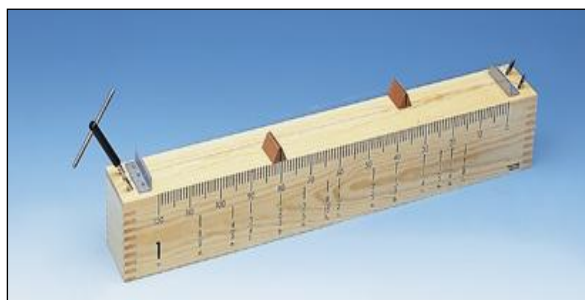


Figura 31 - Monocórdio.

Disponível em <<http://www.phywe-es.com/1005/pid/303/MONOCORDIO--.htm>>. Acesso em: 04/06/2012.

4.1.5 Diapasão 440 Hz - com caixa de Ressonância.

O diapasão é afinado em 440 hz afinação geralmente usada para gravação em estúdio. Pode ser usado pelos músicos para afinarem seus instrumentos por comparação do som emitido pelo diapasão. O equipamento é composto de um caixa de madeira ressonador com sintonia de longa duração; diapasão removível e com um martelo.



Figura 32 - Diapasão.

Disponível em <<http://www.phywe-es.com/1005/pid/300/DIAPASON-440-Hz,-CON-CAJA-DE-RESONANCIA-Y-MACILLO.htm>>. Acesso em: 04/06/2012

Após a pesquisa exploratória de alguns experimentos sobre o ensino de acústica, iniciaram-se os projetos sobre como seria o equipamento musical. Pesquisaram-se vários instrumentos musicais a respeito de seu funcionamento e fabricação. Alguns necessitam de um acabamento e formato bem definidos para, poderem funcionar e alguns de seus

componentes são muitas vezes caros e não são encontrados em qualquer loja de instrumentos musicais.

Os equipamentos disponíveis no mercado, alguns abordam poucos conceitos de física (acústica), como o caso do conjunto de diapasões com caixa de ressonância, ajustando o diapasão e o diapasão 440 Hz. Esses se limitam apenas ao estudo de altura. Além da dificuldade de disponibilidade de acesso a esses equipamentos em relação à compra e venda ser feito apenas via internet, sendo assim, o professor poderá visualizar o equipamento apenas por fotos. Esses equipamentos apresentam um custo alto em relação ao equipamento construído. O equipamento sugerido nessa pesquisa trata das três qualidades do som, altura, intensidade e timbre e possui um baixo custo de aquisição das peças.

4.2 Construção do equipamento musical

O equipamento musical possui algumas características de um violão. Por ser um instrumento musical popular no qual temos um grande número de pessoas que tocam ou conhecem alguém que toque o instrumento. O violão é encontrado em qualquer loja musical. Seus componentes também são encontrados sem grandes problemas, e na grande maioria possuem um baixo preço. Contudo, temos violões com um alto preço devido seu acabamento, madeira, captadores e componentes com padrões de diferenciados. Mas para estudarmos as qualidades do som não necessitamos comprar um instrumento musical caro nem barato. Pode-se sim, construir um equipamento que explore tais qualidades até mesmo utilizando peças já usadas que podem ser doadas em lojas de manutenção de violões. Mostrando para o aluno que ele pode construir seu próprio instrumento musical e perceber que seu funcionamento pode ser compreendido com alguns conceitos de acústica e matemática.

O equipamento musical sugerido não tem a necessidade de um acabamento preciso, nem seu tamanho específico, ou seja, pode ser maior ou menor que o equipamento proposto. Pode ser utilizada qualquer madeira para fabricação e como já comentada seus componentes podem ser usados. Foi acrescentado ao experimento um xilofone. O xilofone também pode ser construído sem grandes dificuldades. Por exemplo, podemos fazer um xilofone com alguns copos de vidro com diferentes níveis de água. Porém, o que se utilizou no equipamento foi comprado em uma loja de brinquedo para crianças no valor de 20 reais. Abaixo o equipamento musical e seus componentes:

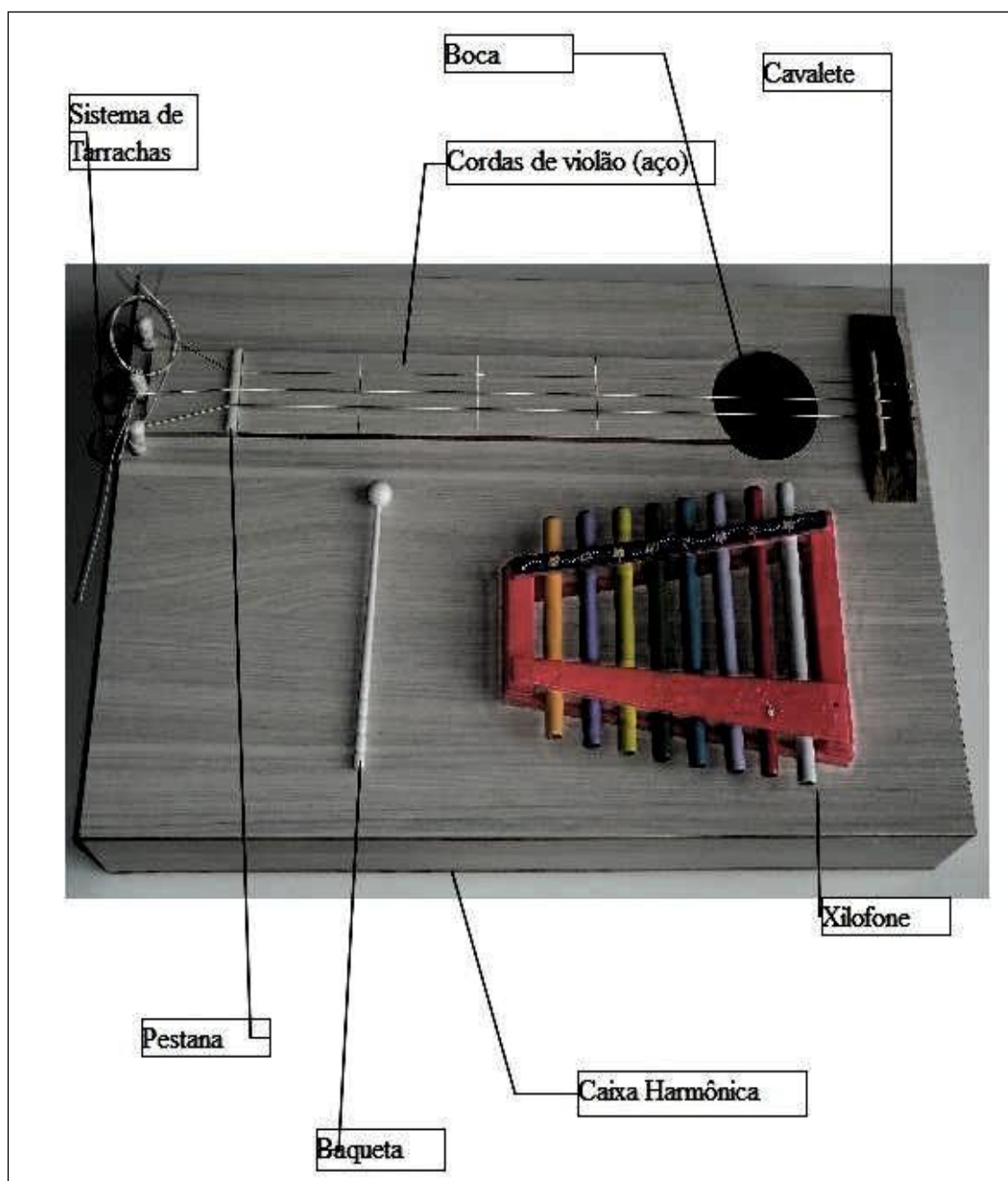


Figura 33 - Equipamento musical.
Fonte: Autor, 2012.

O equipamento musical possui um sistema de tarrachas que tem a função de diminuir ou aumentar a tensão na corda. Podem-se colocar três cordas de diferentes espessuras, cordas de aço ou nylon, no equipamento utilizaram-se cordas de aço, mais é opcional. Um violão tradicional possui seis cordas, mas para o estudo proposto não há necessidade de seis cordas. A caixa de ressonância (harmônica) foi feita de madeira MDF, um material com prensado de eucalipto de seis milímetros de espessura, no qual foi feito um furo (boca) para o ar existente dentro da caixa entrar em vibração com a mesma frequência de vibração da fonte sonora (as cordas), aumentando a intensidade do som produzido. A pestana na qual se prendem todas as cordas, aliando-as e levantando-as levemente, nesse caso, cerca de três milímetros. O cavalete tem a função de prender as cordas do equipamento. Um xilofone que possui oito notas musicais (oito teclas) dó, ré, mi, fá, sol, lá si e dó, tendo assim uma oitava e uma baqueta para percutir as notas do xilofone.

4.3 Possibilidades de uso do equipamento musical

O objetivo do uso do equipamento musical é explorar as qualidades do som como, altura, intensidade e timbre. Qualidades que os músicos utilizam em todo momento de execução de qualquer composição musical. Através dessas características o compositor ou o músico conseguem produzir diferentes notas musicais, explorar diferentes timbres e destacar determinados pontos de suas obras musicais. A frequência será analisada de três formas diferentes, a intensidade e o timbre serão analisados pelo xilofone e pelas cordas do equipamento musical.

Considere uma corda de comprimento L , fixa pelas extremidades e esticada de modo a permanecer tensa quando submetida às forças de tração.

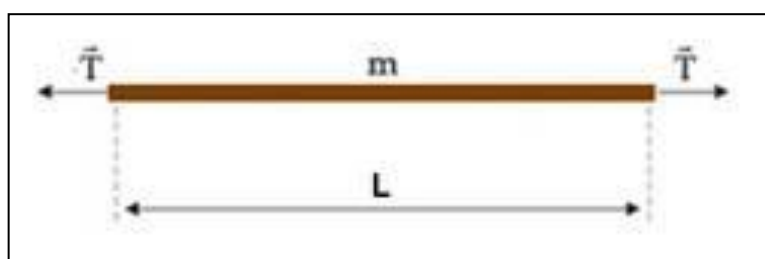


Figura 35 - Corda esticada e fixa pelas extremidades de comprimento L .
Disponível em <<http://www.fisicae vestibular.com.br/acustica3.htm>>. Acesso em:
13/01/2013.

Percutindo-a na parte central, originam-se vibrações transversais que se propagam em toda a corda do equipamento. Ao ferir a corda observa-se o som produzido.

Em seguida diminui-se o comprimento da corda L , pressionando o dedo indicador na parte central da corda fazendo um nó, em seguida toque-a, figura 34. Observe que agora só a metade da corda está vibrando, a vibração ocorre do nó feito pelo dedo indicador ao nó na extremidade livre da corda.



Figura 36 - Diminuindo o comprimento da corda do equipamento musical.
Fonte: Autor, 2013.

Quando percutimos a corda é possível perceber um som mais agudo, ou seja, com maior frequência quando diminuirmos o comprimento da corda L . Analisando-se a equação:

$$L = \frac{\lambda}{2} \quad (4)$$

Através da equação conclui-se que quanto menor o L , menor será o λ . Comparando as equações (4) e (3.4) da página 25.

Quanto menor o comprimento de onda (λ) maior será a frequência (f) do som. Com isso, quando diminuirmos o λ , aumenta-se a frequência, ou seja, o número de oscilações por segundo e percebemos um som mais agudo quando diminuirmos o comprimento da corda, uma vez que a velocidade da onda na corda é constante.

Quando um violonista está tocando uma peça musical percebemos que ele pressiona diferentes regiões do braço do violão, como as cordas e as casas do braço do violão. Quando ele muda a região do toque ele está mudando o comprimento da corda e conseqüentemente a frequência produzindo diferentes notas musicais.

A segunda maneira de analisarmos a mudança de frequência no som é aumentarmos a tensão na corda do equipamento musical, através do uso do sistema de tarrachas do equipamento, figura 37.

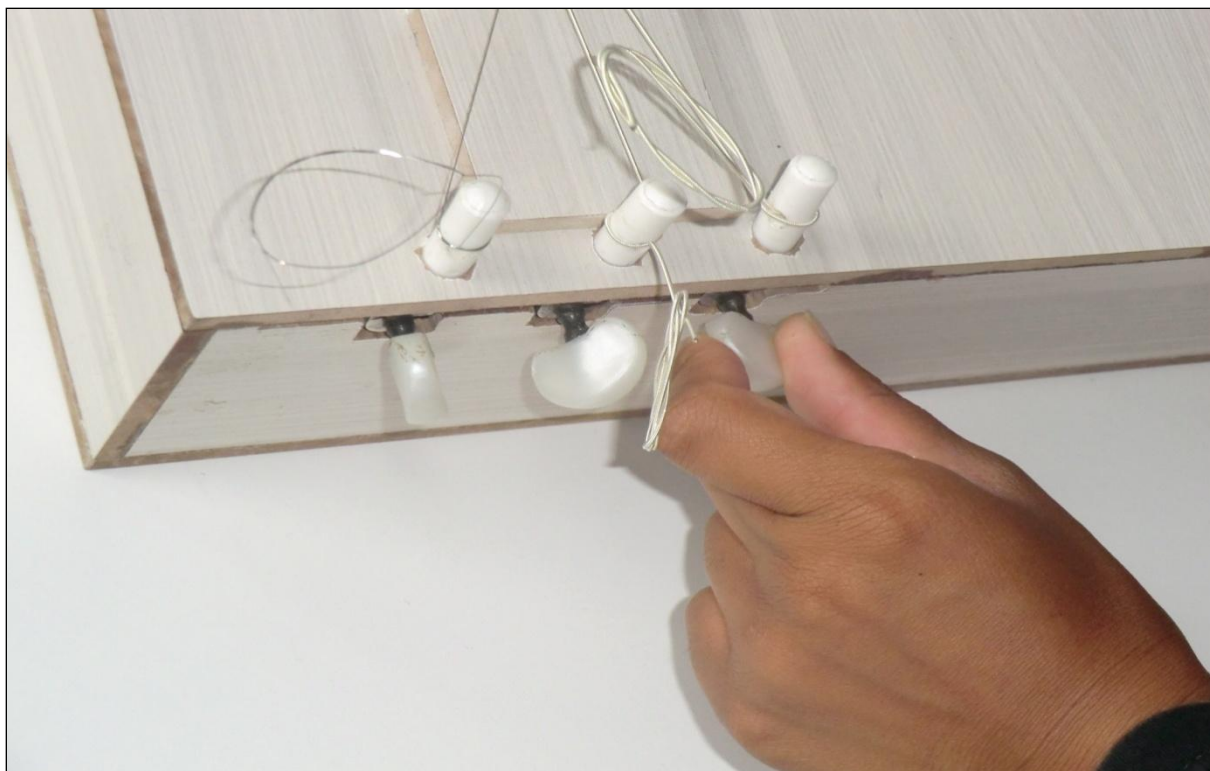


Figura 37 - Aumentando a tensão na corda do equipamento
Fonte: Autor, 2013.

Os músicos utilizam esse recurso quando estão afinando seus instrumentos musicais. Nos instrumentos de cordas apertamos as tarrachas para deixar o som mais agudo e desapertamos para deixar o som mais grave.

Percutindo a corda, observa-se o som produzido. Em seguida aperte a tarracha da corda que foi percutida e toque-a novamente e observe o novo som produzido. Pode-se perceber a mudança no segundo som produzido quando se aumenta a tensão da corda. Analisando a equação matemática:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu_0}} \quad (5)$$

De acordo com a equação (5), se a tensão (F) medida em Newton é aumentada, ocorre um aumento na velocidade do som, o comprimento da corda é mantido constante. Quando comparamos com a equação (3.4) da página 25. Percebemos que se a velocidade de propagação do som aumentou a frequência também aumentará, pois, a frequência é diretamente proporcional a velocidade do som. Concluimos então que, quando aumentamos a tensão na corda, aumentamos a velocidade do som e conseqüentemente a frequência também e percebemos um som mais agudo.

A terceira forma de analisarmos a frequência é comparando as cordas do equipamento musical. Instrumentos de corda possuem diferentes espessuras, umas são mais finas outras mais grossas, elas possuem diferentes espessuras para produzirem notas musicais diferentes, ou seja, frequências diferentes.

Podemos analisar a diferença de frequência entre uma corda e outra mesmo que as cordas tenham a mesma tensão aplicada, através da diferença de espessura entre elas, ou seja, da densidade linear (μ_0) da cordas.

Ao percutir uma corda de maior espessura presente no equipamento musical, observa-se o som produzido.

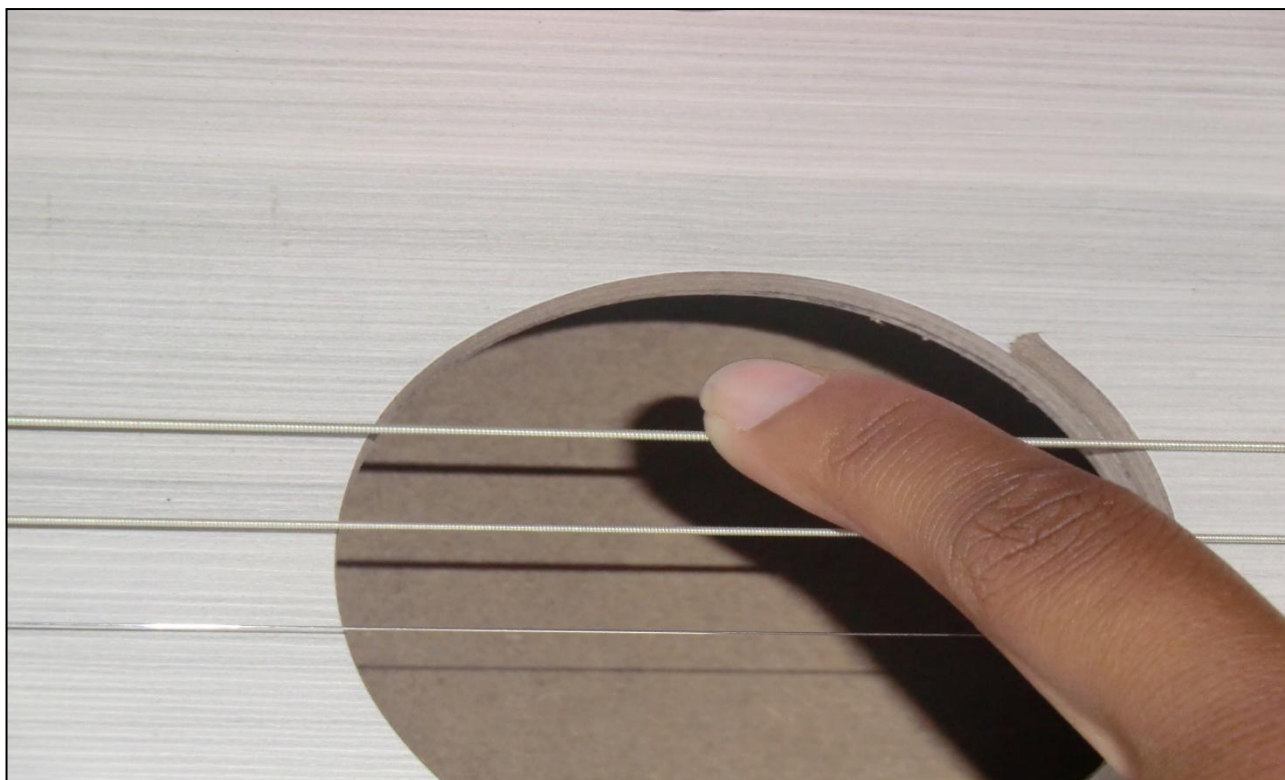


Figura 38 - Cordas do equipamento musical com diferentes espessuras.
Fonte: Autor, 2013.

Pressiona-se outra corda de menor espessura e também observa-se o som. Percebe-se que a corda de menor espessura possui um som mais agudo. Analisando a equação matemática (5).

Quanto maior for o μ_0 , menor será a velocidade do som v . Quando comparamos a equação (5) com a equação (3.4).

Se a velocidade de propagação do som diminuiu, a frequência também diminuirá, pois, a frequência é proporcional a velocidade do som.

Quando um músico deseja produzir um som mais intenso ou forte para destacar determinada parte da obra musical ele pode ferir a corda do instrumento com mais força, ou seja, aumentando a intensidade do som. O conceito de frequência, intensidade e timbre estão mais aprofundados na revisão literária páginas 28, 29 e 30.

Peça para um aluno tocar uma nota musical do xilofone levemente com a baqueta, em seguida peça para outro aluno tocar a mesma nota musical com mais força. Faça o mesmo procedimento com a corda do equipamento musical. Peça para um aluno ferir uma corda do equipamento levemente, em seguida peça para outro aluno ferir a mesma corda com mais força.

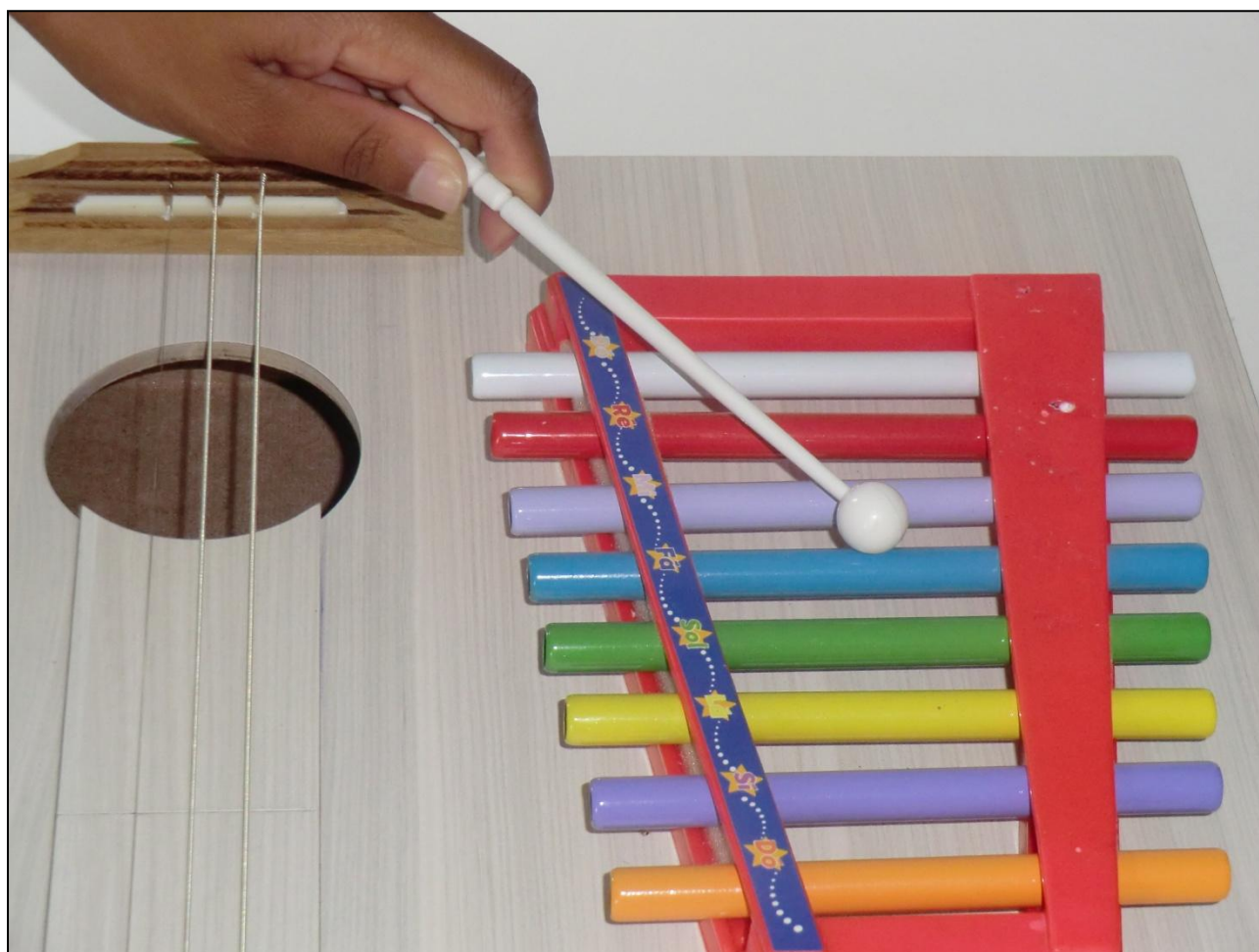


Figura 39 - Aluna tocando com a baqueta a nota musical Fá (F) do equipamento.
Fonte: Autor, 2013.

A intensidade do som é uma qualidade que está relacionada com a amplitude das ondas sonoras. Quanto mais forte ferimos as cordas do equipamento, ou as notas musicais do xilofone, mais intenso será o som.

O timbre é uma qualidade utilizada por todos os músicos. Um violonista produz diferentes timbres percutindo as cordas em diferentes partes do violão, tanto nas cordas como na caixa de ressonância.

Podemos explorar os timbres no equipamento musical pedindo para um aluno fechar os olhos e após o professor tocar uma corda do equipamento e após uma tecla do xilofone presente no equipamento musical. Após perguntar para o aluno o que foi tocado primeiro, se foi à corda ou o xilofone. O aluno provavelmente responderá a corda do equipamento. Com isso professor poderá comentar que cada som possui seu timbre característico.

O professor poderá falar sobre os componentes de uma onda mecânica e também suas propriedades e propagação, vibração, transporte de energia e as ondas sonoras (onda longitudinal) e a onda na corda do equipamento (onda transversal), ressonância entre outros utilizando o equipamento musical.

4.4 Análise e discussão dos resultados

Uma proposta de uso no equipamento musical foi desenvolvida no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina Campus Jaraguá do Sul no curso Integrado em Química no qual participaram 55 alunos da terceira e quarta fase do curso.

Após a aplicação dos questionários foram feitas as análises dos mesmos, afim de, verificar o porcentual de acertos e erros no questionário diagnóstico e no questionário aplicado após o uso do equipamento musical.

Foi aplicado o pré-questionário em seguida ocorreu à explicação dos conceitos referentes às qualidades do som e as equações envolvidas. Foi entregue um roteiro no qual continha os procedimentos e as análises. Em seguida foi entregue um novo questionário para os alunos responderem.

Abaixo as perguntas contidas nos questionários, gráficos e as análises das respostas dos alunos em relação aos conceitos abordados no equipamento.

01. Quando um músico afina seu violão ele mexe no sistema de tarrachas presente no violão, ele altera algumas características do som que será emitido. Considerando que ele **aumentou a tração nas cordas** do instrumento, marque V ou F para as afirmativas a seguir:

- a) () Quando se aumenta a tração na corda, aumenta a frequência do som emitido.

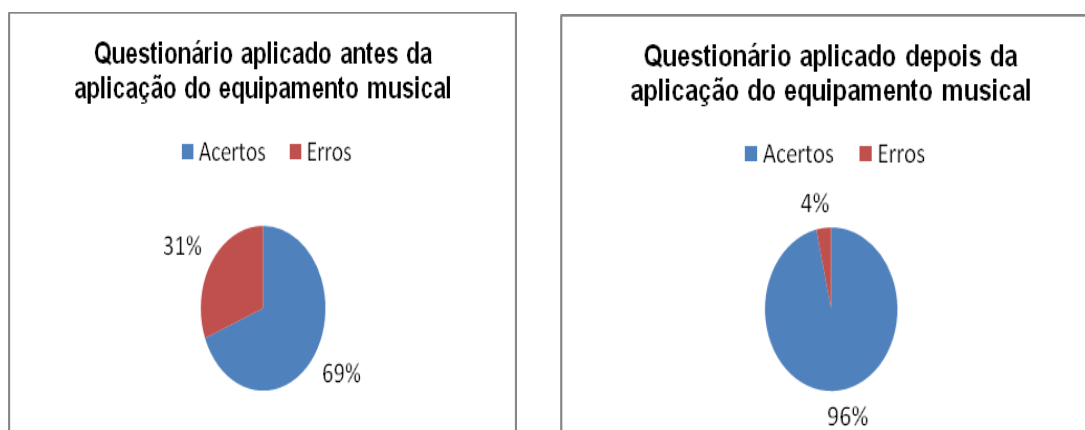


Figura 40 - Gráficos dos resultados da questão 01.a
Fonte: Autor, 2013.

Percebe-se que houve um número significativo de acertos após o estudo sobre o equipamento musical, teve-se cerca de 30% de acertos a mais, totalizando um total de 95% de acertos. O objetivo dessa pergunta foi verificar a relação entre tensão aplicada na corda e a frequência do som. Pode-se dizer que se obteve um bom resultado.

b) () Quando se aumenta a tração na corda, aumenta a intensidade (volume do som) emitida.

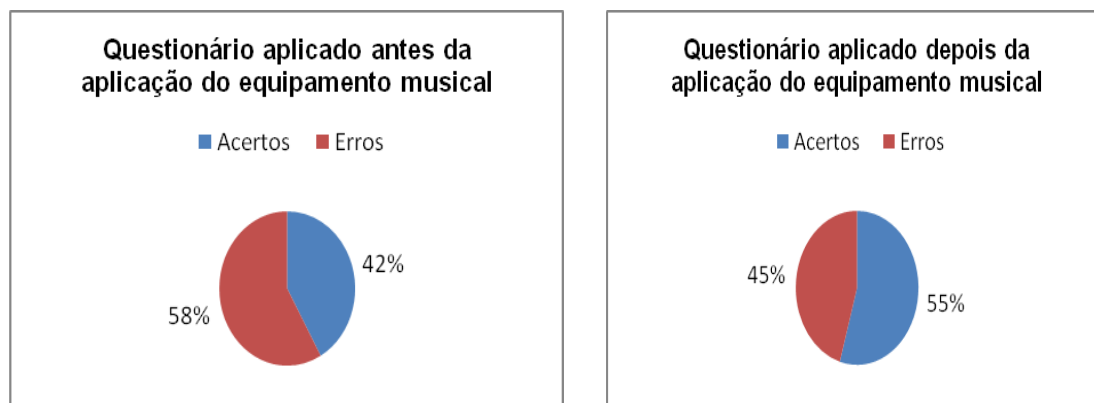


Figura 41 - Gráficos dos resultados da questão 01.b

Fonte: Autor, 2013.

Esta pergunta também foi para analisar a relação entre a tensão aplicado na corda e a frequência do som. O Conceito de intensidade foi acrescentado à pergunta para analisar se os alunos compreenderão a diferença entre os conceitos (frequência e intensidade). Teve-se um aumento de acertos no segundo questionário, porém, não significativo. Uma hipótese sobre o resultado é que a pressão com que a corda foi ferida nos dois momentos foi diferente, levando a uma percepção pouco clara sobre a influência da mudança da tração na corda sobre a intensidade.

c) () Quando se aumenta a tração na corda, altera-se a timbre do som emitido.

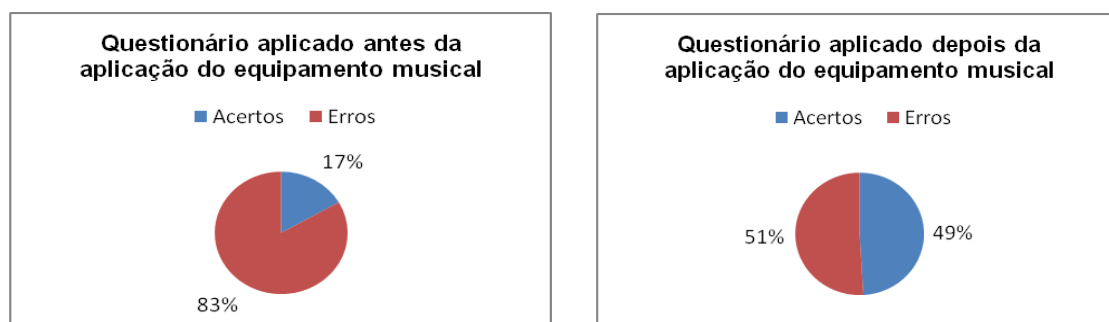


Figura 42 - Figura 40 – Gráficos dos resultados da questão 01.c

Fonte: Autor, 2013.

No primeiro questionário houve mais de 80% de erros. Após a utilização do equipamento e a aplicação do segundo questionário houve um aumento de 32% de acerto em relação ao primeiro questionário. Quando aumentamos a tensão na corda através do sistema de tarrachas, o som fica mais agudo, ou seja, há diferença do som antes e depois de mudarmos a tensão na corda. A diferença da mudança do som grave e agudo após ter

aumentado a tensão na corda pode ter confundido os alunos com o conceito de intensidade e timbre.

- d) () Quando se aumenta a tração na corda, aumenta a velocidade de propagação da onda na corda.

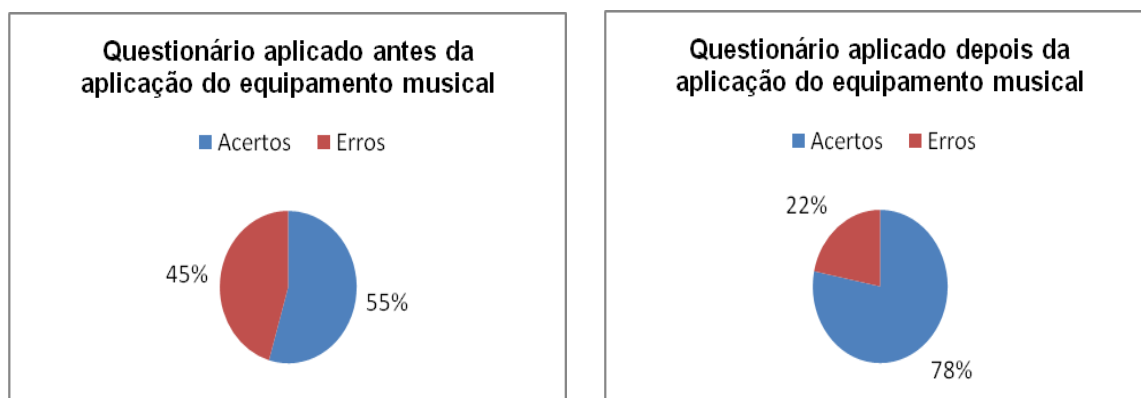


Figura 43 - Gráficos dos resultados da questão 01.d
Fonte: Autor, 2013.

De acordo com os gráficos obteve-se 23% de acertos a mais após a aplicação do equipamento musical. Nesta pergunta foram analisados os conceitos de tensão, frequência e velocidade do som. Para responder a essa pergunta os alunos poderiam compara as equações (5) e (3.4). Pode-se dizer que se obteve um bom resultado em relação ao aumento de acertos comparando o primeiro questionário com o segundo.

02. Ao tocar uma peça musical, um músico executa as notas musicais alterando a posição dos dedos sobre o braço do violão. Baseado neste fato marque V ou F para as afirmativas a seguir:

- a) () Quando o músico aumenta o comprimento da corda vibrante, ocorre um aumento na frequência do som emitido.

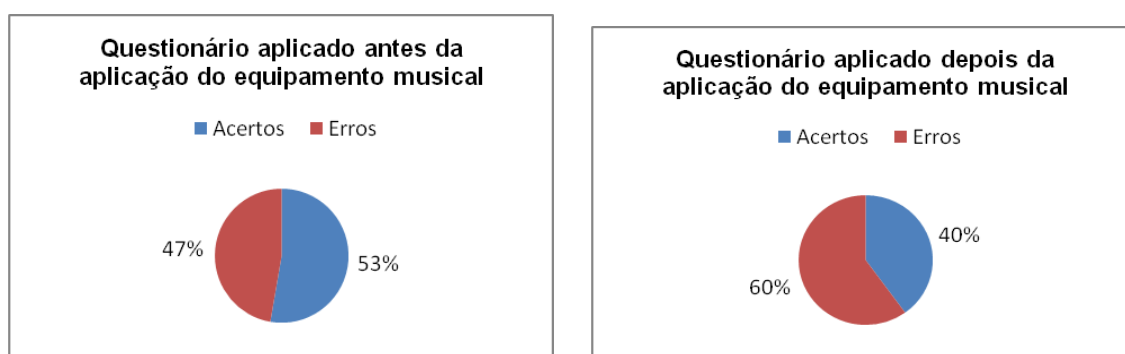


Figura 44 - Gráficos dos resultados da questão 02.a
Fonte: Autor, 2013.

Essa pergunta poderia ser respondida de duas maneiras, através da comparação entre o primeiro som e o segundo, quando o músico aumenta o comprimento da corda o som fica mais grave. E através das equações (4) e (3.4) apresentadas e explicadas no funcionamento do equipamento.

De acordo com os gráficos o resultado foi o oposto do esperado. Antes da aplicação do equipamento tivemos um maior número de acertos do que erros. Após o uso do equipamento obtivemos um maior número de erros. Uma hipótese é que os alunos relacionaram o aumento do comprimento da corda (L) com o aumento da frequência. De qualquer forma, percebe-se que esta etapa do experimento (explicação) necessita ser mais aprofundada através das equação matemáticas e pela diferença de sons.

- b) () Quando o músico aumenta o comprimento da corda vibrante, ocorre um aumento na intensidade (volume do som) emitida.

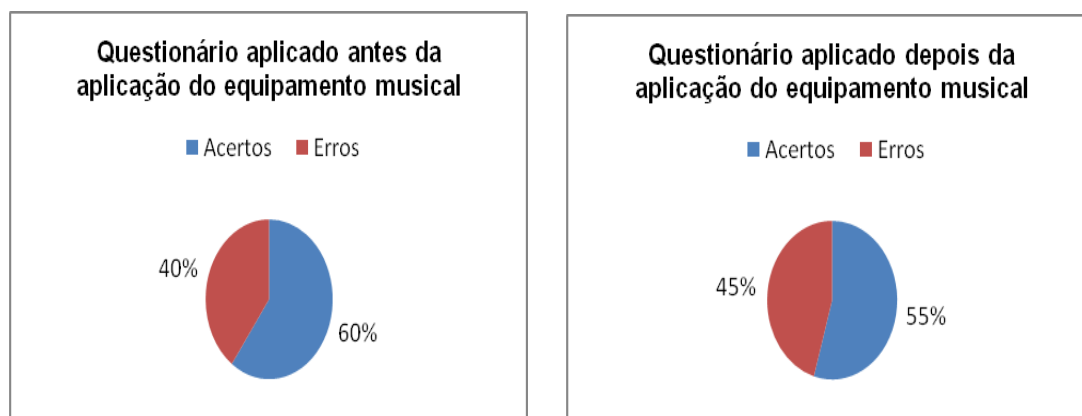


Figura 45 - Gráficos dos resultados da questão 02.b

Fonte: Autor, 2013.

De acordo com os gráficos antes da aplicação obteve-se um maior número de acertos do que erros. Após o uso do equipamento obteve-se um maior número de erros do que acertos, ou seja, o oposto do que esperávamos. Uma possível resposta a cerca do resultado foi que talvez os alunos confundiram os conceitos de frequência e intensidade. Uma hipótese sobre o resultado é que a pressão com que a corda foi ferida nos dois momentos foi diferente, levando a uma percepção pouco clara sobre a influência da mudança da tração na corda sobre a intensidade. A sequência didática com a qual o professor desenvolveu a explicação dos conceitos também pode ter influenciado em relação número de acertos.

- c) () Quando o músico aumenta o comprimento da corda vibrante, altera-se a timbre do som emitido.

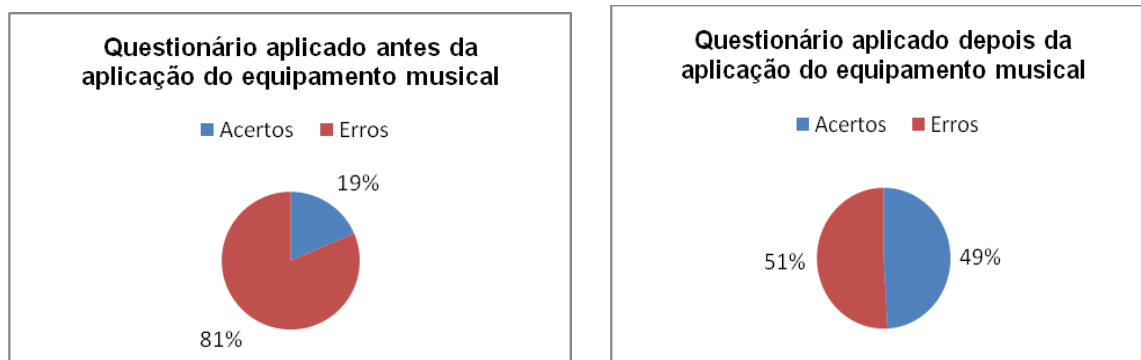


Figura 46 - Gráficos dos resultados da questão 02.c
Fonte: Autor, 2013.

Antes do uso do equipamento musical obteve-se mais de 80% de erros do que acertos. Após a aplicação obteve-se um aumento de 30% nos acertos. Um aumento significativo, porém, ainda assim obtiveram-se mais erros do que acertos no segundo questionário.

03. Os instrumentos como violão, baixo e semelhante possuem cordas de diferentes espessuras. Esta diferença nas espessuras serve para que o músico consiga produzir as diferentes notas musicais. Baseado neste fato marque V ou F para as afirmativas a seguir.

a) () As cordas mais grossas emitem sons de maior frequência que as cordas mais finas.

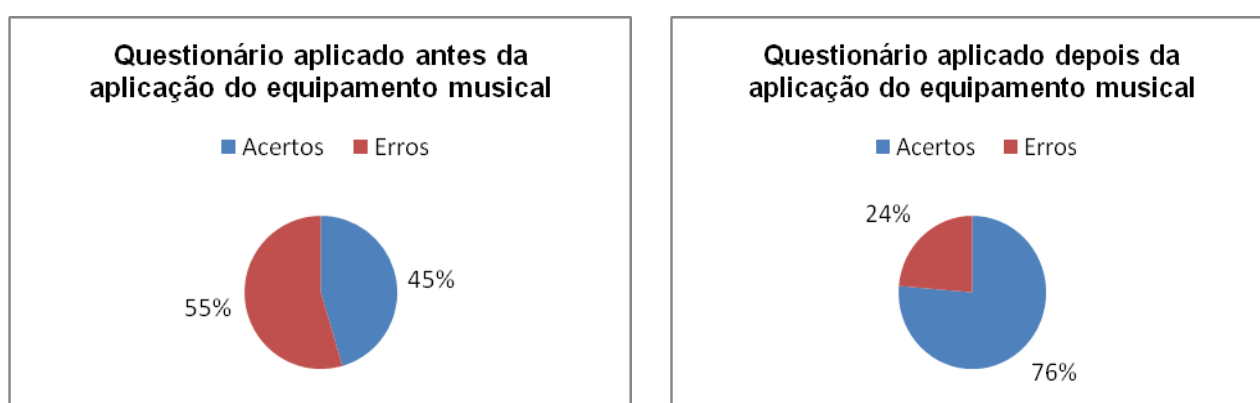


Figura 47 - Gráficos dos resultados da questão 03.a
Fonte: Autor, 2013.

De acordo com os gráficos obteve-se um resultado satisfatório. Antes da aplicação, tiveram-se mais erros do que acertos. Após a aplicação obteve-se um aumento de 31% a mais de acertos, tendo um total de 76% de acertos no segundo questionário.

b) () As cordas mais grossas emitem sons de maior intensidade que as cordas mais finas.

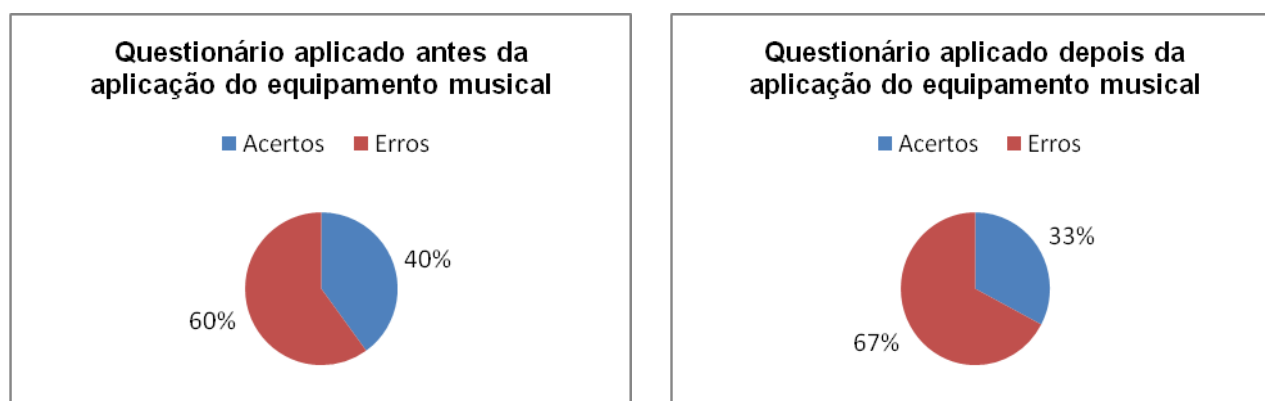


Figura 48 - Gráficos dos resultados da questão 03.b
Fonte: Autor, 2013.

Analisando os gráficos obteve-se um resultado negativo. Ou seja, teve-se um percentual de erros bem maior do que acertos, antes e depois da aplicação do equipamento. Houve um aumento de 7% de erros a mais após o uso do equipamento musical. Uma possível resposta a esse resultado foi que os alunos associaram o conceito de intensidade e frequência, sendo os dois conceitos distintos. As cordas mais grossas emitem sons de frequência maior, nesse caso o conceito de intensidade não foi alterado. Pois, um som grave ou agudo não tem relação com a intensidade, mas sim com a frequência.

04. Os instrumentos de percussão funcionam baseados nos princípios dos tubos sonoros. Analisando a figura a seguir, marque V ou F para as afirmativas abaixo:

a) () Ao se tocar a tecla de menor comprimento (esquerda) será emitido um som de maior frequência.

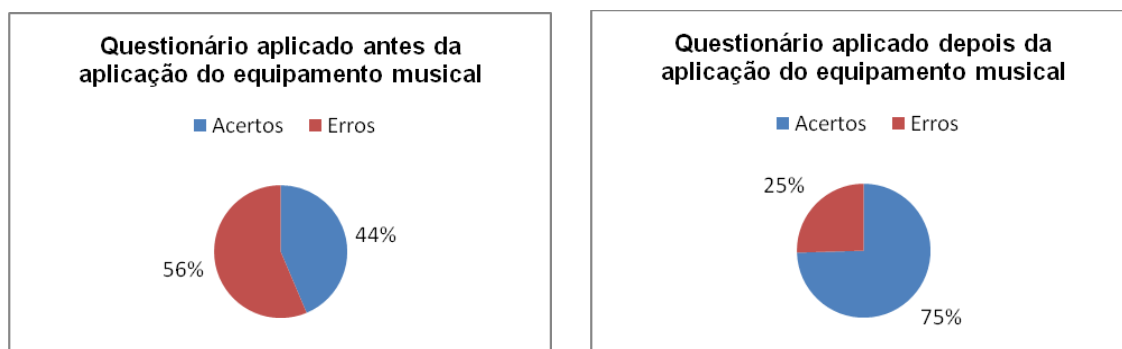


Figura 49 - Gráficos dos resultados da questão 04.a
Fonte: Autor, 2013.

Analisando os gráficos obteve-se um bom resultado após o uso do equipamento. Antes da aplicação teve-se um maior número de erros do que acertos. Após a aplicação do equipamento musical teve-se um aumento que 30% de acertos. Totalizando um resultado significativo em relação ao número de acertos.

b) () Ao se tocar a tecla de maior comprimento (direita) será emitido um som de maior intensidade

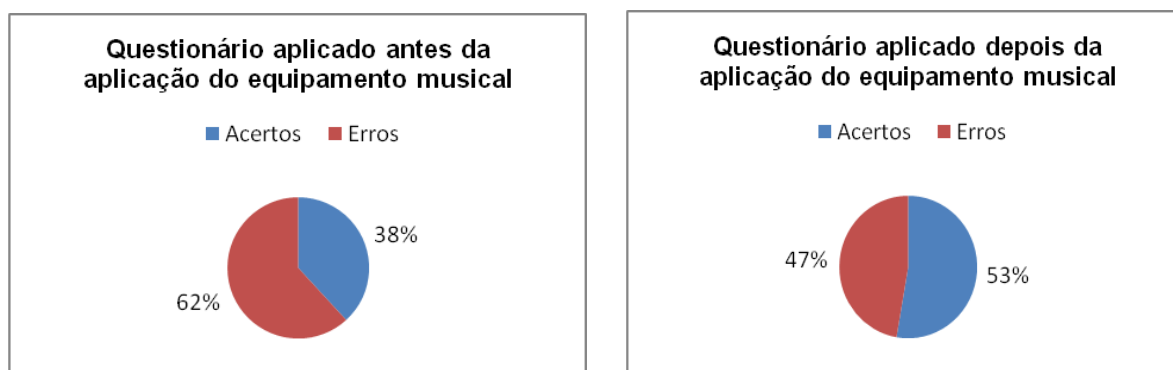


Figura 50 - Gráficos dos resultados da questão 04.b
Fonte: Autor, 2013.

De acordo com os gráficos obteve-se um número maior de acertos depois do uso do equipamento musical. Porém, apenas 15% de acertos a mais. Mais uma vez houve dúvida sobre a diferença entre intensidade e frequência.

05. A utilização do equipamento musical sonoro auxiliou no entendimento dos conceitos de altura, intensidade e timbre?



Figura 51 - Gráficos dos resultados da questão 05
Fonte: Autor, 2013.

Esta pergunta só foi acrescentada no questionário aplicado após o uso de equipamento musical. Todos os 55 entrevistados responderam que o equipamento auxiliou na compreensão dos conceitos.

5 CONCLUSÃO

Espera-se que esta pesquisa auxilie o professor em suas aulas de física em especial a área de ondulatório e música. Com a aplicação dos questionários pode-se avaliar a aprendizagem dos alunos, erros e acertos da pesquisa e também analisar se o uso do equipamento pode ser uma estratégia no ensino dos conceitos de ondulatória.

A análise apresentada nesta pesquisa aponta que o uso do equipamento musical auxiliou na aprendizagem dos conceitos estudados. Analisando os gráficos percebemos que houve um aumento de acertos no segundo questionário aplicado, com exceção da pergunta de número dois, letra (a) e (b) e da pergunta de número três, letra (b).

Pode-se perceber através da análise dos questionários que a maioria dos alunos compreendeu as qualidades do som (altura, intensidade e timbre). Porém, percebeu-se que houve dificuldade em diferenciar os conceitos de altura e intensidade, nas perguntas onde o número de erros após a aplicação aumentou em relação ao número de acertos, os alunos não souberam diferenciar qual conceito foi alterado após o manuseio do equipamento musical, o seja, se foi à intensidade ou a frequência.

Uma hipótese sobre os resultados obtidos nos questionários foi que os alunos não conheciam os conteúdos de ondulatória e o tempo de aplicação da pesquisa foi pequeno para abstração dos conceitos estudados, com isso, em alguns momentos os alunos não souberam diferenciar os conceitos de frequência e intensidade. Ou a didática que o professor utilizou não atingiu a compreensão dos alunos, ficando lacunas sobre qual conceito estava sendo abordado naquele momento. Com isso, em alguns gráficos não se teve um número significativo de acertos em relação ao uso do equipamento, tendo assim, um percentual de aproximadamente cinquenta por cento de acertos após o uso de equipamento.

Talvez se essa pesquisa fosse realizada após os alunos terem estudado os conceitos de ondulatória com o professor, tendo assim, uma base acerca dos fenômenos ondulatórios e após então aplicação do equipamento musical sugerido obteríamos um resultado mais satisfatório de acertos no primeiro e segundo questionário.

Através da análise da pergunta de número cinco, se a utilização do equipamento musical auxiliou no entendimento dos conceitos de altura, intensidade e timbre. Todos os alunos responderam que sim. Com isso, podemos concluir que os alunos compreendem a importância das atividades experimentais.

Em relação ao funcionamento do equipamento musical, todas as tentativas de explicar as qualidades do som tiveram êxito, pois, na hora dos alunos verificarem na prática as teorias, o experimento teve um bom desempenho, funcionando durante todas as etapas.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino da física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

AXT, R.; MOREIRA, M.A. O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo.

Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 13, n. 4, 1991, p. 97-103.

AZEVEDO, H. L. et al. O Uso do experimento no ensino da Física: Tendências a partir do levantamento dos artigos em periódicos da área no Brasil. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7, 2009, Florianópolis. **Anais...** Disponível: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/1067.pdf>>. Acesso em: 03/12/2012

BARBOSA, Joaquim O. ; PAULO Sérgio R.; RINALDI, Carlos. A investigação no papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio. **Caderno Catarinense no Ensino de Física**, v.16, n.1: p. 105-122, abr. 1999.

BONJORNO, J.R., Etal. **Física: história&cotidiana**. São Paulo: FTD, 2003.v.2

COUTO, F. P. **Atividades experimentais em aulas de física: repercussões na motivação dos estudantes, na dialogia e nos processos de modelagem**. 2009. 147 f.. Dissertação (Mestre em Educação) - Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

HALLIDAY, David. **Fundamentos da física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

LOPES, Paulo C. de C.; MARTINS, Marcos G.; RIOS, Lilian R. **A experimentação no ensino de física como possibilidade de reflexão na formação inicial de professores** . In: ENCONTRO ESTADUAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO, 4., 2011 , Goiânia.

MONTEIRO, Maria A. **O USO DO EXPERIMENTO DIDÁTICO: MEDIANDO UMA LEITURA PROBLEMATIZADORA DO MUNDO TECNOLÓGICO**. V Colóquio Internacional Paulo Freire. Recife, 2005.

PACHECO, D. A experimentação e o ensino de ciências. **Ciência & Ensino**. V. 2, 1997.

PAULA, R. C. O. **O uso de experimentos históricos no ensino de física: Integrando as dimensões histórica e empírica da ciência na sala de aula**. 2006. 139 f..

Dissertação (Mestre em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília –DF.

PIETROCOLA, Maurício. **A matemática como estruturante do conhecimento físico**. Cad. Cat. Ens. Fís., v.19, n.1: p.89-109, ago. 2002.

PINHO ALVES, J. **Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático**. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174-188, ago. 2000.

PRADO, Luis Antonio G. **Matemática, física e a música no Renascimento: uma abordagem histórico-epistemológica para um ensino interdisciplinar**. São Paulo, 2010, 110. Dissertação – Universidade de São Paulo Faculdade de Educação.

RAMALHO JUNIOR, Francisco; NICOLAU, Gilberto Ferraro; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Os fundamentos da física , volume 2: termologia, optica, ondas**. 9.ed. São Paulo: Moderna, 2007. v. 2.

RICARDO, Elio C. **Física**. Brasília, 2004

Disponível: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/08Fisica.pdf>>. Acesso em: 10/03/2013

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Universo da física 3: ondulatória, eletromagnetismo, física moderna**. 2. ed. São Paulo: Atual, 2005

Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos: apresentação dos temas transversais**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

SÉRÈ, M. G., COELHO, S.M., NUNES, A.D (2003). O papel da experimentação no ensino de Física, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v.20, n.2, p. 30-42, abril 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FISICA. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais**. Física. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2012.

APÊNDICES

APÊNDICES A – Questionário aplicado antes da aplicação do equipamento musical.

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS JARAGUÁ DO SUL
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA COM HABILITAÇÃO EM FÍSICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Este questionário permite analisar conceitos com a frequência do som emitido com a tração na corda, o comprimento da corda, a espessura da corda e o comprimento dos tubos. Também serão analisados os conceitos de intensidade sonora e timbre.

RESPONDA AS PERGUNTAS ABAIXO:

01. Quando um músico afina seu violão ele mexe no sistema de tarraxas presente no violão, ele altera algumas características do som que será emitido. Considerando que ele **aumentou a tração nas cordas** do instrumento, marque V ou F para as afirmativas a seguir:

- () Quando se aumenta a tração na corda, aumenta a frequência do som emitido.
- () Quando se aumenta a tração na corda, aumenta a intensidade (volume do som) emitida.
- () Quando se aumenta a tração na corda, altera-se a timbre do som emitido.
- () Quando se aumenta a tração na corda, aumenta a velocidade de propagação da onda na corda.

02. Ao tocar uma peça musical, um músico executa as notas musicais alterando a posição dos dedos sobre o braço do violão. Baseado neste fato marque V ou F para as afirmativas a seguir:

- () Quando o músico aumenta o comprimento da corda vibrante, ocorre um aumento na frequência do som emitido.
- () Quando o músico aumenta o comprimento da corda vibrante, ocorre um aumento na intensidade (volume do som) emitida.

() Quando o músico aumenta o comprimento da corda vibrante, altera-se a timbre do som emitido.

03. Os instrumentos como violão, baixo e semelhantes possuem cordas de diferentes espessuras. Esta diferença nas espessuras serve para que o músico consiga produzir as diferentes notas musicais. Baseado neste fato, marque V ou F para as afirmativas a seguir.

() As cordas mais grossas emitem sons de maior frequência que as cordas mais finas.

() As cordas mais grossas emitem sons de maior intensidade que as cordas mais finas.

04. Os instrumentos de percussão funcionam baseados nos princípios dos tubos sonoros. Analisando a figura a seguir, marque V ou F para as afirmativas abaixo:



() Ao se tocar a tecla de menor comprimento (esquerda) será emitido um som de maior frequência.

() Ao se tocar a tecla de maior comprimento (direita) será emitido um som de maior intensidade

APÊNDICES B - 12. Questionário aplicado depois da aplicação do equipamento musical.

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS JARAGUÁ DO SUL
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA COM HABILITAÇÃO EM FÍSICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Este questionário permite analisar conceitos com a frequência do som emitido com a tração na corda, o comprimento da corda, a espessura da corda e o comprimento dos tubos. Também serão analisados os conceitos de intensidade sonora e timbre.

RESPONDA AS PERGUNTAS ABAIXO:

01. Quando um músico afina seu violão ele mexe no sistema de tarraxas presente no violão, ele altera algumas características do som que será emitido. Considerando que ele **aumentou a tração nas cordas** do instrumento, marque V ou F para as afirmativas a seguir:

- () Quando se aumenta a tração na corda, aumenta a frequência do som emitido.
- () Quando se aumenta a tração na corda, aumenta a intensidade (volume do som) emitida.
- () Quando se aumenta a tração na corda, altera-se a timbre do som emitido.
- () Quando se aumenta a tração na corda, aumenta a velocidade de propagação da onda na corda.

02. Ao tocar uma peça musical, um músico executa as notas musicais alterando a posição dos dedos sobre o braço do violão. Baseado neste fato, marque V ou F para as afirmativas a seguir:

- () Quando o músico aumenta o comprimento da corda vibrante, ocorre um aumento na frequência do som emitido.
- () Quando o músico aumenta o comprimento da corda vibrante, ocorre um aumento na intensidade (volume do som) emitida.

() Quando o músico aumenta o comprimento da corda vibrante, altera-se a timbre do som emitido.

03. Os instrumentos como violão, baixo e semelhantes possuem cordas de diferentes espessuras. Esta diferença nas espessuras serve para que o músico consiga produzir as diferentes notas musicais. Baseado neste fato marque V ou F para as afirmativas a seguir.

() As cordas mais grossas emitem sons de maior frequência que as cordas mais finas.

() As cordas mais grossas emitem sons de maior intensidade que as cordas mais finas.

04. Os instrumentos de percussão funcionam baseados nos princípios dos tubos sonoros. Analisando a figura a seguir, marque V ou F para as afirmativas abaixo:



() Ao se tocar a tecla de menor comprimento (esquerda) será emitido um som de maior frequência.

() Ao se tocar a tecla de maior comprimento (direita) será emitido um som de maior intensidade

05. A utilização do equipamento musical sonoro auxiliou no entendimento dos conceitos de altura, intensidade e timbre?

() Sim

() Não

APÊNDICES C – Roteiro.

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS JARAGUÁ DO SUL
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA COM HABILITAÇÃO EM FÍSICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Neste experimento serão analisadas as características do som. Para isso será utilizado um equipamento desenvolvido durante o TCC que permite relacionar a frequência do som emitido com a tração na corda, o comprimento da corda, a espessura da corda e o comprimento dos tubos. Também serão analisados os conceitos de intensidade sonora e timbre.

Etapa 01. Análise do som gerado pelo instrumento de cordas.

Procedimento:

Escolha uma das cordas do equipamento e toque-a. Preste atenção no som emitido.

Pressione o dedo indicador na mesma corda e compare o primeiro som com o segundo.

Análise:

Houve diferença na frequência dos sons? Qual som foi mais agudo?

Procedimento:

Escolha uma das cordas do equipamento e toque-a. Preste atenção no som emitido.

Aumente a tensão nesta corda, através do uso do sistema de tarraxa presente no equipamento e compare o primeiro som com o segundo.

Análise:

Houve diferença na frequência dos sons? Qual foi mais agudo?

Procedimento:

Toque a primeira corda do equipamento (menor espessura). Após toque a última corda (maior espessura).

Análise:

Houve diferença na frequência dos sons? Qual foi mais agudo?

Procedimento:

Escolha uma das cordas do equipamento e toque-a. Preste atenção no som emitido.

Toque a mesma corda com maior pressão.

Análise:

Houve diferença no som emitido? Qual propriedade do som foi alterada (altura, intensidade, timbre)?

Procedimento:

Toque as oito notas musicais do xilofone e após as cordas do equipamento.

Análise:

O que se pode dizer sobre o timbre das notas do xilofone e as cordas do equipamento

APÊNDICES D - Plano de aula.

TEMA: Fenômenos Físicos Presente na Música (Acústica)

Plano de Aula (A)

Dados

Escola: Instituto Federal de Santa Catarina (Integrado em Química)

Professor: Lucas de Freitas

Duração da atividade: Quatro aulas

[] Ensino Fundamental [X] Ensino Médio Série: Terceira e Quarta Fase

Conteúdo: Qualidades do som (altura, intensidade e frequência).

Disciplina: Física (ondulatória).

Objetivos

Objetivo Geral

- Elaborar uma sequência didática através do uso de um equipamento musical para o ensino das qualidades do som utilizadas na música.

Objetivos específicos:

- Relacionar teoria e prática através do instrumento musical.
- Reconhecer as principais qualidades do som presentes na música.
- Construir um equipamento musical e um roteiro.
- Analisar a aprendizagem dos alunos através do uso de questionários e observações.

Metodologia

Essas aulas serão aplicadas no Instituto Federal de Santa Catarina no curso Integrado em Química terceira e quarta fase. Cada fase será dividida em dois grupos, cada grupo será levado para uma sala onde ocorrerá a aplicação de um questionário diagnóstico, o equipamento musical, um roteiro e pós-questionário aplicado após o uso do equipamento musical.

No primeiro momento será aplicado um questionário diagnóstico. Em seguida será explicado as qualidades do som e as equações matemáticas que serão utilizadas com o auxílio de um multimídia, quadro e giz.

Após a explicação dos conceitos será entregue um roteiro para os alunos realizarem os procedimentos e as análises contidas no roteiro. Cada procedimento será realizado por um aluno diferente, assim, todos os alunos poderão manusear o equipamento musical. Em sequência os alunos responderão as análises do roteiro e nesse momento o professor explicará novamente os conceitos físicos presentes no procedimento e as equações matemáticas.

Após a utilização do roteiro será entregue outro questionário com as mesmas perguntas, porém, com uma pergunta a mais comentando sobre a utilização do equipamento musical.

Recursos

Quadro, giz.
Equipamento musical.
Roteiro e questionários.