



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

ODAIR JOSE TOZATO

**INTERAÇÃO FÍSICA E MÚSICA: O USO DA
ORQUESTRA DE TAÇAS COMO INSTRUMENTO DE
ENSINO DE ONDAS SONORAS**

ARIQUEMES-RO
2015

Odair Jose Tozato

**INTERAÇÃO FÍSICA E MÚSICA: O USO DA
ORQUESTRA DE TAÇAS COMO INSTRUMENTO DE
ENSINO DE ONDAS SONORAS**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Física da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciado em Física.

Prof. Orientador: Esp. Isaías Fernandes Gomes.

ARIQUEMES-RO
2015

Odair Jose Tozato

**INTERAÇÃO FÍSICA E MÚSICA: O USO DA ORQUESTRA
DE TAÇAS COMO INSTRUMENTO DE ENSINO DE ONDAS
SONORAS**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Física da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciado em Física.

Prof. Orientador: Esp. Isaías Fernandes Gomes.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^o Orientador: Esp. Isaías Fernandes Gomes
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

Prof^a: Ms. Bruna Racoski
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

Prof^o : Esp. Fabrício Pantano
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

Ariquemes, 25 de Maio de 2015.

Primeiramente a Deus, aos meus pais Adejair e Ana, minhas irmãs Juliana e Luciana, minha sobrinha Fernanda, minha noiva Valéria, e a todos que me apoiaram, em todos os momentos de minha carreira acadêmica, passando força, motivação e enriquecendo meu conhecimento ao longo dos anos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, o mestre supremo, a quem sempre tenho a agradecer por ter estado ao meu lado por toda essa minha jornada, pelas dificuldades superadas obstáculos ultrapassados, também pelas vitórias e conquistas e principalmente por ter me concedido a graça da vida.

Agradeço-te por sempre ter caminhado ao meu lado mesmo nos momentos mais difíceis. A vós ofereço humildemente esta conquista, pois sem teu amparo não teria alcançado esta vitória, obrigado por me proporcionar felicidades ao logo de minha vida.

Agradeço muito, a minha família: meu pai, minha mãe e minhas irmãs, meus avós, em especial minha noiva que me ajudou muito em todos os momentos dessa vida acadêmica, apoiando, incentivando, acreditando e colaborando com a minha caminhada rumo a vitória, a minha sobrinha apesar de pequena, me motivou muito e de maneira indireta me incentivou a prosseguir nessa conquista para que no futuro eu possa ajudar outras crianças a terem uma boa educação. Agradeço a todos do fundo do meu coração, vocês foram fundamentais em minha jornada. Amo imensamente todos vocês!

A todo o corpo docente que tiveram contribuições diretas ou indiretas em toda essa minha jornada de estudos, em especial ao meu orientador Isaias Fernandes Gomes, que além de professor é também um amigo, agradeço pela tolerância, as contribuições pelo apoio, incentivo que me fez seguir firme rumo a essa conquista.

Aos colegas da turma pela paciência, pelo apoio de todos e também a todas as pessoas que contribuíram para o meu aprendizado, os meus sinceros agradecimentos!

Não sei como o mundo me vê, mas eu me sinto como um garoto brincando na praia, contente em achar aqui e ali, uma pedra mais lisa ou uma concha mais bonita, mas tendo sempre diante de mim, ainda por descobrir, “O grande oceano de verdades”.

Isaac Newton

RESUMO

A Física é uma ciência que contempla uma das áreas mais fascinantes do conhecimento humano, e é também um fundamental componente curricular do ensino médio, porém é uma das disciplinas que mais aflora o temor e a aversão dos estudantes. Perante tamanho obstáculo é clara a necessidade de se adotar novas práticas pedagógicas, novas metodologias de ensino, fugindo um pouco das convencionais e cansativas aulas expositivas, onde tenha mais dinamismo e prática nas aulas, inserindo algo novo, elementos que facilite ao professor prender a atenção dos estudantes para o ensino da Física, assim também proporcionar a os alunos maior interesse para com a ciência. O presente estudo apresenta uma proposta para a utilização da música e instrumentos musicais caseiros, que podem ser confeccionados pelos próprios alunos, como ferramenta de ensino de física, em especial Ondas Sonoras, um tema da Física muito importante que está presente em nosso cotidiano, e é tido como um assunto muito complexo por parte dos estudantes, e pode ser um bom recurso para atingir o objetivo. A utilização desse mecanismo de ensino poderá encurtar a distância existente entre professores e alunos, possibilitando a existência de um processo mútuo de ensino/aprendizagem, facilitando a compreensão do conteúdo por parte dos estudantes.

Palavras-chave: Atividade Experimental; Ensino de Física; Ondas Sonoras.

ABSTRACT

Physics is a science that includes one of the most fascinating areas of human knowledge, and is also a key component of the high school curriculum, but is one of the discipline that touches more the fear and aversion of students. Faced with such an obstacle is a clear need to adopt new teaching practices, new teaching methodologies, fleeing a bit of conventional and tiresome lectures, which has more dynamism and practice in class by entering something new elements that facilitate the teacher eye-catching Students for physics teaching, so provide students greater interest towards science. This study presents a proposal for the use of music and homemade musical instruments, which can be made by the students themselves, as physics teaching tool especially Sound waves, a very important physics theme that is present in our daily lives, and it had as a very complex subject by students, and can be a good resource to achieve the goal. The use of this learning mechanism, you can shorten the distance between teachers and students, enabling the existence of a mutual teaching-learning process, facilitating the understanding of the content by the students.

Keywords: Experimental Activity; Physical Education; Sound Waves.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Escala Musical.....	20
Quadro 2 – Notas e os respectivos intervalos em relação a primeira nota do1, na escala pitagórica.....	21
Quadro 3 – Notas e os intervalos entre duas notas consecutivas, na escala pitagórica.....	22
Quadro 4 – Escala Cromática das notas musicais.....	22
Quadro 5 – Referente às notas e a quantidade de água em cada taça.....	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração do Monocórdio utilizado por Pitágoras.....	21
Figura 2 – Orquestra de taças.....	29
Figura 3 – Adicionando água as taças.....	30
Figura 4 – Adicionando água as taças.....	30
Figura 5 – Ilustração do procedimento de friccionar o dedo na borda da taça.....	31
Figura 6 – Orquestra com as taças e suas respectivas quantias de água.....	31

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. METODOLOGIA	14
4. REVISÃO DE LITERATURA	15
4.1 ONDAS	15
4.2 ONDAS SONORAS.....	16
5. O SOM E SUAS CACTERÍSTICAS	17
6. OS SONS MUSICAIS	19
6.1 ESCALAS MÚSICAIS	20
6.2. INTERVALOS MÚSICAIS	23
6.3. RELAÇÃO DE DISSONÂNCIA E CONSONÂNCIA.....	24
6.4 HARMÔNICOS.....	24
7. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS	25
8. ORQUESTRA DE TAÇAS	29
CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34

INTRODUÇÃO

Os problemas e dificuldades enfrentados pelo sistema de ensino de Física foram diagnosticados há vários anos, não é um fato novo, o que levou vários estudiosos e pesquisadores a buscarem as causas e conseqüências desses problemas. Um caminho encontrado aponta para a criação de uma educação voltada para a participação constante de cada indivíduo, de modo direto a esse âmbito a utilização de atividades experimentais como ferramenta de ensino de Física tem sido aprovado por estudantes e professores, como método mais eficiente de se enfrentar as dificuldades de aprender e ensinar Física. (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Segundo Bortoloto e Felício [20--], o professor tem o dever de reavaliar a utilização das propostas pedagógicas, passando a inserir em suas metodologias novas propostas que atuem de acordo com os componentes internos da aprendizagem. Ao se tratar da aprimoração ou apropriação do conhecimento a inserção de novas propostas de ensino não podem ser desconsideradas.

Conforme Pereira (2013), a relação entre Física e música expõe a competência que a música possui de criar analogias e metáforas, propícias para o ensino aprendizagem de Física de modo geral. Para o autor, a música está presente nas culturas em vários contextos e, dessa forma, também pode estar presente nas aulas desse componente curricular.

Os sons, utilizados para a produção das melodias harmônicas, possuem características extremamente físicas, pois os mesmos ocorrem de forma sustentada, de maneira que sua oscilação se mantém em ciclos, o que faz com que os sons se diferenciem dos ruídos ou sons que não são musicais. (GOTO, 2009).

Atividades experimentais para o ensino das ciências são importantes, uma vez que poderão surgir novos conceitos e com eles as dificuldades de compreensão ao serem abordados apenas de forma teórica. (PEDROSO, 2009). Pena e Ribeiro Filho (2009), observaram através de suas pesquisas que os impedimentos para a utilização de experiências para o ensino de Física, vêm da ausência de pesquisas sobre o que de fato os estudantes aprendem com o uso de experiências em sala de aula. Ao se conciliar a teoria com a prática, os alunos podem ser estimulados a levantarem questões e procurar respostas através das experiências, tornando o conhecimento mais fácil de ser assimilado.

Segundo Alves [20--], a utilização de atividades experimental é entendida como um objeto didático com qualidades variadas. É capaz de favorecer uma aprendizagem significativa, se for explorado de forma que possa proporcionar momentos de diálogo, reflexão e generalização, abrindo caminho para que o aluno possa desenvolver a capacidade de elaborar novos conhecimentos, conceitos e significados, ou seja, uma reestruturação conceitual. Apesar de sua potencialidade como estratégia metodológica, ela é pouco empregada no ensino de Física e os motivos vão desde a ausência de laboratório e equipamentos nas escolas até a inexpressiva quantidade de orientações que podem auxiliar o professor no planejamento de suas aulas.

Donoso et al. (2008), diz que a física relacionada aos instrumentos musicais é um campo de estudo esplendoroso com enorme potencial pedagógico, devido suas aplicações práticas de oscilações, ondas e também sobre o fenômeno de ressonância. Porém na maioria das vezes as teorias sobre produção de sons, propriedades e a propagação de ondas sonoras não são abordadas de maneira abrangente.

Bortoloto e Felício, [20--], diz que é dever do professor auxiliar na formulação e reformulação de conceitos, ligando o conhecimento inicial dos estudantes com a introdução do conteúdo que interlace esses conhecimentos com novas informações fazendo uso de recursos didáticos que facilitem o entendimento do conteúdo para os estudantes.

Campos (2011), diz que a utilização de instrumentos musicais como objeto de ensino, possibilita ao aluno observar com maior facilidade os fenômenos físicos, que envolvam ondas sonoras, permitindo a aplicação prática dos fenômenos estudados. Dessa forma, os educandos podem reconhecer as características dos fenômenos com maior eficácia, bem como identificar a sua causa, diferenciar e associar os sons percebidos com grandezas físicas como a intensidade, frequência, entre outras.

O experimento “orquestra de taças” procura demonstrar que o método experimental pode facilitar o ensino de Física, em especial o aprendizado de ondas sonoras, aumentando a interação aluno/professor e gerando um ensino significativo, visando ativar a criatividade dos alunos para o ensino e proporcionar melhorias no aprendizado dos estudantes através de uma atividade demonstrativa e atrativa, o experimento “orquestra de taças” é proposto neste estudo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Desenvolver uma proposta de ensino aprendizagem para o estudo de ondas sonoras através da utilização da Orquestra de Taças.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar uma metodologia diferenciada para aplicação em aulas de Física do Ensino Médio.
- Incentivar os alunos a buscar novas formas de aprendizagem, para facilitar a compreensão de ondas sonoras.
- Mostrar de forma dinâmica os conceitos de onda de modo a despertar o interesse e a motivação dos alunos para com a ciência.

3. METODOLOGIA

O presente estudo sugere uma proposta metodológica do uso da música e alguns instrumentos musicais caseiros, em especial a Orquestra de Taças, como ferramenta de ensino aprendizagem, para o estudo de ondas. Partindo do pressuposto que ao estudarem ondulatória com o auxílio da música de forma dinâmica os educandos irão apresentar maior interesse e se sentirão mais motivados para o aprendizado deste componente curricular.

Neste estudo foram utilizados livros e artigos científicos que abordassem o ensino da Física e a importância da adequação de novas atividades como ferramenta de ensino. Ao final, foi elaborada a proposta metodológica para utilização da Orquestra de Taças como ferramenta de ensino.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 ONDAS

De acordo com Fernandes e Alves (2009), os estudos relacionados com a propagação de ondas são essenciais para o desenvolvimento dos estudantes dos cursos de Física, Matemática e das Engenharias. No seu desenrolar é imprescindível o uso de técnicas matemáticas para a aplicação das teorias de forma clara, simples e eficazes na obtenção de resultados positivos na resolução de problemas complexos.

Segundo Halliday e Resnick (2009), ondas é um dos principais assuntos da Física. Através da indústria musical pode-se ter noção de como as ondas possuem um papel fundamental no mundo atual, cada som que ouvimos seja ele qual for sempre dependerá da produção de ondas.

Conforme Resnick, Halliday e Krane (2013), as ondas fazem parte do ambiente humano. As ondas sonoras, as ondas luminosas e as aquáticas, entre outras, estão presentes em nosso cotidiano e podem ser controladas com objetivo de conduzir informações ou mesmo para transportar energia e quantidade de movimento de um ponto a outro sem que ocorra deslocamento de partículas materiais.

De acordo com Halliday e Resnick (2009), as ondas são categorizadas em ondas eletromagnéticas que são concebidas por cargas elétricas oscilantes, como a luz visível, ondas de rádio e televisão entre outras, e podem propagar-se até mesmo no vácuo com a mesma velocidade, igual a: $299.792.458 \text{ m/s}$, e ondas mecânicas as quais se faz necessário um meio material para propagar-se, transportam energia cinética e potencial e dependem da flexibilidade do meio, e são estudadas pelas leis de Newton, também existem as ondas de matéria que por sua vez são utilizadas apenas em laboratórios, estão ligadas a elétrons, prótons e outras partículas como átomos e moléculas, que são conhecidas como ondas de matéria por serem tratadas como elementos básicos da matéria.

Onda mecânica é a ação ocasionada por abalos, que por sua vez necessita de meio material para propagar-se, ocorrem quando a uma perturbação em determinado meio material que é ocasionada por uma fonte, a qual se propaga em

aspecto de pulsos, como por exemplo: o alto falante produz uma agitação nas moléculas de ar, que viajam dentro do mesmo em forma de onda sonora, essas moléculas de ar movimentam-se para frente e para trás em torno do seu ponto de equilíbrio, paralelo a direção da propagação da onda, e esta se espalha até atingir nossos ouvidos. Existem ondas que podem ser observadas como as ondas da água e também as que não podem ser vistas sem o auxílio de equipamentos, como as ondas de rádio, micro-ondas entre outras, porém todas as ondas possuem um fator em comum, todas são energia transportada através de um meio. (RESNICK; HALLIDAY; KRANE, 2013).

Conforme Souza (2011), para que se possam compreender vários fenômenos naturais, como por exemplo, o Som, o estudo de ondas mecânicas é necessário, pois é base para o entendimento de outros efeitos ondulatórios descobertos em algumas áreas da Física como a Ótica, o Eletromagnetismo e a Física moderna. Estes destacam-se como uns dos mais importantes para o estudo sobre ondas sonoras. Segundo Cavalcante (2013), não se tem apresentado uma preocupação para com as dificuldades enfrentadas pelos alunos no aprendizado sobre ondas mecânicas, apesar da sua importância e a relevância de se apresentar um estudo abrangente sobre ondas, o que possibilitaria a os estudantes uma boa introdução aos fenômenos ondulatórios.

4.2 ONDAS SONORAS

Para Cavalcante (2013), ondas sonoras são ondas mecânicas, que atuam na classe corpuscular, do qual o fenômeno compreensível associado é o som, possuem caráter invisível e propaga-se numa sequência de pressão e rarefação. Para essa onda dá-se o nome de onda longitudinal, dado que as moléculas que compõem o meio se atraem e se repelem alternadamente. Cada segmentação do meio onde passa a onda longitudinal oscila em uma posição de equilíbrio, por sua vez a onda propaga-se por um amplo espaço, ao longo deste caminho de propagação, a mínima distância entre dois pontos nos quais o ar encontra-se coincidentemente comprimido equivale ao comprimento de onda (λ), e é idêntico nos casos onde o ar é rarefeito.

Conforme Halliday e Resnick (2009), como já se sabe, ondas mecânicas para se propagar necessitam de um meio material, por sua vez existem dois tipos essenciais de ondas mecânicas, as ondas longitudinais que envolvem oscilações paralelas a direção de propagação da onda e as ondas transversais que apresentam oscilações perpendiculares a direção em que se propaga a onda, dessa forma pode se definir genericamente onda sonora como sendo qualquer onda longitudinal.

5. O SOM E SUAS CACTERÍSTICAS

Segundo Silva et al.(2003), a natureza do som vem sendo estudada desde muitos séculos atrás. De acordo com o PCN+ (2000), Parâmetros Curriculares Nacionais, ao estudar esse mecanismo, os estudantes podem adquirir competências que o possibilite compreender, interpretar e trabalhar com maior destreza instrumentos tecnológicos, como por exemplo, Televisores, Computadores, aparelhos de Som que utilizam CDs e DVDs, entre outros. Também podem obter conhecimentos, como aprender amplificar sons, isolar acusticamente uma sala, etc..., e principalmente reconhecer suas características físicas.

Segundo Carrasco e Azevedo Júnior (2003), a acústica, sendo um ramo importante da Física é o principal responsável pelos estudos das vibrações e ondas mecânicas nos meios materiais, conforme as faixas de frequências, as vibrações mecânicas e as ondas associadas podem ser distribuídas em três grupos, o primeiro grupo é o do infrassom, que é produzido por vibrações com frequência inferiores a 20 Hz, frequência considerada baixa, o segundo grupo, é o do som, formado por frequências que varia entre 20 Hz e 20 kHz, essa faixa é conhecida como audiodfrequência e o terceiro grupo é o do ultrassom, que é formado a partir de frequências que ultrapassem os 20 kHz.

Segundo, Silva et al. (2004), o som é um fenômeno perceptível por meio de variações de intensidade de uma onda sonora, resultante de um período de tempo. Sabe-se que o som é produzido em um corpo material que esteja em constante vibração e com uma frequência compreendida em intervalos bem definidos que chegam aos nossos ouvidos através de ondas longitudinais. Segundo Errobidart et al. (2014), não se tem um conhecimento pleno, completo de frequências sonoras,

porém pode-se dizer que apenas sons com frequências que variam de 20 Hz a 20000 Hz, aproximadamente, podem ser perceptíveis aos ouvidos humanos, porém esse intervalo pode ter variações conforme a fisiologia do sistema auditivo de cada indivíduo.

Por sua vez o som pode se propagar nos meios materiais, ou seja, líquido, sólido e gasoso, dessa forma em cada meio que se propaga irá ocorrer variações na intensidade e altura do som. A intensidade pode variar para mais ou para menos de acordo com a variação da quantidade de energia que atravessa uma superfície perpendicular a direção da propagação. (HALLIDAY; RESNICK 2009).

Também ocorre variação na velocidade de propagação em cada meio influenciado diretamente por dois fatores: a temperatura e a pressão. Normalmente a velocidade de propagação é maior aos meios sólidos em relação aos meios líquidos e gasosos. (BARBETA; MARZZULLI, 2000). Conforme Ribeiro (2014), ondas que possuem faixas de frequência baixa, adquirem maior velocidade de refração ao serem lançadas em um prisma, por sua vez ao se utilizar um aparato de metal, são as ondas que possuem frequências maiores que se propagam com maior velocidade.

Barbeta e Marzzulli (2000), diz que quando comparada a velocidade em que o som se propaga na água e no ar, percebe-se que na água o som se propaga mais rápido e retém mais energia onde sua velocidade de propagação varia entre 1400 e 1600 m/s. No ar a propagação do som é mais lenta e perde muito mais energia em relação à água, sendo que sua velocidade é de aproximadamente 340 m/s. No líquido a velocidade da propagação sofre mudanças, não apenas pela influência da temperatura e pressão, mas também de acordo com a densidade da água. (NUSSENZVEIG, 2002).

Segundo Barbeta e Marzzulli (2000), os fundamentos dos estudos de propagação de som através de ondas foram expostos por Newton, Laplace e Euler, que desenvolveram os modelos matemáticos que comprovam o fenômeno. Foi Newton quem descobriu teoricamente a velocidade de propagação do som por meio do ar, fazendo uso de um experimento que considerava o meio como sendo uma série de molas acopladas. Porém Newton observou que seus resultados eram menores do que o esperado, para tentar resolver a diferença desenvolveu uma explicação que considerava que 1/9 do espaço seria preenchido com partículas sólidas de ar, por meio das quais o som se emitiria instantaneamente. No entanto

apenas em 1816, é que finalmente foi desenvolvida a explicação exata para esta diferença, Laplace constatou que as compressões e rarefações em uma onda sonora são tais que não ocorre troca de calor entre a onda e o meio e dessa forma o processo é considerado adiabático, já o observado por Newton considerava o mesmo como isotérmico, o que provocou a diferença entre o resultado teórico e o experimental.

6. OS SONS MUSICAIS

Conforme Nussenzveig (2002), os sons musicais possuem três características extremamente importantes: Intensidade, Altura e Timbre.

A intensidade, para Nussenzveig (2002), permite diferenciar um som do outro correspondente ao volume do som, através do volume pode-se classificar um som como sendo intenso ou pouco intenso. Apesar de corresponder ao volume, a intensidade se diferencia do volume. A intensidade é uma medida quantitativa porque é possível medi-la e atribui-lhe uma unidade a qual denominamos Decibel (dB), já o volume é uma medida qualitativa que é classificada como baixa e alta e para que se possa alterar a intensidade do som é necessário gastar muito mais energia. De acordo com Pereira (2013), intensidade é a grandeza que esta diretamente entrelaçada com a amplitude das vibrações, expressando matematicamente ela é proporcional ao quadrado da amplitude de onda, que é a potência de uma onda mecânica, ou seja, a intensidade representa a energia aplicada ao tocar um instrumento.

Segundo Nussenzveig (2002), a altura que normalmente é confundida com a intensidade ou o volume do som, está relacionada diretamente com as vibrações que ocorrem em um intervalo de tempo. Essas vibrações recebem o nome de frequência, então é correto dizer que a altura dos sons musicais tem relação direta com a frequência. A altura nos dá a sensação dos sons graves e agudos, quanto maior a frequência, o som é mais agudo, e quanto menor, o som será mais grave.

Para Pereira (2013), a altura representa as notas musicais referentes a uma frequência diferente, a frequência é um conceito objetivo e pode ser medido cientificamente, dependendo da percepção sonora de cada indivíduo.

Nussenzveig (2002), diz que Timbre é o que permite identificar qual instrumento que está produzindo o som, pois cada instrumento musical pode produzir sons com timbres específicos e costuma-se relacionar-se com a qualidade do som, e é dificilmente associado a uma única grandeza física. Pereira (2013), diz que timbre é o responsável pelas diferentes sensações musicais dadas pelos instrumentos musicais, e é devido ao timbre que uma mesma nota soa diferente, ou a audição humana propicia essa diferença, o timbre possui relação com o espectro e a envoltória de uma onda sonora.

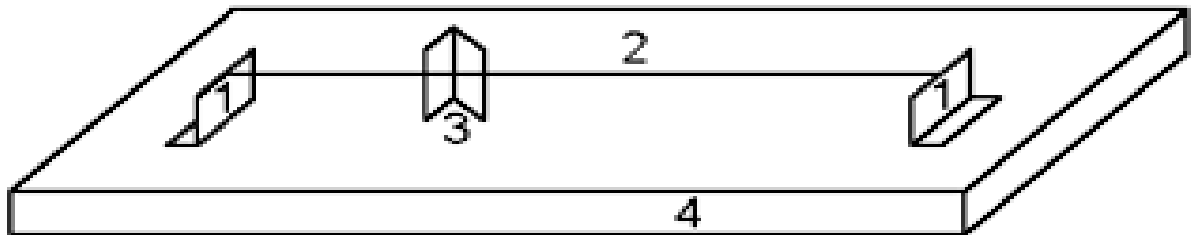
6.1 ESCALAS MÚSICAIS

A escala musical é dada como mostra o Quadro1.

Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Si	Dó
1	9/8 (segunda)	5/4 (terça)	4/3 (quarta)	3/2 (quinta)	5/3 (sexta)	15/8 (sétima)	2 (oitava)

Quadro 1: escala musical

De acordo com Bleicher et al (2002), a primeira escala musical ocidental originou-se de muitos estudos realizados por Pitágoras, um renomado matemático grego. Utilizando-se de um monocórdio, instrumento musical semelhante a um violão porém possui apenas uma corda é bem conhecido pelos gregos e é um dos primeiros instrumentos de corda, conforme figura 1.



- 1- Extremidades de fixação
- 2- Corda sonora
- 3- Dispositivo móvel
- 4- Base de apoio

Figura 1: ilustração do monocórdio utilizado por Pitágoras

Fonte: egui.blogspot.com

ou seja, um instrumento de apenas uma corda, dividiu a corda exatamente ao meio, o que fez com que as frequências fossem alteradas na mesma proporção, conforme Goto (2009), Pitágoras desta forma percebeu que as relações entre as frequências das vibrações da corda se tornam uma fator de influência decisiva para que o som tenha uma perfeita consonância, distingue-se também que a frequência e comprimento de onda se relacionam diretamente com a velocidade de propagação da onda sobre a corda. Pitágoras, a partir de seus estudos e experimentos com o monocórdio, observou que nas notas Dó¹ e Dó² a relação 2/1 é o que define o intervalo de oitava entre as notas. Conforme Goto (2009), Pitágoras, utilizando-se de Dó¹ definiu a nota Ré como tendo um tom acima da nota Dó¹ e nota Mi tendo um tom acima de Ré, baseando-se na nota Sol, definiu as notas Lá e Sí, para compor sua escala denominada Escala Pitagórica. Segundo Sandroni (2012), os valores que representam com precisão a escala diatônica pitagórica estão representados, conforme Quadro 2.

do1	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	do2
1	9/8	81/64	4/3	3/2	27/16	243/128	2

Quadro 2 - Notas e os respectivos intervalos em relação a primeira nota do¹, na escala pitagórica.

Da mesma forma utilizando os intervalos das notas adjacentes com intervalo de uma oitava de Dó¹ a Dó², constatou que os intervalos resultantes entre as notas Mí - Fá e Sí - Dó² definem o meio tom ou semitom como é mais conhecido. O qual intervalo é de 256/243, conforme Quadro 3. (GOTO, 2009).

do ¹ – re	re – mi	mi – fa	fa – sol	sol – la	la – si	si - do ²
9/8	9/8	256/243	9/8	9/8	9/8	256/243

Quadro 3 - Notas e os intervalos entre duas notas consecutivas, na escala pitagórica.

Porém, quando se trabalha com música ocidental, a escala musical estabelecida de Dó¹ e Dó² com intervalos de uma oitava entre as respectivas notas conforme Quadro 3, não são as únicas notas utilizadas na produção das melodias ocidentais, outras notas são empregadas como a nota ré sustenido e a sib.bemol, ambas adquirem nomenclaturas diferentes onde Ré sustenido é Ré #, e sib. bemol é sib, também adquirem outras frequências com relação a outras notas. As notas sustenido e bemol possuem algumas características, como por exemplo, dão às músicas ocidentais uma grande variação rítmica, ou seja, tornam as músicas mais melódicas, a pesar de possuírem nomenclaturas diferentes adquirem a mesma frequência por isso recebem o nome de notas enarmônicas, por exemplo, a nota Dó sustenido é enarmônica de reb. (GOTO 2009)

Conforme diz Goto (2009), para que a música ocidental tenha uma variedade de melodias e possa ficar com o som perfeitamente harmônico utiliza-se a escala denominada escala cromática conforme mostra o Quadro 4.

dó – dó# – ré – ré# – mi – fá – fá# – sol – sol# – lá – lá# – si – dó

ou

dó – réb – ré - mib – mi – fá - solb – sol – láb – lá – sib – si – dó

Quadro 4–Escala Cromática das notas musicais.

Um fato que se percebe facilmente é que se dobrar a frequência de uma determinada nota, a próxima será sempre mais aguda, portanto as duas notas serão a mesma, mas com intensidades diferentes. (GOTO, 2009)

Conforme diz Sandroni (2012), no pensamento pitagórico, a música era vista como um instrumento divino, elevado ao seu mais alto nível no timeu de Platão, e é o elemento considerado mais forte do logos, que rege a manutenção da escala diatônica pitagórica por vários séculos. A estrutura básica da escala é respeitada e mantida até os dias atuais, mesmo pelos que discordavam das aplicações matemáticas a outros intervalos que não compreendessem uma oitava, o temperamento igual, fundamental para o enriquecimento da arte musical manteve intacta a perfeição da oitava na relação 2/1.

6.2. INTERVALOS MÚSICAIS

Segundo Goto (2009), o intervalo corresponde a distância entre as notas musicais, ou seja, é a razão entre as frequências, como por exemplo se comparar a distância de duas notas dó¹ a sol, observa-se que o intervalo correspondente é de quinta, para observar essas relações basta contar as notas: dó (1), ré (2), mi (3), fá (4), sol (5). Com relação a essa distância é correto dizer que o intervalo de dó¹ e dó² é de oitava, assim para obter um intervalo de oitava basta dobrar a frequência da nota produzida, no entanto o intervalo de um tom deve conter dois intervalos de semitons.

A partir das notas que estão na escala de oitava as notas posteriores passam a repetir-se em frequências mais altas, como duas oitavas, três oitavas entre outras. Outro ponto que pode ser observado é que entre uma nota e seu intervalo de oitava existem várias outras frequências, porém para produção de música ocidental dentre as frequências possíveis só se faz o uso das que estão na escala cromática como mostra o Quadro 4. Em decorrência disso é correto dizer que existe consistência, física e matemática, por trás da seleção de notas para estruturar uma escala musical além de consistência artística e estética. (GOTO, 2009).

6.3. RELAÇÃO DE DISSONÂNCIA E CONSONÂNCIA

Ao tratar de consonância e dissonância, segundo Nussenzveig (2002), fala-se em harmônicos, acorde ou intervalos. Pode-se dizer que o intervalo entre as notas é consonante quando o som produzido é percebido pelo ouvido humano de maneira agradável, ou seja, produz uma sensação agradável, analisando fisicamente o intervalo de repouso e estabilidade que possui um ou mais harmônicos em comum com a nota fundamental é considerado um intervalo consonante, já no intervalo dissonante, ou dissonância os harmônicos podem ser diferenciados entre si, como sendo um tom ou meio tom, ou seja, esse intervalo possui poucos harmônicos em comum com o fundamental dessa forma produz sons desagradáveis, como uma sensação de tensão e movimento.

De forma geral intervalos consonantes possuem sons que parecem se completar, possui harmônicos em caráter estável e conclusivo, já os sons dissonantes com poucos harmônicos não trazem uma sensação melódica adquirindo um caráter estável e transitivo. (NUSSENZVEIG, 2002).

6.4 HARMÔNICOS

O som emitido por uma nota musical é composta por um conjunto de sons simultâneos onde um é chamado de nota fundamental que é bem identificado no som da nota, o restante é conhecido como sons harmônicos que por sua vez são os múltiplos inteiros, a partir da nota fundamental, utilizando-se uma nota qualquer com “R” sendo a nota fundamental, seus harmônicos serão “2R”, “3R” e assim sucessivamente, onde R é o som bem percebido do conjunto da nota, dessa forma percebe-se que os harmônicos tendem a diminuir sua intensidade em relação à nota fundamental, onde “R” terá maior intensidade, e dessa forma a intensidade de “2R” será menor que “R” e assim por diante. No entanto em instrumentos com caixa de ressonância é normal acontecer que um harmônico seja mais intenso que o outro

(“3R” ser mais intenso que “2R”), os harmônicos podem ser utilizados para verificar a afinação de instrumentos musicais. (NUSSENZVEIG, 2002).

Em conformidade com Nussenzveig (2002), os sons harmônicos podem passar despercebidos ou não ser identificados por pessoas que não tem um ouvido treinado, porém poderá notar algo diferente no que está ouvindo, já pessoas com os ouvidos treinados podem perceber facilmente esses Harmônicos.

7. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

As atividades experimentais em escolas começaram a ser desenvolvidas há mais de cem anos, sob influência de estudos experimentais que universidades desenvolviam, o objetivo principal era alcançar uma melhora significativa no aprendizado científico, pois os estudantes absorviam as teorias, porém não as aplicavam de maneira satisfatória. (GALIAZZI, et al. 2001).

Santos, Molina e Tufaile (2013), em seus estudos proporam o uso do violão e da guitarra como ferramenta de apoio ao ensino das características e propriedades do som, de ondas, entre outros, já que fenômenos ligados a ondas e oscilações podem ser notados em todos os tipos de instrumentos musicais, através de atividades práticas e fáceis, mostram que é possível ensinar utilizando instrumentos musicais, utilizando esses instrumentos trabalharam com análises harmônicas, por meio de uma abordagem espectral, também analisaram as características físicas das cordas do violão e da guitarra, ao realizarem essas atividades obtiveram resultados excelentes na comparação teoria pratica.

Ao se iniciar um estudo ou um processo de busca de conhecimento ter a experimentação como auxiliar é de fundamental importância, o que é reconhecido por pessoas que planejam e realizam o ensino de ciências, uma vez que a constituição do pensamento e do proceder de cada individuo ocorre preferencialmente nos intervalos de atividades investigativas. (MOREIRA; PENIDO 2000).

Galiazzi et al. (2001), cita dez motivos para a utilização de atividades experimentais que segundo diz vem sendo encontrados em varias pesquisas recentes, são eles os motivos:

1. Estimular a observação acurada e o registro cuidadoso dos dados;
2. Promover métodos de pensamento científico simples e de senso comum;
3. Desenvolver habilidades manipulativas;
4. Treinar em resolução de problemas;
5. Adaptar as exigências das escolas;
6. Esclarecer a teoria e promover a sua compreensão;
7. Verificar fatos e princípios estudados anteriormente;
8. Vivenciar o processo de encontrar fatos por meio da investigação, chegando a seus princípios;
9. Motivar e manter o interesse na matéria;
10. Tornar os fenômenos mais reais por meio da experiência.

Segundo Errobidart et al. (2014) a atividade experimental apesar de ter uma potencialidade como ferramenta metodológica é pouco utilizada no ensino de Física e os motivos pelo qual é pouco empregado vão desde a falta de laboratórios e equipamentos ao inexpressivo volume de informações que podem auxiliar os professores a planejarem e desenvolverem suas aulas de forma dinâmica e objetiva.

Segundo Pena e Ribeiro Filho (2009), os professores devem ter ciência da importância das aulas experimentais e praticá-las com os seus alunos. Muitas vezes os professores não utilizam do método experimental porque as escolas não oferecem materiais, laboratórios apropriados e equipados para essa prática, porém existem outros métodos para que se possa aplicar a atividade experimental, como por exemplo, utilizar-se de materiais do nosso cotidiano sem a necessidade da utilização de uma sala de laboratório.

Conforme Rinaldi, Paulo e Rodriguez (1997), o principal motivo para a não utilização das atividades experimentais para o ensino da Física, não vem da inexistência de salas próprias de laboratório, nem da falta de equipamentos sofisticados, devido haver muitas maneiras de se preparar experimentos utilizando materiais caseiros de baixo custo, e podem ser confeccionados na própria sala de aula.

Em conformidade com o PCN+, Parâmetros Curriculares Nacionais, (2000), as atividades experimentais são indispensáveis ao logo do processo de ensino aprendizagem e para a evolução das competências em Física, beneficiando o fazer, operar, manusear, agir, em diversas formas e graus. É através desse mecanismo que se obtém a garantia de uma boa construção do conhecimento por parte do

aluno, instigando sua curiosidade e o hábito de perguntar, esquivando da obtenção de um conhecimento científico como uma autenticidade estabelecida e irrefutável.

De acordo com Errobidart, Gobora e Errobidart (2009), atividades experimentais possibilita o contato direto com os conceitos físicos e musicais de ondas e suas respectivas modelagens matemáticas. Para Alves, J. P.[20--], a atividade experimental deve ser tratada como objeto didático, e não como objeto de ensinar, sendo objeto didático sua estrutura agrega características de versatilidade, onde seu papel de mediador do conhecimento se mostre a qualquer tempo e nos diversos instantes da discussão sobre o estudo, e também é um objeto de ação, que manuseado didaticamente pelos professores, irá facilitar o ensino aprendizagem, porém qualquer que seja a atividade experimental estabelecida, a mesma não subsistirá no processo de ensino, deverá estar presente apenas no momento em que se faz necessária onde permitirá construir uma teoria baseada nos conceitos iniciais do estudo, ou seja, as teorias pré-estabelecidas, de forma geral atividade experimental deve ser vista como instrumento didático para o ensino.

Para Araújo e Abib (2003), o papel das atividades experimentais elaboradas nos últimos anos apontam que existe uma variedade de considerável de tendências e possibilidades para o uso dessa ferramenta para o ensino de física, essas atividades podem ser desenvolvidas através de situações que objetiva a verificação de teorias e leis e mesmo situações que proporcionam condições para os estudantes dialogarem e analisarem suas ideias a respeito de fenômenos e teorias que estarem sendo abordados.

No ensino da Física e da ciência em geral o método experimental é de fundamental importância, professores acreditam que é por meio dessas atividades que se pode revolucionar o ensino das ciências, as atividades experimentais devem aprimorar a observação, desenvolver o raciocínio e deve contribuir ao estudante uma rigorosa absorção de conhecimento. (GALIAZZI, et al. 2001).

Através das atividades experimentais os alunos têm a possibilidade de compreender com mais clareza os conhecimentos teóricos facilitando a compreensão dos fenômenos naturais. Por outro lado o professor deve ser devidamente capacitado para que seja capaz de abordar o experimento em consonância com a teoria, facilitando de forma significativa o aprendizado do aluno. (ARAÚJO; ABIB 2003).

O método experimental também o estimula a buscar respostas para determinadas questões, o que é muito bom para o crescimento do conhecimento científico. Realizar atividades experimentais é ter oportunidade de usar diferentes instrumentos de absorção e medidas. (Currículo Nacional de Educação de Ensino Básico Competências Essenciais).

Quando se trabalha com equipamentos e experimentos caseiros e de baixo custo, ameniza as dificuldades encontradas em laboratórios sofisticados, onde os alunos não sabem manusear os equipamentos e muitas vezes nem os próprios professores, já com experimentos caseiros os alunos e professores não necessitam de habilidades específicas para lidar com o experimento, pois já possuem destreza de manuseio que adquirem na construção dos experimentos, o que vem a favorecer a relação dos mesmos com os materiais, na medida em que diminui as dificuldades para desenvolver os experimentos, por parte dos professores a uma segurança de se trabalhar com esses materiais, por ser ter domínio tanto na manipulação do experimento por ter confeccionado, como na teorização que envolve o experimento, para os estudantes também compete as mesmas características, além de focalizar os alunos para a relação Teoria-experimento, dessa forma não se predem a necessidade de dominarem as técnicas de manuseio dos experimentos, assim o estudante permanece com foco no aprendizado da teoria e ao uso da mesma na interação com o cotidiano. (LABURÚ; SILVA; BARROS, 2008).

De acordo com o que diz Brasil (2000), não há justificativa para a memorização de conhecimentos que estejam sendo superados, ou que o acesso através das novas tecnologias vem a facilitar, o que realmente importa é que os alunos desenvolvam as competências básicas para que possam instigar a capacidade de dar continuidade no aprendizado.

8. ORQUESTRA DE TAÇAS

É um instrumento musical que pode ser confeccionado em casa, com materiais de baixo custo e de fácil manuseio, constituído basicamente por taças e uma caixa de ressonância. É um aparato pouco conhecido como instrumento musical, existem poucas pessoas que conseguem tocar em uma orquestra de taças, no presente estudo o instrumento foi apresentado como ferramenta para o ensino de ondas sonoras, onde os estudantes podem fabricar e manusear com destreza o instrumento, através dos sons extraídos do experimento é possível verificar as frequências e o comprimento de onda de cada nota musical, pode também ser trabalhado a verificação de intensidade, timbre, harmônico e altura dos sons obtidos pelo instrumento. O presente experimento foi confeccionado com oito taças, o que corresponde às oito notas fundamentais da escala musical pitagórica, porém pode ser estruturado com um número maior de taças.

Para a realização do experimento “Orquestra de Taças”, ilustrado na figura 2



Figura 2: Orquestra de taças.

Foram utilizado os seguintes materiais:

- a) 8 taças de vidro com capacidade de 250 ml cada;
- b) Quatro régua de MDF com 1,20 m de comprimento sendo duas dessas régua com 0,15 m e duas com 0,20 m de altura e com 0.004 m de espessura e uma régua de 0.15 x 0,20;
- c) Cola de silicone;
- d) Cola cascorez;
- e) Tachinhas;
- f) Um Teclado;

- g) Água;
- h) O software “ApGuitarTuner1.02”;
- l) Uma seringa de 20 ml;

Testes de laboratório foram realizados para obtenção das notas musicais, as notas foram obtidas com o auxílio de um teclado para que se pudesse comparar o som extraído das taças com as notas fornecidas pelo teclado. As réguas de MDF, a cola cascorez e as tachinhas foram utilizadas para fazer uma caixa de ressonância à cola de silicone foi utilizada para fixar as taças na caixa de ressonância. O experimento montado está ilustrado na figura 2. A elaboração dessa caixa foi necessária para que o som extraído das taças pudesse ser ouvido com mais facilidade.

Para a extração do som foi colado uma quantia de água em cada taça utilizando uma seringa para dosar a água na quantia exata como mostra a figura 3.



Figura 3: Adicionando água as taças.

Para extrair o som das taças primeiramente é necessário molhar na água a ponta do dedo indicador conforme a figura 4.



Figura 4: Umidecendo a ponta do dedo indicador.

Em seguida friccionar a ponta do dedo moderadamente no entorno da borda da taça, para que o som surja, como ilustra a figura 5.



Figura 5: Ilustração do procedimento de friccionar o dedo na borda da taça.

Para saber qual nota estava sendo retirada da taça foi acionada a nota desejada no teclado para que se comparasse com a nota obtida através da taça e de acordo com as comparações foi sendo alterando a quantidade de água de cada taça até obter a nota semelhante com a extraída do teclado, já o software foi utilizado para identificar se a nota extraída estava correta, foi colocado experimento em frente ao computador portando o software e em seguida foi retirado cada som e através de cifras o software indicava qual nota estava sendo extraída, e assim foram obtidas todas as notas musicais. Para a obtenção das notas foi necessário diversas quantidades de água para conseguir as notas musicais desejadas, a figura 6 mostra a quantidade de água que foi utilizada em cada taça com as suas respectivas notas.

Para fazer as fotos fez-se necessário utilizar corante na água, para facilitar a visualização da quantidade de água em cada taça.



Figura 6: orquestra com as taças com suas respectivas quantias de água.

Notas	Dó2	Si	Lá	Sol	Fá	Mi	Ré	Dó1
MI	0	73	144,5	182	206	219	243	250

Quadro5: Referente as notas e a quantidade de água em cada taça.

CONCLUSÃO

Definem-se as atividades experimentais como principal estratégia de ensino de modo geral, porém em especial para o ensino de Física, pois possibilita a professores e alunos minimizarem suas dificuldades enfrentadas em aprender e ensinar Física de maneira consistente e objetiva, dessa forma a educação passa a ter um desenvolvimento voltado para a participação ampla dos indivíduos, ou seja, voltada para a coletividade, ampliando assim sua capacidade de compreender os avanços tecnológicos e fenômenos da natureza. O uso de novas tecnologias no ensino de Física é muito importante para auxiliar no entendimento e compreensão de certos fenômenos e mesmo em algumas teorias, como por exemplo, o emprego de computadores e programas específicos para cada atividade prática de laboratório ou mesmo em simulações de fenômenos físicos, no experimento “Orquestra de Taças”, o computador e software utilizado teve fundamental importância, pois possibilitou a identificação exata de cada nota e sua frequência.

O ensino experimental é de suma importância para o desenvolvimento educacional nas escolas, porém é necessário que o espaço utilizado para as realizações experimentais apresente algumas características: espaço amplo, multifuncional e flexível; devem apresentar aspectos de segurança como extintor de incêndio em local acessível e é essencial que haja ventilação adequada, saída de emergência entre outras características, porém pode ser realizadas experiências sem a necessidade de um laboratório devidamente estruturado, o experimento apresentado neste estudo é um exemplo, pois não necessita de um laboratório sofisticado para sua realização, pode ser trabalhado na sala de aula.

Neste estudo utilizou-se do experimento “Orquestra de Taças”, para possibilitar uma melhor compreensão sobre o som e suas características, escalas musicais, intervalos musicais, harmônicos, e a relação e diferença de consonância e dissonância. Realizando o experimento pode-se observar que quanto maior era o volume de água na taça, mais grave o som era produzido. Pode-se observar assim uma relação não linear entre o volume e frequência de cada nota musical obtida. Com esse mesmo experimento futuras comparações poderão ser feitas utilizando fluidos de diferentes densidades, variando também os formatos das taças, poderão ser feitas experiências para verificar as diferenças de timbres, pois as ondas sonoras possuem formas diferentes.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. P. **Atividades Experimentais: Uma Alternativa na Concepção Construtivista.** Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Física. [20--], Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/epef/_atividadeexperimentaluma.trabalho.pdf>. Acesso em 12 abril 2015.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo. 2003. v. 25, n. 2. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25_176.pdf>. Acesso em 24 março 2015.

BARBETA, V. B.; MARZZULLI, C. R. Experimento Didático para Determinação da Velocidade de Propagação do Som no Ar, Assistida por Computador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo. 2000. v. 22, n. 4. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22_447.pdf>. Acesso em 24 de março 2015.

BLEICHER, L.; et al. Análise e Simulação de Ondas Sonoras Assistidas por Computador, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, 2002. v. 24, n. 2. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v24_129.pdf>. Acesso em: 24 março 2015.

Bortoloto, T. M.; Felício, A. K. C. **A Produção de Jogos Didáticos para o Ensino de Ciências e Biologia: Uma Proposta para Favorecer a Aprendizagem.** Departamento de Educação – Instituto de Biociências da Unesp – Campus de Botucatu. [20--]. Disponível em: <www.unesp.br/prograd/PDFNE2002/aproducaodejogos.pdf>. Acesso em: 25 abril 2015.

BRASIL, Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares Nacionais do Ensino Médio.** Base Legais (PCNs), pag. 14. Brasília, DF, 2000.47f. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 25 abril 2015.

BRASIL, Ministério da Educação. **PCN+ - Ensino Médio Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais-Física.** Pag. 26-27. Brasília, DF, [20--]. 40f. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf>. Acesso em: 25 abril 2015.

CAMPOS, D.A. **Revisão De Literatura Sobre Física Do Som Para O Ensino Médio Nos Periódicos Nacionais De 2001-2010**. 2011. 39f. Monografia (Graduação em licenciatura em física). Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Do Ceará. Fortaleza-CEARÁ. Disponível em:<www.uece.br/.../110-revisao-de-literatura-sobre-fisica-do-som-para-o-en>. Acesso em: 12 abril 2015.

CARRASCO, E. V. M.; AZEVEDO JÚNIOR, A. P. Avaliação Não Destrutiva De Propriedades Mecânicas De Madeiras Através De Ultra-Som: Fundamentos Físicos e Resultados Experimentais, **Cerne, Lavras**, Minas Gerais. 2003. v. 9, n. 2, p. 178-191. Disponível em:<www.civil.uminho.pt/cec/revista/Num17/pag%2043-57.pdf>. Acesso em: 18 abril 2015.

CAVALCANTE, M. C. Novas Tecnologias No Estudo De Ondas Sonoras, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina. 2013. v. 30, n. 3, p. 579-613. Disponível em:<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/Física/article/viewFile/21757941.2013v30n3p579/25604>>. Acesso em 18 abril 2015.

DONOSO, J. P. ; et al. A física do violino, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo. 2008. v. 30, n. 2. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/302305.pdf>>. Acesso em 24 março 2015.

ERROBIDART, H. A. **A Utilização De Dispositivos Experimentais Para Ensinar Ondas**. 2010. 110f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande – MS. Disponível em: <http://www.ppec.ufms.br/Dissertacoes/Dissertacao_Hudson_Azevedo_Errobidart.pdf>. Acesso em: 12 abril 2015.

ERROBIDART, H. A. et al. Ouvido Mecânico: um dispositivo experimental para o estudo da propagação e transmissão de uma onda sonora. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo. 2014. v. 36, n. 1. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/361507.pdf>>. Acesso em 24 de março 2015.

ERROBIDART, H. A. ; GOBARA, S. T.; ERROBIDART, N. C. G. Levantamento dos Trabalhos que Descrevem A utilização da Experimentação como Estratégia para o Ensino de Ondas (2002-2007). **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, (SNEF), São Paulo. 2009. Vitória,ES. Disponível em: <http://www.edy.pro.br/ginpec/artigos/Hudson_SNEF2009_2.pdf>. Acesso em: 24 de março 2015.

FERNANDES, A. S.; ALVES, G. M. Ondas superficiais de gravidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo. 2009. v. 31, n. 2. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v31n2/07.pdf>>. Acesso em 12 abril 2015.

GALIAZZI, M.C. et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, 2001 v.7, n.2, p.249-263. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/08.pdf>>. Acesso em 12 abril 2015.

GOTO, M. Física e Música em Consonância. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo. 2009. V. 31, nº 2. Disponível em:<<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/312307.pdf>>. Acesso em: 24 março 2015.

HALLIDAY, D. 1916.**Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. Halliday, Resnick, JeardWalker ;Trad. Ver. Tec. Ronaldo Sérgio de Biasi. V. 2, Rio de Janeiro: LTC, 2009.

LABURÚ, C. E.;SILVA, O. H. M ;BARROS, M. A. Laboratório caseiro pára-raios: um experimento simples e de baixo custo para a eletrostática. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Santa Catarina. 2008. v. 25, n. 1: p. 168-182. Disponível em:<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/21757941.2008v25n1>>. Acesso em: 24 março 2015.

MOREIRA, A.C.S.; PENIDO, M. C. M. **Sobre As Propostas De Utilização Das Atividades Experimentais No Ensino De Física**. VII Enpec, Encontro Nacional de pesquisa em educação em ciências, Florianópolis, 2000, ISSN, 21766940. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/814.pdf>>. Acesso em 12 abril 2015.

NUSSENZVEIG, H. M.**Curso de Física básica 2**, Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor, Moysés Nussenzveig, vol.2/H, 4ª edição, São Paulo: Edgar Blucher, 2002.

PEDROSO, C. V. **Uma Década de Pesquisa sobre Atividades Experimentais na Educação em Ciências: Memórias e Realidade**. (UFSM), IX Congresso Nacional de Educação- EDUCERE, III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia 26 a 29 de outubro de 2009-PUCPR. Disponível em: <http://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2009/anais/pdf/2944_1322.pdf>. Acesso em: 12 abril 2015.

PENA, F. L. A. ;RIBEIRO FILHO, A. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. São Paulo. 2009. v. 9, n. 1. Disponível em: <revistas.if.usp.br/rbpec/article/download/37/33>. Acesso em: 12 abril 2015.

PEREIRA, R. M. Abordagem Ativa da Acústica no Ensino Médio com a Confeção de Artefatos Musicais pelos Alunos. 2013. 82f. Dissertação (mestrado em Ensino de Ciências Exatas). Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências Exatas. Universidade Federal de São Carlos, (U.F.S.C.) São Carlos, (SP). Disponível em: <http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=6572>. Acesso em: 12 abril 2015.

RESNICK, R. ;HALLIDAY, D.; KRANE, K. S. **Física 2.** Trad. Pedro Manuel Calas Lopes Pacheco...[et al.]. 5.ed. [Reimpr.]. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

RIBEIRO, J. L. P. Por que a percussão de uma mola produz o mesmo som de “pistolas laser” do filme *Star Wars*? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina. 2014. v. 31, n. 2, p. 385-399. Disponível em:<DOI:<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2014v31n2p385>>. Acesso em: 18 abril 2015.

RINALDI, C.; PAULO, S. R.; RODRIGUES, J. A. R. O ensino de física a nível médio em mato grosso. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Santa Catarina. 1997. v. 14, n1: p.93-102. Disponível em:<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/FISICA/article/download/7043/6519>>. Acesso em: 18 abril 2015.

SANDRONI, F. A. R. Música e Harmonia: Origens da Escala Diatômica. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Revista de Ciências Humanas**, Florianópolis, SC. 2012. v. 46, n. 2, p. 347-370. Disponível em:<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/revistacfh/article/viewFile/2178-4582.2012v46n2p347/24189>>. Acesso em: 24 março 2015.

SANTOS, E.M.; MOLINA C.; TUFALÉ, A.P.B. Violão e guitarra como ferramentas para o ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo. 2013. v. 35, n. 2. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n2/27.pdf>>. Acesso em 12 abril 2015.

SILVA, W. P.; et al. Um software para experimentos sobre batimento de ondas sonoras. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Santa Catarina. 2004. v. 21, n. 1: p. 103-110. Disponível em:<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/6441/5957>>. Acesso em: 18 abril 2015.

SILVA, W. P.; et al. Velocidade do Som no Ar: Um Experimento Caseiro com Microcomputador e Balde D’água. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo. 2003. vol. 25, no. 1. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n1/a09v25n1>>. Acesso em: 24 março 2015.

SOUZA, A. R. **Experimentos em Ondas Mecânicas**. 2011. 144f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física)- Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro: UFRJ / IF. Rio de Janeiro. viii, il ;30cm. Disponível em:< http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2011_Anderson_Souza/dissertacao_Anderson_Souza.pdf >. Acesso em: 23 de março 2015.