



- **INSTRUMENTO DE PVC: APLICANDO OS CONHECIMENTOS DE ACÚSTICA NA CRIAÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZADO PARA A FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS.**

Mísley da Cruz Teixeira – misley.teixeira@tucuruí.ufpa.br

Vicente Ferrer Pureza Aleixo – ferrerufpa@gmail.com

Wellington da Silva Fonseca – fonsaca@ufpa.br.

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Civil e Ambiental.

Rua Itaipu, 36, Vila Permanente

68464000 – Tucuruí – Pará

***Resumo:** A música vem sendo intensamente utilizada como um recurso no processo de ensino-aprendizagem. Considerando a possibilidade de diversificação do ensino da física nos níveis médio e superior, os integrantes do Projeto de Extensão Laboratório de Engenhocas da Universidade Federal do Pará efetivaram a construção de um instrumento musical com materiais de baixo custo através do conhecimento adquirido no estudo da acústica. Este ramo da física estuda a propagação das ondas sonoras desde sua emissão até a sua recepção. O intuito da construção do instrumento é facilitar o ensino da física, fomentar o interesse dos discentes pela acústica, música e engenharia e promover a arte e a conscientização ambiental por meio das apresentações nas escolas da região.*

***Palavras-chave:** Música, Engenharia, Acústica, Ensino.*

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade o som se faz presente através de instrumentos rudimentares de comunicação como, por exemplo, os apitos, tambores, entre outros.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1959 apud TAFNER, 1996), “o som é toda e qualquer vibração ou onda mecânica em um meio elástico dentro da faixa de áudio frequência (20Hz a 20KHz)”. Pelo fato do som se originar da vibração de corpos quaisquer, a produção de instrumentos musicais exige o conhecimento físico para que se torne possível o controle parcial desse fenômeno, originando vibrações periódicas que se diferenciam pela altura, intensidade e timbre, ou seja, música.

A música, além de lazer e comunicação, tornou-se um instrumento eficaz na difusão do conhecimento, segundo (SCOLARI, 2007) “tecnologias interativas possuem grande potencial para aplicações na área educacional, oportunizando mudanças em relação a situações de aprendizagem”.

Ratificando seu caráter socioambiental, o projeto de extensão Laboratório de Engenhocas procura maneiras alternativas para a difusão do conhecimento que sejam interativas, estimulem o interesse pela engenharia e ressaltem a conscientização ambiental. É nesse

Realização:



Organização:





aspecto que se enquadra o instrumento de PVC.

O experimento oferece ao usuário o desenvolvimento da coordenação motora e da inteligência musical e se torna em um meio de difusão de conhecimento, mais especificamente dos conceitos relacionados à acústica, e da arte.

O objetivo principal deste trabalho é apresentar a construção de um instrumento musical feito de material alternativo a partir da aplicação de conhecimentos de acústica, além da colaboração que esta proporciona à formação dos discentes integrantes dos cursos de engenharia e a difusão do projeto aplicando-o nas escolas públicas de nível médio da região, incentivando a formação em nível superior entre os jovens.

2. CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS À CONSTRUÇÃO DO INSTRUMENTO

O instrumento musical apresentado se baseia na emissão das ondas sonoras por colunas de ar, portanto para a construção do instrumento musical, é necessária a definição do tipo de tubo sonoro – fechado ou aberto -, o conhecimento das equações que regem a propagação do som e que determinam o comprimento das colunas de ar, para evitar o desperdício de materiais e alcançar a afinação musical do instrumento.

Neste trabalho supôs-se que o instrumento é constituído de tubos sonoros fechados. Para o cálculo dos comprimentos dos canos utilizados, deve-se observar a temperatura média da região, pois esta interfere na velocidade de propagação do som. A construção do instrumento foi realizada na cidade de Tucuruí, onde a temperatura anual média varia de 26°C a 27°C (CIDADE DE TUCURUÍ, 2012), a velocidade do som obtida é para uma temperatura de 25°C.

A Equação (1) que rege tal cálculo é conhecida como a equação da velocidade do som em gases (NUSSENZVEIG, 1996):

$$v = \sqrt{\frac{T}{T_0}} \times 332 \quad (1)$$

Onde:

T é a temperatura da região;

T₀ é a temperatura do zero absoluto (273K).

Segundo a equação acima, a velocidade de propagação do ar a uma temperatura de 25°C é de, aproximadamente, 347m/s.

De posse desse valor e das frequências de cada nota musical calcula-se o comprimento necessário para atingi-las segundo a equação de tubos sonoros fechados no harmônico fundamental. Segundo (NUSSENZVEIG, 1996) “a vibração de ar se estende um pouco além da extremidade aberta” provocando o chamado efeito de extremidade. Para corrigir esse efeito é necessário acrescentar ao comprimento calculado, o valor equivalente a 0,6 do raio do tubo. Esse fato ratifica o exposto pela (REVISTA SONORA, 2011): “os efeitos das variações no diâmetro do tubo tendem a ser mais significativos para os harmônicos mais baixos”. Sendo assim a fórmula para o comprimento de tubos sonoros fechados é dada pela Equação (2):

$$l = \frac{v}{4f} + 0,6r \quad (2)$$



Onde:

l é o comprimento do tubo, em metros;

v é a velocidade do som calculada (347m/s);

f é a frequência da nota musical desejada, em Hertz (Hz);

r é o raio do tubo utilizado.

3. CONSTRUÇÃO DO INSTRUMENTO

A construção do instrumento é simples, mas requer atenção no manuseio dos materiais, principalmente as serras, e nas curvas que serão feitas devido aos comprimentos dos canos. Na Tabela (1) são apresentados os materiais utilizados na construção do instrumento musical.

Tabela 1 – Materiais Utilizados.

Quantidade	Material
26	Metros de canos PVC 50mm
15	Conexões tipo "joelho" 50mm
15	Conexões tipo "luva" 50mm
1	Placa de madeira 1,35x0,25
2	Placas de madeira 1,00x0,25m
1	Folha de isopor 20mm
1	Folha de E.V.A. (Etil Vinil Acetato)
2	Palitos para churrasco
1	Ripa de madeira 1,35x0,10m

3.1. Corte dos canos PVC

Inicialmente obtêm-se os valores de comprimentos desejados por meio da equação de comprimento dos tubos fechados. As frequências da cada nota musical foram extraídas do livro Carewalk 9: arranjo, sequenciamento e editoração de partituras (MACHADO; PINTO; LIMA, 2011). Com esses valores e a Equação (2), obteve-se os comprimentos apresentados na Tabela (2).

Tabela 2 – Notas musicais e comprimentos.

Notas	Frequência (Hz)	Comprimento (m)
A (Lá)	55,0	1,59
A# (Lá sustenido)	58,3	1,50
B (Si)	61,7	1,42
C (Dó)	65,4	1,34
C# (Dó sustenido)	69,3	1,27
D (Ré)	73,4	1,20
D# (Ré sustenido)	77,8	1,13
E (Mi)	82,4	1,07
F (Fá)	87,3	1,01



F# (Fá sustenido)	92,5	0,95
G (Sol)	98,0	0,90
G# (Sol sustenido)	103,8	0,85
A (Lá)	110,0	0,80
A# (Lá sustenido)	116,5	0,76
B (Si)	123,5	0,72
C (Dó)	130,8	0,68
C# (Dó sustenido)	138,6	0,64
D (Ré)	146,8	0,60
D# (Ré sustenido)	155,6	0,57
E(Mi)	164,8	0,54
F (Fá)	174,6	0,51
F# (Fá sustenido)	185,0	0,48
G (Sol)	196,0	0,46
G# (Sol sustenido)	207,7	0,43
A (Lá)	220,0	0,41
A# (Lá sustenido)	233,1	0,39
B (Si)	246,9	0,37
C (Dó)	261,2	0,35
C# (Dó sustenido)	277,2	0,33
D (Ré)	293,7	0,31
D# (Ré sustenido)	311,1	0,29
E (Mi)	329,6	0,28

O primeiro passo é serrar os canos de acordo com os comprimentos obtidos e lixar as “rebarbas”, pintar os canos é opcional.

3.2. Montagem da armação de madeira

A placa de madeira que recebe os canos PVC (1,35x0,25m) deve ser furada com uma furadeira “serra-copo” de 50mm obedecendo as medidas (em milímetros) e a distribuição apresentadas na Figura 1.

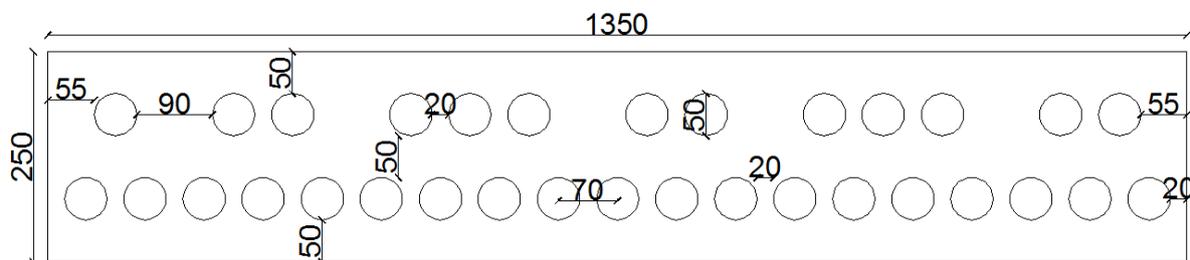


Figura 1 – Esquema da placa-base do instrumento.

Ressalta-se que a distribuição dos orifícios difere as notas naturais dos sustenidos assim como num teclado, onde as teclas brancas representam as notas naturais e as pretas os tons sustenidos, facilitando o manuseio do instrumento.



As outras duas placas de 1,00x0,25m e a ripa de 1,35x0,10m formam o apoio da bancada (Figura 2). Destaca-se que a altura da bancada depende de altura do músico, mas a altura ideal varia de 80 a 100 centímetros. Para reforçar a armação de madeira foram colocadas as ripas de 1,35x0,10m na decorrer da altura da bancada.

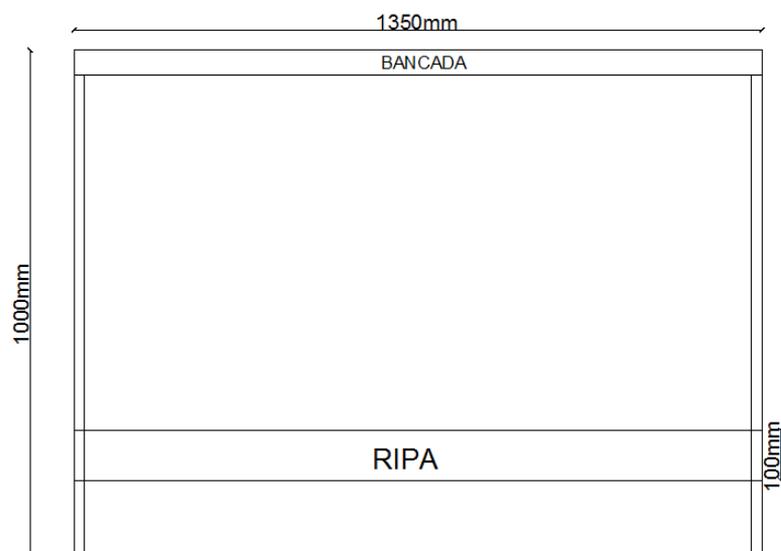


Figura 2 – Esquema da armação de madeira.

3.3. Montagem do instrumento

Após montada as bancadas é só inserir os canos nos orifícios. É necessário que se deixe todas as notas naturais com uma mesma altura e os sustenidos com uma altura um pouco superior às notas naturais para facilitar o manuseio por parte do músico. Para tanto foram necessárias algumas a presença de algumas curvas. Por não existir uma conexão de 90° para canos de 50mm, foram utilizados as conexões tipo “joelho” associadas às conexões tipo “luva” como ilustrado na Figura 3. Nos cálculos realizados não foi considerado o comprimento da curva utilizada, mas para uma excelente afinação do instrumento este é um fator relevante que deve ser considerado.



Figura 3 – Associação das conexões.



3.4. Montagem das baquetas

A montagem das baquetas é feita de forma simples. Foram cortados retângulos de 70x100mm do isopor de 20mm de espessura e estes foram revestidos por EVA (Étil Vinil Acetato), um tipo de emborrachado não tóxico. Finalizando a montagem os palitos de churrasco foram inseridos nos retângulos e fixados com cola para isopor (Figura 4).



Figura 4 – Baquetas finalizadas.

A Figura 5 apresenta o instrumento finalizado.



Figura 5 – Instrumento de PVC montado.



4. ANÁLISE, RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primariamente realizou-se a análise da afinação em cada nota por meio de um programa que capturava o som emitido pelos canos e nos fornecia a nota emitida e o grau de desafinação em porcentagem. Desta primeira análise observou-se que a presença das curvas alterou as notas, reduzindo-as em um semitom, ou seja, som emitido correspondia à nota anterior na escala. Por exemplo, em um tubo que se esperava uma nota Lá suspenso, obteve-se uma nota Lá natural.

A outra análise consistiu na comparação dos sons obtidos pelo instrumento de PVC com os emitidos por um programa de computador que emitia os sons correspondentes a cada frequência. A partir deste programa pode-se perceber que as frequências obtidas proporcionavam notas com uma oitava maior do que as esperadas, ou seja, que as frequências obtidas eram o dobro das esperadas. Após a revisão de todos os cálculos, chegou-se ao resultado que os tubos deveriam ser considerados como tubos sonoros abertos, ao contrário do que foi proposto no início do experimento.

5. UTILIZAÇÃO DO INSTRUMENTO

O instrumento é inicialmente tocado para atrair a curiosidade dos estudantes, a brincadeira “Qual é a música?” pode ser utilizada neste momento, depois os conceitos físicos utilizados para a construção do instrumento são apresentados e explicados de acordo com cada nível de formação (fundamental, médio e superior). Quando essa apresentação é feita por universitários, há a integração entre a universidade e as escolas de ensino médio e fundamental, pois ao ver os trabalhos dos universitários os alunos das escolas são motivados a cursar um ensino superior. E no momento em que atuam como educadores os discentes de engenharia desenvolvem habilidades como a oratória e ratificam o aprendizado de conceitos físicos fundamentais que são úteis no seu curso ressaltando a contribuição que é feita à formação destes.

Com relação à saúde, o instrumento pode ser utilizado em terapias que trabalhem com a coordenação motora, relacionando o som com o movimento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a construção do instrumento musical foram intensificados os estudos na área da acústica, ondulatória e vibrações, colaborando assim na formação e ampliação do conhecimento dos discentes envolvidos no projeto.

No aspecto educacional, o instrumento musical atua como um objeto de aprendizado, tornando o ensino da física mais interativo. Por trabalhar a coordenação motora e a inteligência musical, o experimento pode ser aplicado em projetos sociais e de saúde, desenvolvendo a arte de uma região e instigando o interesse da sociedade para a área de engenharia. E pelo aspecto ambiental, tem-se a questão do uso de materiais de baixo custo que facilitam o acesso ao instrumento e transmite a ideia de preservação ambiental por meio da reutilização de materiais.

A busca de novos meios de compartilhamento do conhecimento transforma o projeto Laboratório de Engenhocas em uma ponte de ligação entre a sociedade e a universidade, incentivando a formação no nível superior, melhorando a educação nos níveis fundamental e



médio, promovendo a arte e a conscientização da população no aspecto ambiental através das suas apresentações e trabalhos desenvolvidos com seus materiais alternativos. Devido a isto, pretende-se a criação de outros instrumentos e a apresentação destes na cidade de Tucuruí e região, atraindo o interesse da sociedade para a educação e arte que podem ser desenvolvidas no município e seus arredores.

Agradecimentos

Agradecimentos à Vanêssa Lira pelo apoio no desenvolvimento do trabalho, e à Eletrobrás/Eletronorte pelo apoio ao ensino, pesquisa e extensão na UFPA – Campus Tucuruí.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CIDADE DE TUCURUÍ. **Meio Ambiente.** Disponível em:<cidadedetucuruí.com/INICIO/MEIO_AMBIENTE/MEIO_AMBIENTE.htm>. Acesso em: 6.mar. 2012 às 18:10.

GOLDEMBERG, Ricardo. Fatores secundários da qualidade tonal dos instrumentos de sopro. In: **Revista Eletrônica Sonora.** v.3, n.6, 2011. ISSN 1809-1652

HALLIDAY, David; RESNICK, Roberto; WALKER, Jean. Ondas I e II. In: **Fundamentos de Física 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica.** 8 ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2009. p.[115]-181. ISBN 978-85-216-1606-1

MACHADO, André Campos; LIMA, Luciano Vieira; PINTO, Marília Mazzaro. **Computação musical: Cakewalk 9: arranjo, sequenciamento e edição de partituras.** 1 ed. São Paulo: Ed. Érica, 2001. p [223]-224. ISBN 85-7194-807-7

NUSSENZVEIG, H. Moysés; Som. In: **Curso de Física Básica 2: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor.** 3 ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1996. p.[122]-156. ISBN 85-212-0045-5

SCOLARI, T. Angélica; BERNARDI, Giliane; CORDENONSI, Z. André. **O Desenvolvimento do Raciocínio Lógico através de Objetos de Aprendizagem.** 2007. Disponível em:< www.cinted.ufrgs.br/ciclo10/artigos/4eGiliane.pdf>. Acesso em: 12. Mar. 2012 às 16:47.

TAFNER, A. Malcon. **Reconhecimento de palavras faladas isoladas usando redes neurais artificiais.** 1996. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/disserta96/tafner/cap3/cap3.htm>. Acesso em 06. mar. 2012 às 18:22.

PVC INSTRUMENT: APPLYING ACOUSTIC'S KNOWLEDGES IN THE CREATION OF APPRENTICESHIP'S OBJECTS FOR FORMATION'S ENGINEER

Abstract: *The music has been used extensively as a resource in the teaching-learning process. Considering the possibility of diversifying the teaching of physics in high school and university, members of the Extension Project Gadgetry Laboratory, Federal University of*



Para accomplished the construction of a musical instrument with low cost materials through the knowledge acquired in the study of acoustics. This branch of physics studies the propagation of sound waves from its issue until its receipt. The purpose of the construction of the instrument is to facilitate the teaching of physics and to foster students' interest by acoustics, music and engineering and promote the arte, environment awareness through presentations at local schools.

Key-words: *Music, Engineering, Acoustics, Education.*