



Universidade de Brasília

**FACULDADE UnB PLANALTINA LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS**

A MUSICALIDADE DA FÍSICA

**AUTOR: BEATRIZ SANTOS DA COSTA
ORIENTADOR: PROF. ISMAEL V. L. COSTA**

Planaltina - DF

Novembro 2020



Universidade de Brasília

FACULDADE UnB PLANALTINA LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS

A MUSICALIDADE DA FÍSICA

AUTOR: BEATRIZ SANTOS DA COSTA ORIENTADOR: PROF. ISMAEL V. L. COSTA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora, como exigência parcial para a obtenção de título de Licenciada do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais, da Faculdade UnB Planaltina, sob a orientação do Professor Ismael Victor de Lucena Costa

Planaltina - DF Novembro 2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por te me guiado na realização deste trabalho. Aos meus pais por todo o apoio, pela ajuda e a compreensão, em especial ao meu pai Nelson da Costa, que me ajudou na construção de cada instrumento, me doando sua atenção e tempo. Aos meus amigos que estiveram comigo desde o início e me incentivaram nos momentos mais difíceis, sempre estiveram ao meu lado, pela amizade, foram essenciais, em todos os aspectos.

Agradeço aos meus professores em especial ao professor Ismael Costa por ter sido meu orientador me apoiar e acreditar no meu trabalho com dedicação desde o início.

A todos que estiveram comigo e de alguma forma me apoiaram, na FUP que foi como uma segunda casa durante todo esse tempo.

Agradeço a todos os momentos que passei com cada uma dessas pessoas ao longo dessa jornada.

A MUSICALIDADE DA FÍSICA

Beatriz Santos da Costa¹

Ismael V. L. Costa², orientador

RESUMO

Foram construídos dois instrumentos um de sopro e um instrumento de corda, com o objetivo de tornar menos abstrata a matéria de luz e som no conteúdo de ondas, acústica etc. o trabalho trás os materiais utilizados para a construção dos instrumentos tanto como os passos para os cálculos necessários para estabelecer cada nota musical e a construção de cada instrumento musical com detalhes. Ambos de fácil entendimento ou seja a construção pode ser executada pelos alunos com ou sem o auxílio do professor.

Palavras-chave: Música e física, luz e som, Instrumentos musicais.

1. JUSTIFICATIVAS

Nas disciplinas de Física, a relação entre os assuntos de ondulatória e música são poucos trabalhados. Assim, é necessário contribuir com a disciplina de física nas aulas relacionadas e ministradas tanto na universidade quanto na escola. Para isso precisa-se auxiliar a compreensão da conexão entre física e música, por meio do estudo das ondas sonoras e acústicas. Além de possibilitar que haja um entendimento menos abstrato das leis da física, principalmente as áreas relacionadas a ondulatória e a acústica. Como exemplo, pode-se explicar a relação entre a música e Pitágoras, baseando-nos em artigos, e indicar a associação entre as visões a respeito de física e a música.

¹ Licenciatura em Ciências Naturais – UnB

² Universidade de Brasília - UnB

2. OBJETIVO

“A relação Física-Música é bastante rica no sentido de poder explorar vários conceitos importantes da Física através do estudo da música.” (CONCEIÇÃO, et al, 2008,p. 1).

O presente trabalho foi realizado com base nas teorias de Pitágoras a respeito da relação entre música e física, com foco principalmente nos aspectos relacionados a notas musicais, ondulatória e acústica.

“Um certo Pitágoras, numa das suas viagens, passou por acaso numa oficina onde se batia numa bigorna com cinco martelos. Espantado pela agradável harmonia que eles produziam, aproximou-se e, pensando inicialmente que a qualidade do som e da harmonia estava nas diferentes mãos, trocou os martelos. Assim feito, cada martelo conservava o som que lhe era próprio. Após ter retirado um que era dissonante, pesou os outros e, coisa admirável, os martelos possuíam pesos diferentes.” Guido d’Arezzo (992 -1050?) no seu tratado da música Micrologus. Citado por Rodrigues(1999, p.17)

Esses conceitos serão exemplificados para as aulas de física ministradas em escolas e cursos universitários, tais como Luz e Som.

Nesse estudo, confeccionaremos instrumentos musicais exclusivamente para a realização desse trabalho, abarcando um instrumento de corda constituído com oito cordas de violão/guitarra e cinco notas musicais distribuídos nas ordens Mi, Lá, Ré, Mi, Mi, Sol, Si, Mi, e um instrumento de sopro composto por oito tubos de vidro preenchidos adequadamente com areia e oito notas musicais, Do, Re, Mi, Fá, Sol, La, Si, Do.

Frequência, período, comprimento de onda, amplitude, velocidade de propagação são conceitos básicos na composição dos fenômenos acústicos, que estão presentes em uma diversidade de instrumentos musicais, como: instrumentos de sopro/tubo (flauta, tuba), os de cordas (violino, violão, piano), os de percussão (tambores, triangulo) entre outros.

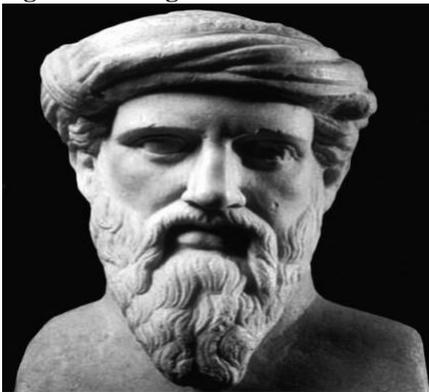
O objetivo dos modelos são especificamente demonstrar o que se é aprendido nas aulas de física, porém, de forma menos abstrata e mais interessante para melhorar o entendimento quanto às formas das ondas, os sons, os timbres os tons e as harmonias.

“Para a Escola de Pitágoras, a harmonia dos sons estava em correspondência direta com a aritmética das proporções” Explicado por Jose Francisco Rodrigues em A MATEMÁTICA E A MÚSICA, P, 17. Baseada nessa afirmativa podemos entender que a harmonia musical está muito além dos sons escutados, mas está diretamente envolvida com os cálculos matemáticos e as propriedades físicas do som.

3. Referencial Teórico:

Vida Pitágoras (música)

Figura 1 - Pitágoras



Fonte 1:

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcRoVZ9ibCjBJV13-djyglZSX1bvkoC4E7IGYg&usqp=CAU>

Pitágoras (572 – 479 A.C.) nascido em Samos na Grécia, era conhecido como um grande matemático, filósofo e músico.

A descoberta dos intervalos musicais e a grande relação da música com os números é uma das maiores concessões à Pitágoras.

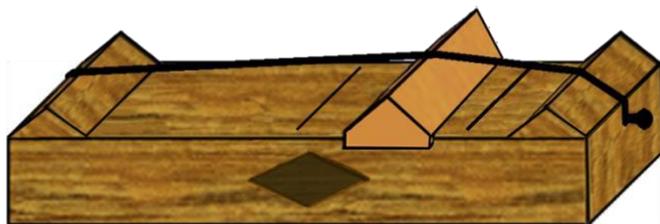
Pois segundo a história contada, Pitágoras estava passando por uma oficina e ouviu o som produzido por cinco martelos batendo em uma bigorna. Impressionado pelo som Pitágoras percebeu que a diferença dos sons produzidos pelos martelos estavam ligados ao peso que cada ferramenta obtinha, após pesar os martelos ele verificou que o primeiro pesava doze, o segundo nove, o terceiro oito e o quarto seis, todos a partir de uma unidade de peso desconhecida.

A relação entre as razões matemáticas e a música deu origem a um instrumento denominado monocórdio.

“Com o monocórdio descobriu relações entre intervalos musicais e proporções numéricas e desenvolveu o primeiro sistema de afinação – o sistema pitagórico – para construir a escala musical.” Afirma Irene Brito em Matemática e Música – sistemas de afinação no século XVIII, P, 1.

O monocórdio é um instrumento de uma corda só, posicionada sobre dois cavaletes e fixada em uma prancha de madeira.

Figura 2 - Monocórdio



Fonte 2 :

<http://clubes.obmep.org.br/blog/aplicando-a-matematica-basica-construcao-de-um-monocordio/>

O monocórdio serviu de inspiração para os futuros instrumentos de corda e levou Pitágoras a perceber os diferentes tons emitidos pela corda quando tensionada em comprimentos diferentes.

Quando uma corda pressionada na metade de seu comprimento é tocada, o som produzido por ela é um pouco mais aguda. Esse ocorrido é conhecido musicalmente como uma oitava. Ao pressionar essa mesma corda em um ponto diferente e na proporção de $2/3$ do seu comprimento o som reproduzido é parecido com o anterior mas não é idêntico, assim conhecido como uma quinta. Quando pressionada $3/4$, é conhecido como uma quarta. Esses intervalos foram chamados de consonâncias pitagóricas. (SIMONATO, A. DIAS, M. 2011) Quando um comprimento da corda de 12 unidades de comprimento é reduzido para 9 unidades de comprimento, o som produzido é uma quarta; para 8 unidades, uma quinta; e para 6 unidades, uma oitava. (ABDOUNUR , 2003).

Pitágoras relacionou a matemática e a música com base no experimento, onde era possível relacionar os intervalos musicais e as ressonâncias mais adequadas, oitava, quinta e quarta, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ e $\frac{3}{4}$. (ABDOUNUR, 2003).

A possibilidade dos pitagóricos construírem a escala das sete notas conhecidas hoje, dó, ré mi, fá, sol, lá, si, que são compostas por quintas puras, e oitavas diferentes, veio do alfabeto sonoro, uma divisão da oitava em determinados sons, com bastante clareza nas razões de quintas e oitavas. (SIMONATO, A. DIAS, M. 2011)

Notas musicais (nota e frequência/altura)

São utilizadas para identificação dos sons, as sete notas Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá e Si, ordenados do mais grave ao som mais agudo. As seguintes notas musicais são representadas e escritas em pautas ou pentagramas da seguinte forma:

Pentagrama/Pauta:

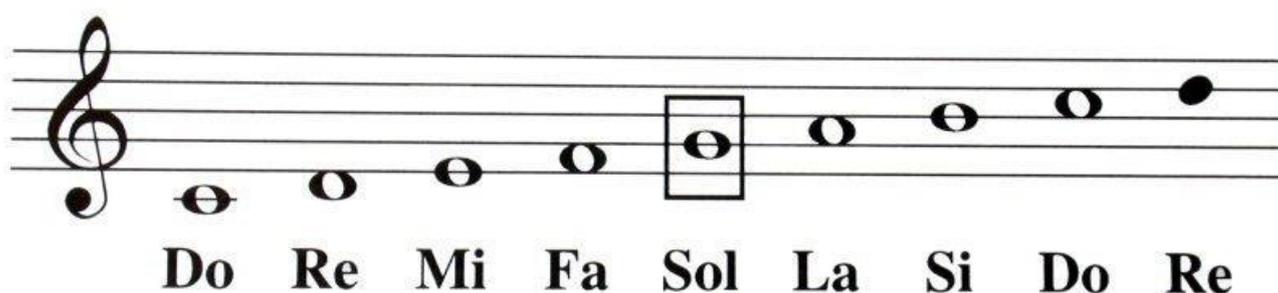
Figura 3 - Pauta ou Pentagrama



Fonte 3 : <http://teoria-de-musica.blogspot.com/2012/08/pauta-ou-pentagrama.html>

Clave de Sol

Figura 4 - Pauta

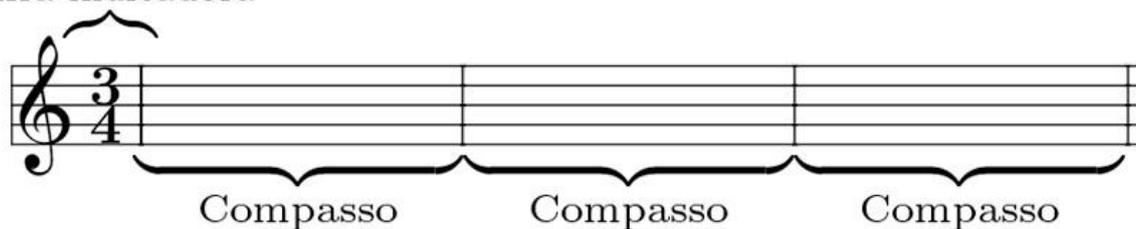


Fonte 4 :
<https://consultamusical.wordpress.com/tag/clave-de-sol/>

O tempo de uma nota musical corresponde a duração que o som é estimulado, junto com a pausa entre esses sons. Esse conjunto de ações forma o compasso, que corresponde a divisão da pauta/ pentagrama musical em partes iguais. O compasso é separado por linhas verticais conhecida por travessão, podendo estar no final do trecho ou no final da música.

Figura 5 – Pauta e Compasso

Cifra indicadora

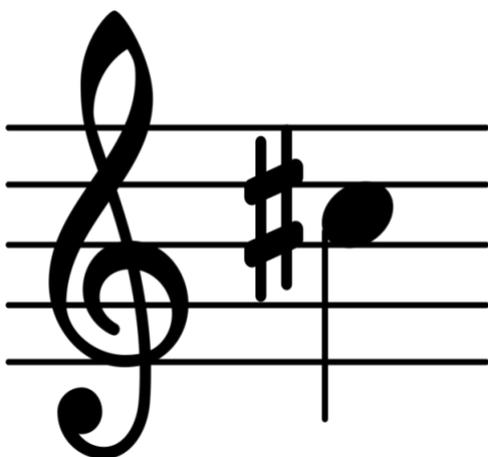


Fonte 5:
<https://edu.gcfglobal.org/pt/numeros-fracionarios/a-musica-ii/1/>

As alterações das notas musicais são chamadas acidentes. O sustenido, representado por #, eleva a altura da nota em um semitom tornando-a mais aguda. O bemol, representado por b, abaixa a nota em um semitom deixando-a mais grave.

Sustenido

Figura 6 – Sustenido



Bemol

Figura 7 – B mol



Fonte 6 :

[https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:](https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Music_C_sharp.svg)

<https://aprendateclado.com/wpcontent/uploads/2017/10/3.jpg>

Music_C_sharp.svg

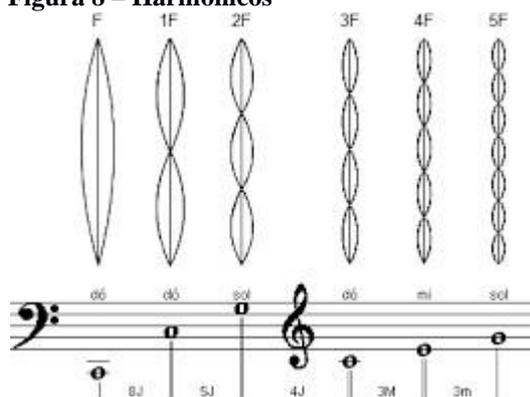
Fonte 7:

Frequência das notas musicais:

O comprimento de uma corda e a frequência da nota musical gerada são inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior o comprimento da corda, menor a frequência do som da nota musical, e quanto mais agudo é o som menor o comprimento. (SILVA, O, J. 2014)

Desse modo, cada vez que se dobra uma frequência, subindo em uma oitava, é porque o comprimento foi reduzido a metade.

Figura 8 – Harmônicos



Fonte 8 :

http://www.dirsom.com.br/index_htm_files/Harmonicos.pdf

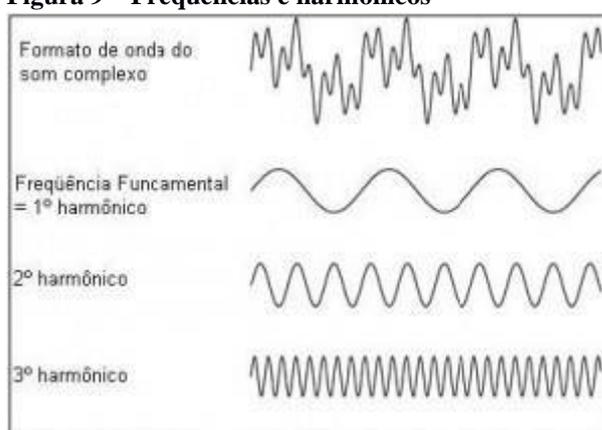
Tabela 1: Relação nota e frequência

Notas	Frequência (Hz)
Dó	132,00 Hz
Dó#	139,78 Hz
Ré b	141,50 Hz
Ré	148,10 Hz
Ré #	156,94 Hz
Mi b	158,40 Hz
Mi	165,00 Hz
Fá	175,95 Hz
Fá #	185,64 Hz
Sol b	187,64 Hz
Sol	198,00 Hz
Sol #	208,31 Hz
Lá b	211,20 Hz

Lá	220,04 Hz
Lá #	234,22 Hz
Si b	238,60 Hz
Si	247,50 Hz

Fonte 1: http://www.das.inpe.br/~alex/FisicadaMusica/fismus_escalas.htm

Figura 9 – Frequências e harmônicos

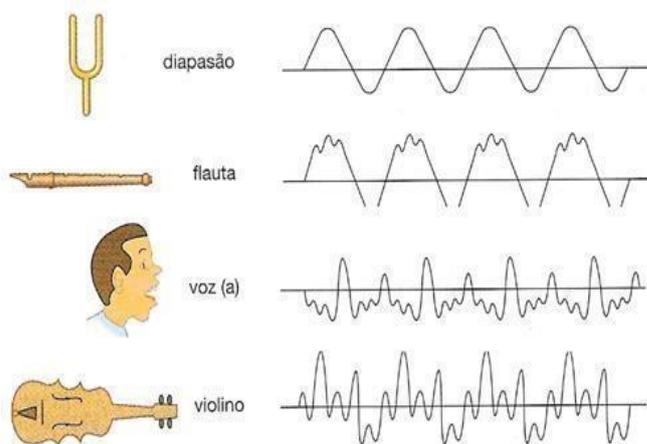


Fonte 9: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Representacao-do-formato-de-onda-de-um-som-complexo-e-decomposicao-dos_fig1_268354222

Timbre:

Três grandezas são utilizadas para medir o som: intensidade, frequência e timbre. O timbre se refere a apresentação de harmônicos no som. A mesma nota musical pode ser emitida por diferentes instrumentos, mas soarão de jeitos diferentes como por exemplo se emitidas em uma trompa e em um violino em que ambos os instrumentos possuem frequências harmônicas diferentes. (Oliveira, N. 2011)

“Mesmo uma única corda pode vibrar em vários harmônicos simultaneamente. O timbre do instrumento é a soma destes harmônicos em conjunto com as características da caixa acústica do violão.” Explica Oliveira, N. em A FÍSICA DA MÚSICA, 2011.

Figura 10 – Ondas sonoras

Fonte 10: http://fisica-emacao.blogspot.com/2014/06/relatorio-telefone-de-lata-3-parte_21.html

Instrumentos musicais (cordas, sopro, percussão)

Instrumentos musicais são responsáveis pela reprodução das notas musicais, dado que ao vibrarem oscilam o ar a sua volta gerando as ondas sonoras. Estes são divididos em três grupos principais: os instrumentos de corda, como, violão, violino, piano e bandolim, os instrumentos de sopro, como a flauta e o saxofone, entre outros; e ainda os de percussão, onde ocorre a vibração de membranas que criam as ondas sonoras musicais, como por exemplo, os tambores e os tamborins.(SILVA, J. 2014)

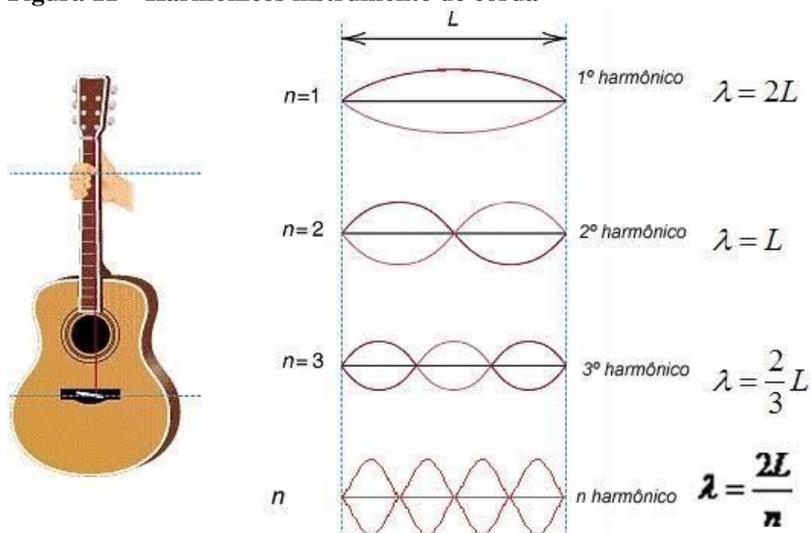
Instrumentos de cordas

Os instrumentos de corda diferenciam-se apenas pelo tamanho, formato e o modo em que são tocadas suas cordas. Podem ser dedilhados em suas cordas, como o violão e a harpa.

Ao se tocar as cordas de um violão uma vibração é produzida, e transmitida através do corpo do violão, em que produz uma onda sonora que se propaga pelo ar até os nossos ouvidos. (GRILLO, 2013)

Harmônicos

Figura 11 – Harmônicos instrumento de corda



Fonte 11 :

<https://www.infoescola.com/fisica/harmonica/#:~:text=Na%20figura%20abaixo%20iremos%20mostrar,%C3%A9%20o%20n%C3%BAmero%20de%20fusos.>

Tamanho, espessura, tensão da corda

Geralmente, os instrumentos de corda são construídos juntamente com uma caixa acústica, que amplifica o som que é produzido pelas vibrações das cordas, quando tocadas.

Na maior parte dos instrumentos, a variação do comprimento das cordas é feita pelos dedos da mão esquerda, obtendo diferentes tons variando o comprimento, porém na harpa e no piano não é possível essa variação do comprimento de corda. Na harpa, por exemplo, são utilizados pedais onde se variam as tensões aplicadas as cordas, já no piano suas cordas tem tensões definidas, ou seja, utiliza-se alavancas associadas as teclas para acionar as cordas.

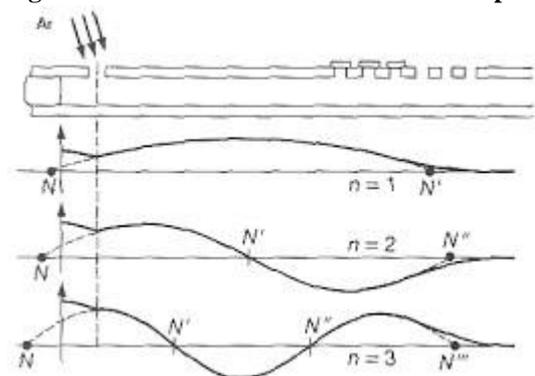
A densidade linear da corda (ligadas ao material e a espessura), a força de tração que elas são submetidas e o comprimento linear da corda, são três elementos que influenciam a frequência do som gerada. (Oliveira, N. 2011)

Instrumentos de sopro

Os instrumentos de tubo são capazes de formar ondas estacionárias tanto quanto as cordas esticadas. Enquanto a onda criada por cordas esticadas são as ondas transversais, as de tubo são as ondas longitudinais, onde as partículas presentes no ar vão vibrar em uma mesma linha.

Harmônicos

Figura 12 – Harmônicos instrumento de sopro



Fonte 12: <https://musicaeadoracao.com.br/recursos/imagens/tecnicos/matematica/image005.gif>

A maioria dos instrumentos de sopro onde o som é reproduzido quando o ar é movimentado pela boca do instrumentista, as frequências das notas musicais são reproduzidas quando o músico aumenta a coluna de ar cobrindo as orifícios do

instrumento ou diminui a coluna de ar ao descobrir os orifícios do instrumento com a ponta dos dedos ou com o auxílio de teclas ou chaves. Assim, com o movimento de ar dentro da coluna de ar, ao gerar ondas estacionárias com a coluna de ar, temos o som dos instrumentos de sopro e seus harmônicos.

(Oliveira, N. 2011).

Espaçamento e frequência/altura

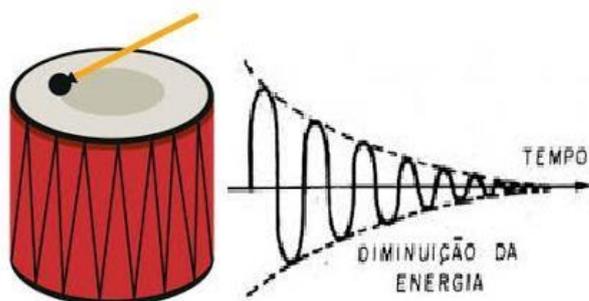
Quando gerados furos nas laterais do tubo cilíndrico, o comportamento acústico do tubo é consideravelmente alterado, o tubo passa a se comportar acusticamente como se fosse mais curto, ou seja, as frequências de seus modos de vibração são iguais as de um tubo mais curto. Seu comprimento efetivo chamado comprimento acústico passa a ser diferente de seu comprimento físico. Tubo de mesmo comprimento com furos de tamanhos diferentes tem diferentes comprimentos acústicos, conseqüentemente os modos de vibração apresentam diferentes frequências. (Hümmelgen, I. A. 1996)

Instrumentos de percussão

Os instrumentos de percussão geralmente são definidos como aqueles que produzem o som quando são percutidos, no entanto os instrumentos de percussão são muito variados, em sua forma, em suas dimensões e nos materiais utilizados para a construção dos instrumentos. Podem diferir notadamente em seus princípios acústicos e na forma que são tocados. Apesar de grande parte dos instrumentos seja percutida, alguns são chacoalhados (maracas, chocalhos) e outros são raspados (reco-reco). Alguns são soprados como, por exemplo, o apito, mas todos são chamados livremente de instrumentos de percussão. (Hashimoto, A, A, F. 2003)

Harmônicos

Figura 13 - Harmônico instrumento de percussão



Fonte 13: Elaborado pelos autores

Os instrumentos de membrana e de madeira também agrupam timbre que variam do grave ao agudo

Espaçamento e frequência/altura

Instrumentos como o tambor e outros instrumentos de ritmo, não são tão melódiosos, tais como, por exemplo, a tuba que gera uma nota musical mais específica, porém, o tambor por ser instrumento de ritmo, produz um som de mais baixa intensidade, contudo os sons não produzem uma nota musical que seja reconhecida.

Para se obter o som em um instrumento de percussão, a película flexível que se bate com as mão ou baquetas devem vibrar, como, por exemplo, no tambor. Assim, a pele utilizada sob uma base cilíndrica de madeira ou metal deve estar devidamente esticada, de modo que a vibração da pele com o corpo do tambor produz o som. Em uns tipos de instrumentos é possível alterar a frequência do som variando a tensão da pele. (Oliveira, N. 2011)

4. METODOLOGIA

A música pode fornecer um excelente motivador e tornar o ensino de física mais atrativo. Assim, sempre que possível, tentar descrever fisicamente, os fenômenos sonoros observados na prática da música pode ser uma boa opção. Porém como não são todos os alunos que conhecem a linguagem musical, ou para não correr o risco de

desviarmos o foco da aprendizagem do conceito físico para o aprendizado de teoria musical, a música deve ser apenas um fundamento concreto para a instanciação do fenômeno físico, que é a produção e a propagação da onda sonora.

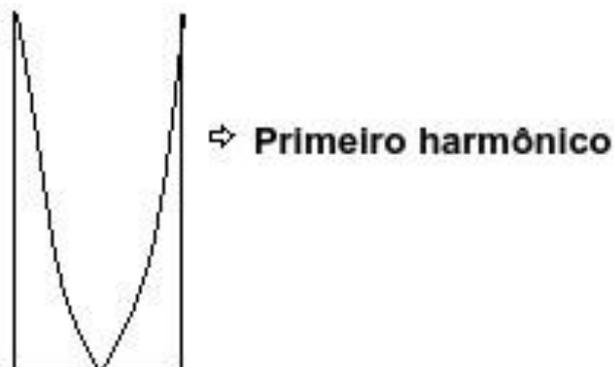
No decorrer do trabalho foi aplicada a metodologia descritiva, que busca descrever um assunto já conhecido de maneira a relacionar os diferentes modos: o habitual com um diferencial.

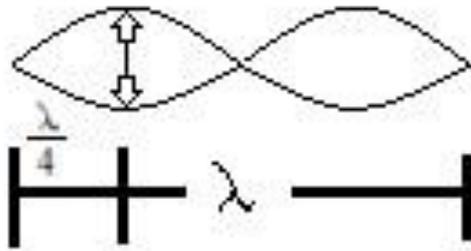
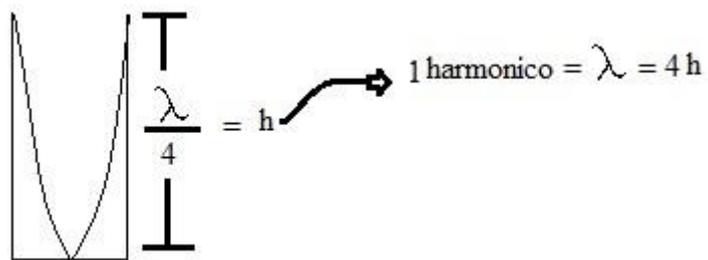
Inicialmente foram escolhidos os assuntos a serem desenvolvidos durante a pesquisa, e os instrumentos musicais a serem fabricados para uma melhor exemplificação dos temas propostos. Nesse sentido, foram escolhidos e construídos um instrumento de tubo e um instrumento de cordas. Os artigos e livros utilizados buscam esclarecer diversos assuntos, como a história da música, a ligação entre a física e a música e os trabalhos de Pitágoras e pitagóricos.

Para cada instrumento foram utilizados diferentes conceitos e fórmulas físicas para descobrirmos as proporções corretas que nos conduzirá ao objetivo desejado.

O instrumento de tubo

Foram calculados os espaços livres para cada tubo, ou seja, qual deveria ser a altura de cada tubo, a fim de gerar as frequências desejadas. Com a fórmula de comprimento de onda: $H=V/4.f$, onde H é a altura livre do tubo, V é a velocidade do som e f é a frequência desejada. Essa equação foi deduzida da seguinte forma:





Equação da velocidade da onda:

$$V = \lambda \cdot f$$

$$V = 4H \cdot f \Rightarrow f = V/4.H$$

Então, para encontrar a altura do comprimento de onda:

$$H = V/4.f$$

V= Velocidade

do Som H =

Altura f =

Frequência

Considerarmos 343m/s como sendo a velocidade do som propagada no ar em condições normais. E utilizamos a frequência em Hz e na 6ª oitava (veja tabela abaixo):

Figura 14 - Frequência das notas e suas oitavas

		Frequência em Hz									
Nota musical	-	1° Oitava	2° Oitava	3° Oitava	4° Oitava	5° Oitava	6° Oitava	7° Oitava	8° Oitava	9° Oitava	-
Dó		33	66	132	264	528	1056	2112	4224	8448	16896
Dó #		34,947	69,894	139,79	279,6	559,15	1118,3	2236,6	4473,2	8946,4	17893
Ré		37,026	74,052	148,1	296,2	592,42	1184,8	2369,7	4739,3	9478,7	18957
Ré #		39,237	78,474	156,95	313,9	627,79	1255,6	2511,2	5022,3	10045	20089
Mi	20,79	41,58	83,16	166,32	332,6	665,28	1330,6	2661,1	5322,2	10644	
Fá	22,03	44,055	88,11	176,22	352,4	704,88	1409,8	2819,5	5639	11278	
Fá #	23,33	46,662	93,324	186,65	373,3	746,59	1493,2	2986,4	5972,7	11945	
Sol	24,72	49,434	98,868	197,74	395,5	790,94	1581,9	3163,8	6327,6	12655	
Sol #	26,19	52,371	104,74	209,48	419	837,94	1675,9	3351,7	6703,5	13407	
Lá	27,75	55,506	111,01	222,02	444	888,1	1776,2	3552,4	7104,8	14210	
Lá #	29,4	58,806	117,61	235,22	470,4	940,9	1881,8	3763,6	7527,2	15054	
Si	31,15	62,304	124,61	249,22	498,4	996,86	1993,7	3987,5	7974,9	15950	
Dó	33	66	132	264	528	1056	2112	4224	8448	16896	

Fonte 14: <http://blogtudoamao.blogspot.com/2016/06/tabela-com-frequencia-de-todas-as-notas.html?m=1>

Obtivemos a seguinte tabela:

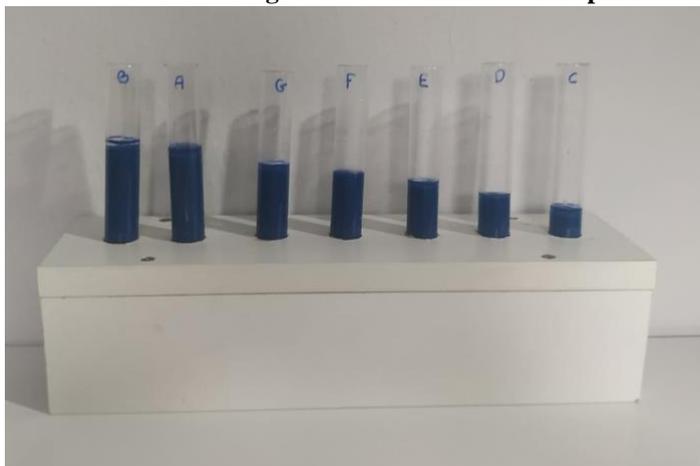
Tabela 2: Relação nota, frequência, e altura em cm instrumento de sopro.

Notas	Frequência (Hz)	Altura (cm)
	6ª oitava	
Dó (C)	1056,00	8
Ré (D)	1184,42	7,2
Mi (E)	1330,6	6,4
Fá (F)	1409,8	6
Sol (G)	1581,9	5,4
Lá (A)	1776,2	4,8
Si (B)	1993,7	4,3

5. CONSTRUÇÃO DO INSTRUMENTO DE SOPRO

O instrumento de sopro pode ser dividido em três partes: base de madeira, conteúdo para preencher o espaço necessário para gerar cada nota e tubos de tamanhos idênticos.

Figura 15 – Instrumento de sopro



Fonte 15: Elaborado pelos autores

Abaixo seguem os materiais utilizados na construção da mesma:

Materiais de construção do instrumento:

- Areia colorida (Figura 16);
- Água;
- Régua (Figuras 17 e 18);
- Caneta para escrever em vidro (Figura 18);
- Sete tubos de vidro (Figura 19);
- Base de madeira (Figura 15);

Montagem

Figura 16 – Areia Azul**Fonte 16: Elaborado pelos autores****Figura 17 – Régua****Fonte 17: Elaborado pelos autores****Figura 18 – Instrumentos para marcação****Fonte 18: Elaborado pelos autores****Figura 19 – Tubo de ensaio****Fonte 19: Elaborado pelos autores**

Em cada tubo de vidro, foi medido a altura necessária para gerar uma das notas, e, em seguida, marcado com a caneta (Figuras 20 e 21).

Figura 20 – Tubo de ensaio com marcação



Fonte 20: Elaborado pelos autores

Figura 21 – Tubos devidamente marcados



Figura 21 : Elaborado pelos autores

Os tubos de vidro foram preenchidos devidamente com areia colorida e água até suas marcas previamente marcadas. As letras representam as notas musicais (Figuras 22 a 28).

Figura 22 – Tubinho nota Do (C)

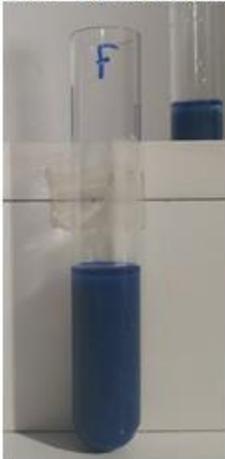
Fonte 22: Elaborado pelos autores

Figura 23 – Tubinho nota Ré (D)

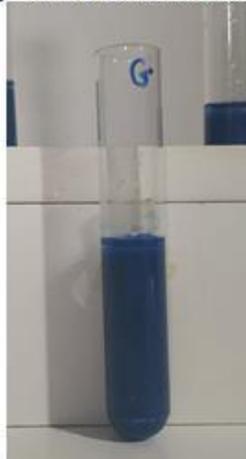
Fonte 23: Elaborado pelos autores

Figura 24 – Tubinho nota Mi (E)

Fonte 24: Elaborado pelos autores

Figura 25 – Tubinho nota Fá (F)

Fonte 25: Elaborado pelos autores

Figura 26- Tubinho nota Sol (G)

Fonte 26: Elaborado pelos autores

Figura 27 – Tubinho nota Lá (A)

Fonte 27: Elaborado pelos autores

Figura 28 – Tubinho nota Si (B)



Fonte 28: Elaborado pelos autores

6. CONSTRUÇÃO DO INSTRUMENTO DE CORDAS

No instrumento de cordas foram utilizadas cordas de diferentes espessuras e comprimentos com o objetivo de gerar as notas musicais: Mi representada por (E2), Lá representada por (A2), Ré representada por (D3), Sol representada por (G3), Si representada por (B3) e Mi representada por (E4).

Tabela 3: Relação nota e frequência instrumento de corda

Notas	Frequência (Hz)
Mi (E2)	82,4
Lá (A2)	110,0
Ré (D2)	146,8
Sol (G3)	195,9
Si (B3)	246,9
Mi (E4)	329,6

O instrumento de corda pode ser dividido em três partes: base de madeira, cordas de náilon e de aço e uma cabaça.

Figura 29 – Instrumento de corda



Fonte 29: Elaborado pelos autores

Abaixo seguem os materiais utilizados na construção da mesma:

Materiais construção do instrumento

- 6 cordas para violão 3 de aço e 3 de náilon (Figura 30);
- 12 parafusos pitão (Figura 31);
- Régua;
- Caneta;
- 1 cabaça (Figura 32);
- Base de madeira (Figura 33);

Figura 30 – Cordas para violão



Fonte 30: Elaborado pelos autores

Figura 31 : Parafuso Pitão



Fonte 31: Elaborado pelos autores

Figura 32 - Cabaça



Fonte 32: Elaborado pelos autores

Figura 33 – Base de madeira



Fonte 33: Elaborado pelos autores

Para a montagem foi medido o comprimento necessário para o posicionamento de cada corda, e marcado com a caneta (Figuras 34 e 35).

Figura 34- Cabaça devidamente medida



Fonte 34: Elaborado pelos autores

Figura 35- Cabaça devidamente marcada



Fonte 35: Elaborado pelos autores

Em seguida, as cordas foram posicionadas, reguladas e presas em cada parafuso pitão, para desse modo representar as notas musicais (Figuras 36 e 37).

Figura 36- Parafuso pitão preso à base de madeira



Fonte 36: Elaborado pelos autores

Figura 37- Cordas presas ao parafuso pitão



Fonte 37: Elaborado pelos autores

8. EXPERIMENTOS

Por que os tubos produzem sons diferentes ao serem soprados e as cordas produzem sons diferentes ao serem tocadas?

Um(a) professor(a) pode a partir desses dois instrumentos, o de sopro e o de corda, trabalhar diversos conceitos de Ciências Naturais e Física com os estudantes. Por exemplo, iniciemos da seguinte questão: “Por que os tubos produzem sons diferentes ao serem soprados e as cordas produzem sons diferentes ao serem tocadas?” Para responder essa pergunta,

diversos assuntos podem ser explorados e aprofundados pelo professor em sala de aula, como por exemplo: comprimento de onda, atrito, ondas estacionárias, harmônicos, meios de propagação da onda sonora, amplificação, caixa ressonante, frequência, quantidade de areia adicionada aos tubos nos instrumentos de sopro, espessura das cordas, a tensão exercida em cada uma nos instrumentos de corda, etc.

O conceito de comprimento de onda está relacionado ao espaço percorrido pela onda sonora em um ciclo. A onda sonora necessita de um meio para se propagar por conta disso o som não se propaga no vácuo. Essa onda sonora possui uma frequência medida, no Sistema Internacional, em Hz.

No instrumento de tubo que construímos a areia é utilizada para delimitar o comprimento de onda diminuindo ou aumentando os espaços dentro de cada tubo para assim se obter os tamanhos necessários para gerar uma onda estacionária com a frequência de cada nota musical. Os tubos de vidro, quando soprados, produzem uma vibração na coluna de ar presente dentro do mesmo, produzindo uma onda estacionária longitudinal, em que o primeiro harmônico possui $\frac{1}{4}$ do comprimento de onda cujo antinodo se encontra na abertura do tubo e o nodo (ou nó) se localiza na extremidade fechada (veja as imagens contidas na subseção “O instrumento de tubo”) permitindo que as notas musicais sejam reproduzidas em cada um dos tubos.

Em um instrumento de cordas, cada corda do instrumento produz um som diferente ao ser tocada. Cada corda presente no instrumento representa uma nota musical distinta, porém ela precisa ser obtida (afinada) ajustando a tensão exercida na corda. Além da tensão, outros parâmetros influenciam na frequência gerada, como o tamanho e a espessura da corda. A cabaça presente na estrutura do instrumento será utilizada como caixa de ressonância, o que deixará o som de cada corda mais amplificado e, além disso, acrescentará uma nova qualidade, timbre, ao som de cada nota musical gerada pela corda. As cordas ao serem tocadas vibram e isso provoca uma compressão e uma rarefação do ar, o que produz uma perturbação no ar, som, com um comprimento de onda. Embora o som seja uma onda longitudinal, as ondas propagadas na corda são transversais. Os modos de vibração de cada corda são responsáveis pela produção de cada nota musical, inclusive são os modo de vibração que geram o timbre do som gerado pelo instrumento.

9. CONCLUSÃO:

O presente trabalho possibilita o entendimento da relação entre música, física e matemática, percebida por Pitágoras, para auxiliar didaticamente a explicação e o conhecimento de aspectos da Física na escola ou disciplinas como Luz e Som na Universidade. Isso possibilita um entendimento menos abstrato das leis físicas envolvidas em temas como ondulatória, notas musicais, acústica entre outros e estimula o interesse dos alunos nos conteúdos de Física.

Explicar aspectos da Física a partir dos instrumentos musicais torna-se um método de aprendizado bem palpável e criativo. Os instrumentos de sopro e de corda são capazes de demonstrar o funcionamento das ondas sonoras a partir de suas manipulações e análises. Assim, as frequências de ondas podem ser entendidas de um modo mais realista, pois cada instrumento possui sua peculiaridade que pode ser explorada nas aulas de física, em diversos tópicos e temáticas em diferentes instituições.

Ambos os instrumentos são de fácil entendimento e construção. A construção foi apresentada de modo bastante detalhado ao longo do processo, e podem ser recriados com diferentes materiais bem acessíveis. Até mesmo dentro da sala de aula.

Os objetivos formulados para este trabalho foram alcançados, porém é possível desenvolvê-lo mais, novas pesquisas podem ser feitas e novos instrumentos musicais podem ser criados, até mesmo para explicar outros aspectos da física ou da matemática, e novos métodos de estudo, que não foram citados neste trabalho, podem ser explorados.

O trabalho realizado pode oferecer mais informações aos estudantes e aos professores, além de propiciar outros métodos de estudo e de ensino mais eficazes e menos abstratos para o entendimento de Luz e Som.

10 – Referências:**BIBLIOGRAFIA.**

ABDOUNUR, J. O. **Matemática e Música**. 3º ed. São Paulo, 2003.

GRILLO, M. L.; PEREZ, L. R. **A física na música**. 1º ed. Rio de Janeiro, UERJ, 2013.

HASHIMOTO, A, A, F. **Análise musical de “estudo para instrumentos de percussão”, 1953, M. Camargo Guarnieri; primeira peça escrita Somente para instrumentos de percussão no Brasil**. Universidade Estadual de Campinas Instituto de Artes. Campinas, 2003. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/284868> . Acesso em: 29/10/2020.

HUMMELGEN, I. A. **O Clarinete – Uma introdução a Análise Física do Instrumento**. Laboratório de Materiais, Departamento de Física, Universidade Federal do Paraná Curitiba. Paraná, 1996.

MENEZES, C. R.; BARRACHI, M. C. G. **Iniciação musical**. 1º ed. São Paulo, IBEP.

OLIVEIRA, N. em **A Física da Música**. Universidade de São Paulo, Instituto de física, São Carlos, 2011.

RODRIGUES, J.F. **A Matemática e a música**. Colóquio/Ciências, nº23, 1999.

SILVA, O. J. **Relacionando a Acústica e a Teoria Musical**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação de licenciatura em física) – Universidade Federal do Pará, Pará, 2014.

SIMONATO, A. DIAS, M. **A Relação da Matemática e a Musica**. Faculdade de Ciências e Tecnologia de Birigui. São Paulo, 2011.

