



## **PRODUTO EDUCACIONAL - Material Didático-Pedagógico**

**HELTON DINIZ ROCHA**

### **O SOM DE INSTRUMENTOS MÚSICAIS LÚDICOS ANALISADOS PELO *SOFTWARE AUDACITY***

Produto Educacional da Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Orientadora: Prof. Dra. Shalimar Calegari Zanatta

**MARINGÁ**

**2022**

## Sumário

Apresentação .....	04
Justificativa .....	04
Objetivo Geral .....	05
Objetivos Específicos.....	05
Público alvo .....	05
Papel do Professor .....	05
Avaliação .....	06
Metodologia didático-pedagógica.....	06
1ª semana (4 aulas).....	09
1.1 Questionário de conhecimentos prévios.....	09
1.2 Apresentação do tema para os alunos – Texto elaborado durante o desenvolvimento deste PE.....	12
1.3 Atividade prática - Construção da Mini-harpa.....	24
1.3.1 Materiais Utilizados.....	24
1.3.2 Tabela de materiais utilizados e estimativa de preços.....	25
1.3.3 Montagem da Mini Harpa.....	26
1.3.4 Análise do som emitido pela mini-harpa utilizando o <i>software Audacity</i> ....	29
1.3.5 Exemplo de um Mapa Conceitual final – aula 1.....	32
2- 2ª Semana (4 aulas).....	33
2.1 Atividade prática - Determinando a velocidade do som no ar .....	33
2.1.1 Materiais utilizados.....	34
2.1.2 Tabela de materiais utilizados e estimativa de preços.....	34
2.1.3 Montagem Experimental e roteiro de atividades.....	35
2.2 Quiz sobre os conceitos físicos trabalhados.....	37
2.3 Atividade prática - Construção do tambor .....	Erro! Indicador não definido.
2.3.1 Materiais Utilizados.....	40
2.3.2 Tabela de materiais utilizados e estimativa de preços.....	
2.3.3 Montagem experimental .....	42
2.3.4 Roteiro de atividades após a construção do tambor.....	43
2.3.5 Exemplo e um mapa conceitual como esperado – oficina 2.....	45
3ª Semana – (4 aulas).....	47
3.1 Texto, elaborado pelo autor, a partir das referências bibliográficas apontadas abaixo sobre história da música e dos instrumentos musicais .....	46
Instrumentos de percussão .....	51
Instrumentos de corda .....	52
Instrumentos de sopro.....	54

3.1.2 Quiz sobre o texto: Breve história da música e dos instrumentos musicais .....	55
3.2 Construção da Flauta Pan .....	59
3.2.1. Materiais Utilizados.....	60
3.2.2 Tabela de materiais utilizados e estimativa de preços .....	61
3.2.3 Montagem Experimental .....	62
3.2.4 Roteiro de atividades após a construção da Flauta Pan .....	63
3.2.5 Perspectiva para o esboço de um MC .....	65
Questionário final .....	67
Respostas do Questionário inicial .....	70
Respostas do questionário final.....	73
Respostas do quiz sobre conceitos de Física.....	74
Respostas do quiz sobre história da música e dos instrumentos .....	76
Considerações finais .....	79
Referências .....	82

## **Apresentação**

Este Produto Educacional - PE é uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa -UEPS que foi elaborada e aplicada no Ensino Médio, no curso de formação de professores para promover a aprendizagem significativa dos conceitos envolvidos na propagação das ondas sonoras, por meio do *software Audacity*.

Esta UEPS está organizada na forma de oficina, composta por três encontros de 4 horas cada.

Visando a proposta de Educação em Tempo Integral e um maior protagonismo e construção por parte dos alunos, o PE apresenta roteiros para que os instrumentos musicais utilizados sejam confeccionados durante a realização da oficina com o objetivo de motivar o aluno e mostrar os desafios da luteria. De acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel - TAS, a motivação é uma condição indispensável para que a aprendizagem significativa ocorra.

A sequência de atividades didático metodológicas, aqui planejada, está disposta no quadro 1. Já no quadro 2, temos os conteúdos abordados durante a oficina.

O conteúdo sobre ondulatória, conforme as Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná (2008), está inserido no conteúdo estruturante do eletromagnetismo.

Convidamos você, professor, que utilize e divulgue aos demais professores este PE. Como resultado geral, ele é motivador e se mostrou eficiente para promover a aprendizagem significativa dos conceitos sobre ondas sonoras.

## **Justificativa**

Como professor de Física da Educação Básica, um dos desafios que enfrentamos é o questionamento do aluno sobre os motivos para estudar este ou aquele conteúdo. Assim, o professor transmite o conhecimento acumulado pela humanidade e, ao mesmo tempo, procura mostrar sua contextualização. As teorias pedagógicas do aprender a aprender defendem a transmissão dos conteúdos do cotidiano como solução para este impasse. Em oposição a isto, neste trabalho, apontamos que a solução é dada por Ausubel que defende a aprendizagem significativa. Por sua vez, não são os conteúdos que devem ser significativos, mas sim, a forma de aprendizagem.

No entanto, para que a aprendizagem ocorra, como afirma Ausubel, o aluno deve ter o desejo de aprender. Por isso, esta proposta didática tem um caráter

motivacional, dado pela construção dos instrumentos musicais. A confecção destes instrumentos também auxilia o professor na retomada do conteúdo promovendo a integração e reconciliação entre os conceitos. A aprendizagem significativa requer que o aluno organize hierarquicamente seus conceitos, o que implica numa dinâmica de idas e vindas na cadeia hierárquica.

### **Objetivo Geral:**

Promover a aprendizagem significativa dos conceitos da ondulatória por meio do *software Audacity*, emitido por instrumentos musicais lúdicos.

### **Objetivos Específicos:**

Identificar os problemas da luteria;  
Reconhecer o processo histórico e evolutivo dos instrumentos musicais;  
Relacionar os conceitos da ondulatória com os conceitos envolvidos na propagação do som.

### **Público alvo**

Estudantes do Ensino Médio.

### **Papel do Professor**

O professor tem protagonismo no processo de ensino. É este profissional que escolhe as metodologias didático-pedagógicas, os conteúdos, a profundidade de abordagem, avalia o nível de aprendizagem do aluno e retoma os conteúdos, quando julga necessário. Neste trabalho, devido ao referencial teórico utilizado, a TAS, a sequência de atividades propostas que compõem todo o processo metodológico é definida como Unidade de Ensino Potencialmente Significativa e abreviada por UEPS. Trata-se de uma sequência previamente planejada para promover a aprendizagem significativa.

Cabe ao aluno tomar a decisão de aprender. E de acordo com Ausubel, esta decisão depende da motivação que ele tem.

### **Avaliação**

De acordo com Moreira (1998), na TAS, o professor deve diagnosticar o que o aluno já sabe sobre o tema, os subsunçores e, iniciar a o ensino a partir deste conhecimento. Portanto, a avaliação diagnóstica é a primeira etapa do processo. Neste trabalho, utilizamos um questionário para levantar os subsunçores dos alunos. Por sua vez, a avaliação teve caráter constante e contínuo. As avaliações se deram por meio da utilização de quizzes e mapas conceituais - MC, elaborados de forma individual e coletiva. É a partir da construção e revisão dos MC's ao longo da aplicação do PE que observa-se o progresso do estudante e seu amadurecimento e modificações nas relações conceituais.

### **Metodologia didático-pedagógica**

O quadro 1 mostra as atividades e a sequência com que elas foram desenvolvidas (UEPS). O quadro 2 traz os conteúdos abordados.

Na sequência apresentamos o passo a passo utilizado para desenvolver as atividades que compõem a UEPS.

Quadro 1: Resumo da UEPS

Cronograma	Número de aulas	Desenvolvimento
1ª semana	4 aulas de 50 minutos, correspondendo a uma tarde	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aplicação de um questionário diagnóstico;</li> <li>● Apresentação do tema a ser trabalhado e uma breve discussão sobre som e instrumentos sonoros;</li> <li>● Apresentação e leitura do texto sobre ondas mecânicas: frequência, comprimento de onda, amplitude, velocidade de propagação do som, qualidades fisiológicas do som, interferência, ondas estacionárias, cordas vibrantes e ressonância;</li> <li>● Construção da mini harpa e exploração dos conceitos de qualidades fisiológicas do som, interferência, ondas estacionárias, cordas vibrantes e ressonância;</li> <li>● Determinação da velocidade de propagação do som, da frequência e período com o uso do <i>software Audacity</i>;</li> <li>● Resolução de exercícios;</li> <li>● Abordagem histórica do surgimento de instrumentos de cordas e as relações matemáticas para calcular a frequência das notas musicais;</li> <li>● Breve discussão sobre as notas musicais em instrumentos de cordas;</li> <li>● Início da construção do MC, utilizando o programa Cmaptools.</li> </ul>
2ª semana	4 aulas de 50 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Uso do <i>Software Audacity</i> para determinação da velocidade do som emitido pela mini harpa;</li> <li>● Quiz;</li> <li>● Construção do tambor e discussão sobre outros objetos capazes de produzir som por meio da percussão e sobre o conceito de timbre e reflexão do som;</li> <li>● Exploração, por meio do <i>software Audacity</i>, da frequência das vozes dos estudantes e do som emitido pelo tambor; discussão sobre sons graves e agudos;</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Abordagem histórica e cultural sobre o surgimento e a utilização de instrumentos de percussão;</li> <li>● Continuidade do MC iniciado na aula anterior;</li> </ul>
3ª semana	4 aulas de 50 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Leitura e interpretação do texto sobre a história da música e dos instrumentos musicais;</li> <li>● Quiz referente ao texto sobre a história da música e dos instrumentos musicais;</li> <li>● Construção da flauta pan e exploração dos sons emitidos por tubos;</li> <li>● Utilização do <i>software Audacity</i> para determinar as qualidades fisiológicas do som emitidos por tubos sonoros;</li> <li>● Comparação dos tubos sonoros com o ouvido humano;</li> <li>● Abordagem histórica do surgimento de instrumentos de sopro e a sua importância no decorrer da história da humanidade;</li> <li>● Breve discussão sobre as notas musicais em instrumentos de sopro;</li> <li>● Finalização do MC;</li> <li>● Avaliação final por meio da retomada do questionário inicial, acrescido de mais questões (aplicado após a finalização do MC)</li> </ul>

Fonte: o autor.



Quadro 2. Contextualização dos conteúdos abordados no PE.

Conteúdo Estruturante	Conteúdos Básicos	Conteúdos Específicos
ONDAS	ONDAS MECÂNICAS, Comprimento, frequência, velocidade de propagação, dimensão das ondas, formas de propagação, qualidades fisiológicas do som.	-Comprimento, velocidade e frequência da onda; Nó, Anti-nó, ventre, Ressonância, Interferência, Ondas estacionárias; - O som como onda mecânica, - Qualidades fisiológicas do som: volume, intensidade e timbre; - Reflexão do som: reforço, reverberação e eco; - Cordas vibrantes; - Tubos de som: abertos e fechados - o caso do ouvido; - História dos instrumentos sonoros: sopro, cordas e percussão; - Características de instrumentos sonoros;

Fonte: DCE de Física do estado do Paraná (2008)

### 1ª semana (4 aulas)

#### Questionário de conhecimentos prévios

- 1 – Sobre instrumentos de corda, de sopro e de percussão, assinale as alternativas corretas:
- ( ) Instrumentos de percussão são utilizados para dar ritmo as músicas, tendo como exemplos tambor, pandeiro e surdo.
- ( ) Nos instrumentos de cordas, o comprimento das cordas determina o som que o instrumento produz.
- ( ) Nos instrumentos de sopro, quanto maior for o comprimento do tubo, mais grave será o som.
- ( ) Nos instrumentos de sopro, em tubos menores obtemos sons mais graves, ou seja, sons com frequências mais baixas.
- ( ) Nos instrumentos de cordas, o som obtido independe do comprimento e de quanto as cordas estão esticadas.

2 – Sobre a propagação do som, é correto afirmar:

- a) O som se propaga somente no vácuo.
- b) O som se propaga em qualquer meio, inclusive no vácuo.
- c) O som depende de um meio material para se propagar.
- d) O som se propaga apenas no ar.

3 – Qual das alternativas abaixo é a definição de onda?

- a) Onda é um pulso que se propaga de um ponto a outro transportando energia sem transportar matéria. As ondas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como mecânicas e eletromagnéticas.
- b) Onda é um pulso que se propaga de um ponto a outro transportando energia e matéria. As ondas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como transversais e longitudinais.
- c) Onda é uma propagação de um lugar para outro que depende sempre de um meio material para que essa propagação aconteça. As ondas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como sonoras e eletromagnéticas.
- d) Onda é um pulso que se propaga de um ponto a outro sem transportar energia e matéria. As ondas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como mecânicas e sonoras.

4 – Segundo a natureza das ondas, elas podem ser classificadas como:

- a) Transversais e longitudinais.
- b) Mecânicas e sonoras.
- c) Sonoras e eletromagnéticas.
- d) Mecânicas e eletromagnéticas.

5 – Quais palavras melhor completam a frase: “O som é classificado como uma onda \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ porque \_\_\_\_\_ de um meio material para se propagar.

- a) Mecânica, longitudinal, tridimensional, precisa.
- b) Eletromagnética, transversal, adimensional, não precisa.
- c) Sonora, longitudinal, tridimensional, precisa.
- d) Mecânica, transversal, tridimensional, não precisa.

6 – Qual é a definição de volume?

- a) É a altura do som.
- b) Está relacionado a intensidade sonora, que é a quantidade de energia emitida por uma fonte sonora por unidade de tempo em relação a certa área.
- c) São todos os sons ouvidos pelos seres humanos.
- d) É a intensidade com que uma nota é executada.

7 – Qual qualidade fisiológica do som faz com que possamos diferenciar a voz de uma pessoa ou o som de diferentes instrumentos musicais?

- a) Altura.
- b) Timbre.
- c) Intensidade.
- d) Frequência.
- e) Comprimento da onda sonora.

8 – Um dos conceitos importantes no estudo do som é o de “frequência”, fisicamente, qual a definição deste conceito?

- a) É o número de oscilações de ondas por minuto, e sua unidade de medida é o segundo.
- b) É o número de oscilações de ondas por segundo, e sua unidade de medida é Hertz (Hz).
- c) É o número de ondas que passa em um determinado ponto.
- d) Está relacionado a quantidade de ondas que são emitidas.

9 – Considerando um instrumento de cordas, é correto afirmar que:

- a) A espessura da corda não interfere na nota musical a ser emitida.
- b) Todos os instrumentos de cordas emitem sons idênticos para uma mesma nota.
- c) Existe uma relação entre o tamanho da corda e a nota musical a ser emitida.
- d) Pode-se tocar e segurar em qualquer lugar de uma corda que ela emitirá sempre o mesmo som.

10 – Sobre instrumentos de sopro, é correto afirmar que:

- a) Ao soprar um tubo, o som emitido independe do comprimento do tubo.
- b) O som só pode ser emitido em tubos com uma das pontas fechadas.
- c) Um tubo curto produz um som mais grave.
- d) Um tubo curto produz um som mais agudo.

**Apresentação do tema para os alunos – Texto elaborado durante o desenvolvimento deste PE**

**Ondas Sonoras**

Este texto foi elaborado a partir da leitura de diversas referências, descritas abaixo, e utiliza o Sistema Internacional de medidas (SI):

GRILLO, Maria Lúcia. PEREZ, Luiz Roberto. Organizadores. **Física e música**. São Paulo. Editora Livraria da Física, 2016.

HALLIDAY, D. RESNICK, R. WALKER, J. **Fundamentos de Física – Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 6ª edição. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2001.

HELERBROCK, Rafael. “**Ressonância**”; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/ressonancia.htm> acesso em 04 de maio de 2021 às 21:45 horas.

JÚNIOR, Joab Silas da Silva. “**O que é som?**”; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-som.htm> acesso em 03 de maio de 2021 às 22:40 horas.

MENDES, Mariane. “**Ondas**”; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/ondas.htm> acesso em 03/05/2021 às 21:30 horas.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física básica – Volume 2**. 4ª edição. Editora Blucher. Rio de Janeiro, 2002.

PELEGRINI, Márcio. **Minimanual compacto de Física: teoria e prática** / Márcio Pelegrini. São Paulo: Rideel, 1999.

TREFIL, James. HAZEN, Robert. **Física Viva: Uma Introdução à Física Conceitual: vol. 2**. Editora LTC, Rio de Janeiro (2006).

Fisicamente falando, ondas são perturbações que se propagam no espaço vazio ou em qualquer outro meio. Elas são classificadas em relação à natureza

(mecânicas ou eletromagnéticas), forma de vibração (transversais ou longitudinais) e direção de propagação (unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais) (TREFIL, 2006).

Estas perturbações transportam energia e, **de acordo com a sua natureza**, as ondas podem ser:

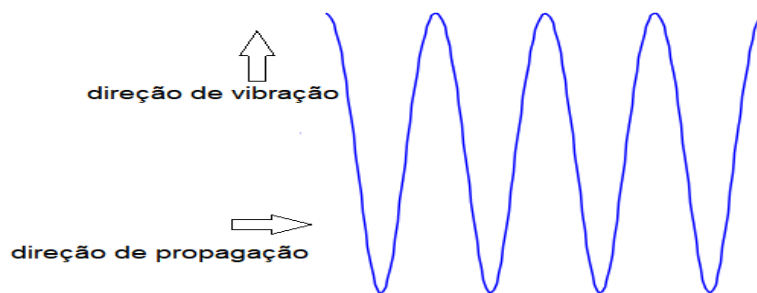
**Ondas mecânicas:** são as ondas que se propagam em meios materiais. Por exemplo: as ondas marítimas, ondas sonoras, ondas sísmicas, etc.

**Ondas eletromagnéticas: são oscilações do** campo elétrico e, como consequência desta oscilação, promovem oscilação de um campo magnético associado e não precisam de um meio material para se propagarem. Temos como exemplos: a luz visível, raio X, micro-ondas, ondas de transmissão de rádio e televisão, entre outras.

Quanto a **forma de vibração**, podemos definir as ondas em:

**Transversal:** quando as partículas do meio de propagação vibram perpendicularmente à direção de propagação da onda. Um exemplo desse tipo de onda é a luz.

Figura 1: esquema de propagação de uma onda transversal em um determinado instante.

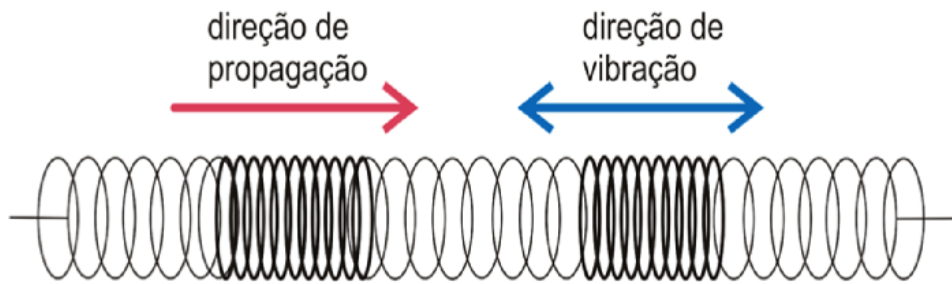


Fonte:

[https://www.google.com/search?q=Onda+transversal&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwin9uSco\\_bwAhVsELkGHVq5DcoQ\\_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=625#imgcr=WsZT2MHxrwTm5M](https://www.google.com/search?q=Onda+transversal&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwin9uSco_bwAhVsELkGHVq5DcoQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=625#imgcr=WsZT2MHxrwTm5M)

**Longitudinal:** quando as partículas do meio de propagação vibram na mesma direção em que a onda se propaga, como é o caso das ondas sonoras.

Figura 2: Esquema de propagação de uma onda longitudinal em um determinado instante.



Fonte: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-9-Ilustracao-de-onda-longitudinal\\_fig5\\_325942399](https://www.researchgate.net/figure/Figura-9-Ilustracao-de-onda-longitudinal_fig5_325942399)

Quanto à **direção de propagação**, as ondas podem ser classificadas:

**unidimensionais**: quando se propagam em apenas uma direção, como a onda em uma corda;

**bidimensionais**: se a propagação ocorre em duas direções, que é o caso da onda gerada por uma perturbação na água;

**tridimensionais**: que se propagam em três dimensões, como as ondas sonoras.

Para que se possa compreender o que se resulta a partir das ondas, veja no *link* abaixo uma demonstração de ondas na água, no ar (som) e ondas de luz:

Figura 3: Simulador PHET de ondas



Fonte: [https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html)

## Propriedades das ondas

A caracterização de uma onda depende de suas propriedades, tais como: velocidade de propagação, amplitude, período e frequência (HALLIDAY, 2001). Para uma melhor compreensão dessas propriedades, veja a seguir a representação gráfica de uma onda em um determinado instante:

Figura 4: Onda e suas características



Fonte: [http://explicatoruim.com/CFQ8/images/onda\\_caracteristicas.jpg](http://explicatoruim.com/CFQ8/images/onda_caracteristicas.jpg)

A parte mais alta de uma onda é chamada de crista e a mais baixa, de vale. O comprimento de onda é definido pela distância entre duas, cristas sucessivas ou por dois vales sucessivos (PELEGRINI, 1999).

Observe que a onda representa um fenômeno oscilatório. Ou seja, ele se repete ao longo do tempo.

Podemos relacionar o comprimento de onda, que pode ser representado pela letra grega  $\lambda$ , com sua velocidade de propagação  $c$ , com a frequência de oscilação por unidade de tempo (segundos):

$$\lambda = \frac{c}{f}. \quad (1)$$

Sendo:

$\lambda$  – o comprimento de onda (metros);

$c$  – velocidade de propagação da onda ( $c$  é a representação da velocidade das ondas luminosas, este valor é aproximadamente igual a  $3 \cdot 10^8$  m/s e representa o maior valor possível para a velocidade de qualquer coisa do universo);

$f$  – frequência (Hertz).

Da equação (1), levando em conta que estamos falando de ondas sonoras, podemos obter a velocidade para ondas mecânicas:

$$v = \lambda \cdot f. \quad (2)$$

Abaixo, segue o link de um simulador para verificar a velocidade do som no ar:

[https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=kv\\_rychlost\\_zvuku&l=en](https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=kv_rychlost_zvuku&l=en)

Podemos definir também o período, representado por T e dado em segundos, como o tempo que a perturbação leva para fazer uma oscilação completa. Observe que a frequência é o inverso do período e dada por Hertz [Hz]:

$$f = \frac{1}{T}. \quad (3)$$

E a velocidade de propagação da onda pode ser dada por:

$$v = \frac{\lambda}{T}. \quad (4)$$

Note, que a equação (4) é uma outra forma de escrever a equação da velocidade, pois é a divisão de uma distância pelo tempo.

### O que é som?

O som é uma perturbação que se desloca num meio material, definida como uma onda mecânica, longitudinal e tridimensional. O **som** precisa de um meio para se propagar, e é **tridimensional**, porque o espaço é isotrópico (tem as mesmas propriedades físicas em qualquer direção) e homogêneo (tem a mesma densidade média em todos os pontos) e de fato, ele é observado em todas as direções. A sua forma de propagação é **longitudinal**, pois a direção de propagação é paralela à vibração que a gerou (NUSSENZVEIG, 2002).

### Características fisiológicas do som

Além do comprimento de onda descrito anteriormente, o som possui características fisiológicas, como: (TREFIL, 2006)

**Altura:** relacionada com a frequência do som, sendo que os sons considerados altos são os sons agudos, os quais tem altas frequências para o ouvido



humano, já os sons baixos, são os sons graves, os quais tem baixas frequências. Dentre os exemplos de som grave podemos citar a voz masculina e de som agudo a voz feminina.

**Timbre:** é a característica que nos permite diferenciar sons, inclusive os de mesma frequência e intensidade, o timbre é o modo de vibração da onda sonora e cada fonte sonora possui seu timbre característico. É essa característica do som que nos permite diferenciar a voz das pessoas.

**Intensidade:** diz respeito a quantidade de energia que a onda sonora transmite e está relacionada à amplitude, sendo que quanto maior amplitude, maior intensidade, ou seja, sons com alta intensidade são também chamados de sons fortes.

Podemos dizer que a intensidade sonora  $I$  que flui de uma fonte e atravessa determinada área  $A$ , é:

$$I = \frac{P}{A}. \quad (5)$$

Sendo  $P$ , a potência do som, a qual é medida em watts (W).

De acordo com o Sistema Internacional de Unidades, SI, a intensidade sonora deve ser medida em Watts por metro quadrado ( $W/m^2$ ).

A intensidade sonora mínima percebida pelo ser humano é da ordem de  $10^{-12} W/m^2$ , que equivale a 0 decibel (dB). A sensação auditiva do ouvido humano vai do mínimo audível, citado anteriormente, até o limiar da dor, cerca de  $50 W/m^2$  (120 dB).

Por meio da grandeza denominada de **nível de intensidade sonora**, pode-se medir a sensação que o som produz sobre o sistema auditivo humano, uma vez que o nível de intensidade sonora é uma grandeza comparativa entre duas intensidades sonoras (GRILLO, 2016).

O nível de intensidade sonora ( $\beta$ ) está ligado à comparação entre duas unidades, no caso, a intensidade inicial de referência  $I_0$  (que é o valor mínimo audível,  $10^{-12} W/m^2$ ) e o nível de intensidade  $I$  relacionam-se conforme a equação (6):

$$\beta = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right). \quad (6)$$

Conforme equação (6), quando temos  $I = I_0$ , temos que  $\beta = 10 \log 1$ , que é igual a 0, e a unidade de  $\beta$  é denominada decibel (dB), o qual é um

número relativo que permite representar as relações entre duas grandezas do mesmo tipo (NUSSENZVEIG, 2002).

De acordo com a equação (6), pode-se obter (tabela 1) as relações entre a potência de uma onda sonora e o nível em Decibéis (dB). Observe que a função logarítmica facilita a representação de números grandes ou pequenos.

Tabela 1: Níveis de Intensidade Sonora

I (W/m <sup>2</sup> )	$\beta$ (Nível de Intensidade Sonora em dB)
$1 \times 10^{-12}$	0
0	1
10	10
100	20
1.000	30
10.000	40
100.000	50
1.000.000	60
1.000.000.000.000	120

Fonte: HALLIDAY, D. RESNICK, R. WALKER, J. Fundamentos de Física – Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 6ª edição. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2001.

### Escutamos todos os sons?

O ouvido humano é capaz de perceber sons com intervalo de frequências, entre **20 e 20.000 Hz**. Os sons abaixo do mínimo audível são denominados de *infrassons* e os acima do máximo audível, são denominados de *ultrassons*. O que para nós pode ser infrassom ou ultrassom pode ser som audível para outros animais. (TREFIL, 2006).

### Velocidade do som

A velocidade é uma grandeza física de caráter vetorial, por isso caracterizada por módulo, direção e sentido, que determinam a variação da posição no decorrer do tempo e pode ser representada pela equação (7):

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\text{variação de posição}}{\text{variação do tempo}}. \quad (7)$$

Quanto a velocidade do som, de acordo com Nussenzveig (2002), ela depende das propriedades que caracterizam o meio de propagação, como **densidade, temperatura e pressão, expresso pela equação (8):**

$$v = \sqrt{\frac{\beta}{d}} \quad (8)$$

Onde:

$\beta$  = **módulo de elasticidade volumar**, grandeza que indica a maior ou menor capacidade do material de permitir a passagem das ondas sonoras,

$d$  = **densidade do meio** onde ocorrerá a propagação das ondas.

A tabela a seguir mostra alguns valores de velocidades de propagação para diferentes meios.

Tabela 1.2: Velocidade do som em diferentes meios de propagação

Meio de propagação	Velocidade (m/s)
Ar (0 °C)	331
Ar (20 °C)	343
Água (0°C)	1402
Água (20 °C)	1482
Alumínio	6420

Fonte: HALLYDAY, D. RESNICK, R. WALKER, J. Fundamentos de Física – Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 6ª edição. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2001.

Note que a velocidade das ondas está diretamente relacionada com a proximidade entre os átomos que constituem o meio, quanto mais próximas as partículas, maior a velocidade de propagação do som (TREFIL, 2006).

### **Interferência, ondas estacionárias e ressonância**

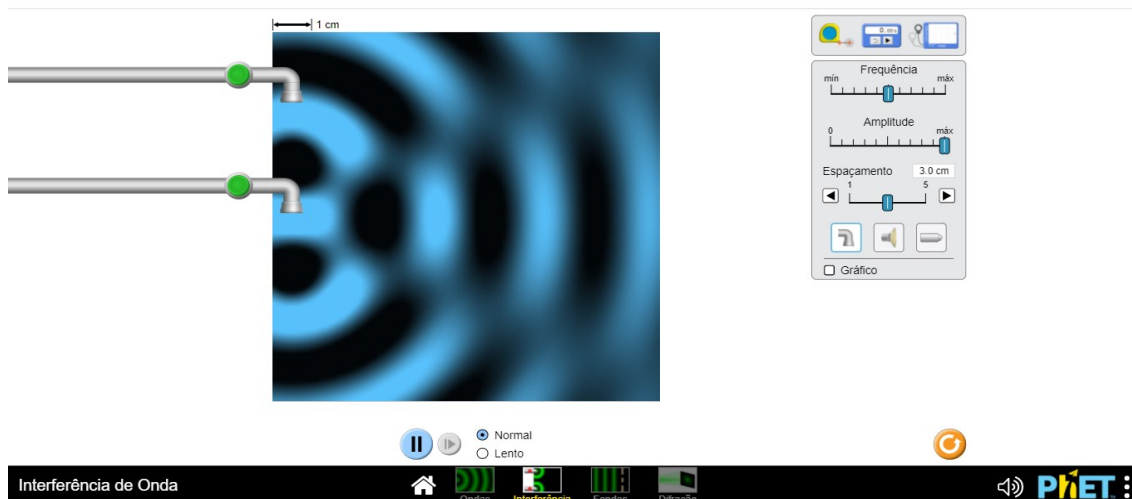
As interações entre duas ou mais ondas são descritas por fenômenos físicos, como exemplo, a interferência construtiva ou destrutiva, ondas estacionárias e ressonância.

Na interferência construtiva, as amplitudes das ondas se somam, ou seja, dois ou mais vales ou duas cristas (ou mais) se encontram, resultando numa onda de

maior amplitude. Na interferência destrutiva, o vale ou a crista de uma onda encontra a crista ou o vale da outra, de tal forma que se cancelam mutuamente (TREFIL, 2006).

Veja no link sugerido, a simulação da interferência:

Figura 5: Simulador PHET sobre interferência



Fonte: [https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_pt_BR.html)

As **Ondas estacionárias** resultam da interferência de duas ondas com a mesma frequência e que se deslocam na mesma direção, porém em sentidos contrários. As notas musicais são representadas por este tipo de onda. (GRILLO, 2016). Quando falamos em instrumentos musicais, falamos em ressonância e ondas estacionárias.

A ressonância ocorre quando a frequência de oscilação da fonte emissora da onda é igual ou muito próxima à frequência natural do receptor desta mesma onda, acarretando no aumento da amplitude das oscilações deste sistema. Esta ampliação é muito maior do que outras formas de ampliação da onda (NUSSENZVEIG, 2002).

### **Ondas estacionárias, harmônicos e notas musicais**

Um instrumento musical produz ondas estacionárias de diversos comprimentos de ondas, portanto, diversas frequências. As frequências que resultam em ressonância são chamadas de harmônicos. Então, os harmônicos, são um conjunto de frequências específicas que estão relacionados com as notas musicais (GRILLO, 2016).

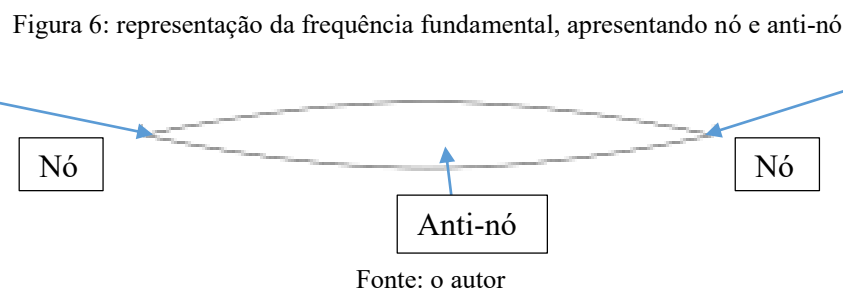
Um harmônico é sempre um múltiplo da frequência fundamental, ou seja, sempre é múltiplo da menor frequência capaz de produzir ondas estacionárias em um instrumento musical.

A menor frequência é também chamada de primeiro harmônico, sendo assim, os demais harmônicos da série são múltiplos do primeiro.

### Harmônicos em instrumentos de cordas

Nos instrumentos de cordas o som é emitido quando exercemos uma força de tração em uma ou mais cordas. Considerando apenas uma corda, caso ela esteja tensionada (esticada) e vibrada, teremos ondas transversais que se superpõem às refletidas pelas extremidades, gerando ondas estacionárias, as quais em contato com o ar darão origem às ondas sonoras. A figura 6 mostra a imagem de uma corda com sua frequência fundamental ( $f_0$ ), chamado de modo fundamental ou primeiro harmônico. Os outros modos de vibração para essa mesma corda serão múltiplos de  $f_0$ , ou seja, o segundo harmônico será  $2 f_0$ , o terceiro  $3 f_0$ , e assim sucessivamente (NUSSENZVEIG, 2002).

Chamamos de nó os pontos onde a amplitude da onda estacionária é zero. A região entre os nós é chamada de anti-nó, como também mostra a figura 6.



As frequências de uma corda vibrante, podem ser assim, calculadas:

$$f = \frac{n v}{2 L}. \quad (9)$$

Sendo:

$f$  – frequência (Hz)

$n$  – número de harmônicos (1, 2, 3, 4, ...)

$L$  – Comprimento da corda dado em metros (m)

$v$  – velocidade de propagação das ondas na corda (m/s)

Como na frequência fundamental estamos falando do primeiro harmônico, então para  $n = 1$ , a relação (9) fica:

$$f = \frac{v}{2L}. \quad (10)$$

Substituindo  $f$  da equação (10) em  $v = \lambda f$ , obtemos que  $\lambda = 2L$  para a frequência fundamental, e  $\lambda = \frac{2L}{n}$  para as demais frequências.

Ou seja, o comprimento de onda obtido em uma corda vibrando, na sua frequência fundamental, é igual ao dobro do comprimento da corda  $L$ .

Para determinarmos a velocidade de propagação das ondas nas cordas, considere  $F$  a força exercida sobre a corda de comprimento  $L$  e secção transversal de área  $S$ , com densidade volumétrica igual a  $\mu$ , teremos:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu S}}. \quad (11)$$

Considerando que o fio tem formato cilíndrico, então a seção de sua área é:  $S = \pi r^2$ , sendo  $r$  o raio e  $L$  o comprimento da corda.

## **Tubos sonoros**

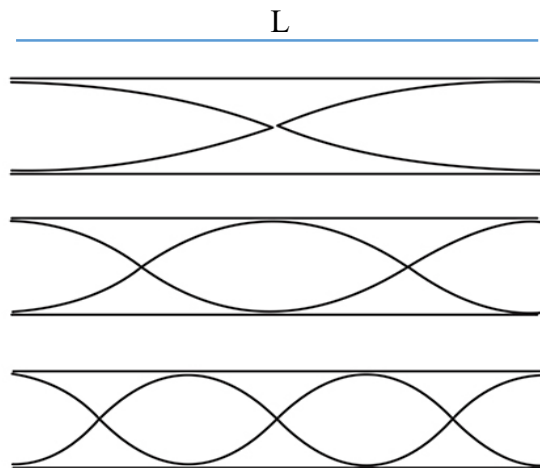
Nos tubos sonoros, as ondas estacionárias ocorrem devido a superposição de ondas nas correntes de ar do seu interior. As ondas geradas são ondas de pressão que entram através do sopro realizado na embocadura do tubo, sendo que o ar dentro do tubo, sofre um afunilamento que determina uma vibração originária das ondas (TREFIL, 2006).

Os tubos sonoros podem ter a extremidade oposta à embocadura aberta ou fechada, ou seja, temos sons produzidos por tubos abertos e fechados.

### **Tubos sonoros abertos**

Tal qual nos instrumentos de cordas, nos tubos sonoros abertos podemos ter vários modos de vibração, alguns deles estão representados na figura abaixo:

Figura 7: representação das ondas em um tubo aberto.



Fonte: adaptado de <https://pir2.forumeiros.com/t140301-tubos-sonoros>

As frequências naturais em um tubo aberto, também podem ser calculadas:

$$f = \frac{n v}{2 L}. \quad (12)$$

Sendo:

f – frequência (Hz)

n – número de harmônicos (1, 2, 3, 4, ...)

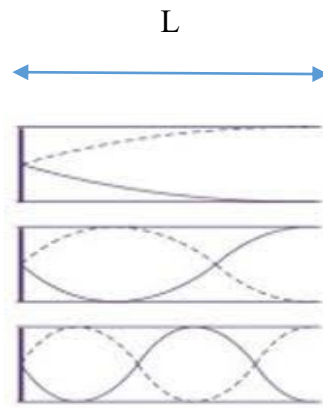
L – Comprimento do tubo (m)

v – velocidade de propagação das ondas na corda (m/s)

### **Tubos sonoros fechados**

Nos tubos sonoros fechados, a onda estacionária apresenta um ventre na embocadura e um nó na extremidade fechada, como mostra a figura 8.

Figura 8: representação de onda em tubos fechados.



Fonte: adaptado de <https://www.respondeai.com.br/conteudo/fisica/ondas/tubos-sonoros/488>

Para um tubo fechado, as frequências naturais se relacionam da seguinte maneira:

$$f = \frac{(n v)}{4 L}, \quad \text{onde } n = 1, 3, 5, 7, \dots \quad (13)$$

As frequências naturais são múltiplos ímpares da relação  $\frac{v}{4L}$ , pois para tubos fechados não temos harmônicos de ordem par.

### 1.3 Atividade prática - Construção da Mini-harpa

A mini harpa foi confeccionada pelo professor e utilizada como instrumento didático motivador para a compreensão das grandezas que caracterizam o som produzido por um instrumento de cordas.

#### 1.3.1 Materiais Utilizados:

- 2 laterais menores de caixas de frutas (caixa de uva, ameixa ou nectarina);
- Ripa adquirida em casas de materiais de construção com tamanho de 2x5x120 cm
- 16 pregos 10x10”
- 8 pregos 12x12”
- 34 parafusos para chave de fenda de 2,5 cm x 4 mm



- 1 tubo de cola para madeira
- 2 lixas para madeira número 120
- 1 rolo de fita crepe de 10 metros
- 1 carretel de linha de pesca de 0,40 mm
- 1 carretel de linha de pesca de 0,50 mm
- 1 fita métrica de costureira
- Dois pedaços de cabo de vassoura de madeira de 30 cm cada
- 1 martelo

### 1.3.2 Tabela de materiais utilizados e estimativa de preços

Tabela 1: Materiais utilizados e estimativa de preços para a construção da mini harpa

Material	Valor Unitário	Quantidade	Valor total
Caixas de frutas	-	2	Custo zero (doação)
Ripa 2x5x120 cm	R\$ 3,00 o metro	1,20 m	R\$ 3,60
Prego 10x10"	R\$ 10,00 cartela 40 g	1 cartela	R\$ 10,00
Prego 12x12"	R\$ 9,00 cartela 60 g	1 cartela	R\$ 9,00
Parafusos para chave de fenda de 2,5 cm x 4 mm	R\$ 0,10	34	R\$ 3,40
Tubo de cola para madeira (100 g)	R\$ 8,90	1	R\$ 8,90
Lixas para madeira número 120	R\$ 1,50	2	R\$ 3,00
Rolo de fita crepe 25mm x 50 m	RS 9,30	1	R\$ 9,30

Carretel de 100 metros de linha de pesca de 0,40 mm	R\$ 5,90	1	R\$ 5,90
Carretel de 100 metros de linha de pesca de 0,50 mm	R\$ 7,90	1	R\$ 7,90
Fita métrica de costureira de 1,5 m	R\$ 4,00	1	R\$ 4,00
Cabo de vassoura de madeira de 30 cm	-	2	Custo zero (doação)
Martelo	-	1	R\$ 12,00
Total das despesas			RS 77,00

Fonte: o autor

### 1.3.3 Montagem da Mini Harpa

Nesta seção, apresenta-se o passo a passo para construção da mini harpa.

1 - Desmonte duas caixas de frutas para utilizar as laterais menores, partes que possuem o furo por onde se segura a caixa. Veja Figura 1.1 (a) e 1.1 (b).

Figura 1.1: Foto da caixa de frutas a que se refere o item. E, (b) ilustração da parte da caixa a ser retirada



(a)



(b)

Fonte: o autor

2 - Das 4 laterais das caixas, junte duas a duas de tal forma que os furos fiquem mais próximos (Figura 1.2). Utilize cola e fita adesiva para uni-las;

3 - Juntam-se duas laterais com cola e fita adesiva de tal modo que fiquem unidas lado a lado, conforme figura 1.2:

Figura 1.2: Desenho ilustrativo indicando como unir as duas partes retiradas da caixa de madeira.



Fonte: o autor

4 - Corte a ripa, adquirida em uma loja de materiais de construção, em pedaços de 30cm para formar as laterais da mini harpa. Você pode usar pregos ou cola para madeira. Depois, encaixe as tampas coladas e lixadas. Veja a figura 1.3 como deve ficar a montagem.

Observação: prega-se as laterais da caixa antes de colocar as “tampas” para facilitar a montagem.

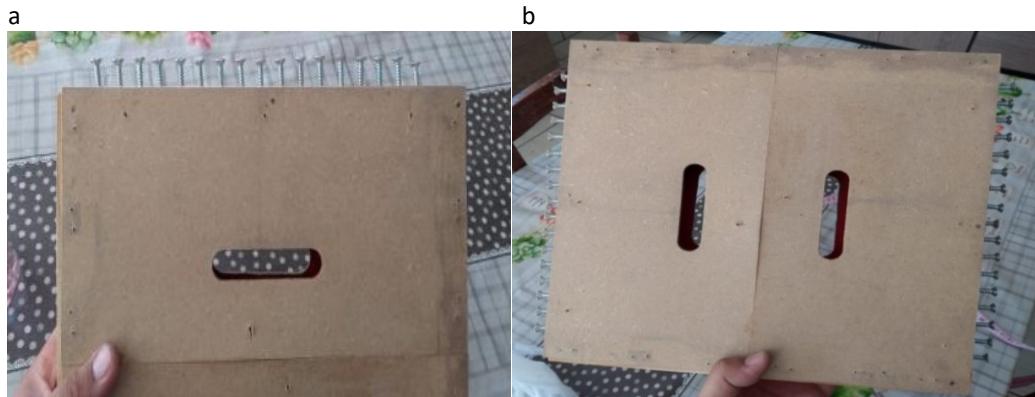
Figura 1.3: foto da mini-harpa montada.



Fonte: o autor

5 - Iniciando pelo centro, encontre 17 pontos equidistantes entre si, nas duas laterais menores deixando 2 cm de borda em cima e em baixo. Veja as figuras 1.4.

Figura 1.4: a) Vista lateral dos parafusos fixos e b) Vista de cima os parafusos fixos de ambos os lados.



Fonte: o autor

Observação: Para conseguir colocar os 17 parafusos de cada lado, a lateral deve ter, no mínimo, 25 centímetros

6 - Corte 9 pedaços de aproximadamente 90 cm da linha de pesca de 0,40 mm e 8 pedaços de mesmo tamanho da linha mais grossa, de 0,50 mm.

Observação: pode-se optar por outras linhas, o importante é que sejam de diâmetros diferentes para produzir diferentes sons.

7 - Coloque (sem colar) os cabos de vassoura em forma de V. As nove cordas mais finas são posicionadas na parte superior do V e as oito mais grossas, na parte inferior.

Observação: Para colocar as cordas, use os parafusos como suporte e dê dois nós e mais duas voltas. Para levar a corda do outro lado da mini harpa, passe pela fenda do parafuso, como mostra a figura 1.5 para fazer o mesmo procedimento do outro lado. Se certifique que a corda esteja bem firme. Corte os excessos do fio com um alicate, uma tesoura ou um estilete. E a mini harpa ou cítara estará pronta, conforme figura 1.6:

Figura 1.5: Esquema de como passar a corda do outro lado



Fonte: o autor

Figura 1.6: Mini-harpa

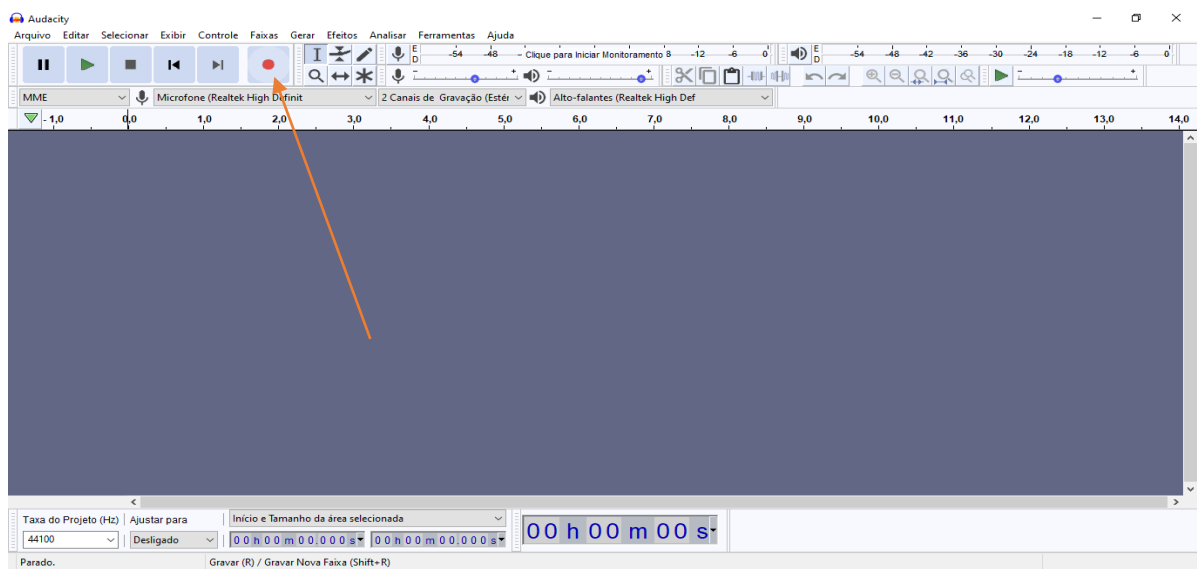


Fonte: o autor

### 1.3.4 Análise do som emitido pela mini-harpa utilizando o *software Audacity*.

1 – Baixe gratuitamente o *software Audacity*. Veja a interface do programa na figura 1.7.

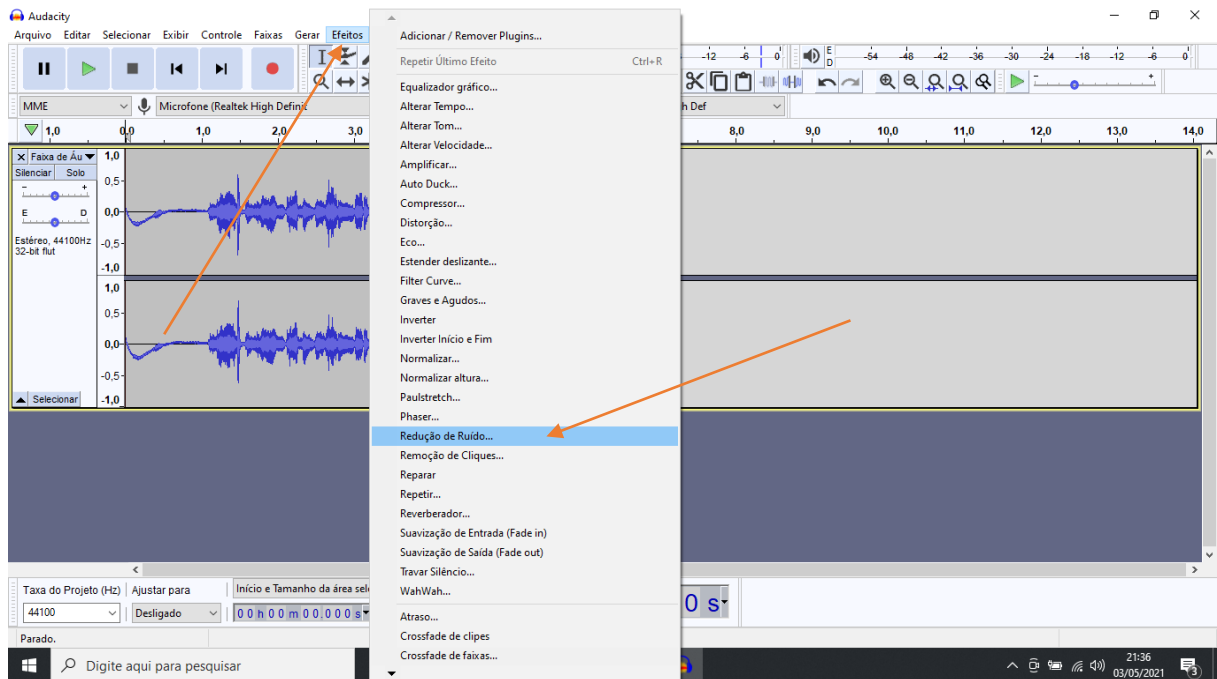
Figura 1.7- Interface do *software Audacity*, mostrando onde clicar para iniciar a gravação do som



Fonte: o autor

2 – Dedilhe as cordas da mini harpa para produzir som e coloque o programa para gravá-lo. Para isto, selecione o ícone ‘gravação’. Depois de gravado, no ícone ‘efeitos’, busque o redutor de ruídos, clicando em ‘OK’.

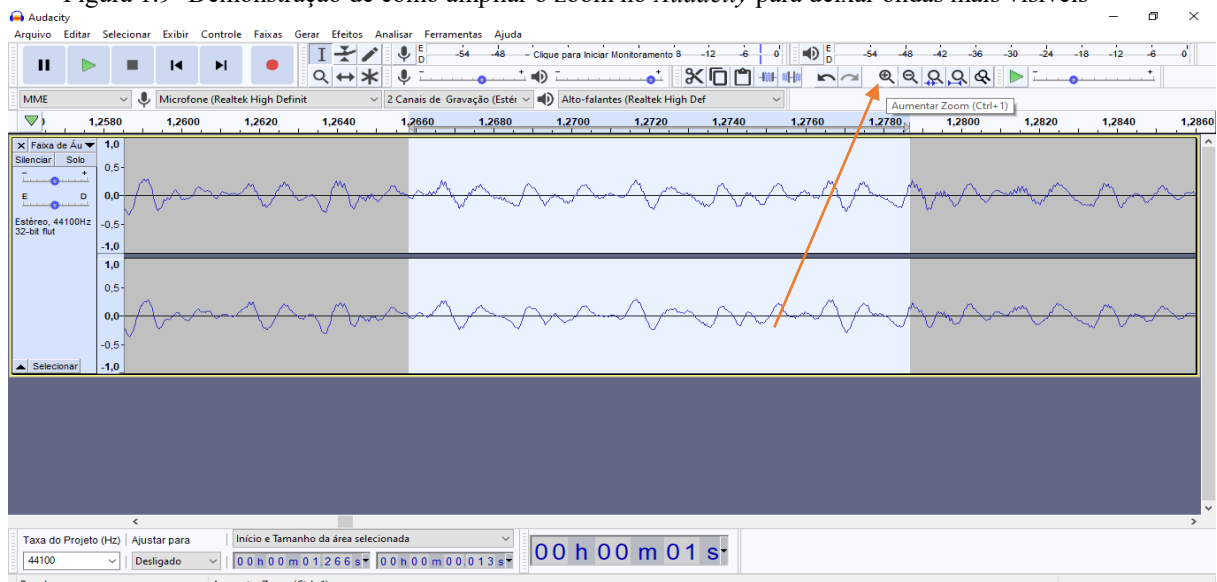
Figura 1.8:- Como fazer a redução de ruído no Audacity



Fonte: o autor

3 - Após limpar o som, vá em 'zoom' e selecione a área onde o som foi emitido, amplie até conseguir visualizar nitidamente os comprimentos de onda.

Figura 1.9- Demonstração de como ampliar o zoom no Audacity para deixar ondas mais visíveis



Fonte: o autor

4 - Visualizado o comprimento de onda, selecione uma única onda da sequência obtida e na parte inferior do layout do Audacity, selecione a opção "Início e Tamanho da área selecionada", obtendo assim o valor do período da onda sonora.

5 – Com o período obtido, substitua-o na equação 3, ( $f = \frac{1}{T}$ ), obtendo assim, a frequência, observe se o valor obtido está de acordo com o que é esperado.

6 – Após encontrar o valor da frequência do som, substitua-o na equação 2, ( $v = \lambda \cdot f$ ) do texto-base, considerando o valor de  $v = 340 \text{ m/s}$  e obtenha o comprimento de onda.

Realizados todos os procedimentos acima, espera-se que os estudantes encontrem valores próximos a 340 m/s para a velocidade do som.

7 – Repita o procedimento descrito acima para outras cordas. Terminada esta atividade, responda os seguintes questionamentos:

- a) Houve diferença no valor da frequência obtida nas diferentes cordas? Se sim, explique com suas palavras as diferenças observadas.
- b) Foi fácil perceber uma sequência de comprimentos de ondas ao tocar a corda? Como que podemos explicar tal ocorrido?
- c) Conhecendo a frequência obtida em cada corda e o comprimento da mesma, calcule a velocidade de propagação da onda em cada corda tocada (Utilize a equação 12 ( $f = \frac{Nv}{2L}$ ) do texto-base)
- d) Agora que já encontrou a velocidade de propagação da onda na corda, sabendo que utilizamos fio de nylon para realização das medidas (densidade =  $1,14 \text{ g/cm}^3$ ), e considerando que o fio se trata de um formato cilíndrico, calcule a força de tração realizada em pelo menos uma das cordas. (Utilize a equação 11  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu S}}$ , onde  $\mu$  é a densidade e S é área da corda e considere  $S_{\text{corda}} = 2\pi \cdot r \cdot L$ )

Espera-se que o estudante, ao repetir o procedimento para outras cordas, encontre valores diferentes de frequência e, a partir dos resultados obtidos, possa relacionar ao conceito de harmônicos, compreendendo assim, que matematicamente as

notas musicais são compostas por diferentes frequências, múltiplas da frequência fundamental.

Agora vamos elaborar um Mapa Conceitual (MC), com os conceitos vistos.

### **1.3.5 Exemplo de um Mapa Conceitual final – aula 1**

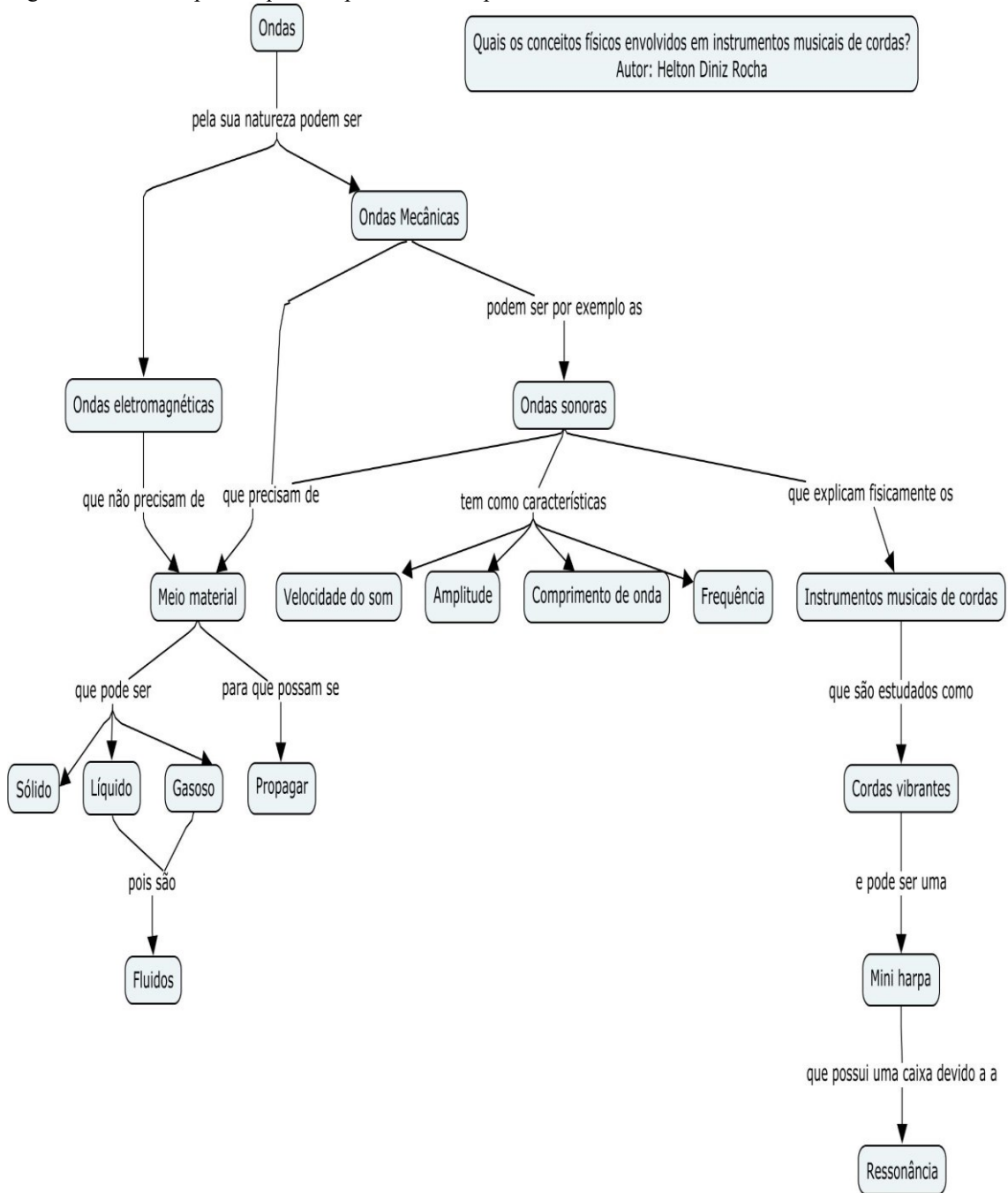
Terminado esse momento da primeira oficina, passa-se a construção do Mapa Conceitual (MC), onde apresenta-se aos alunos o programa Cmaptools e fala-se sobre a necessidade de uma pergunta focal para que possam pensar e relacionar os conceitos buscando construir um MC que responda convincentemente e apresente o entendimento dos mesmo sobre o assunto trabalhado. Para isso, é de fundamental importância não só colocar os conceitos, mas também conectá-los com bons termos de ligação, que não devem ser generalistas ou simplistas. E ao final da montagem desta primeira versão do MC, obtém-se a tabela de clareza proposicional (TCP), verificando assim se o MC apresenta clareza semântica e está conceitualmente correto.

Espera-se que ao final desta aula, cada aluno possa esboçar seu MC individual que será utilizado para a construção do MC coletivo.

De acordo com Novak (apud AGUIAR, 2013) não existe MC certo ou errado. No entanto, quanto mais conceitos os alunos relacionar hierarquicamente, mais completo será o MC. Na figura 1.10, trazemos um modelo esperado. E, a partir disto, finalizamos o cronograma proposto para a primeira oficina.



Figura 1.10 – Exemplo do que se espera de um mapa conceitual final – aula 1.



Fonte: o autor, 2021.

## 2ª Semana (4 aulas)

### 2.1 Atividade prática - Determinando a velocidade do som no ar

O segundo dia de oficina iniciou com a mini harpa pronta. O som emitido seria analisado pelo *software Audacity* para se determinar a velocidade de

propagação do som. Na seção 2.4.1, descrevemos os materiais utilizados e na seção 2.4.2 apresentamos os custos, já na 2.4.3 os procedimentos utilizados. Esta atividade tem como objetivo que os estudantes encontrem a velocidade do som no ar fazendo uso da mini harpa por eles construída e também do *software Audacity*.

Na atividade anterior, consideramos a velocidade do som igual a  $340\text{ m/s}$  para resolvermos as atividades. No entanto, nesta atividade, iremos determinar a velocidade do som fazendo uso do *software Audacity*

Para esta etapa, utilizamos os materiais citados abaixo:

### 2.1.1 Materiais utilizados

- 1 notebook com o *software audacity* (programa gratuito)
- 1 microfone (utilizou-se o fone do celular Motorola G7, que tem microfone embutido)
- 1 instrumento que emita som (utilizaremos a mini harpa construída, mas pode ser qualquer objeto que emita um som no estilo de um clique, pode ser até o estalar dos dedos)
- 1 cano de PVC de 1 metro (pode ser qualquer outra medida, adotou-se esse cano para facilitar os cálculos)

### 2.1.2 Tabela de materiais utilizados e estimativa de preços

Considerando que se pode utilizar o notebook pessoal ou algum computador de mesa e ainda que podemos medir qualquer som, sem a necessidade de um instrumento, desconsideramos estes últimos na estimativa de preços.

Tabela 2.1: Materiais utilizados e estimativa de preços para determinação da velocidade do som

Material	Valor Unitário	Quantidade	Valor total
Microfone	R\$ 15,00	1	R\$ 15,00
Cano de PVC	R\$ 15,00*	1	R\$ 15,00
Total			R\$ 30,00

\*preço da barra de 6 metros, este item não é vendido de outra forma.

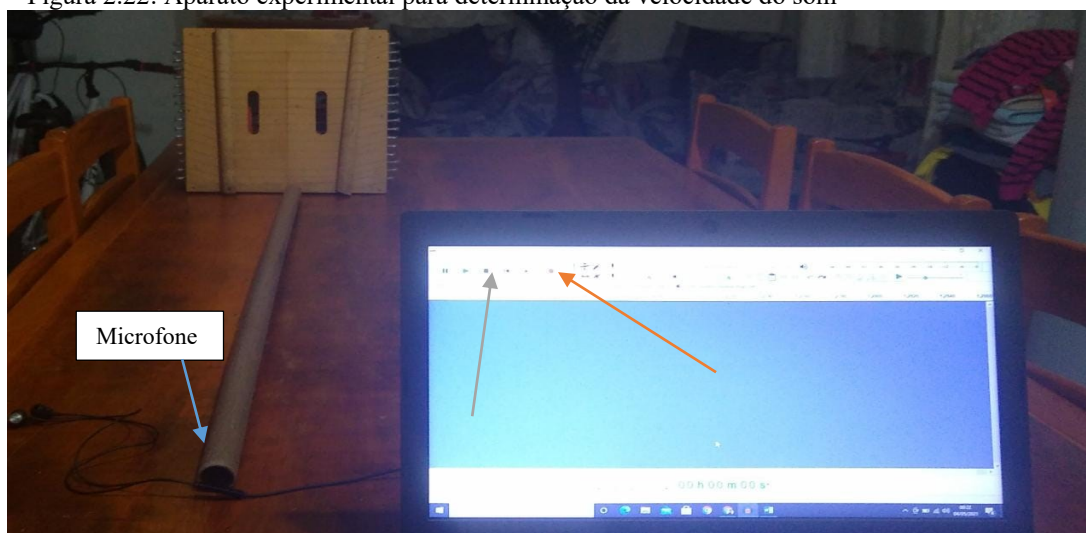
Fonte: o autor

### 2.1.3 Montagem Experimental e roteiro de atividades

Nesta seção, apresenta-se a montagem do aparato experimental.

1 – Coloca-se o microfone ligado ao *notebook* e, em seguida, coloca-se uma das bocas do cano junto ao microfone.

Figura 2.22: Aparato experimental para determinação da velocidade do som



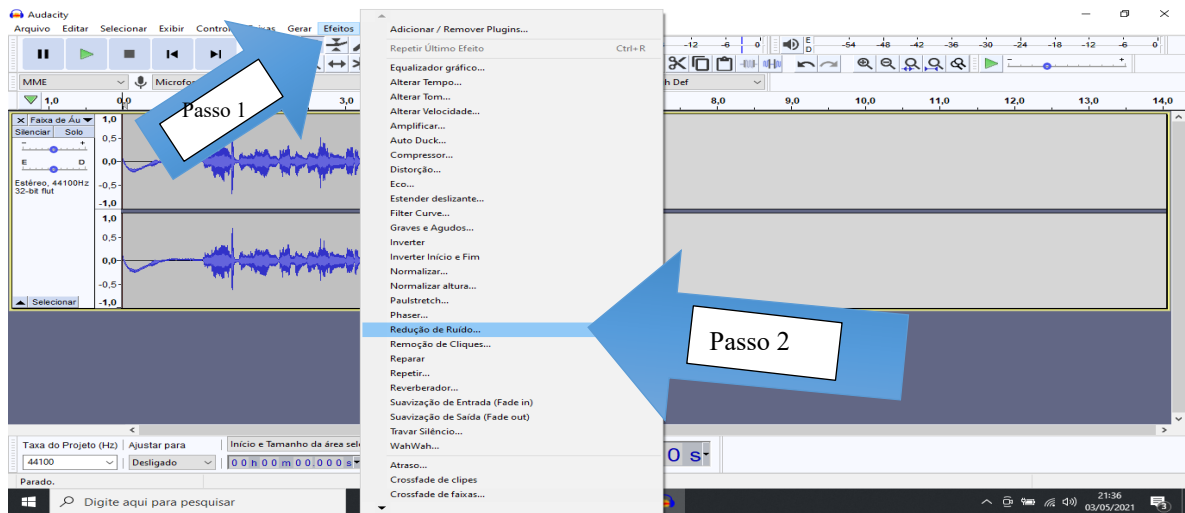
Fonte: o autor, 2021

2 – Com o aparato experimental montado, abre-se o *software Audacity* e uma pessoa clica no ícone “gravar” (botão vermelho na parte superior, indicado pela seta vermelha) e outra pessoa emite o som com a mini harpa na outra boca do cano.

3 - Após uns três segundos aproximadamente, pare a gravação no ícone “stop” (quadrado na parte superior indicado pela seta verde).

4 – Selecione uma parte da gravação que não tenha registro de som (linha reta). No ícone “efeitos”, vá em redutor de ruídos, onde clicará em “obter perfil do ruído” e em seguida, em “ok” onde obtêm-se um perfil do ruído. Feito o procedimento, selecione todo o áudio gravado, vá em “efeitos” e em seguida, em “redução de ruído” e aí limpa-se o som.

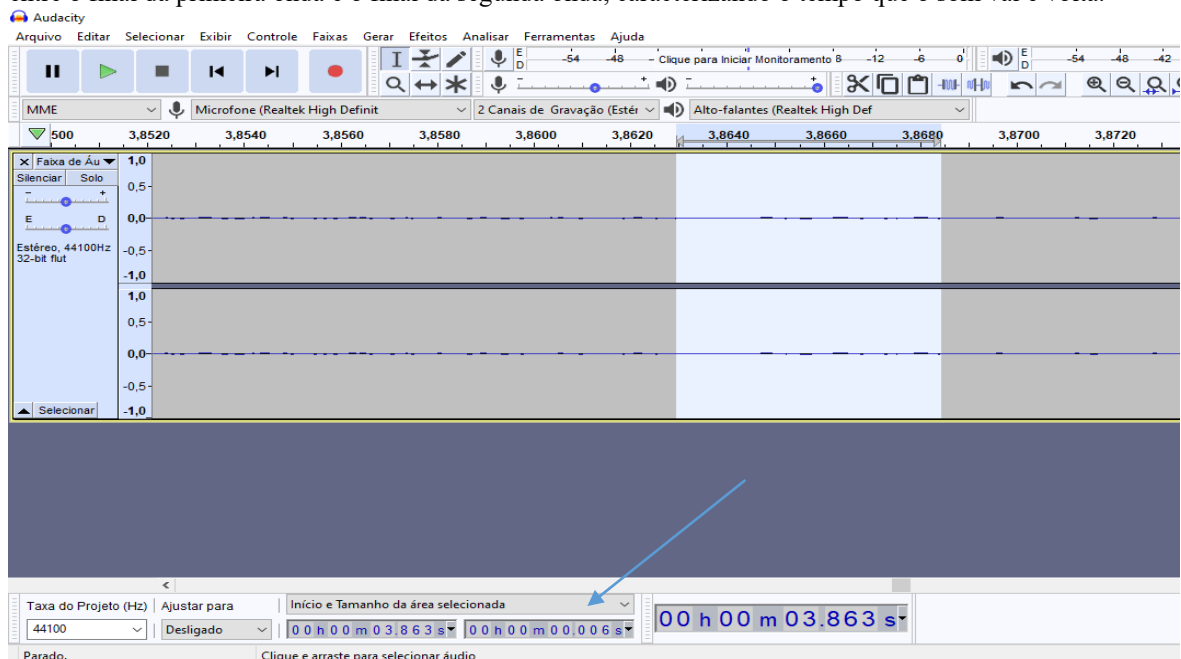
Figura 2.23: Como fazer a redução de ruído no *Audacity*.



Fonte: o autor, 2021.

5 – Utilizando a ferramenta “zoom” do aplicativo, encontre o final da primeira onda e o final da segunda onda, selecione-as. Em seguida, observe no campo abaixo (na tela) o valor referente a distância entre as duas pontas selecionadas, conforme a imagem da figura 2.24.

Figura 2.24: Print da tela indicando (pela seta) o tamanho da área selecionada, que é o intervalo de tempo entre o final da primeira onda e o final da segunda onda, caracterizando o tempo que o som vai e volta.



Fonte: o autor, 2021

6 – Encontrado o valor que corresponde ao tempo de retorno do som, substitua-o na equação  $v = \frac{2d}{t}$ , onde  $d$  é o comprimento do cano utilizado e  $v$  será o valor da velocidade do som. Compare o valor obtido com o valor cientificamente aceito que é de 340 m/s, aproximadamente.

7 – Após a realização da atividade, responda aos seguintes questionamentos:

- a) Por que considero a distância  $2d$  percorrida pelo som?
- b) Explique com suas palavras, o fenômeno físico que possibilita a determinação da velocidade do som pelo aparato construído.
- c) Se vejo um relâmpago no horizonte e cerca de 5 segundos depois eu ouço o seu som, a que distância de mim ocorreu esse raio? (adote  $v_{\text{som}} = 340 \text{ m/s}$ )

Após a determinação da velocidade do som, espera-se que os estudantes compreendam a necessidade de um meio material para que a onda sonora possa se propagar e que possam encontrar a velocidade do som no ar a partir do zero, ou seja, a partir de materiais por eles construídos aliando-se a recursos tecnológicos de fácil acesso. Em seguida, foi proposto aos estudantes que respondessem um quiz para que os mesmos pudessem assimilar os conteúdos já trabalhados.

## 2.2 Quiz sobre os conceitos físicos trabalhados

Para aplicação deste quiz, utilizou-se o aplicativo *Kahoot!* Foram 7 perguntas com intervalo de 30 segundos para cada. O programa gera um ranking entre quem mais acertou em menor tempo de resposta. O quiz foi criado para ser utilizado neste trabalho e está disponível a todos através do link [https://kahoot.it/challenge/fb1b8a5f-a0b5-473a-9700-e708ff00af6e\\_1655462408649](https://kahoot.it/challenge/fb1b8a5f-a0b5-473a-9700-e708ff00af6e_1655462408649).

Na figura 2.4 exibimos a sequência das questões elaboradas para o quiz.

Figura 2.4. Sequência das questões do Quiz.

O som é uma onda?

25

Kahoot!

▲ Mecânica

◆ Eletromagnética

● Material

■ Gravitacional

A luz é uma onda?

30

Kahoot!

▲ Mecânica

◆ Eletromagnética

● Gravitacional

■ De matéria

Quais são as formas de vibração de uma onda?

30

Kahoot!

▲ Bidimensional e tridimensional

◆ Mecânica e eletromagnética

● Transversal e longitudinal

■ Transversal e eletromagnética

The image displays three sequential Kahoot! quiz questions. Each question is presented in a white box with a purple 'Kahoot!' logo and a question number in a purple circle. The questions are: 1. 'O som é uma onda?' (Sound is a wave?) with options: Mecânica (Mechanics), Eletromagnética (Electromagnetic), Material, and Gravitacional (Gravitational). 2. 'A luz é uma onda?' (Light is a wave?) with options: Mecânica, Eletromagnética, Gravitacional, and De matéria (Of matter). 3. 'Quais são as formas de vibração de uma onda?' (What are the forms of vibration of a wave?) with options: Bidimensional e tridimensional (Bidimensional and tridimensional), Mecânica e eletromagnética (Mechanics and electromagnetic), Transversal e longitudinal (Transverse and longitudinal), and Transversal e eletromagnética (Transverse and electromagnetic). Each question has a 30-second timer and a speaker icon in the top right corner.

Qual destas é uma informação quanto a direção de propagação de ondas?



29



Eletromagnética

Bidimensionais

Transversal

Mecânicas

Qual destes não é uma parte de uma onda?



28



Crista

Vale

Ventre ou antinó

Timbre

Qual a unidade da grandeza física frequência?



30

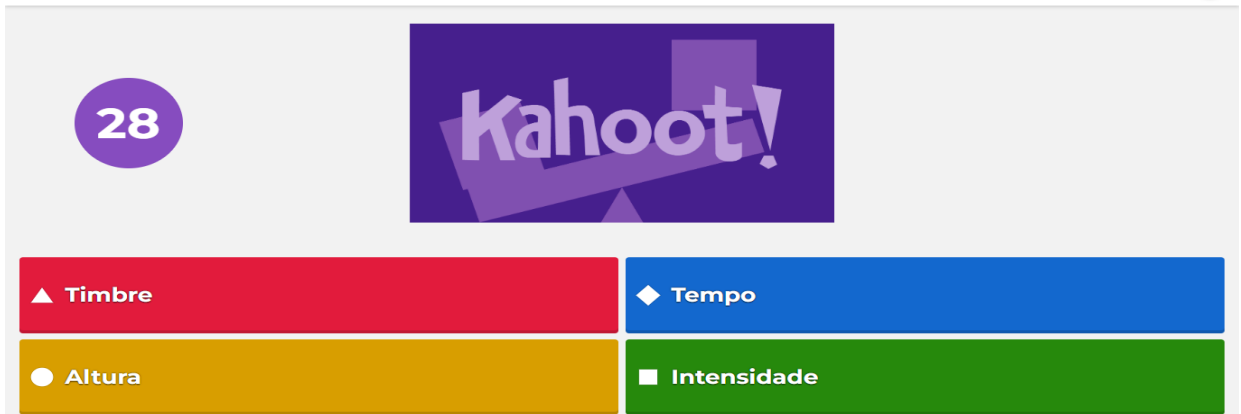


metros por segundo (m/s)

Metros (m)

Hertz (Hz)

Segundos (s)



Fonte: o autor

A intenção da atividade é verificar se os conceitos envolvidos foram compreendidos e proporcionar a fixação dos mesmos. Os alunos tiveram acesso aos resultados da sua pontuação, onde todas as respostas dadas devem ser comentadas.

### 2.3 Atividade prática - Construção do tambor

Aqui descrevemos o procedimento de construção de um tambor. No PE, que acompanha esta dissertação, apresentamos como esta atividade foi desenvolvida com os alunos. A TAS fundamenta esta atividade. Além da motivação, esta atividade auxilia discussões que promovem a aprendizagem subordinada e ordenada por meio da retomada dos conteúdos teóricos específicos com relação aos conceitos gerais.

Na seção 2.3.1 apresentamos os materiais utilizados, em 2.3.2 a tabela de materiais e estimativas de preços, no item 2.3.3 os passos para a montagem do tambor, em 2.3.4 o roteiro de atividades e finalizamos com a seção 2.3.5 na qual continuamos a construção do MC, acrescentando os conceitos físicos abordados na construção es estudo sobre o tambor.

#### 2.3.1 Materiais Utilizados

Nesta seção é apresentada a lista de materiais necessários para a construção de um tambor.

1. Barrica de grafiato ou massa corrida;
2. Estilete



3. Couro sintético 70x70 cm de sofá velho
4. 5 metros de cordão de varal (pode ser qualquer uma corda fina que dê para deixar firme)
5. Fita métrica de costureira
6. Caneta
7. Alicates de ilhós
8. 16 ilhoses

### 2.3.2 Tabela de materiais utilizados e estimativa de preços

Tabela 2.3.2: Materiais utilizados e estimativa de preços para construção do tambor

Material	Valor Unitário	Quantidade	Valor total
Barrica de grafiato ou massa corrida	-	1	Custo zero (doação)
Estilete	R\$ 7,00	1	R\$ 7,00
Couro sintético 70x70 cm	-	1	Custo zero (doação)
Cordão de varal	R\$ 2,00 (corda 10 m)	1	R\$ 2,00
Fita métrica de costureira de 1,5 m	R\$ 4,00	1	R\$ 4,00
Caneta	R\$ 1,00	1	R\$ 1,00
Alicate de ilhós	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00
Ilhoses	R\$ 0,20	16	R\$ 3,20
Total das despesas			R\$ 37,20

Fonte: o autor, 2021

### 2.3.3 Montagem experimental

1. Deixe a barrica sem tampa e sem fundo (Figura 2.5)

Figura 2.5: Desenho ilustrativo da barrica sem a tampa e fundo



Fonte: o autor.

2. Use a barrica para marcar, com uma caneta esferográfica, a circunferência do couro sintético, veja figura 2.6.

Figura 2.6: Desenho ilustrativo da marcação no couro sintético da boca e fundo da barrica



Fonte: o autor.

3. Agora use um barbante fixo no centro da circunferência e com uma caneta amarrada neste barbante trace uma circunferência 4 cm maior que a tampa da barrica. Você estará construindo a tampa do tambor. Faça duas peças destas.
4. Corte os dois círculos maiores com o uso de um estilete, faça - o em uma mesa de mármore ou granito sem nenhuma toalha para não riscar a mesa ou rasgar alguma toalha.

5. Pegue a fita métrica e meça o comprimento do círculo de couro sintético cortado, marque oito pontos próximos a borda (entre o círculo menor e a parte cortada) com o mesmo espaçamento e fure-os com o alicate de ilhós;
6. Agora que tem os pontos, coloque um círculo em cada boca e passe as cordas, sem esticar por enquanto, em forma de zigue-zague até que se passe por todos os buracos;
7. Passada toda a corda ao redor nos couros sintéticos, comece a esticá-la de forma que mantenha a mesma pressão em toda a volta do tambor. Veja figura 2.7.

Figura 2.7: Tambor



Fonte: o autor

### 2.3.4 Roteiro de atividades após a construção do tambor

1 – Utilizando o instrumento de percussão construído (tambor), abra o aplicativo *Audacity* e grave o som das batidas no tambor.

2 – Selecione a gravação e no ícone “efeitos”, vá em “reduzidor de ruídos”, onde clicará em “ok”, limpando assim o som.

3 - Após limpar o som, vá em “zoom” e selecione a área onde o som foi emitido, amplie até conseguir visualizar nitidamente os comprimentos de onda.

4 – Selecione uma única onda da série de sequência obtida (caso consiga identificar uma sequência) e na parte inferior, faça a subtração dos valores de início e fim da área selecionada.

5 – Com o valor da subtração, você terá o período, substitua-o na equação que relaciona o período com a frequência, desta forma, encontrará a frequência e por último, observe se o valor encontrado está de acordo com o que é esperado.

6 – Após encontrar o valor da frequência, substitua o valor obtido na equação 2.2 ( $v = \lambda \cdot f$ ), considerando o valor da velocidade do som como 340 m/s, encontre o comprimento de onda.

7 – Repita o procedimento para outras batidas em outros ritmos, utilize também vozes masculinas e femininas, conversando e cantando.

Responda:

a) No gráfico das ondas sonoras obtidas com as diferentes percussões, há alguma sequência? Justifique sua resposta.

b) Você percebeu alguma diferença nas ondas obtidas pelas vozes masculinas e femininas e nos diferentes toques do tambor? Explique o que observou?

c) Por que será que as ondas obtidas pelos toques do tambor são diferentes das ondas com as vozes falando e cantando?

Fazendo uso do instrumento construído e do *software Audacity*, o estudante perceberá que as ondas sonoras emitidas por instrumentos de percussão são ondas irregulares, e que as ondas sonoras emitidas por vozes masculinas e femininas, possuem frequências diferentes, o que possibilita definirmos sons graves e agudos.

Após os alunos responderem, compartilhem suas respostas e elas serem discutidas com a turma, retornamos para a construção do MC.

### 2.3.5 Exemplo e um mapa conceitual como esperado – oficina 2

Neste momento, relembramos os alunos do programa *Cmaptools* e iniciamos a revisão do MC anterior para acrescentarmos informações sobre os conceitos e os termos de ligação.

Nesta atividade o professor manuseou o programa conforme as indicações de todos estudantes, sempre os orientando-os para que verificassem a TCP de forma que o MC apresentasse clareza semântica e estivesse conceitualmente correto.

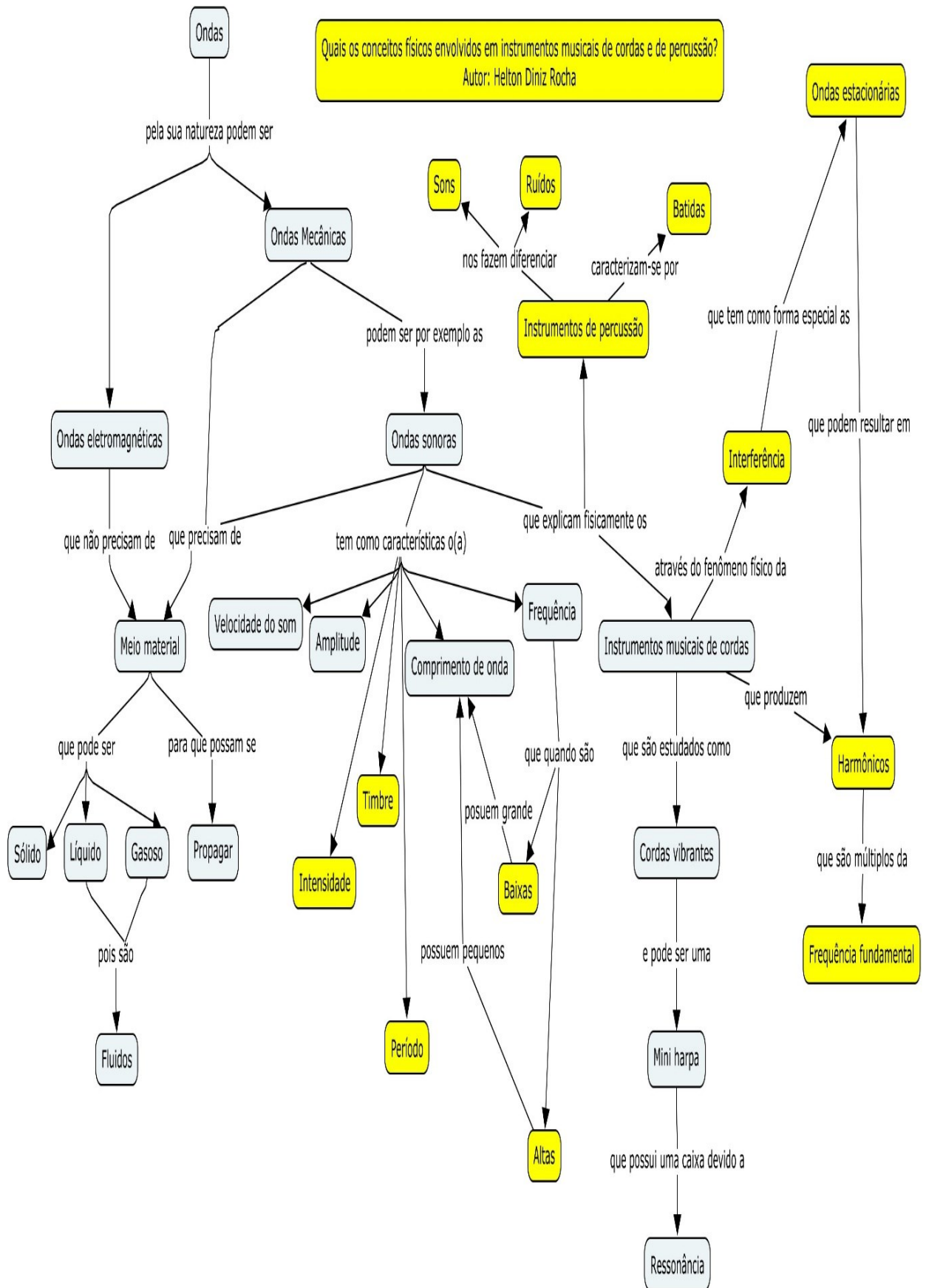
Esperava-se que o MC, construído coletivamente, apresentasse elementos como o exemplo da figura 2.8.

Note que os conceitos agregados neste momento, foram destacados em amarelo e que se acrescentaram a ele, conceitos trabalhados no primeiro encontro o que nos faz compreender a importância de se rever os MCs construídos para avaliarmos a evolução do conhecimento. Esta dinâmica está de acordo com a aprendizagem significativa de Ausubel , uma vez que propicia a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Caso o MC fique muito grande, pode-se optar por construir mapas complementares e anexar os mesmos a um mapa principal. O programa *Cmaptools* permite esse recurso, o qual inevitavelmente poderia se fazer uso após o próximo encontro.

Com isso, finaliza-se a segunda semana de aplicação do PE.

Figura 2.8: Esboço do mapa conceitual que pode ser construído ao final da segunda oficina



Fonte: o autor, 2021.

### **3ª Semana – (4 aulas)**

Na terceira e última semana de aplicação do PE, inicia-se com um texto sobre a história da música e dos instrumentos musicais, o qual o professor disponibilizou um tempo para que os alunos fizessem a leitura e, após este momento, o docente discutiu o teor do texto com os alunos e encerrou com um quiz envolvendo 10 questões sobre a história da música e dos instrumentos musicais.

#### **3.1 Texto, elaborado pelo autor, a partir das referências bibliográficas apontadas abaixo sobre história da música e dos instrumentos musicais**

MARCHAND, P. *A música dos instrumentos: das flautas de osso da pré-história às guitarras elétricas*. 6ª edição, Melhoramentos, 1997.

Música - origem - Sons e instrumentos Valéria Peixoto de Alencar\*, Especial para a Página 3 Pedagogia & Comunicação

<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/artes/musica---origem-sons-e-instrumentos.htm>

acesso em 01/06/2021 às 09:25 horas

A música no contexto da Psicopedagogia e a utilização de instrumentos musicais como ferramentas de aprendizagem Francisco Lindoval de Oliveira

[https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/20/10/a-musica-no-contexto-da-psicopedagogia-e-a-utilizacao-de-instrumentos-musicais-como-ferramentas-de-](https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/20/10/a-musica-no-contexto-da-psicopedagogia-e-a-utilizacao-de-instrumentos-musicais-como-ferramentas-de-aprendizagem)

[aprendizagem](https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/20/10/a-musica-no-contexto-da-psicopedagogia-e-a-utilizacao-de-instrumentos-musicais-como-ferramentas-de-aprendizagem) acesso em 01/06/2021 às 09:34 horas

Instrumento musical <https://escola.britannica.com.br/artigo/instrumento-musical/481992>

Acesso em 01/06/2021 às 08:20 horas

A história dos instrumentos Antônio Rodrigues 14 de setembro de 2011

<https://movimento.com/a-historia-dos-instrumentos> acesso em 01/06/2021 às 08:15 horas

#### **Breve história da música e dos instrumentos musicais**

A palavra música deriva do grego musiké téchne e quer dizer “arte das musas”. A música é a combinação de ritmo, harmonia e melodia de maneira agradável ao

ouvido (ALMEIDA, 1993). Música é uma manifestação artística e cultural de um povo em determinada época ou região e também serve para expressar sentimentos (OLIVEIRA, 2019), no entanto, a música é uma forma de expressão que tem como matéria-prima o som.

De acordo com Almeida, a música é composta por três elementos: melodia, harmonia e ritmo, sendo a melodia um\ sucessão de sons musicais combinados, a harmonia a combinação de sons simultâneos e o ritmo a duração ea acentuação dos sons e das pausas. Se faltar um destes elementos, não tem como produzir música.

No dicionário Houaiss (apud Bréscia, 2003, p. 25) a música é definida com “combinação harmoniosa e expressiva de sons e como a arte de se exprimir por meio de sons, seguindo regras variáveis conforme a época, a civilização, etc”.

A música expandiu-se ao longo dos anos, e atualmente tem diversas utilidades não apenas como arte, mas também no contexto militar, educacional ou terapêutico. Além disso, tem presença central em diversas atividades coletivas, como os rituais religiosos, festas e funerais.

Antes de pensarmos em música, no começo dos tempos, o homem ouvia os sons da natureza, como por exemplo o vento assobiando nos bambus. Não há povo da Antiguidade que não tenha feito uso de instrumentos musicais mais ou menos rudimentares, já que a música é uma linguagem espontânea e inerente ao próprio homem, sendo provável que tenha aparecido antes da linguagem verbal.

O certo a se dizer é que os primeiros sons o homem da pré-história, provavelmente produziu usando seu corpo todo como um instrumento musical: batia os pés no chão, com cadência, batia palmas, sacudia colares e braceletes de ossos, de sementes ou de conchas, envolvendo-se completamente em sons, para falar com os deuses. Desde a pré-história o homem tirou sons de madeira, de ossos, das rochas e outros materiais naturais e, a partir daí, começou a evoluir a construção de novos meios de emitir sons, que evoluiu até a música, a qual é um dos principais elementos de nossa cultura, pois o uso da música como entretenimento puro e simples é uma conquista recente, que remonta à Idade Moderna.

Podemos dizer que a música tem sua origem consequente da observação dos sons da natureza, sendo o primeiro instrumento musical uma flauta feita de osso de animal, conforme a figura abaixo:



Figura 3.1: Flauta de ossos



Fonte: <https://www.dicasecuriosidades.net/2021/03/conheca-o-primeiro-instrumento-musical-da-historia.html>

As culturas primitivas atribuíam a criação dos instrumentos aos deuses, pois acreditavam que a música tinha origem divina. Assim, de acordo com a mitologia grega, a flauta tinha sido inventada por Pan, a cítara por Apolo, a harpa por Narada, o alaúde por Pólux e a lira por Mercúrio.

Os antigos chineses, por sua vez, acreditavam que a gênese dos instrumentos musicais estava na tentativa de imitar os sons da natureza. Quando se trata de uma explicação racional, porém, chega-se à conclusão de que a origem dos instrumentos deve estar intimamente relacionada com a dança, o trabalho e as atividades guerreiras ou os ritos mágico-religiosos. A música seria um importante meio de reforço no desempenho dessas atividades básicas do homem antigo.

Nessas situações, o emprego de material com potencial sonoro, como armas, ferramentas, joias e adornos levou provavelmente à necessidade de “musicá-los”, isto é, desenvolver esse potencial. Essa tese nos fornece as bases para reconstruir sua evolução. A princípio, lançou-se mão de materiais da natureza ou objetos usados para outros fins. Posteriormente, as conquistas da técnica foram sendo gradualmente utilizadas na exploração de novos corpos sonoros.

É muito provável que os instrumentos rítmicos, chamados de percussão, tenham precedido, no tempo, os tonais e melódicos. Embora isso não possa ser comprovado, por falta de documentos dos povos antigos, pode-se chegar facilmente a essa conclusão, observando-se a música das sociedades primitivas atuais da Oceania e África Central. Nelas, os instrumentos são basicamente rítmicos.

Pesquisas arqueológicas revelaram que, no período Paleolítico, instrumentos de pedra ou osso já eram utilizados como formas rudimentares de chocalhos, apitos, matracas ou mesmo trompas. No Neolítico, surgiram os primeiros tambores e

flautas de osso e de bambu, bem como um primitivo instrumento, constituído de uma corda presa a um arco, em cuja extremidade se colocava a boca e, mais tarde, se fixava um objeto côncavo (um pote, por exemplo), que servia como caixa de ressonância. Este foi, sem dúvida, o precursor dos instrumentos de cordas. No 3º milênio antes de Cristo, apareceram as liras, na Suméria e sabe-se também da existência de harpas e alaúdes no Egito.

A criação de instrumentos musicais entre as civilizações da Antiguidade parece ter sido mais significativa na Ásia e no norte da África. Devemos nos lembrar, no entanto, de que não é fácil afirmar com certeza se um instrumento é originário de uma determinada região ou país, na medida em que eles podem ter sido transportados para as mais diferentes áreas, levados pelo homem em suas conquistas e invasões.

Numa visão de conjunto da música dos povos da Antiguidade, sabe-se, através do testemunho deixado por documentos – arte ou escrita –, que os egípcios, assírios, babilônios, hebreus, chineses, gregos e romanos conheceram muitas espécies de instrumentos musicais, como harpa, lira, alaúde, flauta, cítara, trompa, trompete, gaita, órgão, xilofone, além de inúmeros instrumentos de percussão: tambores, pandeiros, sistros, címbalos, castanholas e campainhas. Embora se encontrem, desde a Antiguidade, formas rudimentares de instrumentos de palheta, foi só na Idade Moderna que seu fabrico passou a ser aprimorado.

O crescimento da arte instrumental durante o século XVI, estimulado pela invenção dos tipos móveis de Gutemberg, que tornou possível a divulgação das partituras, provocou grande desenvolvimento na música e, conseqüentemente, o aparecimento de novos instrumentos e o aperfeiçoamento dos já existentes.

Nessa época, começaram a surgir os primeiros fabricantes, como os Andrea Amati, construtor de violinos em Cremona; Hans Ruckers, fabricante de cravos na Antuérpia; Hans Neuschel e sua manufatura de trombones em Nuremberg; e Jean Hottetere, especialista no fabrico de flautas e oboés. Dois séculos mais tarde, com a Revolução Industrial, a mecanização tornou possível a construção, em larga escala, de todos os tipos de instrumentos, o que barateou os custos e popularizou os instrumentos e a própria execução musical.

A evolução dos instrumentos se processou lenta e gradualmente através dos séculos. Foi na primeira metade do século XIX, com o grande desenvolvimento da música orquestral, sobretudo entre 1810 e 1850, que os instrumentos musicais adquiriram, em sua essência, as formas que ainda hoje apresentam.

Colocada a serviço da música, a tecnologia permitiu o aperfeiçoamento dos instrumentos, possibilitando a execução de qualquer som sugerido pelo compositor. A partir de então, os instrumentos passaram a existir em função da música e não mais o contrário. Não é exagero, portanto, afirmar que os modelos criados por volta de 1850 equiparam a orquestra para a execução da música do século XX, exceção feita aos instrumentos eletroacústicos e aos geradores de frequência.

Existem vários critérios de classificação. Em geral, os instrumentos são ordenados de acordo com o material empregado, o modo de produção do som, de execução, formato, mecanismo, etc. Todos são válidos, mas o que nos parece mais satisfatório é o que considera a maneira de produção do som, em essência, a finalidade da música.

Este critério foi proposto inicialmente pelo filósofo e matemático francês Marin Mersenne, em seu ensaio “Harmonia Universal” (1636/37). De acordo com essa classificação, os instrumentos se agrupam, grosso modo, em 3 grandes categorias: cordas, sopros e percussão.

### **Instrumentos de percussão**

Os instrumentos de percussão geralmente são usados para dar ritmo à música. Eles produzem som quando são golpeados, agitados, arranhados, dedilhados ou friccionados. Essa classe de instrumentos abrange sinos, pratos, castanholas, gongos, chocalhos, xilofones e tambores. Estes últimos têm uma membrana esticada que vibra quando é golpeada ou friccionada. Eles podem ser tocados com as mãos ou com outros objetos, como baquetas.

Figura 3.2: Instrumentos de percussão



Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/317855686200561894/>

## Instrumentos de corda

Os instrumentos de corda possuem cordas esticadas que vibram quando são dedilhadas, golpeadas ou friccionadas com um arco. Eles se dividem em categorias, baseadas no modo como as cordas são presas ao corpo do instrumento. As principais categorias são harpas, alaúdes, cítaras e liras.

As harpas têm muitas cordas, e cada uma delas produz uma nota diferente. O comprimento da corda determina o som que ela produz. As notas mais agudas saem das cordas mais curtas. As harpas modernas têm o formato aproximado de um triângulo. Para tocá-las, o músico dedilha as cordas.

Nos alaúdes, as cordas ficam presas ao corpo do instrumento e se estendem ao longo de um braço que se projeta do corpo. O corpo constitui a caixa de ressonância, que amplifica o som. Alguns exemplos de alaúdes são o violino, a viola, o violoncelo, o contrabaixo, o violão, o cavaquinho, o banjo, o bandolim e a guitarra. Diferentemente das harpas, esses instrumentos geralmente possuem apenas quatro ou cinco cordas. Para produzir som, o músico pressiona as cordas com uma mão; com a outra, ele pode dedilhá-las, friccioná-las com um arco ou tangê-las com um pequeno acessório chamado palheta.

Nas cítaras, as cordas ficam dispostas ao longo do corpo do instrumento. As cordas têm o mesmo comprimento que o corpo. As cítaras podem ter vários formatos, desde um tubo longo e estreito até uma caixa achatada e larga. O número de cordas também varia, desde uma até dúzias delas. As cordas são dedilhadas ou tocadas com um arco. Em algumas versões do instrumento, um pequeno martelo é usado para golpeá-las.

A família das liras teve grande importância na Antiguidade, porém hoje em dia é encontrada apenas em certas áreas do leste da África. As liras consistem de um corpo (cujo formato pode ser oval, redondo ou retangular), do qual se projetam dois braços. Esses braços são unidos no alto por uma barra. As cordas se esticam da barra até o corpo do instrumento. Para tocar a lira, o músico dedilha as cordas.

Figura 3.3: harpa



Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/307792955768850967/>

Figura 3.4: Alaúde



Fonte: <http://www.todosinstrumentosmusicais.com.br/imagens-do-instrumento-alaude.html>

Figura 3.5: Cítara



## **Instrumentos de sopro**

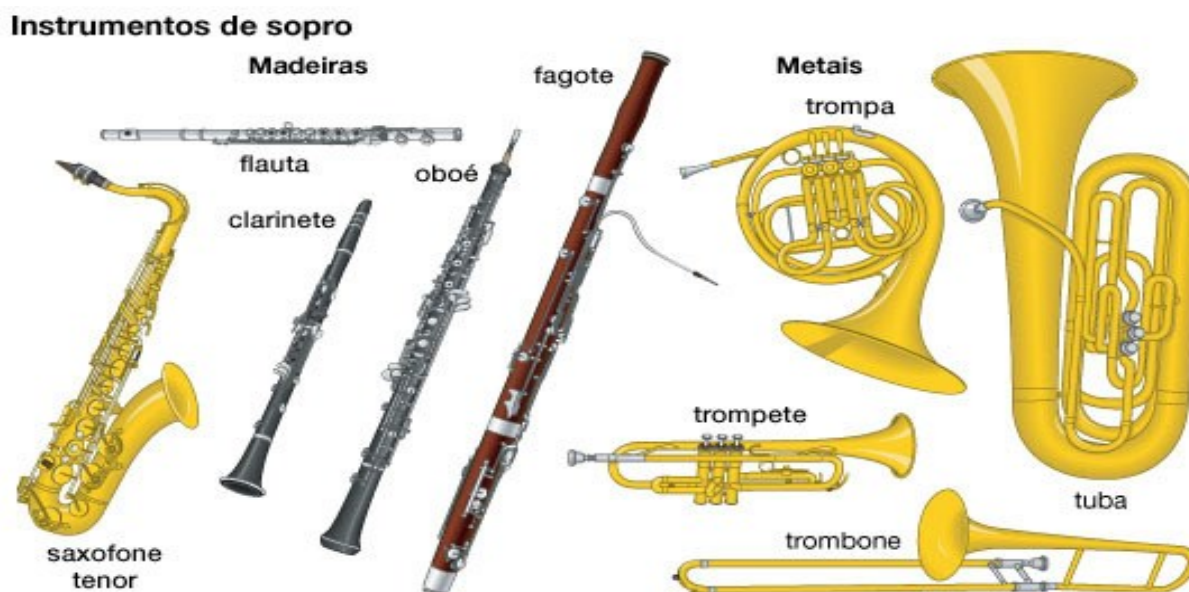
Nos instrumentos de sopro, o som é gerado por um fluxo de ar que percorre o corpo do instrumento ou flui em volta dele. Na maioria dos casos, o ar vem da boca do instrumentista. Nas orquestras ocidentais modernas, os instrumentos de sopro se dividem em metais e madeiras. Os metais são feitos de latão ou de outro metal; as madeiras, apesar do nome, também podem ser feitas de metal. Os instrumentos do grupo dos metais incluem o trombone, o trompete, a trompa e a tuba. Dentre as madeiras estão o clarinete, o saxofone, a flauta e o oboé.

Outro sistema de classificação divide os instrumentos de sopro em instrumentos de aresta, de palheta e de bocal. Nos instrumentos de aresta, o músico sopra o ar junto à borda dura do instrumento. Um exemplo conhecido é a flauta de Pã, comum na América Latina, na Ásia e nas ilhas do Pacífico. Essas flautas são formadas por diversos tubos de diferentes comprimentos, unidos uns aos outros. O som é produzido quando o músico sopra na parte superior dos tubos, enviando o ar para dentro deles.

Os instrumentos de palheta possuem pelo menos uma lâmina fina feita de cana-do-reino ou de metal. O som é produzido quando o ar provoca a vibração dessa peça. O clarinete e o saxofone possuem uma palheta cada, enquanto o oboé e o fagote têm duas palhetas. Nesses casos, a palheta fica presa junto à embocadura (a parte do instrumento onde o músico coloca a boca para soprar). No caso da gaita de fole, as lâminas ficam posicionadas em diversas partes do instrumento. Esse tipo de gaita é formado por vários tubos e por uma bolsa (o fole). Quando o ar é forçado para fora do fole, as palhetas vibram e o som é produzido.

Nos instrumentos de bocal, é a vibração dos lábios comprimidos do músico que põe o ar em movimento. Essa classe inclui o trompete, a tuba e o trombone, porém existem vários outros em diversas partes do mundo. O didjeridu, por exemplo, é um instrumento de bocal típico dos aborígenes da Austrália.

Figura 3.6: Instrumentos de sopro



© 2010 Encyclopædia Britannica, Inc.

Fonte: <https://soaresdenis.wordpress.com/instrumentossopro/>

## A evolução dos instrumentos musicais

Os instrumentos musicais possuem grande poder de despertar e expressar emoções humanas e já foram empregados para muitas finalidades. Em alguns lugares se pensava que tivessem poderes mágicos. Em muitas culturas, tambores eram usados para afastar maus espíritos. Religiões de todo o mundo usam instrumentos em cerimônias de culto e para festejar datas sagradas. Instrumentos musicais eram usados para anunciar a chegada de reis e para instigar soldados à batalha. Além disso tudo, eles são tocados por prazer e para entretenimento.

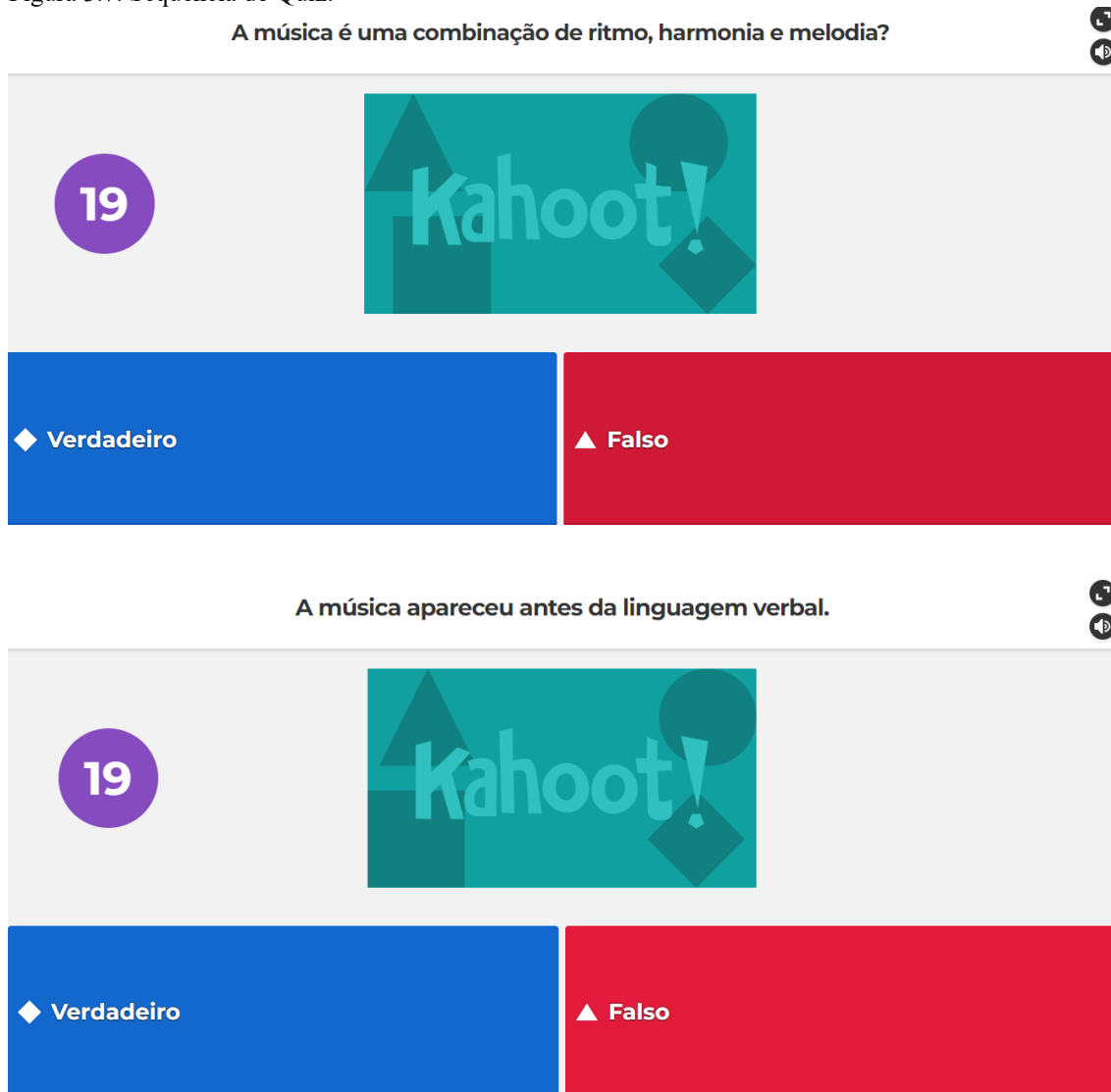
Os instrumentos podem ser tocados individualmente ou em grupo. Um grupo de músicos que tocam juntos é conhecido como banda. Na música erudita ocidental, as composições tocadas por um grupo pequeno de músicos são conhecidas como música de câmara (pequeno grupo de instrumentos ou vozes que tradicionalmente podiam acomodar-se nas câmaras de um palácio). Um grupo maior de instrumentistas é chamado de orquestra.

### 3.1.2 Quiz sobre o texto: Breve história da música e dos instrumentos musicais

Após a leitura e uma breve conversa com os alunos sobre o texto, lançou-se um quiz nos mesmos moldes do realizado anteriormente sobre conceitos físicos, mas esse contou com 10 perguntas e os alunos tiveram 20 segundos para responder cada uma delas. O objetivo é levar o aluno a refletir sobre a relação da humanidade com a música.

A sequência do Quiz está exibida na figura 3.7 e disponível no link <https://kahoot.it/challenge/?quiz-id=1ede304e-fc35-417e-af04-46fc798e011a&single-player=true> onde os interessados podem acessá-lo.

Figura 3.7. Sequência do Quiz.





A música existe como entretenimento desde a idade média?



19



Verdadeiro

Falso

A quem as culturas primitivas atribuíam a criação dos instrumentos musicais?



17



Ao Sol

A Lua

Aos Deuses

A Terra

Qual destas não é uma categoria de instrumentos musicais?



19



Sopros

Cordas

Percussão

Ressonantes

A palavra música deriva do grego e significa?



19



Harmonia

Paz

Sons da natureza

Arte das musas

Qual dos instrumentos abaixo é de percussão?



19



Triângulo

Harpa

Flauta pan

Alaúde

Qual dos instrumentos abaixo é de sopro?



18



Surdo de marcação

Chocalho


Clarinete

Pratos

Nos instrumentos de cordas, o comprimento e a espessura da corda determinam o som que ela produz?



19




◆ Verdadeiro

▲ Falso

Como chamamos um grande grupo musical de instrumentistas?



19



▲ Fanfara

◆ Orquestra

● Banda

■ Músicos de câmara

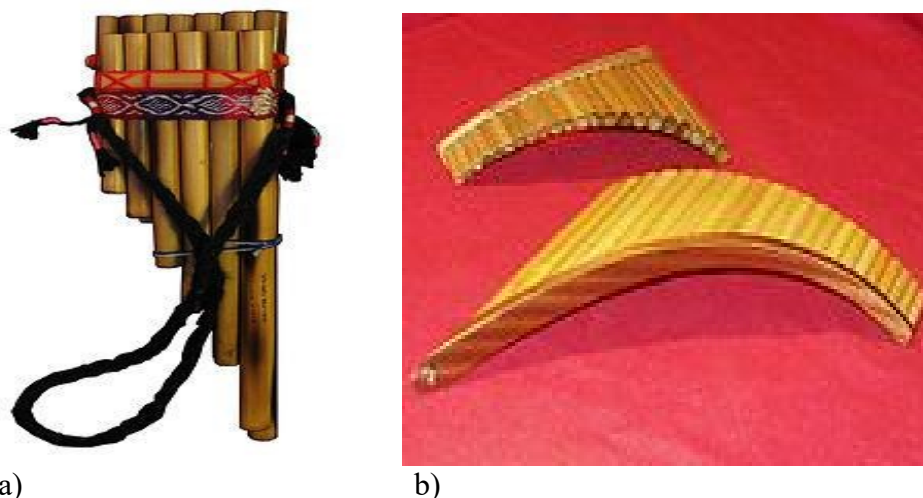
Fonte: o autor.

### 3.2 Construção da Flauta Pan

A construção do instrumento serve de motivação para o estudo do som em tubos sonoros e, a partir dos mesmos, aprofunda-se a discussão de conceitos físicos importantes para ondas sonoras, dando maior destaque ao conceito de harmônico, mostrando que as frequências obtidas podem ser visualizadas e também calculadas matematicamente.

A flauta pan, é normalmente, construída com bambu. A origem do seu nome ‘pã’ se deu devido a homenagem ao deus grego Pã. Em nossa região a mais comum mostrada na Figura 3.8 (a).

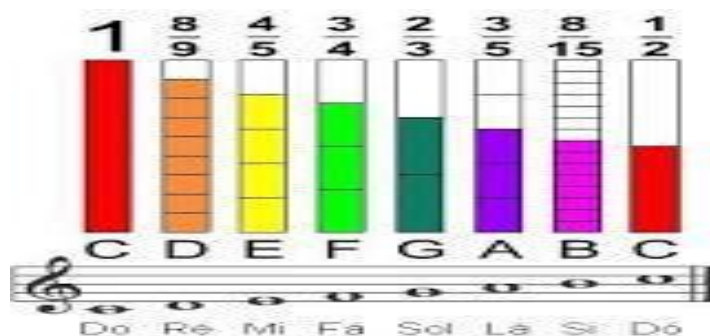
Figura 3.8 Fotos de flautas pan: (a) peruana e (b) romenas



a) b)  
Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Flauta\\_de\\_p%C3%A3](https://pt.wikipedia.org/wiki/Flauta_de_p%C3%A3)

É possível construir uma flauta pan com cano de PVC, e essa deve seguir a seguinte “fórmula” (Figura 3.9):

Figura 3.9: Especificação para construção de uma flauta pan.



Fonte: Luciano silva ita - [https://pt.wikipedia.org/wiki/Flauta\\_de\\_p%C3%A3](https://pt.wikipedia.org/wiki/Flauta_de_p%C3%A3)

Observação: para aplicação deste roteiro o professor pode se utilizar de qualquer outro instrumento de sopro, desde que conheça as medidas dos tubos e que eles sejam fechados.

### 3.2.1. Materiais Utilizados:

- 1,20 metro de cano de PVC 20 mm

- 4 rolhas de cortiça
- Cola quente (refil e pistola), pode ser substituída por cola de cano
- Serra de cano
- Estilete
- Lixa de madeira 150
- Fita métrica
- Caneta
- Fita dupla face
- Dois pedaços de madeira de 16 x 2 cm

### 3.2.2 Tabela de materiais utilizados e estimativa de preços

Tabela 3.1: Materiais utilizados e estimativa de preços para construção do tambor

Material	Valor Unitário	Quantidade	Valor total
Cano de PVC 20 mm	R\$ 15,00 (barra 6 m)	1	R\$ 15,00
Rolha de cortiça	R\$ 0,90	4	R\$ 3,60
Cola de cano 75 g	R\$ 13,50	1	R\$ 13,50
Serra de cano	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00
Estilete	R\$ 7,00	1	R\$ 7,00
Lixa de madeira 150	R\$ 1,50	1	R\$ 1,50
Fita métrica de costureira de 1,5 m	R\$ 4,00	1	R\$ 4,00
Caneta	R\$ 1,00	1	R\$ 1,00
Fita dupla face 5 mm x 3 m	R\$ 7,00	1	R\$ 7,00
Madeira de 16 x 2 cm	-	2	Custo zero (doação)
Total das despesas			RS 72,60

Fonte: o autor, 2021

### 3.2.3 Montagem Experimental

Com os materiais em mãos, corte os canos nas medidas indicadas abaixo. No pedaço de aproximadamente 20 cm, lixe bem uma das bocas por dentro, corte uma rolha de cortiça no meio e insira nesta boca, você vai precisar forçar.

Figura 3.10: Esquema de como fica a rolha colocada no cano



Fonte: o Autor

Após inserir a rolha no cano, meça o comprimento do cano que restou. Na verdade, este procedimento é para descobrir o tamanho da rolha que entrou dentro do cano porque é preciso descontar este valor. As medidas para o comprimento do cano, como apresentadas na tabela 3.2, devem ser livres da rolha.

Observação: você poderá fazer isto, introduzindo um objeto no interior do cano até o final e medi-lo.

Tabela 3.2 – comprimento livre do cano

Nota musical	Comprimento do cano
Dó	17cm
Ré	O segundo cano cortamos com $\frac{8}{9}$ do primeiro = 15,11 cm
Mi	O terceiro cano cortamos com $\frac{4}{5}$ do primeiro = 13,60 cm
Fá	O quarto cano cortamos com $\frac{3}{4}$ do primeiro = 12,75 cm
Sol	O quinto cano cortamos com $\frac{2}{3}$ do primeiro = 11,33 cm
Lá	O sexto cano cortamos com $\frac{3}{5}$ do primeiro = 10,20 cm
Si	O sétimo cano cortamos com $\frac{8}{15}$ do primeiro = 9,06 cm
Dó	O oitavo cano cortamos com $\frac{1}{2}$ do primeiro = 8,50 cm

1. Cortado cada cano na medida acima acrescida do valor relativo à rolha, inserimos a rolha em cada cano.
2. Juntamos os canos, do maior para o menor, ou seja, da esquerda para a direita, lixamos cada um deles e colamos um no outro, um por um, com a cola de cano.

Figura 3.11: Esquema para colar os canos



Fonte: o Autor

2. Após colar todos os canos, deixamos secar por um tempo e lixamos levemente para tirar o excesso de cola;
3. Colados os canos, precisamos firmá-los. Para isto, colamos dois pedaços de madeira de  $16 \times 2$  cm e passamos fita dupla face em um dos lados;
4. Passada a fita dupla face, descolamos o outro lado e colamos nos canos, um de cada lado, e assim está pronta a flauta pan. Veja figura 3.12.

Figura 3.12: Flauta pan



Fonte: o Autor

5. Para finalizar, pode-se pintar a flauta pan com tinta spray e decorá-la com uma fita.

### 3.2.4 Roteiro de atividades após a construção da Flauta Pan

- 1 – Utilizando o instrumento de sopro construído (flauta pan), abra o *software Audacity* e grave o som ao realizar o sopro em um dos tubos.

2 – Após gravar o som, siga os mesmos procedimentos descritos anteriormente para limpar o som.

3 - Após limpar o som, vá em ‘zoom’ e selecione a área onde o som foi emitido, amplie até conseguir visualizar nitidamente os comprimentos de onda.

4 – Visualizado o comprimento de onda, selecione uma única onda da sequência obtida e na parte inferior do *layout* do *software Audacity*, selecione a opção “início e tamanho da área selecionada”, obtendo assim o valor do período da onda sonora.

5 – Com o valor obtido você terá o período, substitua-o na equação (3)  $f = \frac{1}{T}$ , que relaciona o período com a frequência para obter a frequência do som obtido, observe se o valor obtido está de acordo com o que é esperado.

6 – Após encontrar o valor da frequência do som, substitua o valor obtido na equação (7)  $v = \lambda \cdot f$  considerando  $v = 340$  m/s, encontrando assim o valor do comprimento de onda.

7 – Após a resolução da sequência acima, repita os procedimentos para os outros tubos da flauta pan, após isso, responda os seguintes questionamentos:

- a) Houve diferença no som e no valor da frequência obtidos nos diferentes tubos? Se sim, explique com suas palavras as diferenças observadas.
- b) A que conclusão você chegou ao realizar o sopro em outros tubos? Tente estabelecer uma relação entre as frequências obtidas e o tamanho do tubo.
- c) Com a medida de frequência obtida, calcule a velocidade de propagação do som em cada tubo. (Utilize  $f = \frac{NV}{4L}$  (equação 2.9) e considere N um número ímpar)
- d) Conforme os estudos no texto de apoio, é possível encontrarmos matematicamente o valor do harmônico? (Dica: relacione  $v = \lambda \cdot f$  (equação 2.2) com  $f = \frac{NV}{4L}$  (equação 2.9))
- e) Os valores de velocidade de propagação são próximos ao valor da velocidade de propagação no ar? Calcule o erro.
- f) Descreva, com suas palavras, a comparação dos tubos sonoros com o ouvido humano.



Realizada as atividades após a construção da flauta pan, espera-se que o estudante possa compreender que a frequência obtida é diferente conforme o comprimento de cada tubo e que utilizando as equações 2.2 e 2.9 pode-se calcular matematicamente o harmônico, comparando com o valor obtido experimentalmente. Neste sentido, para que a prática seja exitosa, é fundamental que os tubos estejam afinados.

### **3.2.5 Perspectiva para o esboço de um MC**

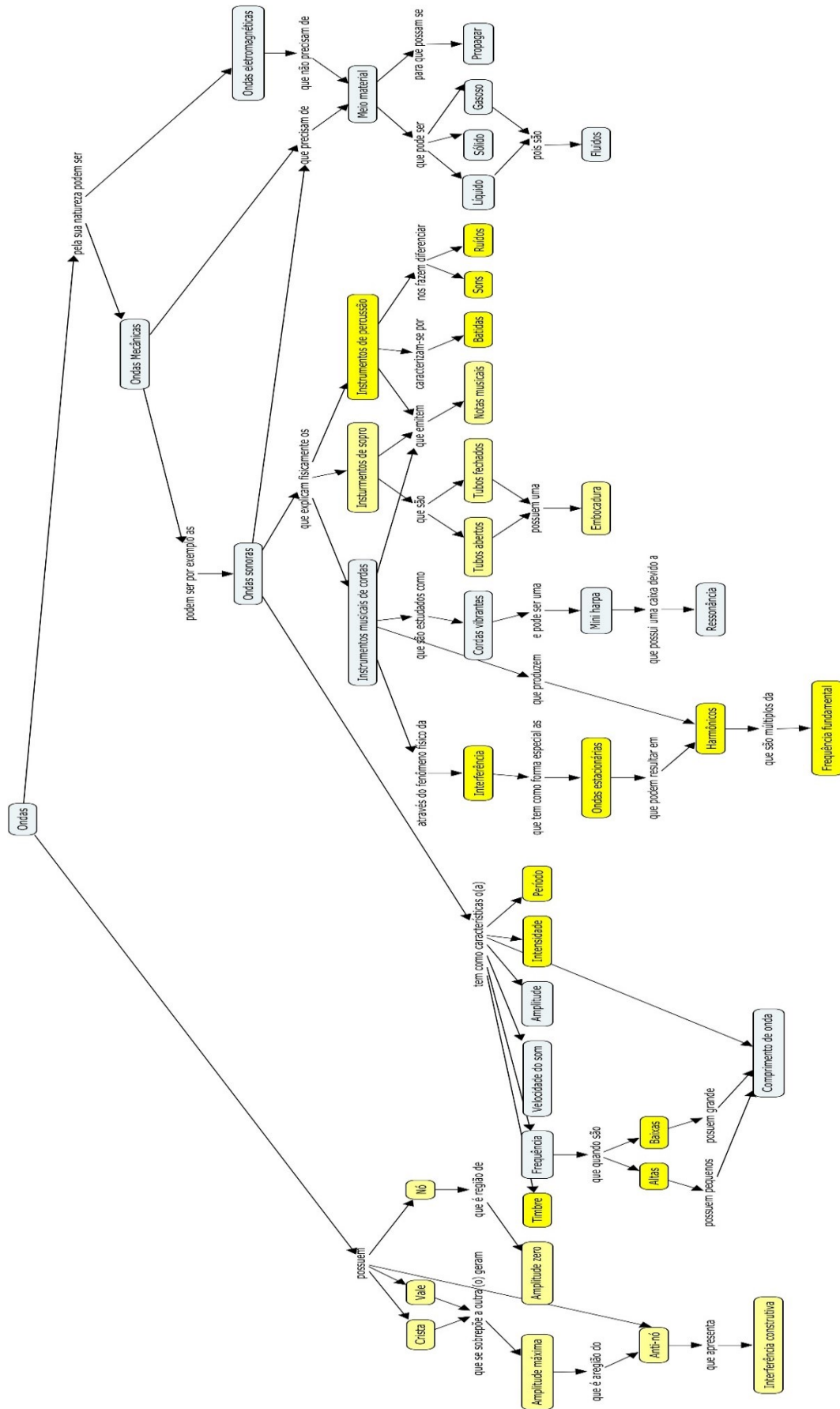
Para finalizarmos nosso último encontro sobre o estudo do som, vamos fazer uma versão final de um MC envolvendo os conceitos físicos trabalhados.

Um MC nunca poderá ser considerado acabado e definitivo, pois os alunos no decorrer de seus estudos, certamente acrescentarão novos conceitos em seus mapas.

Utilizando o programa *Cmaptools*, inicia-se a revisão do MC, construído no segundo encontro. Para isto, houve uma discussão coletiva e modificou-se a pergunta focal para abranger os conceitos físicos envolvidos no estudo dos instrumentos musicais de cordas, percussão e sopro, acrescentou-se também novos conceitos, novos termos de ligação e ao final da revisão da segunda versão do MC, recorreu-se a TCP através do aplicativo utilizado, verificando assim, se o MC possui clareza semântica e está conceitualmente correto.

O MC coletivo foi construído após análise dos MCs individuais com toda a turma, sendo que para a construção do MC final, o professor manuseou o aplicativo conforme contribuições dos estudantes e o resultado está exibido na figura (3.12).

Figura 3.12: Esboço de um mapa conceitual após a última oficina



Quais os conceitos físicos envolvidos no estudo dos instrumentos musicais?  
 Autor: Helton Diniz Rotta

Fonte: o autor, 2021.

Para finalizar e promover uma revisão de todos conceitos discutidos, foi elaborado um questionário final, como apresentado abaixo:

**Questionário final:**

1 – Sobre instrumentos de corda, de sopro e de percussão, assinale as alternativas corretas:

- ( ) Instrumentos de percussão são utilizados para dar ritmo às músicas, tendo como exemplos o tambor, o pandeiro e o surdo.
- ( ) Nos instrumentos de cordas, o comprimento das cordas determina o som que o instrumento produz.
- ( ) Nos instrumentos de sopro, quanto maior for o comprimento do tubo, mais grave será o som.
- ( ) Nos instrumentos de sopro, em tubos menores obtemos sons mais graves, ou seja, sons com frequências mais baixas.
- ( ) Nos instrumentos de cordas, o som obtido independe do comprimento e de quanto as cordas estão esticadas

2 – Sobre a propagação do som, é correto afirmar?

- a) O som se propaga somente no vácuo.
- b) O som se propaga em qualquer meio, inclusive no vácuo.
- c) O som depende de um meio material para se propagar.
- d) O som se propaga apenas no ar.

3 - Qual das alternativas abaixo é a definição de onda?

- a) Onda é um pulso que se propaga de um ponto a outro transportando energia sem transportar matéria. As ondas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como mecânicas e eletromagnéticas.
- b) Onda é um pulso que se propaga de um ponto a outro transportando energia e matéria. As ondas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como transversais e longitudinais.
- c) Onda é uma propagação de um lugar para outro que depende sempre de um meio material para que essa propagação aconteça. As ondas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como sonoras e eletromagnéticas.

d) Onda é um pulso que se propaga de um ponto a outro sem transportar energia e matéria.  
As ondas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como mecânicas e sonoras.

4 – Segundo a natureza das ondas, elas podem ser classificadas como:

- a) Transversais e longitudinais.
- b) Mecânicas e sonoras.
- c) Sonoras e eletromagnéticas.
- d) Mecânicas e eletromagnéticas.

5 – Quais palavras completam a frase: “O som é classificado como uma onda \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ porque \_\_\_\_\_ de um meio material para se propagar.

- a) Mecânica, longitudinal, tridimensional, precisa.
- b) Eletromagnética, transversal, adimensional, não precisa.
- c) Sonora, longitudinal, tridimensional, precisa.
- d) Mecânica, transversal, tridimensional, não precisa.

6 – Qual é a definição de volume?

- a) É a altura do som.
- b) Está relacionado a intensidade sonora, que é a quantidade de energia emitida por uma fonte sonora por unidade de tempo em relação a certa área.
- c) São todos os sons ouvidos pelos seres humanos.
- d) É a intensidade com que uma nota é executada.

7 – Qual qualidade fisiológica do som faz com que possamos diferenciar a voz de uma pessoa ou o som de diferentes instrumentos musicais?

- a) Altura.
- b) Timbre.
- c) Intensidade.
- d) Frequência.
- e) Comprimento da onda sonora.

8 – Um dos conceitos importantes no estudo do som é o de “frequência”, fisicamente, qual a definição deste conceito?

- a) É o número de oscilações de ondas por minuto, e sua unidade de medida é o segundo.
- b) É o número de oscilações de ondas por segundo, e sua unidade de medida é Hertz (Hz).
- c) É o número de ondas que passa em um determinado ponto.
- d) Está relacionado a quantidade de ondas que são emitidas.

9 - Considerando um instrumento de cordas, é correto afirmar que:

- a) A espessura da corda não interfere na nota musical a ser emitida.
- b) Todos os instrumentos de cordas emitem sons idênticos para uma mesma nota.
- c) Existe uma relação entre o tamanho da corda e a nota musical a ser emitida.
- d) Pode-se tocar e segurar em qualquer lugar de uma corda que ela emitirá sempre o mesmo som.

10 – Sobre instrumentos de sopro, é correto afirmar que:

- a) Ao soprar um tubo, o som emitido independe do comprimento do tubo.
- b) O som só pode ser emitido em tubos com uma das pontas fechadas.
- c) Um tubo curto produz um som mais grave.
- d) Um tubo curto produz um som mais agudo.

11 - Se um homem vê um raio e após 10 segundos, ouve o som emitido por ele, qual é a distância que este homem está do ponto onde caiu o raio? (Considere a velocidade do som 340 m/s)

- a) 34.000 m.
- b) 34 m.
- c) 3.400 m.
- d) 340.000 m.

12 - Em um tubo sonoro fechado de comprimento igual a 0,5 m, forma-se um harmônico de frequência igual a 850 Hz. Sendo a velocidade do som no interior do tubo igual a 340 m/s, o harmônico formado nesse tubo é igual a:

- a) Sexto harmônico.

- b) Primeiro.
- c) Quinto.
- d) Sétimo.

13 - Uma onda estacionária cujo comprimento de onda mede 50 cm é formada em uma corda vibrante de 4,0 m de comprimento. A ordem do harmônico formado é igual a:

- a) 8.
- b) 12.
- c) 16.
- d) 4.

### **Respostas do Questionário inicial**

1- Sobre instrumentos de corda, de sopro e de percussão, assinale as alternativas corretas:  
**(X) Instrumentos de percussão são utilizados para dar ritmo as músicas, tendo como exemplos tambor, pandeiro e surdo.**

**(X) Nos instrumentos de cordas, o comprimento das cordas determina o som que o instrumento produz.**

**(X) Nos instrumentos de sopro, quanto maior for o comprimento do tubo, mais grave será o som.**

( ) Nos instrumentos de sopro, em tubos menores obtemos sons mais graves, ou seja, sons com frequências mais baixas.

( ) Nos instrumentos de cordas, o som obtido independe do comprimento e de quanto as cordas estão esticadas.

2 – Sobre a propagação do som, é correto afirmar?

- a) som se propaga somente no vácuo.
- b) O som se propaga em qualquer meio, inclusive no vácuo.
- c) **O som depende de um meio material para se propagar.**
- d) O som se propaga apenas no ar.

3 – Qual das alternativas abaixo é a definição de onda?

- a) **Onda é um pulso que se propaga de um ponto a outro transportando energia sem transportar matéria. As ondas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como mecânicas e eletromagnéticas.**
- b) Onda é um pulso que se propaga de um ponto a outro transportando energia e matéria. As ondas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como transversais e longitudinais.
- c) Onda é uma propagação de um lugar para outro que depende sempre de um meio material para que essa propagação aconteça. As ondas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como sonoras e eletromagnéticas.
- d) Onda é um pulso que se propaga de um ponto a outro sem transportar energia e matéria. As ondas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como mecânicas e sonoras.

2 – Segundo a natureza das ondas, elas podem ser classificadas como:

- a) Transversais e longitudinais.
- b) Mecânicas e sonoras.
- c) Sonoras e eletromagnéticas.
- d) **Mecânicas e eletromagnéticas.**

3 – Quais palavras completam a frase: “O som é classificado como uma onda \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ porque \_\_\_\_\_ de um meio material para se propagar.

- a) **Mecânica, longitudinal, tridimensional, precisa.**
- b) Eletromagnética, transversal, adimensional, não precisa.
- c) Sonora, longitudinal, tridimensional, precisa
- d) Mecânica, transversal, tridimensional, não precisa.

6 – Qual é a definição de volume?

- a) É a altura do som.
- b) **Está relacionado a intensidade sonora, que é a quantidade de energia emitida por uma fonte sonora por unidade de tempo em relação a certa área.**

- c) São todos os sons ouvidos pelos seres humanos.
- d) É a intensidade com que uma nota é executada.

7 – Qual qualidade fisiológica do som faz com que possamos diferenciar a voz de uma pessoa ou o som de diferentes instrumentos musicais?

- a) Altura.
- b) Timbre.**
- c) Intensidade.
- d) Frequência.
- e) Comprimento da onda sonora.

8 – Um dos conceitos importantes no estudo do som é o de “frequência”, fisicamente, qual a definição deste conceito?

- a) É o número de oscilações de ondas por minuto, e sua unidade de medida é o segundo.
- b) É o número de oscilações de ondas por segundo, e sua unidade de medida é Hertz (Hz).**
- c) É o número de ondas que passa em um determinado ponto.
- d) Está relacionado a quantidade de ondas que são emitidas.

9 – Considerando um instrumento de cordas, é correto afirmar que:

- a) A espessura da corda não interfere na nota musical a ser emitida.
- b) Todos os instrumentos de cordas emitem sons idênticos para uma mesma nota.
- c) Existe uma relação entre o tamanho da corda e a nota musical a ser emitida.**
- d) Pode-se tocar e segurar em qualquer lugar de uma corda que ela emitirá sempre o mesmo som.

10 – Sobre instrumentos de sopro, é correto afirmar que:

- a) Ao soprar um tubo, o som emitido independe do comprimento do tubo.
- b) O som só pode ser emitido em tubos com uma das pontas fechadas.
- c) Um tubo curto produz um som mais grave.
- d) Um tubo curto produz um som mais agudo.**



### Respostas do questionário final:

O questionário final, as questões 1 a 10 são as mesmas do questionário inicial, portanto não se repetirá o mesmo gabarito destas questões, neste questionário final acrescentamos três questões, a seguir:

1 - Se um homem vê um raio e após 10 segundos ouve o som emitido por ele, qual é a distância que este homem está do ponto onde caiu o raio? (Considere a velocidade do som 340 m/s)

- a) 34.000 m.
- b) 34 m.
- c) 3.400 m.**
- d) 340.000 m.

2 - Em um tubo sonoro fechado de comprimento igual a 0,5 m, forma-se um harmônico de frequência igual a 850 Hz. Sendo a velocidade do som no interior do tubo igual a 340 m/s, o harmônico formado nesse tubo é igual a:

- a) Sexto harmônico.
- b) Primeiro.
- c) Quinto.**
- d) Sétimo.

3 - Uma onda estacionária cujo comprimento de onda mede 50 cm é formada em uma corda vibrante de 4,0 m de comprimento. A ordem do harmônico formado é igual a:

- a) 8.
- b) 12.
- c) 16.**
- d) 4.

## Respostas do quiz sobre conceitos de Física

1 - Quiz

O som é uma onda?



30 sec



Mecânica



Eletromagnética



Material



Gravitacional



2 - Quiz

A luz é uma onda?



30 sec



Mecânica



Eletromagnética



Gravitacional



De matéria



3 - Quiz

Quais são as formas de vibração de uma onda?



30 sec



Bidimensional e tridimensional



Mecânica e eletromagnética



Transversal e longitudinal



Transversal e eletromagnética



4 - Quiz

Qual destas é uma informação quanto a direção de propagação de ondas?



30 sec

- |  |                 |   |
|--|-----------------|---|
|  | Eletromagnética | ✗ |
|  | Bidimensionais  | ✓ |
|  | Transversal     | ✗ |
|  | Mecânicas       | ✗ |

5 - Quiz

Qual destes não é uma parte de uma onda?



30 sec

- |  |                  |   |
|--|------------------|---|
|  | Crista           | ✗ |
|  | Vale             | ✗ |
|  | Ventre ou antinó | ✗ |
|  | Timbre           | ✓ |

6 - Quiz

Qual a unidade da grandeza física frequência?



30 sec

- |  |                          |   |
|--|--------------------------|---|
|  | metros por segundo (m/s) | ✗ |
|  | Metros (m)               | ✗ |
|  | Hertz (Hz)               | ✓ |
|  | Segundos (s)             | ✗ |

7 - Quiz

Qual das alternativas NÃO é uma característica do som?

30 sec

- |                                  |             |   |
|----------------------------------|-------------|---|
| <input type="radio"/>            | Tímbre      | ✗ |
| <input checked="" type="radio"/> | Tempo       | ✓ |
| <input type="radio"/>            | Altura      | ✗ |
| <input type="radio"/>            | Intensidade | ✗ |

### Respostas do quiz sobre história da música e dos instrumentos

1 - True or false

A música é uma combinação de ritmo, harmonia e melodia?

20 sec

- |                                  |       |   |
|----------------------------------|-------|---|
| <input checked="" type="radio"/> | True  | ✓ |
| <input type="radio"/>            | False | ✗ |

2 - True or false

A música apareceu antes da linguagem verbal.

20 sec

- |                                  |       |   |
|----------------------------------|-------|---|
| <input checked="" type="radio"/> | True  | ✓ |
| <input type="radio"/>            | False | ✗ |

3 - True or false

A música existe como entretenimento desde a idade média?

20 sec

- |                                  |       |   |
|----------------------------------|-------|---|
| <input type="radio"/>            | True  | ✗ |
| <input checked="" type="radio"/> | False | ✓ |

4 - Quiz

A quem as culturas primitivas atribuíam a criação dos instrumentos musicais?



20 sec

- Ao Sol ✗
- A Lua ✗
- Aos Deuses ✓
- A Terra ✗

5 - Quiz

Qual destas não é uma categoria de instrumentos musicais?



20 sec

- Sopro ✗
- Cordas ✗
- Percussão ✗
- Ressonantes ✓

6 - Quiz

A palavra música deriva do grego e significa?



20 sec

- Harmonia ✗
- Paz ✗
- Sons da natureza ✗
- Arte das musas ✓

7 - Quiz

Qual dos instrumentos abaixo é de percussão?



20 sec

- Triângulo ✓
- Harpa ✗
- Flauta pan ✗
- Alaúde ✗

8 - Quiz

Qual dos instrumentos abaixo é de sopro?



20 sec

- Surdo de marcação ✗
- Chocalho ✗
- Clarinete ✓
- Pratos ✗

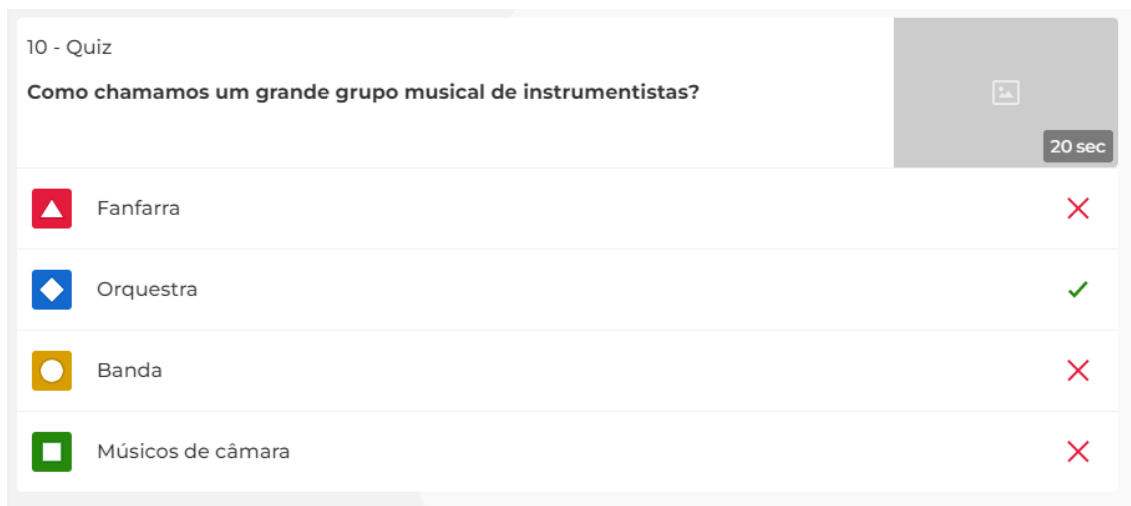
9 - True or false

Nos instrumentos de cordas, o comprimento e a espessura da corda determinam o som que ela produz?



20 sec

- True ✓
- False ✗



### Considerações finais

A aplicação do produto educacional sobre ondas mecânicas, mais especificamente sobre som, contou com a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, a construção de mapas conceituais e uma unidade de ensino potencialmente significativa, pois contou com diversos recursos, tais como simuladores, proposta de construção de instrumentos sonoros e a utilização de software livre, como o *Audacity*. Por si só, a aplicação já faria a utilização de diversos recursos para efetivar uma aprendizagem significativa, porém com a impossibilidade de encontros presenciais devido a pandemia do SARS-COV-2, a aplicação se deu via *meet* e precisou-se adaptar muito da ideia inicial de construção, pois essa parte foi suprida com simuladores computacionais disponibilizados gratuitamente e vídeos demonstrando os experimentos e arquivos apresentando os dados coletados para que os alunos fizessem as análises e resolução de problemas.

Diante de todas as dificuldades, percebe-se que há recursos e formas de se fazer uma aprendizagem significativa, mas para que isso possa acontecer, o professor precisa adotar uma adaptação disciplinada, fazer uso de novas ferramentas, usar de toda sua criatividade, sair da zona de conforto e buscar conhecimentos e trabalhos científicos já realizados sobre o tema para que de tal forma, o aprendizado de fato, seja significativo.

Neste sentido, a metodologia utilizada e as dificuldades causadas pela pandemia levaram a busca por mais recursos que culminaram em crescimento profissional e uma aprendizagem significativa por parte do docente, pois a aprendizagem

de manuseio de um software de edição de som, o *Audacity*, para o ensino de Física só foi possível após pesquisas em artigos científicos e a busca por realizar a determinação da velocidade do som a partir de um programa que até então, se fazia desconhecido por muitos professores de Física.

Também se fez importante a proposta de construção de instrumentos musicais, pois a mesma evidencia ao professor que é possível realizar atividades experimentais a partir da construção de equipamentos com materiais de fácil acesso e baixo custo, que tais ações envolvem e motivam os alunos para a construção da aprendizagem significativa e progressiva.

Já a construção de mapas conceituais, pode acontecer a partir de análise de textos e em qualquer área para o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que se trata de um recurso que faz com que os estudantes relacionem conceitos para que assim aconteça a integração e significação daquilo que apreendem. Levando em consideração que é uma ferramenta que oportuniza ir além da aprendizagem mecânica e que certamente os estudantes jamais esquecerão do que realizaram.

Durante o percurso e para a aplicação do PE, o autor sentiu a necessidade de participar de cursos sobre recursos tecnológicos, aprender a gravar e editar vídeos, fazer pesquisas sobre como utilizar o *Audacity*, visualização de muitos tutoriais de uso de simuladores e de construção dos instrumentos, além de cursos sobre mapas conceituais e aprendizagem colaborativa, sendo que toda essa trajetória enriqueceu e o preparou para a aplicação do PE, além de proporcionar muita segurança nas ações pensadas, inclusive nas improvisações que tiveram de ser feitas devido a pandemia SARS-COV-2. No entanto, toda essa formação não foi útil apenas para aplicar o PE, mas transformou a visão do autor sobre o papel do professor, apresentando novas possibilidades.

Pensando na educação do século XXI e os avanços tecnológicos que vemos dia após dia, o professor precisa buscar ferramentas de linguagem computacional para demonstrar e apresentar conceitos para seus alunos. O docente necessita cada vez mais, dominar técnicas de gravação e edição e, segundo Aguiar e Correia (2013), o uso de MC's podem fazer com que os alunos externalizem seus conhecimentos e, quando propor-se a construção de um MC coletivo como produto final, o professor pode estimular a colaboração e o trabalho em grupo e o processo de negociação na busca por consenso entre os envolvidos pode se tornar um meio profícuo de socialização e de aprendizagem entre pares.



Uma vez que quando os estudantes possuem os mesmos anseios e ainda tem a facilidade de se comunicarem na mesma linguagem, essa é uma prática que precisa ser cada vez mais levada em consideração em sala de aula, pois ninguém constrói conhecimento e não produz nada sem contar com apoio e colaboração de outras pessoas. Podemos ver isso nos dias atuais, pois os recursos tecnológicos que surgem e as novas abordagens e conclusões de pesquisas não são produtos de uma mente brilhante, mas sim, fruto de muita colaboração e de muitas pessoas envolvidas em grupos. E este modelo educacional precisa ser pensado para nossos estudantes.

Neste sentido, estão à disposição as propostas de Novo Ensino Médio e Educação Integral, as quais só darão certo se o professor tiver conhecimento, as escolas possuírem recursos e, principalmente, se houver a consciência para que o produto fruto do conhecimento seja do todo, feito coletivamente.

Portanto, o presente trabalho apresenta que é possível repensar e construir UEPS sobre qualquer assunto e que o uso de simuladores, *quizzes*, vídeos, mapas conceituais e outros recursos, tratam-se de ferramentas imprescindíveis para que a aprendizagem seja realmente significativa.

## Referências

ALMEIDA, Antônio Vitorino de. *O que é música*. Lisboa: Difusão Cultural, 1993.

AGUIAR, Joana Guilares de & CORREIA, P. R. M. “*Como Fazer Bons Mapas Conceituais? Estabelecendo Parâmetros de Referência e Propondo Atividades de Treinamento*”. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação Científica, vol. 13, n. 2, 2013, pp. 141-157.

CORREIA, P. R. M., AGUIAR, J. G., Viana, A. D., & Cabral, G. C. P. (2016). *Por Que Vale a Pena Usar Mapas Conceituais no Ensino Superior?*. Revista De Graduação USP, 1(1), 41-51. <<https://doi.org/10.11606/issn.2525-376X.v1i1p41-51>>. Acessado em 25/04/2021.

CUSTÓDIO, Euclides. *Tambor de sucata*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=a0CJ8DYlnEE>>. Acessado em 29/09/2019.

DA SILVA, Luiz Vitor. Construindo uma flauta pan. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5T0wuLIGIBw>> acessado em 29/09/2019.

GRILLO, Maria Lúcia. PEREZ, Luiz Roberto. Organizadores. *Física e música*. São Paulo. Editora Livraria da Física, 2016.

HALLIDAY, D. RESNICK, R. WALKER, J. *Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica*. Volume 2. 6ª edição. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2002.

HELERBROCK, Rafael. “*Ressonância*”; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/ressonancia.htm>> acesso em 04 de maio de 2021 às 21:45 horas.

JÚNIOR, Joab Silas da Silva. “*O que é som?*”; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-som.htm>> acesso em 03 de maio de 2021 às 22:40 horas.

MARCHAND, P. *A música dos instrumentos: das flautas de osso da pré-história às guitarras elétricas*. 6ª edição, Melhoramentos, 1997.

MAZETI, Lucas Jesus Bettiol . *Sequência didática: uma alternativa para o ensino de acústica para o ensino médio*. 2017. 145 f.: 30 cm.

MENDES, Mariane. “Ondas”; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/ondas.htm>> acesso em 03/05/2021 às 21:30 horas.

MOURA, Daniel de Andrade. NETO, Pedro Bernardes. *O ensino de acústica no Ensino Médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo*. In: Física na Escola, v. 12, n. 1, 2011. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num1/acustica.pdf>>. Acessado em 29/09/2019.

MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. Editora EPU, 2011.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB, 1998.

MOREIRA, M. A. *A Teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: UnB, 2006.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. *Curso de Física básica – Volume 2*. 4ª edição. Editora Blucher. Rio de Janeiro, 2002.

OLIVEIRA, Francisco Lindoval de. *A música no contexto da Psicopedagogia e a utilização de instrumentos musicais como ferramentas de aprendizagem*. Revista Educação Pública, v. 20, nº 10, 17 de março de 2019. Disponível em: <<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/20/10/a-musica-no-contexto-da-psicopedagogia-e-a-utilizacao-de-instrumentos-musicais-como-ferramentas-de-aprendizagem>>

PELEGRINI, Márcio. *Minimanual compacto de Física: teoria e prática* / Márcio Pelegrini. São Paulo: Rideel, 1999.

TREFIL, James. HAZEN, Robert. *Física Viva: Uma Introdução à Física Conceitual*, vol. 2, Editora LTC, Rio de Janeiro (2006).

RIBEIRO, Tiago Garcia. SENRA, Clarice Parreira. RESENDE, Mateus Antônio. *Utilização do software Audacity como recurso didático no ensino de ondas*. In: Física na Escola, v.16, n.1, 2018. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol16-Num1/a10.pdf>>, Acesso 29/09/2019.

Como construir um tambor. Disponível em: <<https://pt.wikihow.com/Fazer-um-Tambor-Caseiro>>. Acessado em 15/11/2019 às 19:30 horas.

LUTHIERIA DE POBRE, Cítara, *Zither, Mini-Harpa, Saltério, etc! Como construir?* Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=EdQk2VI-1w4>> Acessado e, 29/09/2022.