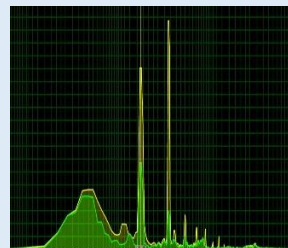
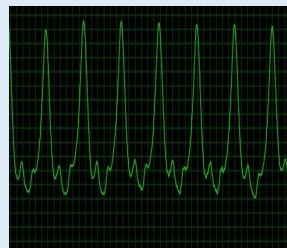
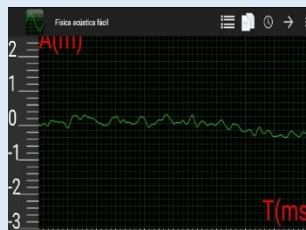
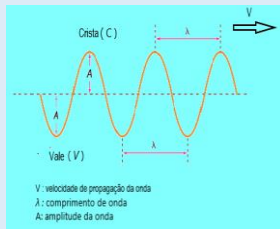


PRODUTO EDUCACIONAL



APLICATIVO ANDROID COMO RECURSO DIDÁTICO NAS AULAS DE FÍSICA ACÚSTICA NO ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA TEÓRICA DE AUSUBEL



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



PRODUTO EDUCACIONAL

APLICATIVO ANDROID COMO RECURSO DIDÁTICO NAS AULAS DE FÍSICA ACÚSTICA NO ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA TEÓRICA DE AUSUBEL

Autor: Mauro Bezerra de Sousa

Prof. Dr. Marcos Antônio Tavares Lira
Orientador

TERESINA
2021

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	3
2	OBJETIVOS	6
2.1	Geral	6
2.2	Específicos	6
3	PRODUTO EDUCACIONAL	7
3.1	Conteúdo do aplicativo	7
3.2	Osciloscópio	48
3.3	Conhecendo o aplicativo	50
4	METODOLOGIA	66
4.1	Objetivos das atividades desenvolvidas	67
4.2	Percurso metodológico	68
	REFERÊNCIAS	73
	APENDICE	75

1 APRESENTAÇÃO

É preciso construir uma nova visão de conhecimento na área de Física, principalmente, no que diz respeito ao processo ensino e aprendizagem desta ciência. É necessária a construção de um currículo mais atualizado, voltado à formação de um cidadão contemporâneo, atuante, solidário e crítico, com instrumentos que possibilitem aos estudantes meios de compreender, intervir e participar da realidade em que vive.

Nesse entendimento, as propostas de mudanças estabelecidas pelas Diretrizes apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+ para o Ensino de Física requerem um conjunto de competências para lidar com o mundo físico. Estas devem ser trabalhadas de forma contextualizada, sendo elas articuladas, inter-relacionadas e integradas e que atendam e estejam direcionadas a capacidade dos estudantes.

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam ao estudante perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes no cotidiano.

Os objetivos propostos pelos PCN+ não devem ficar restritos apenas ao desenvolvimento de competências e habilidades. Na realidade, elas devem estar integradas com o cotidiano dos estudantes. Para que isso se concretize, na prática, é fundamental realizar ações e intervenções mais concretas no processo ensino e aprendizagem. Deve-se buscar a organização de atividades que possam ser trabalhadas em sala de aula de forma didática, utilizando critérios rigorosos nas escolhas de conteúdo, que serão trabalhados pelo professor. Cada ação deve ser bem coordenada pelo professor em sala de aula. Dessa forma, será possível dar, aos estudantes, possibilidades de estruturar e organizar o desenvolvimento de conhecimentos, atitudes, valores pessoais e cultura científica.

O Ensino de Física no Brasil ainda é caracterizado pela ausência de prática experimental, dependência excessiva do livro didático, valorização do método expositivo, reduzido número de aulas, currículo desatualizado e descontextualizado, profissionalização insuficiente do professor, excesso na aplicação e explicação de modelos matemáticos, memorização de fórmulas,

resolução de exercícios e problemas. Prevalece um ensino onde o aluno recebe muitas informações prontas e acabadas, e, no final, não consegue desenvolver o próprio senso crítico. Esse tipo de educação cria uma barreira para o entendimento e a compreensão desta ciência, provocando, de certa forma, uma quebra ou ruptura no processo de ensino e aprendizagem.

Diante desse quadro, na realidade, não há mais espaço para ensinar só fórmulas e resolver exercícios prontos e acabados em sala de aula, tampouco preparar o aluno exclusivamente para vestibulares ou Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). O cenário educacional do ensino de Física requer mudanças em relação à abordagem desta Ciência (metodologias, currículo, conteúdos, prática pedagógica).

Muitos educadores e profissionais desta área de conhecimento há muito tempo já perceberam que a metodologia tradicional não mais atende às perspectivas do ensino de Física. A educação precisa romper com esses paradigmas tradicionais, buscando modelos e métodos educacionais mais eficazes, a fim de tornar o processo ensino e aprendizagem algo mais significativo, aproximando, cada vez mais, os estudantes dessa ciência e de suas aplicações.

Atualmente, no cenário educacional, um dos grandes aliados na melhoria da qualidade do processo de ensino e aprendizagem em sala de aula são as novas tecnologias educacionais.

Dentro do ensino de Física, as novas tecnologias estão sendo bastante difundidas e utilizadas como recursos educacionais. A utilização desses novos recursos pelo professor permitirá inovar os métodos de ensino e os processos de aprendizagem, sendo ferramentas essenciais para o processo de aquisição de conhecimento e cultura científica por parte do estudante. Dessa forma, a inserção das novas tecnologias educacionais poderá servir como base para a ruptura dos processos tradicionais de ensino e aprendizagem. Entre os novos recursos tecnológicos que podem servir como proposta de ensino e aprendizagem estão os aplicativos para celulares e smartphones, livros digitais, computadores, internet, laboratório digital, entre outros.

Nesse sentido, visando aproximar o estudante da Física e torná-la mais interessante e rica de significados foi desenvolvido um aplicativo Android como

recurso didático nas aulas de Física acústica no Ensino Médio na perspectiva teórica de David Ausubel.

A Teoria da Aprendizagem Significativa serve como subsídio ao trabalho do professor em sala de aula, facilitando a aprendizagem dos estudantes, promovendo a aquisição de novos conhecimentos a serem incorporadas a sua estrutura cognitiva.

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel destaca aquilo que o aluno sabe, sendo de fundamental importância para o seu próprio crescimento intelectual - o conhecimento prévio do sujeito.

A proposta de desenvolvimento de um aplicativo que capture e reconheça os sons emitidos pelos instrumentos musicais, apresenta-se como possibilidade de permitir uma aprendizagem mais significativa no ensino de Física Acústica e tornar esta ciência mais interessante e atrativa aos estudantes.

O próximo capítulo aborda os objetivos gerais e específicos relacionados ao desenvolvimento e aplicação do produto educacional em sala de aula.

2. OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados os objetivos gerais e específicos relacionados ao desenvolvimento e aplicação do produto educacional em sala de aula.

2.1 Objetivos gerais

- Desenvolver um aplicativo Android voltado para a compreensão dos conteúdos relacionados a área de Física Acústica no Ensino Médio na perspectiva teórica da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

2.2 Objetivos específicos

- Discutir os conceitos fundamentais de Física Acústica, aplicando-os ao mecanismo de produção dos sons e funcionamento dos instrumentos musicais
- Verificar o conhecimento prévio dos alunos do Ensino Médio acerca da Física Acústica e dos instrumentos.
- Utilizar o osciloscópio presente no produto educacional (Aplicativo Física Acústica Fácil), para captação e reconhecimento dos sons emitidos pelos instrumentos musicais (violão, xilofone e escaleta);
- Propor atividades extraclasse envolvendo o uso do produto educacional para resolução de questões teóricas (conceitos fundamentais de Física Acústica, curiosidades sobre Física Acústica e instrumentos musicais).
- Verificar se a proposta de utilização do aplicativo Android como recurso didático possibilita uma aprendizagem significativa de Física Acústica no Ensino Médio na perspectiva de Ausubel.

O próximo capítulo é feita uma descrição do produto educacional desenvolvido e aplicado em sala de aula.

3. PRODUTO EDUCACIONAL – APLICATIVO ANDROID

Neste capítulo é feita uma descrição do produto educacional (aplicativo Física Acústica Fácil) desenvolvido e aplicado em sala de aula.

Tendo em vista contribuir com a melhoria do processo ensino-aprendizagem na área de Física e promover o uso das novas tecnologias em sala de aula, foi desenvolvido o aplicativo educacional voltado para a área de Física acústica. Através do aplicativo, o aluno terá acesso a informações e conhecimentos relevantes na área de Física Acústica.

O aplicativo a ser utilizado nas aulas de Física Acústica está voltado a aparelhos smartphones e tablets, com o sistema operacional Android e funciona offline para acessar os conteúdos, osciloscópio, Quiz e questionário. Já os links sobre curiosidades em Física acústica e instrumentos musicais, funcionam online.

3.1 Conteúdo do aplicativo

Os conteúdos do aplicativo estão organizados com os seguintes tópicos:

- Tópico 1: Conceitos fundamentais;
- Tópico 2: Fenômenos ondulatórios;
- Tópico 3: Ondas periódicas;
- Tópico 4: Física acústica;
- Tópico 5: O ouvido humano;
- Tópico 6: Fenômenos ondulatórios – ondas sonoras;
- Tópico 7: Instrumentos musicais;
- Tópico 8: Questionário;
- Tópico 9: Links e curiosidades sobre Física acústica;
- Tópico 10: Quis.

No tópico 1 são apresentados os conceitos fundamentais de Física Acústica, entre eles o conceito de onda, natureza das ondas (mecânicas e eletromagnéticas), tipos de onda (uni, bi e tridimensional), ondas longitudinais e transversais.

Tópico 1. Conceitos Fundamentais

Segundo Halliday e Resnick (2016), onda é uma perturbação de um meio elástico, ou de um campo oscilante, que se propaga transportando energia e quantidade de movimento, não havendo transporte de matéria.

As ondas, quaisquer que sejam elas, podem ser classificadas, quanto à sua natureza, basicamente em **ondas mecânicas** e **ondas eletromagnéticas** ou ondas de matéria (BORGES; RODRIGUES, 2016).

De acordo com Halliday e Resnick (2016), as **ondas mecânicas** são geradas a partir da perturbação de um meio elástico, ou seja, de um meio material (sólido, líquido ou gasoso). As partículas do meio, atingidas pela perturbação, tendem a retornar às suas posições de equilíbrio, e a perturbação termina por se propagar através do meio.

As ondas mecânicas necessitam de um suporte material para se propagarem (não se propagam no vácuo). Exemplos: ondas criadas numa corda, ondas na superfície dos líquidos ou, ainda, ondas sonoras se propagando no ar.

Na figura 1, está representada a mão da pessoa que produz perturbações na superfície da água, que acabam se propagando a partir do ponto em que foram produzidas.

Figura 1: onda na superfície de um lago

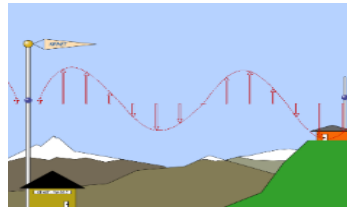


Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Onda_mec%C3%A2nica

As **ondas eletromagnéticas** são aquelas criadas a partir de cargas elétricas vibrantes, cujo movimento de vibração origina campos elétricos e magnéticos oscilantes e transportando energia em pacotes – fótons ou quantas de energia. As ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo e em alguns meios materiais. No vácuo, qualquer onda eletromagnética propaga-se com uma velocidade constante $c = 300.000 \text{ km/s}$. Exemplos: a luz, as ondas de rádio e TV, as ondas de radar, as micro-ondas, os raios X, os raios infravermelhos e ultravioletas (HALLIDAY e RESNICK, 2016).

Na figura 2, é representada a propagação das ondas eletromagnéticas produzidas por uma estação de rádio. As cargas elétricas oscilantes da antena criam campos elétricos e magnéticos oscilantes, que se propagam pelo espaço.

Figura 2: Propagação das ondas

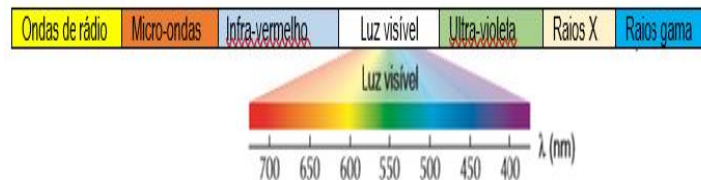


PhET Interactive Simulations

As ondas eletromagnéticas apresentam o que chamamos de espectro eletromagnético - distribuição de ondas eletromagnéticas, visíveis e não visíveis. A distribuição dessas ondas na região do espectro, depende de padrões de referências físicas, como a frequência e o comprimento de onda.

Na figura 3, é ilustrado o espectro eletromagnético de diversas ondas eletromagnéticas que se propagam em determinado meio (vácuo) com velocidade de 300.000 km/s.

Figura 3: Espectro eletromagnético



Fonte: próprio do autor

O espectro eletromagnético das ondas eletromagnéticas estão organizados em faixas de frequências (f) e comprimentos de onda (λ).

O quadro 1, representado abaixo, destaca a faixa de frequências do espectro eletromagnético.

Quadro 1: Faixa de frequência das ondas eletromagnéticas

Região do espectro eletromagnético	Faixa de frequência (Hz)
Ondas de rádio	$< 3 \cdot 10^9$
Micro-ondas	$3 \cdot 10^9$ a $3 \cdot 10^{12}$
Infra-vermelho	$3 \cdot 10^{12}$ a $4,3 \cdot 10^{14}$
Luz visível	$4,3 \cdot 10^{14}$ a $7,5 \cdot 10^{14}$
Ultra-violeta	$7,5 \cdot 10^{14}$ a $3 \cdot 10^{17}$
Raios X	$3 \cdot 10^{17}$ a $3 \cdot 10^{19}$
Raios gama	$> 3 \cdot 10^{19}$

Fonte: adaptada: ifrgs/instituto de Física

Cada região do espectro eletromagnético apresenta frequências diferentes. Por exemplo, a frequência e o comprimento de onda da radiação ultravioleta é diferente quando comparada às dos raios X.

A velocidade (C) de propagação das ondas eletromagnéticas no vácuo e nos meios materiais pode ser obtida através da seguinte expressão:

$$C = \lambda \cdot f$$

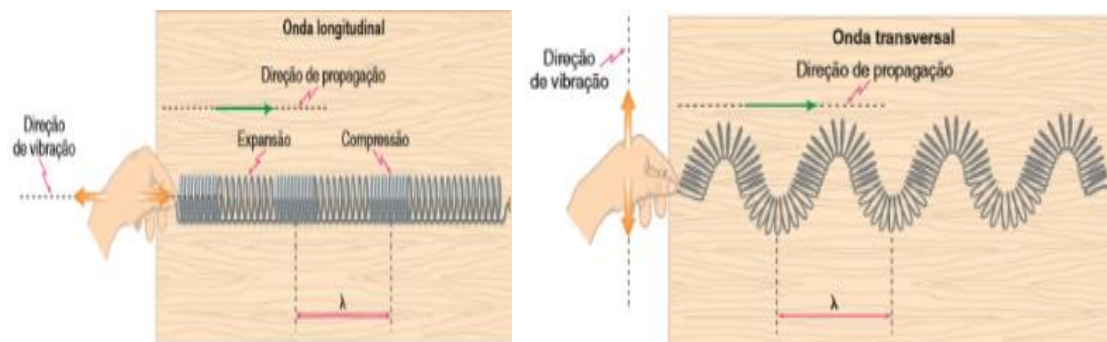
A equação informa que a frequência e o comprimento de onda são grandezas inversamente proporcionais. Quanto maior a frequência, menor será o comprimento de onda e vice-versa.

As ondas, quanto ao seu tipo, podem ser classificadas em **longitudinal** e **transversal**, dependendo da direção do movimento das partículas relativamente à sua direção de propagação.

As **ondas longitudinais** são ondas em que a direção de propagação da onda coincide com a direção de vibração. Exemplos: o som, propagando-se no ar ou em líquidos. Já as **ondas transversais** são aquelas em que a direção de propagação da onda é perpendicular à direção de vibração. Exemplos: ondas que se propagam numa corda e ondas eletromagnéticas são exemplos de ondas transversais (TORRES et al, 2016).

Na figura 4, estão representadas as formas como vibram e se propagam as ondas longitudinais e transversais produzidas em uma mola helicoidal.

Figura 4: onda longitudinal e transversal



Fonte: Torres et al (2016)

As ondas, quanto à direção de propagação, são classificadas em: unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais. Nas ondas **unidimensionais** a energia é transportada pela onda numa só direção. Exemplo: ondas em cordas e molas esticadas. Nas ondas **bidimensionais**, a energia e as perturbações produzidas se propagam em todas as direções, ao longo de um plano. Exemplo: quando jogamos uma pedra em um lago de águas tranquilas, formam-se ondas bidimensionais que deslocam-se pela superfície do lago. Nas ondas **tridimensionais**, a energia se propaga em todas as direções do espaço simultaneamente. As ondas luminosas que chegam do Sol e o som são exemplos de ondas de propagação tridimensional (GASPAR, 2017).

No tópico 2, são apresentados os principais fenômenos ondulatórios, entre eles, destacam-se: reflexão, refração, difração, interferência, polarização e ressonância.

Tópico 2 : Fenômenos Ondulatórios

Os fenômenos ondulatórios mais comuns que ocorrem com ondas mecânicas e/ou eletromagnéticas são os seguintes:

a) Reflexão

Ocorre quando uma onda atinge uma região que separa dois meios e retorna ao meio original. Durante a propagação da onda, não ocorrem alterações na velocidade de propagação, frequência e comprimento de onda (GASPAR, 2017).

Na figura 5, abaixo representada, a superfície da água funciona como um espelho, refletindo a imagem dos barcos que estão ancorados no porto.

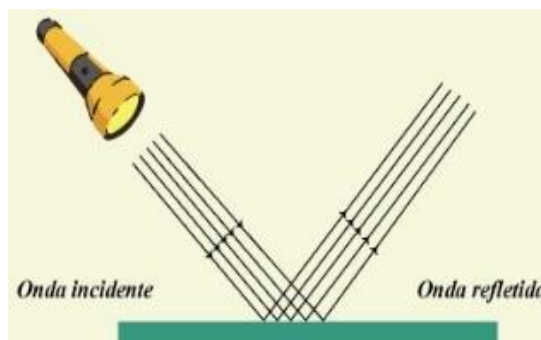
Figura 5: reflexão da luz



Fonte: próprio autor

Na figura 6, é representado o fenômeno de reflexão de uma onda luminosa, através de uma determinada superfície bem polida. A onda luminosa (incidente) atinge uma superfície refletora e retorna ao meio original.

Figura 6: Luz refletida por uma lanterna



Fonte: próprio autor

b) Refração:

A refração ocorre quando uma onda atinge uma região que separa dois meios e a atravessa, passando a se propagar no outro meio. Desta forma, ocorre alteração na velocidade de propagação da onda, e alteração no comprimento de onda, embora a frequência permaneça constante (YAMAMOTO; FUKE, 2017).

Na figura 7, temos dois lápis mergulhados em copo com água. Quando a luz passa do ar para a água, ela sofre alterações na sua velocidade de propagação e comprimento de onda, embora sua frequência permaneça constante. Perceba que os lápis que estão mergulhados, parecem quebrados, Isso ocorre devido ao fenômeno da refração da luz.

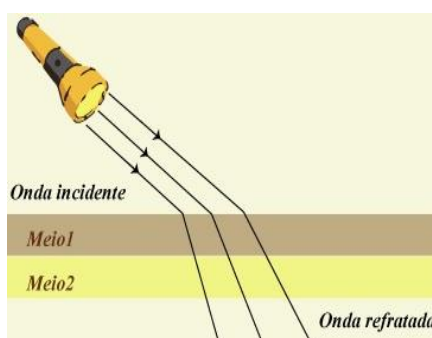
Figura 7: Refração da luz na água



Fonte: próprio autor

Na figura 8, é representado o esquema de como ocorre o fenômeno da refração em dois meios diferentes. A luz, ao mudar do meio (1) para o meio (2), sofre uma alteração na sua velocidade de propagação e comprimento de onda, sendo que a frequência permanece constante.

Figura 8: Refração da luz em dois meios diferentes



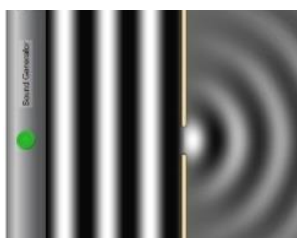
Fonte: próprio autor

c) Difração:

A difração é um fenômeno na qual a onda contorna um obstáculo ou se espalha após passar por uma ou mais fendas (GASPAR, 2017).

Na figura 9, é representado o fenômeno da difração de uma onda que passa por uma fenda.

Figura 9: Difração de uma onda



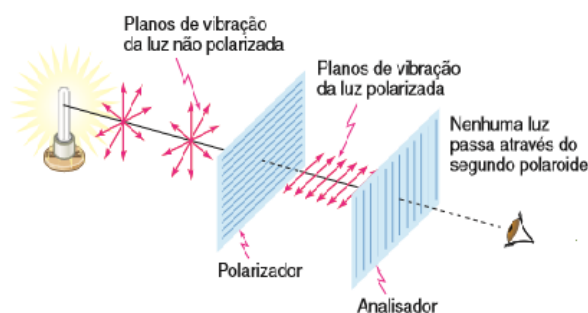
Fonte: PhET Interactive Simulations

d) Polarização

Polarizar uma onda significa orientá-la em uma única direção ou plano, através da passagem em um dado meio, chamado de polarizador. Somente ondas transversais podem ser polarizadas (YAMAMOTO; FUKE, 2017).

Na figura 10, é mostrada uma onda luminosa não polarizada (com seus componentes horizontais e verticais) propagando-se e atingindo um filtro na direção horizontal (polarizador). As ondas que vibram na direção horizontal atravessam o filtro. Em seguida, a luz polarizada na horizontal atinge o segundo filtro, colocado na vertical. O segundo filtro impede que as ondas horizontais passem. Dessa forma, a luz fica impedida de propagar-se.

Figura 10: Polarização da luz



Fonte. Torres et al (2016)

As aplicações práticas da polarização da luz podem ser utilizadas para filtrar a luz do Sol, como é o caso de películas de insulfilm, óculos de sol, telas de LCD e calculadoras. Na figura 11, é ilustrada a polarização da luz em dois tipos de lentes.

Figura 11: Polarização da luz



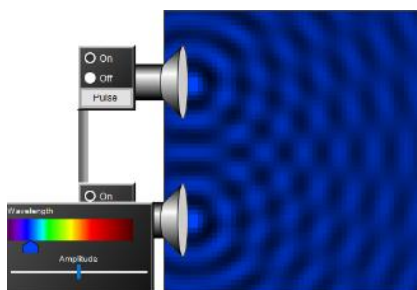
Fonte: www.infoescola.com/fisica/polarizacao-da-luz/

e) Interferência

Quando ocorre um encontro de duas ou mais ondas em um ponto, dizemos que houve interferência das ondas e o padrão de amplitudes e movimentos dos pontos atingidos pela onda obedecem ao princípio da superposição (TORRES et al, 2016).

Na figura 12, é mostrada a interferência produzida pela superposição de duas ondas luminosas. Essas ondas, ao interferirem uma com a outra, produzem ondas com interferência construtiva e destrutiva.

Figura 12: interferência luminosa

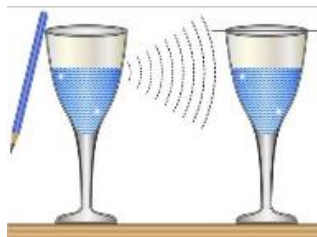


Fonte: PhET Interactive Simulations

f) Ressonância

De acordo com Halliday e Resnick (2016), quando uma vibração externa, com frequência próxima ou igual à frequência natural de vibração de um sistema, é emitida na direção deste, o sistema absorve, fortemente, a energia dessa onda, aumentando a amplitude de suas vibrações. Neste caso, dizemos que o sistema está em ressonância, conforme é mostrado na figura 13.

Figura 13: ressonância



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/ressonancia.htm>

No tópico 3, são discutidas propriedades como: período, frequência, amplitude, comprimento de onda e velocidade de propagação das ondas periódicas.

Tópico 3: Ondas Periódicas

Segundo Gaspar (2017), existem várias grandezas físicas associadas às ondas, entre elas destacam-se: o **período** (T), a **frequência** (f), a **amplitude** (A), o **comprimento de onda** (λ) e a **velocidade de propagação** (v).

De acordo com Gaspar (2017), numa **onda periódica**, por exemplo, as oscilações são geradas por fontes que executam oscilações periódicas, ou seja, repetem-se em intervalos de tempos iguais, isto é, durante a propagação, a onda mantém sua forma constante, ao longo do tempo.

Torres et al (2013) informam que o **período** (T) corresponde um ciclo completo de uma oscilação de uma onda, ou seja, é o intervalo de tempo para que cada ponto do meio no qual a onda se propaga execute uma oscilação completa, podendo ser calculado através da expressão:

$$T = \frac{1}{f}$$

Unidade no SI: segundo (s)

Tipler e Mosca (2016) estabelecem que a **frequência** (f) corresponde ao número de oscilações executadas durante um intervalo de tempo e pode ser representada pela seguinte expressão:

$$f = \frac{N \text{ (número de vezes que o fenômeno se repete)}}{\text{tempo}}$$

$$f = \frac{N}{T}$$

Para uma oscilação, ou seja, $N = 1$, a expressão pode ser simplificada da seguinte forma:

$$f = \frac{1}{T}$$

No Sistema Internacional de Medidas a unidade de frequência é dada em Hertz (Hz).

O **comprimento de onda** (λ) corresponde ao comprimento de uma onda completa ou à distância entre duas cristas ou dois vales adjacentes (PIETROCOLA et al, 2010).

Unidade no SI: metro (m)

Segundo Válio et al (2016), a **amplitude** (A) corresponde ao máximo afastamento dos pontos a posição de equilíbrio. Os pontos mais altos são chamados de cristas (C) e os pontos mais baixos de vales (V).

Unidade no SI: metro (m)

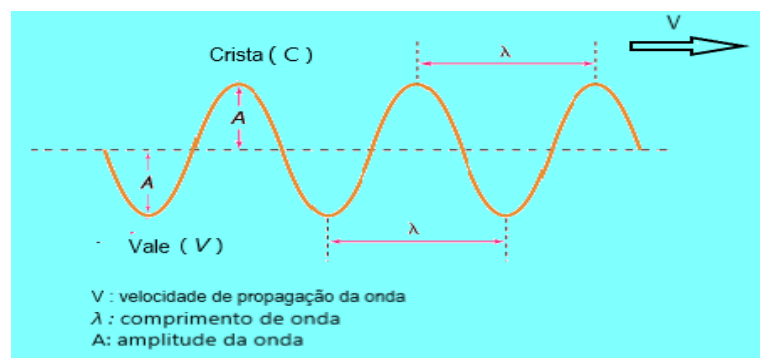
Na figura 14, é representado uma onda periódica (transversal). Nela estão representados a crista (C), vale (V), comprimento de onda (λ), amplitude (A) e a velocidade de propagação da onda (V).

A **velocidade de propagação** (V) de uma onda, em um dado meio, é constante e seu valor depende das características do meio. Dessa forma, podemos descrever a velocidade de propagação de uma onda através da seguinte expressão abaixo:

$$V = \lambda \cdot f$$

Na figura 14, são representados os principais elementos que caracterizam uma onda periódica.

Figura 14: principais elementos de uma onda



Fonte: próprio do autor

No tópico 4, são apresentados os conceitos fundamentais de Física acústica, as principais propriedades das ondas sonoras e qualidades fisiológicas do som.

Tópico 4: Física Acústica

De acordo com Alvarenga (2012), os fenômenos sonoros estão relacionados às vibrações dos corpos materiais, ou seja, todas as vezes que escutamos um som, há um corpo material que vibra e produz este som.

As **ondas sonoras** são ondas mecânicas, pois somente se propagam através de um meio material elástico e deformável. Logo, ao contrário da luz ou

de qualquer onda eletromagnética, as ondas sonoras não se propagam no vácuo (ALVARENGA, 2012).

Segundo Halliday e Resnick (2016), as ondas sonoras são conhecidas como ondas de pressão. Na figura 15, por exemplo, a vibração da membrana produz alternadamente compressões e rarefações do ar, ou seja, variações da pressão que se propaga através do meio.

Figura 15: tambor



Fonte: próprio autor

Na figura 16, é representado o esquema de propagação de uma onda sonora. As ondas produzidas são longitudinais e a menor distância entre duas regiões, nas quais o ar está comprimido ou rarefeito, corresponde ao comprimento de onda λ da onda sonora.

Figura 16: propagação de uma onda sonora



Fonte: próprio autor

A velocidade de propagação das ondas sonoras pode ser expressa da mesma forma que vale para as ondas transversais. Então, vale também a relação:

$$V = \lambda \cdot f$$

Em que, V é a velocidade de propagação da onda sonora, ou simplesmente, velocidade do som; λ é o comprimento de onda da onda sonora; f é a frequência da onda sonora, igual à frequência da fonte.

De acordo com Serway e Jewett (2014), a velocidade de propagação de uma onda mecânica, transversal ou longitudinal, é uma característica que está vinculada ao meio.

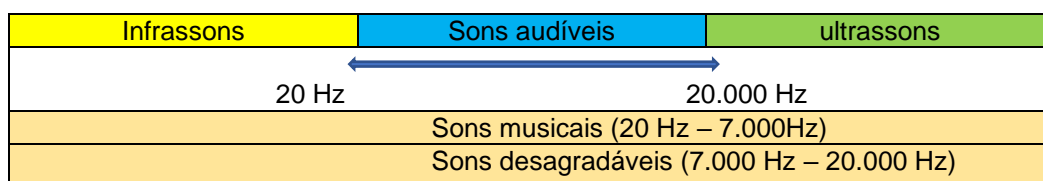
Bôas, Doca Biscuola (2013) informam que a velocidade de propagação das ondas sonoras depende, também, das condições (temperatura) do meio em que se propagam. Por exemplo, no ar, a 15°C , a velocidade do som é de aproximadamente 340 m/s; na água, de 1.500 m/s, e nos sólidos pode variar de 3.000 m/s a 6.000 m/s, dependendo da rigidez do meio.

Quanto à percepção das ondas sonoras pelo ser humano, ela depende, basicamente, de dois fatores: frequência e intensidade do som. Segundo Bôas, Doca e Biscuola (2017), o sistema auditivo humano é sensível às ondas sonoras que tenham frequências entre 20 Hz e 20.000 Hz (**sons audíveis**). Se a frequência da onda é menor que 20 Hz, essa onda é chamada de **infrassom**. Exemplo: as ondas sísmicas geradas por terremotos. Se a frequência da onda for maior que 20.000 Hz, ela é chamada de **ultrassom**. Exemplos: as ondas emitidas por um sonar; o som produzido por apitos de Galton, utilizado para treinamento de cães, golfinhos e baleias.

Para que uma onda sonora seja audível para um ser humano, ela deve ter uma intensidade mínima de aproximadamente 10^{-12} W/m^2 . Sons de intensidade muito elevada transportam muita energia, e podem provocar danos aos tímpanos. Experimentalmente, sons com intensidades superiores a, aproximadamente, 1 W/m^2 causam desconforto e dor nos ouvidos. (TORRES et al, 2016).

Na figura 17, é representado os intervalos de frequências dos infrassons, sons audíveis e ultrassons.

Figura 17: espectro sonoro



Fonte: Torres et al (2016)

O som apresenta três qualidades fisiológicas: altura, intensidade e timbre. A **altura** é qualidade que permite distinguir um som grave de um som agudo. Ela depende apenas de sua frequência. Para frequências maiores, som agudo e para frequências menores, som grave. A **intensidade** é a qualidade que permite diferenciar um som forte de um som fraco. Quanto maior for a quantidade de energia que a onda transportar aos nossos ouvidos, maior será a intensidade do som. Dessa forma, som forte é o de maior amplitude e de maior volume e o som fraco é o de menor amplitude, o de menor volume. **O timbre** é a qualidade que permite aos nossos ouvidos diferenciar dois sons de mesma altura e de mesma intensidade produzidas por fontes diferentes (TORRES et al, 2016).

No tópico 5, são discutidos os mecanismo de funcionamento do ouvido humano.

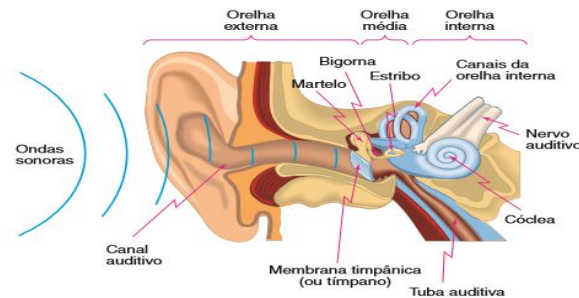
Tópico 5: Ouvido Humano

De acordo com Garcia (2013), o aparelho auditivo humano tem como função primordial converter a energia de vibração das ondas sonoras. Essa energia é, então, enviada ao cérebro através de impulsos elétricos os quais se propagam pelas terminações nervosas, provocando a sensação auditiva.

Para entender como ocorre a sensação auditiva, é importante saber que o ouvido humano é dividido em três partes: **ouvido externo**, constituído pela orelha, pelo canal auditivo e pela membrana timpânica, ou tímpano; **ouvido médio**, onde se localizam três pequenos ossos, o martelo, a bigorna e o estribo; **ouvido interno**, conhecido como labirinto, constituído por uma série de câmaras contendo fluidos, local onde ocorre a conversão de energia de vibração da onda sonora em energia elétrica. A onda sonora, ao atingir a orelha, converge para o canal auditivo e incide sobre o tímpano, que passa a vibrar em resposta às variações de pressão do ar. As vibrações mecânicas do tímpano são transmitidas, então, até a janela oval, no ouvido interno, pelos três ossículos. Esse sistema fornece uma vantagem mecânica, possibilitando a amplificação da vibração, captada pelo tímpano. (TORRES et al, 2013)

Na figura 18, são representados os elementos que constituem o ouvido humano, o percurso das ondas sonoras até chegar ao ouvido e o trajeto ao longo do canal auditivo.

Figura 18: elementos do ouvido humano



Fonte: Torres et al (2016)

A intensidade I de uma onda sonora é, por definição, a relação entre a potência P , transportada pela onda e a área A da superfície perpendicular à direção de propagação da onda e por ela atravessada. A expressão física que representa a intensidade de uma onda sonora é dada por:

$$I = \frac{P}{A}$$

Onde: P corresponde a potência da onda, no SI medida em $J/s = W$ (watts), A representa a área da superfície atravessada pela onda, no SI medida em m^2 e I é a intensidade da onda sonora, no SI medida em W/m^2 .

A energia de uma onda está relacionada com a sua amplitude. Quanto maior a amplitude, mais energia a onda carrega. Mas à medida que um observador se afasta de uma fonte sonora, o nível de intensidade sonora (β) diminui logarithmicamente. O nível de intensidade sonora é representada pela seguinte expressão:

$$\beta = 10 \log (I/I_0)$$

onde: I corresponde a máxima intensidade sonora ($I = 10^0 W/m^2 = 1 W/m^2$) e a intensidade mínima de um som audível ($I_0 = 10^{-12} W/m^2$). A unidade conhecida no SI é o decibel (dB).

No tópico 6, são apresentados os principais fenômenos ondulatórios que ocorrem com as ondas sonoras, tais como a reflexão, refração, difração, interferência e ressonância.

Tópico 6: Fenômenos Ondulatórios – ondas sonoras

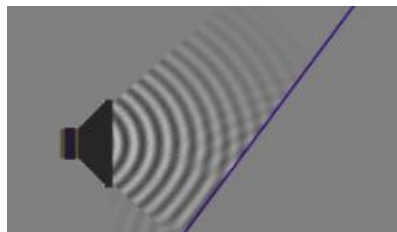
Entre os diversos fenômenos ondulatórios que podem ocorrer com as ondas sonoras, destacam-se os seguintes: reflexão, refração, interferência, a difração, ressonância sonora e batimentos.

a) Reflexão do som

Yamamoto e Fuke (2017) informam que o menor intervalo de tempo para que dois sons não se separem no cérebro é em torno de 0,1 s (persistência acústica). A reflexão do som ocorre em três níveis: eco, reforço e reverberação. O **eco** é um fenômeno que ocorre quando $\Delta t \geq 0,1$ s. Nele, o observador ouve separadamente o som direto e o som refletido; a **reverberação** é um fenômeno que ocorre quando $\Delta t < 0,1$ s. Isso significa que o observador ouve o som refletido, quando o direto está se extinguindo; o **reforço** é um fenômeno que ocorre quando $\Delta t \approx 0$ s. Dessa forma, o observador ouve o som direto, junto com o som refletido. Há somente aumento da intensidade sonora.

Na figura 19, é representado o som refletido em um obstáculo. A onda sonora produzida pela fonte vibrante atinge uma barreira e sofre reflexão.

Figura 19: reflexão do som em um obstáculo



Fonte: PhET Interactive Simulations

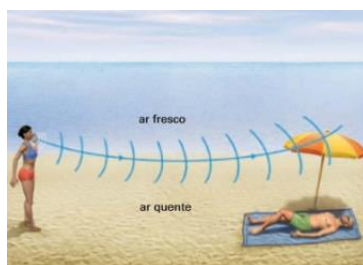
b) Refração do som

A refração do som é um fenômeno que ocorre quando a onda sonora passa de um meio para outro, com mudança em sua velocidade de propagação e em seu comprimento de onda. Durante a propagação, a frequência permanece constante (YAMAMOTO; FUKU, 2017).

Na figura 20, é mostrado um rapaz deitado na areia da praia e que não consegue ouvir o chamado da mulher por causa da refração das ondas sonoras. Quando o som se propaga no ar, aquecido de maneira não uniforme, acaba se propagando com velocidades diferentes. Como consequência disso, o som não

se propaga bem, e o homem que está deitado não consegue ouvir o som emitido pela mulher.

Figura 20: refração do som



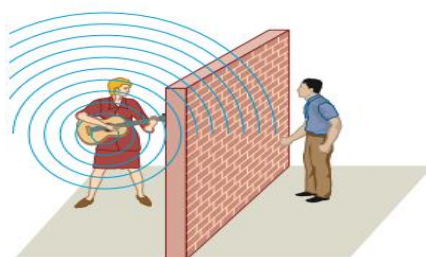
Fonte: Gaspar (2016)

c) Difração do som

Segundo Bôas, Doca e Biscuola (2017) a difração corresponde à capacidade de uma onda sonora contornar determinados obstáculos. Para que as ondas sonoras consigam contornar os obstáculos, devem ter comprimentos de ondas de tamanhos compreendidos entre 1,7 cm e 17 m.

Na figura 21, é representado um homem e o músico, que estão separados por um muro. O homem, mesmo que não veja o músico, consegue ouvi-lo.

Figura 21: difração do som em um obstáculo



Fonte: Torres et al (2015)

d) Interferência do som

A interferência de ondas sonoras ocorre quando duas ou mais ondas sonoras se superpõem num ponto, onde pode ocorrer tanto interferência construtiva quanto destrutiva (BÔAS, DOCA e BISCUOLA, 2017).

A figura 22 representa o comportamento de duas ondas sonoras, produzidas por fontes diferentes e que se propagam através do ar e chegam aos ouvidos de uma pessoa.

Figura 22: Interferência de duas ondas sonoras



Fonte: PhET Interactive Simulations

e) Ressonância sonora

Válio et al (2016) definem ressonância sonora como sendo um fenômeno no qual um corpo oscilante (alvo) sofre aumento considerável em suas amplitudes de vibração característica, ao absorver a energia emitida por outro corpo (fonte) que vibra na mesma frequência do alvo.

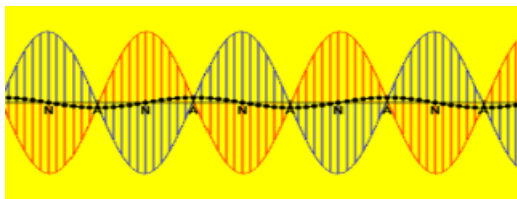
O fenômeno da ressonância tem várias aplicações práticas, e uma delas aplicadas ao funcionamento de instrumentos musicais. Ao vibrar, por exemplo, as cordas de um violão (figura 23), as frequências de vibração provocam a ressonância da caixa acústica e de outras partes do instrumento, produzindo um reforço, aumentando a intensidade do som.

Figura 23: ressonância sonora em um violão



Fonte: acervo do autor

Na figura 24, são mostradas duas ondas periódicas de frequências, comprimentos de onda e amplitude iguais, propagando-se em sentidos contrários, e que se superpõem em um dado meio, formando uma figura de interferência chamada de onda estacionária.

Figura 24: ondas estacionárias

Fonte: <https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/>

Na figura 25, a frequência do som emitido pelo trompete atinge um valor praticamente igual a uma das frequências dos modos normais da taça de cristal, como consequência as vibrações da taça produzidas pela ressonância produzem uma amplitude suficientemente elevada para fazê-la quebrar.

Figura 25: ressonância produzida por um trompete em uma taça de vidro

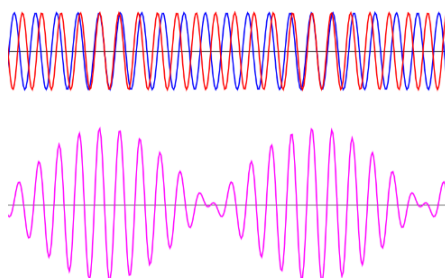


Fonte: Sears, F; Zemansky, M, Física (2015)

f) Batimentos

De acordo com Gaspar (2013), o fenômeno dos batimentos ocorre quando duas ondas sonoras apresentam frequências muito próximas uma da outra. Na figura 26, é mostrada a propagação de duas ondas sonoras individuais, que se propagam em determinado meio, e a onda resultante durante o fenômeno do batimento. Observe que há regiões onde ocorrem interferência construtiva e interferência destrutiva.

Figura 26 : ondas com frequências próximas



Fonte: <https://www.vascak.cz>

O fenômeno dos batimentos pode ocorrer com qualquer onda periódica, entretanto, é mais perceptível no caso das ondas sonoras.

O número de batimentos por segundo é dado pela diferença entre as frequências das duas ondas componentes:

$$f_{\text{bat}} = |f_1 - f_2|$$

O fenômeno dos batimentos é bastante utilizado por um músico ao fazer a afinação de um instrumento musical. Por exemplo, se a corda de um violão está afinada, e outra corda está um pouco desafinada, pode-se utilizar um afinador ou você pode tocar a mesma nota em duas cordas diferentes e ajustar até o batimento desaparecer.

No tópico 7, são apresentados o conceito e a classificação dos instrumentos musicais.

Tópico 7: Instrumentos Musicais

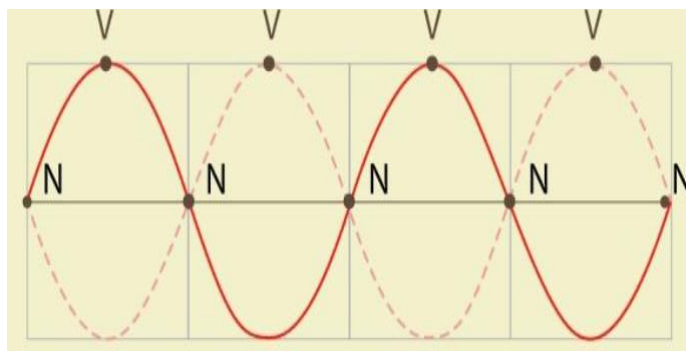
Segundo Sant'Anna et al (2010), os sons emitidos pelos instrumentos musicais podem ser produzidos por diversos mecanismos. Pela vibração das cordas, das membranas ou pela passagem do ar por tubos sonoros. Essas oscilações produzidas nos instrumentos estão relacionados aos harmônicos, que são sons de frequências sonoras especiais e que são responsáveis por aumentar significativamente a intensidade das ondas sonoras produzidas nos instrumentos musicais.

a) Instrumentos de corda

De acordo com Sant'Anna et al (2010), a teoria sobre instrumentos musicais de corda tem como base o fenômeno das **ondas estacionárias**,

formadas pela superposição de ondas incidentes e refletidas em uma corda. Por exemplo, quando um músico toca um violão, surgem uma série de ondas transversais nas cordas que possuem as extremidades fixas. Essas ondas são emitidas e refletidas nas extremidades, superpõem-se às novas ondas incidentes, formando nós e ventres na corda, por interferência construtiva e destrutiva, conforme é representada na fig.27

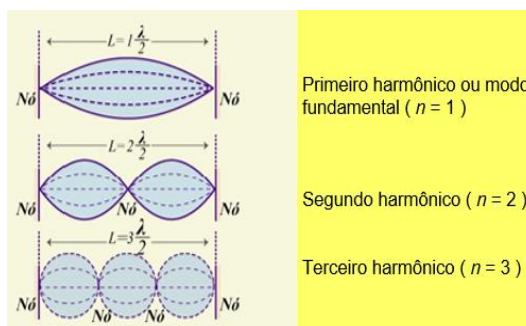
Figura 27: ondas estacionárias – padrões de interferência construtiva e destrutiva



Fonte: adaptada. Sears e Zemansky (2015)

Na figura 28, é representada o padrão de ondas estacionárias, produzidas em uma corda esticada. As imagens mostram os três primeiros modos de vibração da corda. Cada modo corresponde a uma frequência com que a corda vibra.

Figura 28: Modos de vibração



Fonte: próprio autor

A distância entre dois nós consecutivos é igual à metade do comprimento de onda, corresponde a meio comprimento de onda das ondas que sofrem superposição.

O modo mais simples de promover uma vibração em uma corda é chamado modo fundamental ou primeiro harmônico. Dessa forma temos que:

$$L = 1 \frac{\lambda}{2}$$

Sabendo-se que $\lambda = 2 L$ e, substituindo na expressão $V = \lambda f$, temos que a frequência fundamental ou primeiro harmônico ($n=1$) pode ser dada por:

$$f = 1 \frac{V}{2L}$$

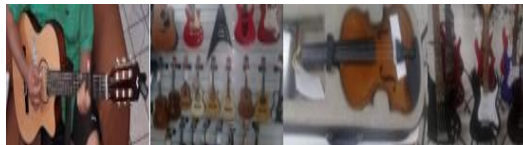
Para determinar a frequência de vibração correspondente a qualquer harmônico, basta utilizar a expressão:

$$f = n \frac{v}{2L}$$

Para $n = 1, 2, 3, \dots$

n representa a quantidade de meios comprimentos de onda; sendo V a velocidade de propagação das ondas na corda e L o comprimento da corda.

Figura 29: instrumentos musicais de corda



Fonte: próprio autor

b) Instrumentos de sopro

De acordo com Sant'Anna et al (2010), os instrumentos de sopro são, basicamente, tubos com uma extremidade aberta e a outra fechada ou as duas extremidades abertas. O princípio físico que permite a emissão de sons de várias frequências por esses instrumentos, fundamenta-se na formação de ondas estacionárias dentro dos tubos. Porém, essas ondas são diferentes das formadas nas cordas vibrantes. Ao soprar dentro do tubo, o músico introduz um jato de ar que provoca vibrações, que se propagam da coluna de ar ao interior do tubo. Essas vibrações são longitudinais, ao contrário das ondas nas cordas, que são transversais.

Na figura 30, são representados exemplos de instrumentos musicais de sopro (flauta, ocarina, gaita, flauta de pan e trompa).

Figura 30: instrumentos de sopro



Fonte: próprio autor

Tubos sonoros

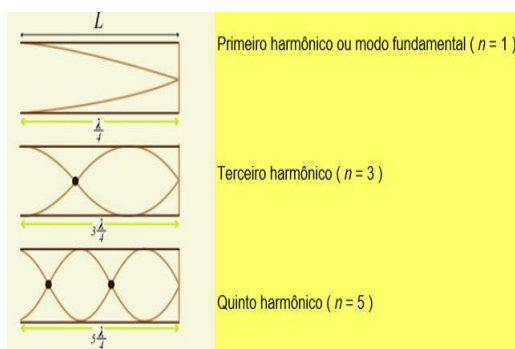
O tipo de onda estacionária que se forma depende do tipo de tubo que constitui o instrumento musical.

Tubo sonoro fechado

De acordo com Sant'Ana et al (2010), em um tubo de extremidade fechada, forma-se um nó, pois o ar, próximo à parede, é impedido de vibrar livremente por ela. Na extremidade aberta acontece o contrário: o ar pode vibrar sem nenhuma restrição física, fazendo com que nessa posição do tubo existam condições para a formação de um ventre.

O esquema abaixo mostra os modos de vibração da coluna de ar no interior de um tubo sonoro fechado

Figura 31: Tubo sonoro fechado



Fonte: próprio autor

De acordo com a figura 31, a distância entre um ventre e um nó consecutivo equivale a um quarto do comprimento de onda, dessa forma, temos:

$$\left(\frac{\lambda}{4}\right)$$

Como a frequência de vibração é dada por $f = \frac{v}{\lambda}$, podemos estabelecer que, em um tubo fechado, as frequências naturais são múltiplos ímpares da relação $(\frac{v}{4L})$, como se observa na seguinte equação:

$$f = n \frac{v}{4L}$$

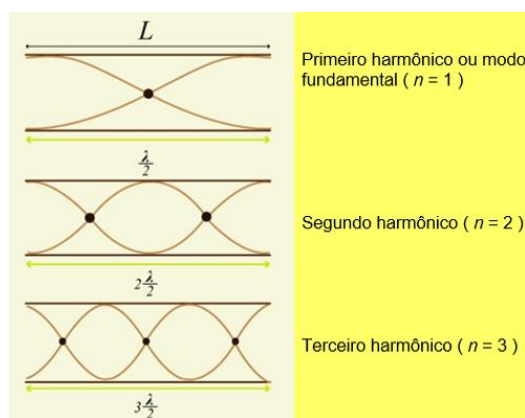
Para $n = 1$ temos a frequência fundamental, para $n = 3$ temos o terceiro harmônico, para $n = 5$ temos o quinto harmônico etc. Lembramos que um tubo sonoro fechado não emite harmônico de ordem par.

Tubo sonoro aberto

Os tubos sonoros abertos possuem as duas extremidades abertas, de forma que, quando o ar é soprado dentro do tubo, ondas estacionárias que se formam devem apresentar ventre em suas extremidades.

A figura 32 é representado os modos de vibração dos harmônicos produzidos em um tubo aberto.

Figura 32: Tubo sonoro aberto



Fonte: próprio autor

A distância entre dois ventres consecutivos é igual a meio comprimento de onda, ou seja, $(\frac{\lambda}{2})$, temos que a frequência é dada por $f = \frac{v}{\lambda}$. Na equação, v é a velocidade da onda dentro do tubo. Desta forma, podemos estabelecer que em um tubo aberto, as frequências naturais de vibração são dadas pela seguinte equação:

$$f = n \frac{v}{2L}$$

c) Instrumentos de percussão

Sant'Ana et al (2010) esclarece que nos instrumentos de percussão, o som é obtido através de: impacto (percussão), agitação, ou raspagem, é feito o som, com ou sem o auxílio de baquetas.

Das formas de classificação de instrumentos musicais, esta é a menos precisa, devido a maior parte destes possuírem altura indeterminada. Esta categoria possui a maior parte dos instrumentos, que são utilizados primordialmente com função rítmica, como é o caso da maior parte dos tambores, o triângulo e os pratos.

Figura 33: instrumentos de percussão



Fonte: acervo do autor

d) Instrumentos de tecla

Um instrumento de teclas é qualquer instrumento musical que é tocado utilizando-se um teclado musical. O mais conhecido é o piano, que é utilizado em praticamente todas as formas da música ocidental. Outros instrumentos de teclado amplamente utilizados incluem o órgão (instrumento de sopro já que o seu som é produzido pela passagem de ar pelos tubos, o ar passa pelos tubos através da pressão feita nas teclas e nos pedais, o ar é direcionado para o tubo da nota desejada), instrumentos mecânicos, eletromecânicos e eletrônicos Sant'Ana et al (2010).

Figura 34: Instrumentos de tecla



Fonte: próprio autor

No tópico 8 é apresentado um questionário contendo 20 (vinte) questões que relacionam conceitos e características das ondas, natureza das ondas, tipos de onda, fenômenos ondulatórios, ondas periódicas, ondas sonoras, e instrumentos musicais.

Tópico 8: Questionário

QUESTÕES

01) A propagação de ondas em meios não dispersivos envolve necessariamente:

- a) movimento de matéria
- b) produção de energia
- c) consumo de energia
- d) transporte de energia
- e) transporte de energia e matéria

02) Na propagação de uma onda, há necessariamente, transporte de:

- a) massa e energia
- b) quantidade de movimento e partículas
- c) energia e quantidade de movimento
- d) massa e partículas
- e) partículas e vibrações

03) Ondas mecânicas são do tipo transversal, longitudinal ou mista. Numa onda transversal, as partículas do meio:

- a) não se movem
- b) movem-se numa direção perpendicular à direção de propagação da onda
- c) movem-se numa direção paralela à direção de propagação da onda

- d) realizam movimento cuja trajetória é senoidal
- e) realizam movimento retilíneo uniforme

04) Em viagens de avião, é solicitado aos passageiros o desligamento de todos os aparelhos cujo funcionamento envolva a emissão ou a recepção de ondas eletromagnéticas. O procedimento é utilizado para eliminar fontes de radiação que possam interferir nas comunicações via rádio dos pilotos com a torre de controle.

A propriedade das ondas emitidas que justifica o procedimento adotado é o fato de

- a) tem fases opostas
- b) serem ambas audíveis
- c) serem de mesma amplitude
- d) terem frequências próximas
- e) terem intensidades inversas

05) A figura abaixo mostra um trecho de uma onda que se propaga em um fio esticado. A fonte que gera a onda opera com frequência de 30 Hz. A amplitude e o comprimento de onda que se propaga no fio vale respectivamente:



- a) 10 cm e 2 m b) 20 cm e 3 m c) 20 cm e 2 m d) 40 cm e 2 m
- e) 40 cm e 3 m

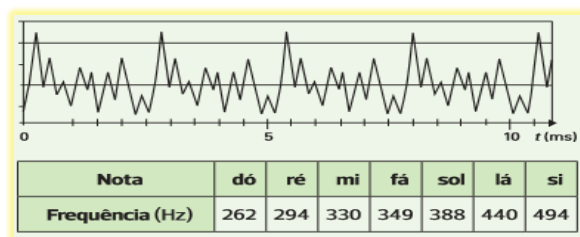
06) Em respeito à formação de harmônicos em tubos sonoros abertos e fechados, assinale a alternativa correta:

- a) nos tubos sonoros abertos, as frequências dos harmônicos são dadas apenas por múltiplos pares da frequência fundamental.
- b) em tubos sonoros fechados, as frequências dos harmônicos são dadas por múltiplos inteiros e ímpares da frequência fundamental.
- c) a ordem dos harmônicos em tubo sonoro aberto é dada pelo número de quartos de comprimento de onda formados em seu interior.

d) a ordem do harmônico em tubo sonoro fechado é dada pelo número de meios comprimentos de onda formados em seu interior.

e) n.d.a

07) (Fuvest-SP) Um estudo de sons emitidos por instrumentos musicais foi realizado usando um microfone ligado a um computador. O gráfico abaixo, reproduzido da tela do monitor, registra o movimento do ar captado pelo microfone, em função do tempo, medido em milissegundos, quando se toca uma nota musical em um violino.



Supondo que o período de uma oscilação corresponde a um período de $2 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 0,0026 \text{ s}$, pode-se concluir que o som produzido pelo violino era o da nota:

a) dó.

b) mi.

c) sol.

d) lá.

e) si

08) (UEG-GO) Nos filmes de ficção científica, tal como Guerra nas estrelas, pode-se ouvir, nas disputas espaciais dos rebeldes contra o Império, zunidos de naves, roncões de motores e explosões estrondosas no espaço interestelar. Esse fenômeno constitui apenas efeitos da ficção e, na realidade, não seria possível ouvir o som no espaço interestelar devido ao fato de que as ondas sonoras:

a) possuem índice de refração dependentes do meio.

b) propagam-se apenas no éter, invisível a olho nu.

c) necessitam de um meio para se propagarem.

d) têm amplitude de frequência modulada

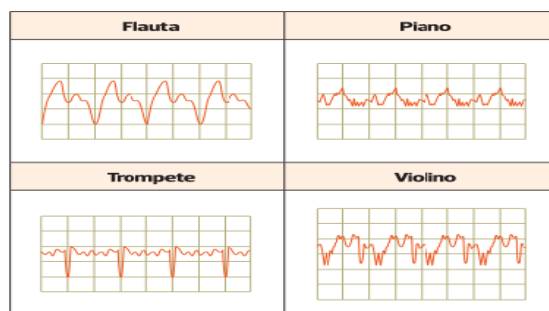
e) n.d.a

09) (UEMA - MA) técnicos em acústica utilizam o caráter ondulatório do som para eliminação, total ou parcial, de ruídos indesejáveis. Para isso, microfones captam o ruído do ambiente e o enviam a um computador, programado para analisá-lo

e para emitir um sinal ondulatório que anule o ruído original indesejável. Em qual fenômeno ondulatório se fundamenta essa tecnologia?

- a) Interferência b) difração c) reflexão
d) polarização. e) reverberação

10) Os instrumentos musicais são classificados em três tipos: corda, sopro e percussão. Na figura abaixo estão representadas as configurações resultantes diferentes que dão origem à mesma nota musical — neste caso o dó (262 Hz).



Analisando o som emitido pelos instrumentos musicais acima, podemos afirmar que o gráfico representado pela flauta, piano, trompete e violino, verifica-se que eles apresentam _____ diferentes.

- a) altura b) intensidade c) volume
d) timbre e) n.d.a

11) (UEM-PR) Com relação às ondas mecânicas periódicas, assinale como verdadeiro (V) ou falso (F):

- a). Uma onda mecânica longitudinal, ao percorrer um meio apropriado, tal como um gás ideal rarefeito, faz as partículas do meio oscilarem na mesma direção de propagação da onda.
- b). Uma onda mecânica transversal, ao percorrer um meio apropriado, tal como uma corda ideal, faz as partículas do meio oscilarem perpendicularmente à direção de propagação da onda.
- c) A velocidade de propagação de uma onda mecânica em um meio qualquer independe das características físicas desse meio.
- d) O fenômeno do batimento pode ser entendido como a superposição de ondas sonoras de frequências muito próximas.

A sequência correta é:

- a) V, V, V, V
- b) F, F, F, V
- c) V, V, F, V
- d) F, V, F, V
- e) n.d.a

12) Dos fenômenos citados abaixo quais são os responsáveis pela formação da onda estacionária:

- a) reflexão e refração.
- b) difração e refração.
- c) Reflexão e interferência.
- d) difração e reflexão.
- e) polarização e interferência

13) (UFRGS) Quais as características das ondas sonoras que determinam a altura e a intensidade do som?

- a) comprimento de onda e frequência
- b) amplitude e comprimento de onda
- c) amplitude e frequência
- d) frequência e comprimento de onda
- e) frequência e amplitude

14) Som mais agudo é som de:

- a) maior intensidade
- b) menor intensidade
- c) menor frequência
- d) maior frequência
- e) maior velocidade de propagação

15) (UFMG) Uma pessoa toca no piano uma tecla correspondente à nota mi e, em seguida, a que corresponde a sol. Pode-se afirmar que serão ouvidos dois sons diferentes porque as ondas sonoras correspondentes a essas notas têm:

- a) amplitudes diferentes
- b) frequências diferentes
- c) intensidades diferentes

- d) timbres diferentes
- e) velocidade de propagação diferentes

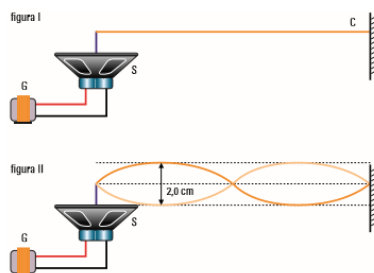
16. (UEL 2009) Os morcegos, mesmo no escuro, podem voar sem colidir com os objetos a sua frente. Isso porque esses animais têm a capacidade de emitir ondas sonoras com frequências elevadas, da ordem de 120.000 Hz, usando o eco para se guiar e caçar. Por exemplo, a onda sonora emitida por um morcego, após ser refletida por um inseto, volta para ele, possibilitando-lhe a localização do mesmo. Sobre a propagação de ondas sonoras, pode-se afirmar que:

- a) o som é uma onda mecânica do tipo transversal que necessita de um meio material para se propagar.
- b) o som também pode se propagar no vácuo, da mesma forma que as ondas eletromagnéticas.
- c) a velocidade de propagação do som nos materiais sólidos em geral é menor do que a velocidade de propagação do som nos gases.
- d) a velocidade de propagação do som nos gases independe da temperatura destes.
- e) o som é uma onda mecânica do tipo longitudinal que necessita de um meio material para se propagar.

17. (UECE) Quando diferentes tipos de instrumentos musicais, como flauta, saxofone, e piano, produzem a mesma nota musical, os sons resultantes diferem uns dos outros devido:

- a) às diferentes composições de harmônicos gerados por cada instrumento
- b) às diferentes intensidades das ondas sonoras
- c) às diferentes frequências sonoras produzidas
- d) aos diferentes comprimentos de ondas fundamentais

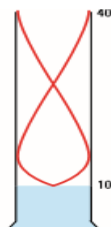
18. (Uerj) Um alto-falante (S), ligado a um gerador de tensão senoidal (G), é utilizado como um vibrador que faz oscilar, com frequência constante, uma das extremidades de uma corda (C). Esta tem comprimento de 180 cm e sua outra extremidade é fixa, segundo a figura I. Num dado instante, o perfil da corda vibrante apresenta-se como mostra a figura II.



Nesse caso, a onda estabelecida na corda possui amplitude e comprimento de onda, em centímetros, iguais a, respectivamente:

- a) 2,0 e 90.
- b) 2,0 e 180.
- c) 1,0 e 90.
- d) 1,0 e 180
- e) 2,0 e 220

19) (PUCC-SP) Uma proveta graduada tem 40,0 cm de altura e está com água no nível de 10,0 cm de altura. Um diapasão de frequência 855 Hz vibrando próximo à extremidade aberta da proveta indica ressonância. Uma onda sonora estacionária possível é representada na figura a seguir:



A velocidade do som, nessas condições, é, em metros por segundo:

- a) 326.
- b) 334.
- c) 342.
- d) 350.
- e) 358.

20. Analise as afirmações a seguir. I. Dois instrumentos musicais diferentes são acionados e emitem uma mesma nota musical. II. Dois instrumentos iguais estão emitindo uma mesma nota musical, porém, com volumes (intensidades) diferentes. III. Um mesmo instrumento é utilizado para emitir duas notas musicais diferentes. Assinale a principal característica que difere cada um dos dois sons emitidos nas situações I, II e III respectivamente.

- a) amplitude, comprimento de onda e frequência.
- b) frequência, comprimento de onda e amplitude.

- c) timbre, amplitude e frequência
- d) amplitude, timbre e frequência
- e) n.d.a

O tópico 09 traz um Quiz, que é um jogo mental no qual os estudantes tentam responder as questões que lhe são colocadas. Trata-se de uma ferramenta que serve para a avaliação de conhecimentos ou capacidade em ambientes de aprendizagem.

O Quiz apresenta um banco de dados com 30 (trinta) questões randômicas, ou seja, escolhidas de forma aleatória pelo programa do jogo. O aluno terá 1 minuto para responder cada questão. A cada 5 (cinco) questões resolvidas, é mostrado o desempenho do aluno, ou seja, o percentual de acertos. Ele poderá reiniciar uma nova rodada de questões.

Tópico 09: Quiz

QUESTÕES DO QUIZ

01) A respeito das características das ondas, marque a alternativa errada.

- Ondas sonoras e ondas sísmicas são exemplos de ondas mecânicas
- As ondas eletromagnéticas resultam da combinação de um campo elétrico com um campo magnético
- A descrição das ondas eletromagnéticas é feita por meio das equações de Maxwell
- Quanto à direção de propagação, as ondas geradas em um lago pela queda de uma pedra na água são classificadas como tridimensionais.

02) (IFGO) As ondas são formas de transferência de energia de uma região para outra. Existem ondas mecânicas – que precisam de meios materiais para se propagarem – e ondas eletromagnéticas – que podem se propagar tanto no vácuo como em alguns meios materiais. Sobre ondas, podemos afirmar corretamente que:

- A energia transferida por uma onda eletromagnética é diretamente proporcional à frequência dessa onda.

- O som é uma espécie de onda eletromagnética e, por isso, pode ser transmitido de uma antena à outra, como ocorre nas transmissões de TV e rádio.
- A luz visível é uma onda mecânica que somente se propaga de forma transversal.
- Existem ondas eletromagnéticas que são visíveis aos olhos humanos, como o ultravioleta, o infravermelho e as micro-ondas.

03) A velocidade de propagação do som é mais veloz:

- Nos sólidos
- Nos líquidos
- Nos gases
- No vácuo

04) A respeito da classificação das ondas, marque a alternativa **incorreta**:

- As ondas classificadas como longitudinais possuem vibração paralela à propagação. Um exemplo desse tipo de onda é o som.
- O som é uma onda mecânica, longitudinal e tridimensional.
- A frequência representa o número de ondas geradas dentro de um intervalo de tempo específico. A unidade Hz (Hertz) significa ondas geradas por segundo.
- Quanto à sua natureza, as ondas podem ser classificadas em mecânicas, eletromagnéticas, transversais e longitudinais.

05) Uma determinada fonte gera ondas com frequência de 60 Hz com um comprimento de onda igual a 10 m. Determine a velocidade de propagação dessas ondas.

- 500 m/s
- 360 m/s
- 600 m/s
- 60 m/s

06) (UFPE) Diante de uma grande parede vertical, um garoto bate palmas e recebe o eco um segundo depois. Se a velocidade do som no ar é 340 m/s, o garoto pode concluir que a parede está situada a uma distância aproximada de:

- 34 m
- 68 m
- 170 m
- 340 m

07) Em viagens de avião, é solicitado aos passageiros o desligamento de todos os aparelhos cujo funcionamento envolva a emissão ou a recepção de ondas eletromagnéticas. O procedimento é utilizado para eliminar fontes de radiação que possam interferir nas comunicações via rádio dos pilotos com a torre de controle.

A propriedade das ondas emitidas que justifica o procedimento adotado é o fato de :

- Terem fases opostas
- Serem ambas audíveis
- Serem de mesma amplitude
- Terem frequências próximas

08) Quando uma vibração externa, com frequência próxima ou igual à frequência natural de vibração de um sistema é emitida na direção deste, o sistema absorve fortemente a energia dessa onda, aumentando a amplitude de suas vibrações.

O texto refere-se ao fenômeno da :

- Ressonância
- Polarização
- Refração
- Difração

09) (UFPI) Um alto-falante emite som de frequência constante igual a 55 Hz, próximo de dois tubos sonoros: um aberto e outro fechado. A velocidade de propagação do som em ambos os tubos é de 330 m/s. Se o som do alto-falante ressoa nesses tubos, seus comprimentos mínimos são, respectivamente:

- 4 m e 2 m.

- 3 m e 1,5 m
- 6 m e 3 m
- 5 m e 2,5 m

10) O aparelho auditivo, considerado no seu conjunto uma “caixa-preta”, que detecta um sinal sonoro no ar e o transmite ao cérebro, tem como grandezas de entrada e saída:

- Variação de pressão — impulsos elétricos
- Variação de pressão — compressão e distensão de moléculas
- Variação de velocidade de moléculas — concentração iônica nas células
- Variação de velocidade — impulsos elétricos

11) Mariana pode ouvir sons na faixa de frequências de 20 Hz a 20 KHz. Suponha que, próximo a ela, um morcego emite um som de 40 kHz. Assim sendo, Mariana não ouve o som emitido pelo morcego, porque esse som tem:

- Um comprimento de onda maior que o daquele que ela consegue ouvir.
- Um comprimento de onda menor que o daquele que ela consegue ouvir.
- Uma velocidade de propagação maior que a daquele que ela consegue ouvir.
- A velocidade de propagação menor que a daquele que ela consegue ouvir.

12) Quando uma onda sonora atinge uma região em que a temperatura do ar é diferente, muda:

- A frequência
- O timbre
- A altura
- O comprimento de onda

13) (UFRGS-RS) Em uma onda sonora estacionária, no ar, a separação entre um nodo e o ventre mais próximo é de 0,19 m. Considerando-se a velocidade do som no ar igual a 334 m/s, qual é o valor aproximado da frequência dessa onda?

- 1760 Hz
- 880 Hz

- 440 Hz
- 334 Hz

14) (Fac. Cultura Inglesa - SP) A cuíca é um instrumento musical, semelhante a um tambor, com uma haste de madeira presa no centro de uma membrana de couro, pelo lado interno. Friccionando a haste com um pedaço de tecido molhado e pressionando a parte externa da cuíca com o dedo, produz-se uma onda sonora de ronco característico. Quando essa onda sonora se propaga,

- .Aumenta a sua frequência
- Há propagação de energia.
- Sua amplitude aumenta.
- Há transporte de matéria.

15) Marque a alternativa correta a respeito das características das ondas sonoras.

- Quanto menor for a densidade de um meio, maior será a velocidade do som, por isso as ondas sonoras propagam-se com maior velocidade no ar do que na água.
- A altura é a qualidade do som relacionada à energia emitida pela fonte sonora.
- O aparelho auditivo humano é capaz de captar apenas um intervalo específico de frequências sonoras.
- Podemos diferenciar os sons de instrumentos musicais distintos, porque cada um produz som em uma frequência característica.

16) Quando aumentamos o volume do som do nosso rádio a grandeza física que estamos aumentando é o (a):

- Velocidade de propagação
- Amplitude
- Frequência
- Comprimento de onda

17) Considere as seguintes afirmações relacionadas com o som:

I. a onda sonora é uma onda transversal que se propaga no vácuo com uma velocidade menor do que a da luz.

II. um som é tanto mais agudo quanto maior for a frequência da onda sonora correspondente àquele som.

III. quando uma onda sonora passa do ar para a água, não há modificação em seu comprimento de onda.

Pode-se concluir que:

- Apenas a afirmativa I é correta
- Apenas a afirmativa II está correta
- Apenas a afirmativa III é correta
- As afirmativas I, II e III estão corretas

18) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do parágrafo abaixo.

Cada modo de vibração de oscilação da onda estacionária que se forma em uma corda esticada pode ser considerado o resultado da _____ de duas ondas senoidais idênticas que se propagam _____.

- Interferência – em sentidos opostos
- Interferência – no mesmo sentido
- Polarização – no mesmo sentido
- Dispersão – no mesmo sentido

19) Uma pessoa é capaz de ouvir a voz de outra pessoa situada atrás de um muro, mas não pode vê-la. Isto se deve ao fenômeno do (a) :

- Polarização
- Difração
- Interferência
- Reforço

20) As seis cordas de um violão têm espessuras diferentes e emitem sons que são percebidos pelo ouvido humano de forma diferente. No entanto, com boa

aproximação, pode-se afirmar que todas elas emitem ondas sonoras que, no ar, tem:

- A mesma altura
- A mesma frequência
- A mesma intensidade
- A mesma velocidade

21) Quando uma onda se propaga de um local para outro, necessariamente ocorre:

- Transporte de energia.
- Transformação de energia.
- Produção de energia.
- Transporte de matéria e energia.

22) (Unesp-SP) Uma das características que diferem ondas transversais de ondas longitudinais é que apenas as ondas transversais podem ser:

- Polarizadas.
- Espalhadas.
- Refletidas
- Refratadas

23) Qual das ondas a seguir não se propaga no vácuo?

- Ondas de rádio.
- Micro-ondas.
- Ondas de sonar
- Ondas de calor

24) Das ondas citadas a seguir, qual delas não é onda eletromagnética?

- Infravermelho.
- Ultrassom
- Ondas luminosas
- Ondas de rádio

25) Analise as afirmações a seguir:

I. Dois instrumentos musicais diferentes são acionados e emitem uma mesma nota musical.

II. Dois instrumentos musicais iguais estão emitindo uma mesma nota musical, porém, com volumes diferentes

III. Um mesmo instrumento musical é utilizado para emitir duas notas musicais diferentes.

Assinale a principal característica que difere cada um dos dois sons emitido nas situações I, II e III respectivamente.

- Amplitude, comprimento de onda e frequência.
- Frequência, comprimento de onda e amplitude
- Timbre, amplitude e frequência
- Comprimento de onda, timbre e frequência

26) Ao ouvir uma flauta e um piano emitindo a mesma nota musical, consegue-se diferenciar esses instrumentos um do outro. Essa diferença se deve principalmente ao (à):

- Intensidade sonora do som de cada instrumento musical.
- Potência sonora do som emitido pelos diferentes instrumentos
- Timbre do som, que faz com que os formatos das ondas de cada instrumento sejam diferentes.
- Diferente velocidade de propagação do som emitido por cada instrumento musical

27) Julgue as afirmações a seguir: I. Todo som alto tem grande intensidade. II. Sons baixos são aqueles que têm pequena intensidade. III. Quanto maior a frequência de um som, mais alto ele é. IV. A diferença entre um som forte e um som fraco está na frequência.

É (São) correta(s):

- Somente a I e a II
- Somente a III e a IV
- Somente a III
- Somente a I, a II e a IV

28) Carro velho é uma usina de sons. Dependendo da frequência de giro do motor, diferentes partes entram em vibração, acompanhando a vibração gerada por sua rotação. O fenômeno físico associado a essa observação é:

- Eco
- Dispersão
- Refração
- Ressonância

29) As ondas estacionárias resultam de fenômenos de:

- Difração e interferência
- Reflexão e refração
- Difração e reflexão
- Reflexão e interferência

30) Alguns softwares permitem manipular certos harmônicos componentes da voz humana, intensificando-os, atenuando-os ou até mesmo suprimindo-os, modificando substancialmente o som percebido por um ouvinte para uma determinada voz. Surgem com essas manipulações aquelas vozes de “robôs”, de “monstros”, de seres “extraterrestres” etc., tão comuns no cinema. A principal qualidade que se altera na voz é:

- A altura
- O timbre
- A intensidade
- O nível sonoro

No tópico 10, são apresentados alguns links, que trazem informações relevantes sobre curiosidades na área de Física Acústica e os instrumentos musicais.

O acesso ao conteúdo do aplicativo e o osciloscópio é feito tanto online quanto offline, já os links que tratam sobre curiosidades em relação a área de Física acústica e os instrumentos musicais precisa de acesso à Internet.

Tópico 10: Links e Curiosidades sobre Física Acústica

Abaixo estão os links que precisam de acesso à internet.

- a) Fones de ouvido contribuem para a perda da audição em jovens
<https://veja.abril.com.br/saude/fones-de-ouvido-contribuem-para-a-perda-da-audicao-em-jovens/>
- b) Para que serve um osciloscópio
<https://www.google.com/amp/s/www.terra.com.br/amp/noticias/dino/afinal-para-que-serve-um-osciloscopio,7f4cd02625fd363b42dab1af60025d52t9j0rev7.html>
- c) Ondas sonoras - a: Timbre, altura e intensidade
<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/ondas-sonoras--a-timbre-altura-e-intensidade.htm>
- d) Instrumento musical e a importância para o cérebro
<https://revistaeducacao.com.br/2019/01/29/instrumento-musical-cerebro/>
- e) Física e música: curiosidades
<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/fisica-musica-curiosidades.htm>
- f) Física dos instrumentos musicais (20 h)
<https://www.youtube.com/watch?v=q6Uoyw5ZKNs>
- g) Física + Física do Violão - Acústica – ENEM
<https://youtu.be/nuUWaoA0-YU>
- h) Ondas
https://www.colegiosvicentinos.com.br/conteudo/anexos/anexo_000213/Ondas13141516.pdf
- i) Introdução à acústica – estudo do som
<https://youtu.be/RFX0fEJokxo>
- j) Superposição de Oscilações | Experimentos - Ressonância e batimento em diapasões
https://youtu.be/bmh7NseTF_w
- l) Interferências | Experimentos - Cuba de ondas: interferência de ondas
<https://youtu.be/AG5HYoHojgc>
- m) Superposição de Oscilações | Experimentos - Superposição de oscilações
<https://youtu.be/r-kCHtiCCxw>
- n) Teste de Audição Divertido: Você é um Super Humano?
https://youtu.be/KszGV_UfBXw
- o) Ondas numa Corda | Experimentos - Mola Slinky ondas transversais estacionárias
https://youtu.be/0EFK_vZTpio

3.2 Osciloscópio

O osciloscópio presente no aplicativo Física Acústica Fácil tem a função de capturar e reconhecer algumas características físicas (frequência, comprimento

de onda, amplitude, forma de onda) dos sons emitidos pelos instrumentos musicais.

O osciloscópio pode ser utilizado como ferramenta de ensino na medição das ondas sonoras. Ele permite a observação das formas de onda emitidos por instrumentos musicais e até pela voz humana. Possibilita a medida da velocidade do som. Permite, aos alunos e professores, um aprofundamento de muitos conceitos estudados na Física Acústica, mediados pelos instrumentos musicais.

O osciloscópio apresenta o seguintes recursos funcionais:

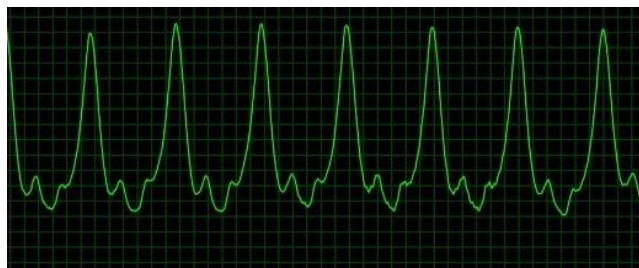
- Captura o áudio do microfone do aparelho;
- Transforma o áudio captado em gráfico na forma de ondas;
- Mostra a frequência e a amplitude;
- Mostra uma lista de documentos previamente cadastrados e exibir o texto completo com fotos ao clicar no ícone da listagem.

As tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do aplicativo foram: Android Java e Backend Stripe no Heroku.

O acesso ao osciloscópio, aos conteúdos, aos questionário e o Quiz é feita de forma off-line, ou seja, não necessita de Internet. Somente o acesso aos links é online.

A título de ilustração, no print é mostrado o comportamento gráfico do timbre da nota musical Mi (aguda) de um violão, em função do período de oscilação, captada pelo osciloscópio.

Print 1: Forma de onda da nota mi (aguda) de um violão



Fonte: próprio autor

No print 2, é mostrado o comportamento gráfico do timbre da nota musical Si, de um violão, em função do período de oscilação, captada pelo osciloscópio.

Print 2: Forma de onda da nota Si de um violão

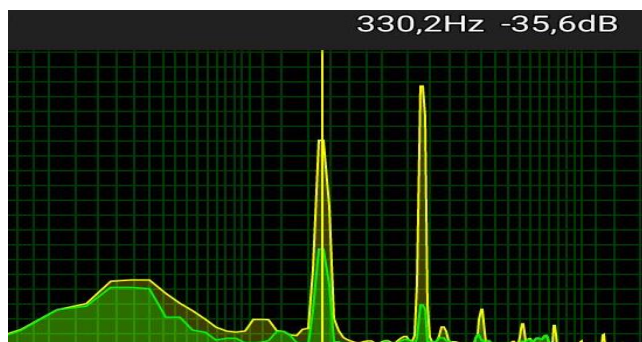


Fonte: próprio autor

Ao comparar os prints 1 e 2, observa-se que o timbre de cada nota musical (Mi e Si), emitidas pela fonte e capturadas pelo osciloscópio, apresentam comportamentos distintos, em termos de frequência, comprimento de onda e amplitude. A nota Mi (aguda) apresenta menor comprimento e maior frequência, quando comparada com a nota Si. Entretanto, a nota Si apresenta maior comprimento de onda e menor frequência em relação a nota Mi.

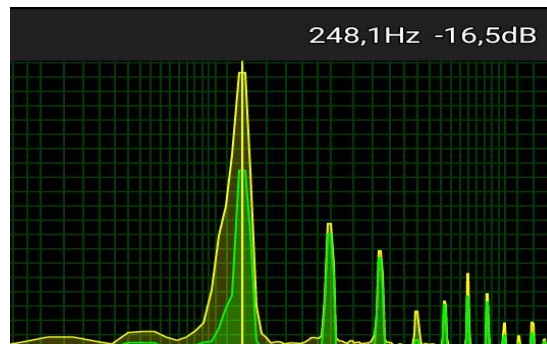
Nos print 3 e 4, são representados o espectro sonoro produzido ao tocar as notas Mi e Si no violão separadamente. O osciloscópio capturou a frequência de oscilação da nota Mi, correspondente a 320,2Hz e o da nota Si, correspondente a 248,1Hz. Percebe-se que o comportamento do espectro sonoro, frequência, comprimento de onda, amplitude e timbre das duas notas (mi e Si) são diferentes.

Print 4: Espectro sonoro da nota mi (aguda) de um violão.



Fonte: próprio autor

Print 5: Espectro sonoro da nota Si de um violão



Fonte: próprio autor

Se o experimento for repetido para as outras cordas, obtêm-se padrões de comportamento gráfico, frequência, amplitude, comprimento de onda e timbres diferentes.

O osciloscópio permite fazer uma análise física do som produzido por diversos instrumentos musicais, tais como: violão, flauta, violino, gaita, xilofone, escaleta, sanfona, entre outros.

Devido a sua funcionalidade prática, torna-se um excelente recurso tecnológico e didático à disposição do aluno, para aprofundar os conhecimentos teóricos e práticos na área de Física Acústica, mediados com o uso de instrumentos musicais.

Conforme as palavras de Ferro e Paixão (2015), é um recurso potencialmente significativo e que apresenta a propriedade de ser relacionável à estrutura de conhecimento do estudante, propiciando novas ideias, que sirvam como âncoras (subsunçores) ao conhecimento do aluno.

De acordo com Paixão e Ferro (2015), o conceito central da teoria de Ausubel “é o de aprendizagem significativa, que pode ser entendida como um processo em que novas informações ou novos conhecimentos interagem com um aspecto existente na estrutura cognitiva do aluno”.

A teoria da Aprendizagem Significativa leva em conta aquilo que o aluno já sabe, sendo de fundamental importância para o seu próprio crescimento intelectual – o conhecimento prévio do sujeito. Nesse processo a nova informação interage com a nova estrutura de conhecimento específica, existente na estrutura cognitiva de quem aprende - “subsunçor”.

Importante destacar que o aplicativo, como recurso didático, tem como finalidade possibilitar que o novo conteúdo seja incorporado à estrutura de conhecimento do aluno e que ele possa aprendê-lo e relacioná-lo à estrutura de conhecimento prévio existente. Os novos conteúdos e conhecimentos que serão repassados aos alunos, aliados a aquilo que ele já sabe, funcionarão como âncora, para que o aluno amplie os seus próprios conhecimentos.

Com o aplicativo, os alunos terão a oportunidade de acesso aos conceitos relevantes que envolvem a área de Física Acústica. Trata-se de um recurso didático (material) potencialmente significativo e que permitirá, aos alunos, aprofundarem e explorarem conceitos relacionados às ondas, aos diversos fenômenos ondulatórios, às principais características e propriedades das ondas, bem como, aprofundamento dos conceitos relacionados às ondas sonoras, qualidades fisiológicas do som e timbre dos instrumentos musicais, além de contar com uma ferramenta (osciloscópio) potencialmente significativa para aprendizado de ondas sonoras.

3.3 Conhecendo o aplicativo

Esta seção tem como objetivo orientar os usuários acerca da utilização deste aplicativo, a fim de facilitar e tornar mais ágil seu manuseio.

No print 6 é apresentado o logo do aplicativo desenvolvido como produto educacional no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

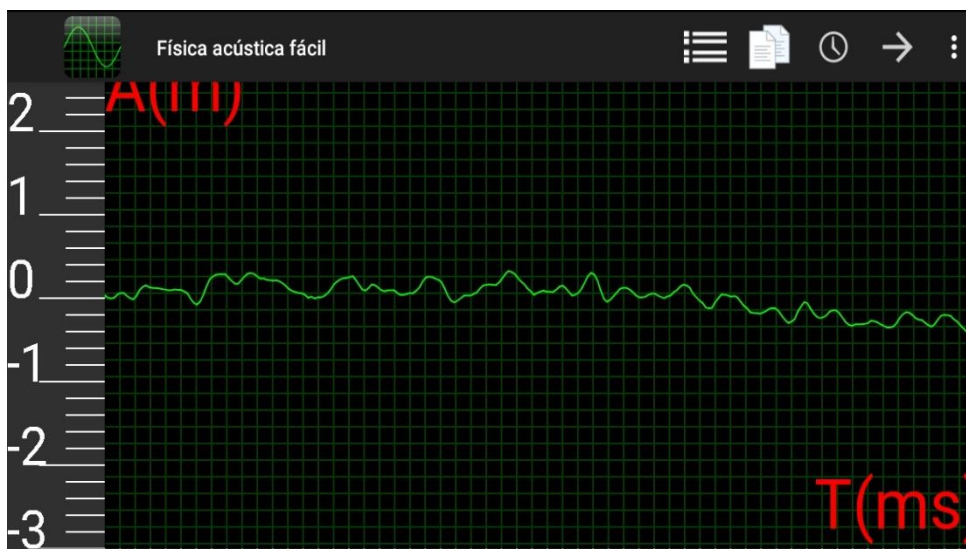
Print 6: Logo do aplicativo Física Acústica Fácil



Fonte: acervo do autor

No print 7 é apresentada a tela com os menus, onde estão distribuídos os tópicos do aplicativo desenvolvido como produto educacional no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

Print 7: Tela com os menus do aplicativo Física Acústica Fácil



Fonte: acervo do autor

Abaixo estão representados os menus do aplicativo:



: Menus de acesso do aplicativo



: Conteúdos de Física acústica



: Período de oscilação do osciloscópio



: Espectro sonoro do osciloscópio, referências e informações sobre o aplicativo



: Quiz

No print 8, é apresentado o menu de acesso ao conteúdo do aplicativo.

Print 8: Conteúdo do aplicativo

← Documentos	
1	CONCEITOS FUNDAMENTAIS
2	FENÔMENOS ONDULATÓRIOS
3	ONDAS PERIÓDICAS
4	FÍSICA ACÚSTICA
5	O OUVIDO HUMANO
6	FENÔMENOS ONDULATÓRIOS – ONDAS SONORAS
7	INSTRUMENTOS MUSICAIS
8	QUESTIONÁRIO
9	LINKS E CURIOSIDADES SOBRE FÍSICA ACÚSTICA

Fonte: próprio autor

No print 9, é apresentado o menu que trata sobre os conceitos fundamentais de onda.

Print 9: Conceitos Fundamentais de Física Acústica



CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Figura 2: Propagação das ondas eletromagnéticas em uma estação de rádio



Fonte: PhET Interactive Simulations

As ondas eletromagnéticas apresentam o que chamamos de espectro eletromagnético - distribuição de ondas eletromagnéticas, visíveis e não visíveis. A distribuição dessas ondas na região do espectro, depende de padrões de referência físicas como a frequência e o comprimento de onda (KNIGHT, 2009).

A figura 3 a seguir ilustra o espectro eletromagnético de diversas ondas eletromagnéticas que se propagam em determinado meio (vácuo) com velocidade de 300.000 km/s.

Figura 3: Espectro eletromagnético



Fonte: acervo do autor (2020)

O espectro eletromagnético das ondas eletromagnéticas estão organizados em faixas de frequências (f) e comprimentos de onda (λ).

O quadro 1, representado abaixo, destaca a faixa de frequências do espectro eletromagnético.

Fonte: próprio autor

No print 10, é apresentado o menu que destaca os principais fenômenos ondulatórios.

Print 10: Fenômenos ondulatórios**FENÔMENOS ONDULATÓRIOS**

Os fenômenos ondulatórios mais comuns que ocorrem com ondas mecânicas e/ou eletromagnéticas são os seguintes:

a) Reflexão

Ocorre quando uma onda atinge uma região que separa dois meios e retorna ao meio original. Durante a propagação da onda, não ocorrem alterações na velocidade de propagação, frequência e comprimento de onda (GASPAR, 2017)

Na figura 5 abaixo representada, a superfície da água funciona como um espelho, refletindo a imagem dos barcos que estão ancorados no porto.

Figura 5: Reflexão da luz



Fonte: próprio autor

No print 11, é apresentado o menu que trata sobre as ondas periódicas

Print 11 : Ondas periódicas

←
ONDAS PERIÓDICAS

Unidade no SI: segundo (s)

Para uma oscilação, ou seja, $N = 1$, a expressão pode ser simplificada da seguinte forma:

$$f = \frac{1}{T}$$

No Sistema Internacional de Medidas a unidade de frequência é dada em Hertz (Hz).

O comprimento de onda (λ) corresponde ao comprimento de uma onda completa ou à distância entre duas cristas ou dois vales adjacentes (PIETROCOLA, 2010).

Unidade no SI: metro (m)

Segundo Válio et al (2016), a amplitude (A) corresponde ao máximo afastamento dos pontos a posição de equilíbrio. Os pontos mais altos são chamados de cristas (C) e os pontos mais baixos de vales (V).

Unidade no SI: metro (m)

A figura abaixo 14 representa o esquema de uma onda periódica (transversal). Nela estão representados a crista (C), vale (V), comprimento de onda (λ), amplitude (A) e a velocidade de propagação da onda (v).

A velocidade de propagação (v) de uma onda em um dado meio é constante e seu valor depende das características do meio. Dessa forma, podemos descrever a velocidade de propagação de uma onda através da seguinte expressão:

$$v = \lambda \cdot f$$

Fonte: próprio autor

No print 12, é apresentado o menu que trata sobre os conceitos fundamentais de Física Acústica.

Print 12: Física Acústica



FÍSICA ACÚSTICA

De acordo com Alvarenga (2012), os fenômenos sonoros estão relacionados as vibrações dos corpos materiais, ou seja, todas as vezes que escutamos um som, há um corpo material que vibra e produz este som.

As ondas sonoras são ondas mecânicas, pois somente se propagam através de um meio material elástico e deformável. Logo, ao contrário da luz ou de qualquer onda eletromagnética, as ondas sonoras não se propagam no vácuo (ALVARENGA, 2012)

Segundo Halliday e Resnick (2016), as ondas sonoras são conhecidas como ondas de pressão. Na figura 15, por exemplo a vibração da membrana produz alternadamente compressões e rarefações do ar, ou seja, variações da pressão que se propaga através do meio.

Figura 15: Tambor eletroacústico



Fonte: próprio autor

No print 13, é apresentado o menu mecanismo de funcionamento e captação de som pelo ouvido humano

Print 13: O ouvido humano

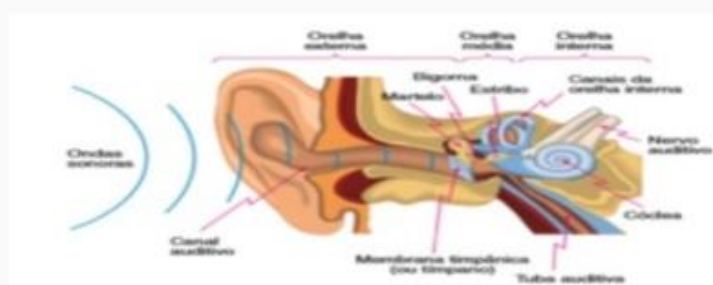
← O OUVIDO HUMANO

De acordo com GARCIA (2013), o aparelho auditivo humano tem como função primordial converter a energia de vibração das ondas sonoras em energia elétrica. Essa energia é, então, enviada ao cérebro através de impulsos elétricos que se propagam pelas terminações nervosas, provocando a sensação auditiva.

Para entender como ocorre a sensação auditiva, é importante que o ouvido humano é dividido em três partes: ouvido externo, constituído pela orelha, pelo canal auditivo e pela membrana timpânica, ou tímpano; ouvido médio, onde se localizam três pequenos ossos, que são o martelo, a bigorna e o estribo; ouvido interno, conhecido como labirinto, constituído por uma série de câmaras contendo fluidos, local onde ocorre a conversão de energia de vibração da onda sonora em energia elétrica. A onda sonora, ao atingir a orelha, converge para o canal auditivo e incide sobre o tímpano que passa a vibrar em resposta às variações de pressão do ar. As vibrações mecânicas do tímpano são transmitidas, então, até a janela oval, no ouvido interno, pelos três ossículos. Esse sistema fornece uma vantagem mecânica, possibilitando a amplificação da vibração captada pelo tímpano (TORRES et al, 2013).

A figura 18 representa os elementos que constituem o ouvido humano. Observe que a figura mostra o percurso das ondas sonoras até chegar ao ouvido e o trajeto ao longo do canal auditivo.

Figura 18: elementos do ouvido humano



Fonte: próprio autor

No print 14, é apresentado o menu que aborda os principais fenômenos ondulatórios que estão presentes na propagação das ondas sonoras.

Print 14: Fenômenos ondulatórios – Ondas sonoras



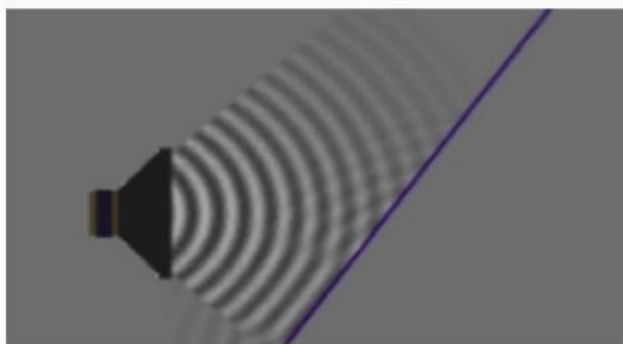
Entre os diversos fenômenos ondulatórios que podem ocorrer com as ondas sonoras, destacam-se os seguintes: reflexão, refração, difração, interferência, ressonância e batimentos.

a) Reflexão do som

Yamamoto e Fuke (2017) informam que o menor intervalo de tempo para que dois sons não se separem no cérebro é em torno de 0,1 s (persistência acústica). A reflexão do som ocorre em três níveis: eco reforço e reverberação. O eco é um fenômeno que ocorre quando $\Delta t \geq 0,1$ s. Nele, o observador ouve separadamente o som direto e o som refletido; a reverberação é um fenômeno que ocorre quando $\Delta t < 0,1$ s. Isso significa que o observador ouve o som refletido quando o direto está se extinguindo; o reforço é um fenômeno que ocorre quando $\Delta t \approx 0$ s. Dessa forma, o observador ouve o som direto junto com o som refletido. Há somente aumento da intensidade sonora.

A figura 19 representa o som refletido em um obstáculo. Observe que a onda sonora produzida pela fonte vibrante ao atingir uma barreira sofre reflexão.

Figura 19: Reflexão do som em um obstáculo



Fonte: PhET Interactive Simulations

Fonte: próprio autor

No print 15, são abordados os conceitos, os mecanismo de produção e funcionamento dos instrumentos musicais.

Print 15: Instrumentos Musicais



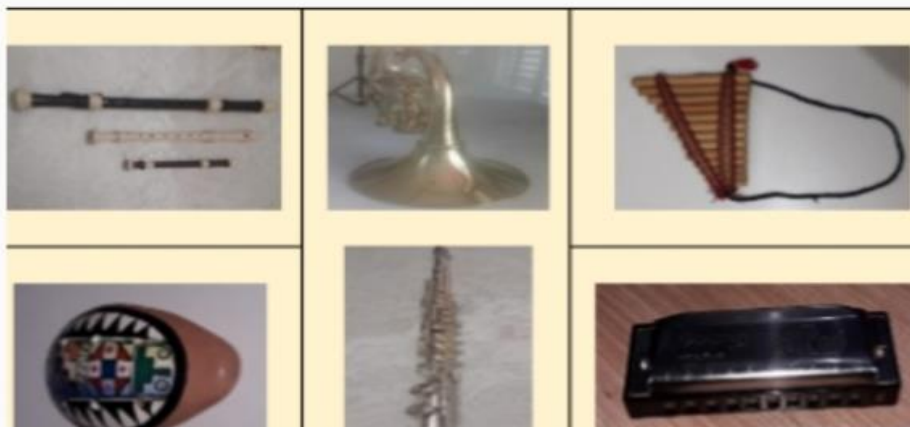
Fonte: acervo do autor

b) Instrumentos de sopro

De acordo com Sant'Anna et al (2010), os instrumentos de sopro são basicamente tubos com uma extremidade aberta e a outra fechada ou as duas extremidades abertas. O princípio físico que permite a emissão de sons de várias frequências por esses instrumentos, fundamenta-se na formação de ondas estacionárias dentro dos tubos. Porém, essas ondas são diferentes das formadas nas cordas vibrantes. Ao soprar dentro do tubo, o músico introduz um jato de ar que provoca vibrações que se propagam da coluna de ar ao interior do tubo. Essas vibrações são longitudinais, ao contrário das ondas nas cordas que são transversais.

A figura 30 representa exemplos de instrumentos musicais de sopro (flauta, ocarina, gaita, flauta de pã e trompa)

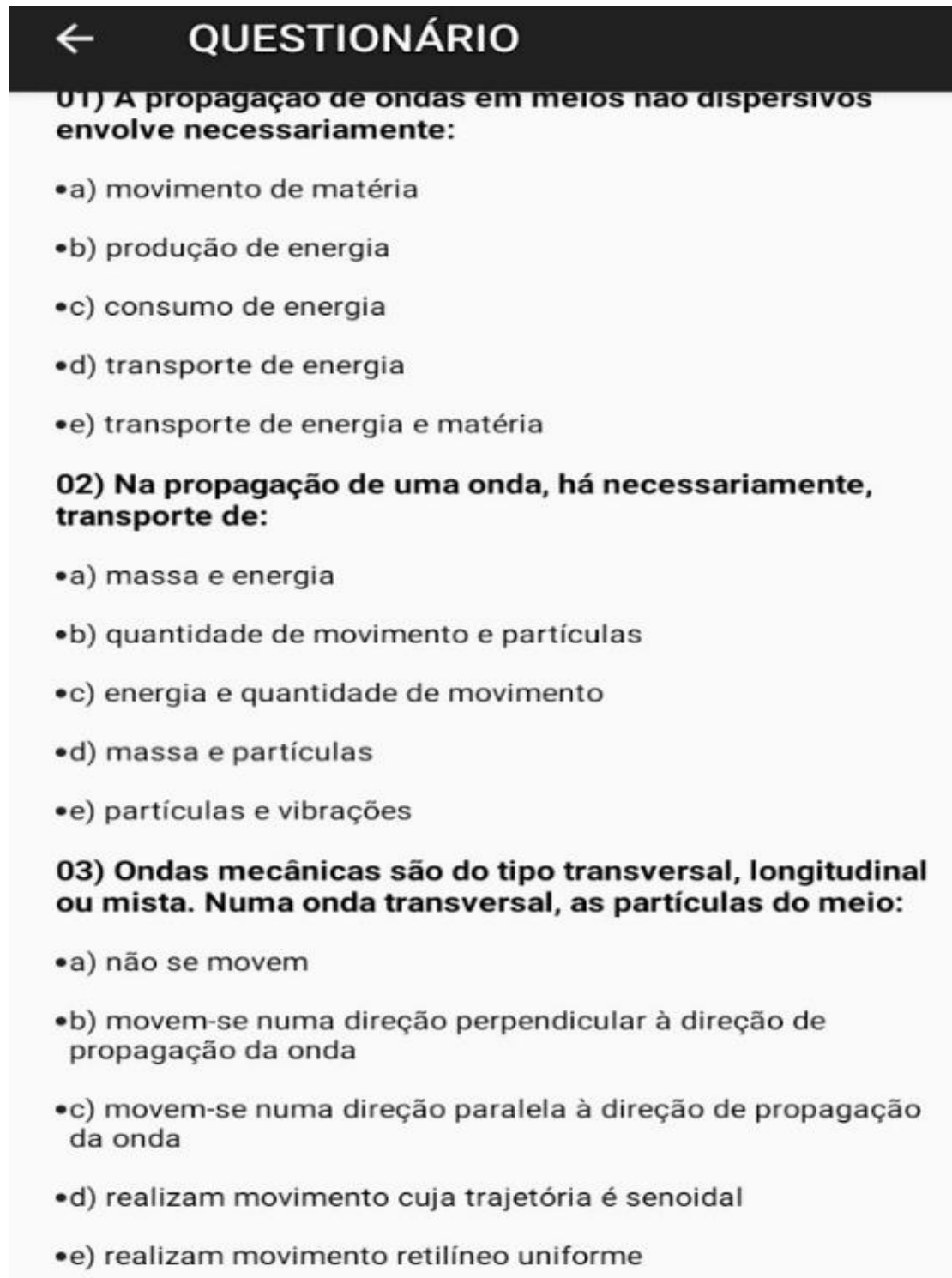
Figura 30: Instrumentos de sopro



Fonte: próprio autor

No print 16, é apresentado um questionário contendo vinte (20) questões envolvendo os conteúdos de Física Acústica e instrumentos musicais.

Print 16: Questionário



← QUESTIONÁRIO

01) A propagação de ondas em meios não dispersivos envolve necessariamente:

- a) movimento de matéria
- b) produção de energia
- c) consumo de energia
- d) transporte de energia
- e) transporte de energia e matéria

02) Na propagação de uma onda, há necessariamente, transporte de:

- a) massa e energia
- b) quantidade de movimento e partículas
- c) energia e quantidade de movimento
- d) massa e partículas
- e) partículas e vibrações

03) Ondas mecânicas são do tipo transversal, longitudinal ou mista. Numa onda transversal, as partículas do meio:

- a) não se movem
- b) movem-se numa direção perpendicular à direção de propagação da onda
- c) movem-se numa direção paralela à direção de propagação da onda
- d) realizam movimento cuja trajetória é senoidal
- e) realizam movimento retilíneo uniforme

Fonte: próprio autor

No print 17, são apresentados os links e curiosidades sobre Física Acústica e os instrumentos musicais.

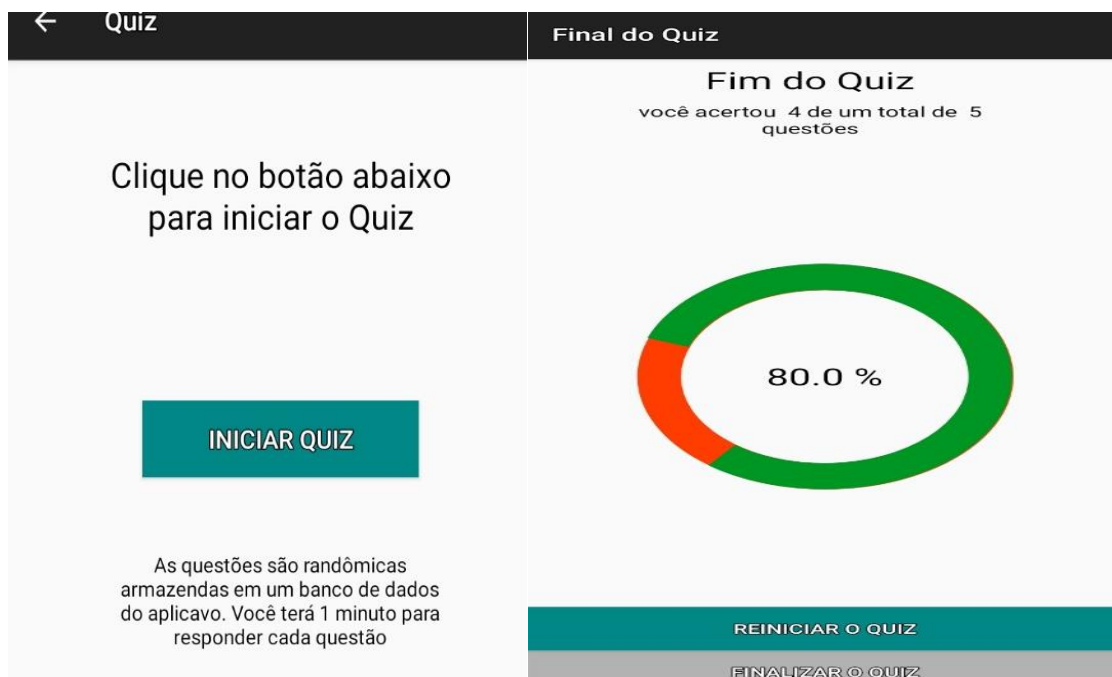
Print 17: Links e curiosidades sobre Física acústica

← **LINKS E CURIOSIDADES SOBRE FÍSICA**

- **a) Fones de ouvido contribuem para a perda da audição em jovens.**
 - Disponível em:
 - <https://veja.abril.com.br/saude/fones-de-ouvido-contribuem-para-a-perda-da-audicao-em-jovens/>
- **b) Física nos instrumentos musicais (20 h)**
 - Disponível em:
 - <https://www.youtube.com/watch?v=q6Uoyw5ZKNs>
- **c) Ondas sonoras - a : Timbre, altura e intensidade**
 - Disponível em:
 - <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/ondas-sonoras-a-timbre-altura-e-intensidade.htm>
- **d) Instrumento musical e a importância para o cérebro**
 - Disponível em:
 - <https://revistaeducacao.com.br/2019/01/29/instrumento-musical-cerebro/>
- **e) Superposição de Oscilações | Experimentos - Ressonância e batimento em diapasões**
 - Disponível em:
 - https://youtu.be/bmh7NseTF_w
- **f) Teste de Audição Divertido: Você é um Super Humano?**
 - Disponível em:
 - https://youtu.be/KszGV_UfBXw

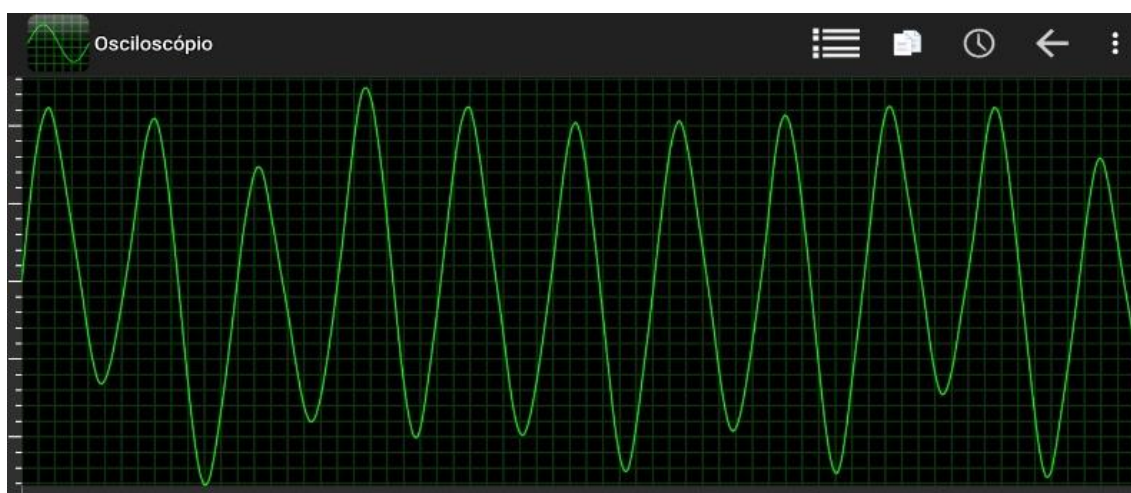
Fonte: próprio autor

No print 18, está representado o quiz, no qual apresenta um banco de dados contendo 30 questões. Nele o aluno terá 1 minuto para responder cada questão. Ao final de cinco questões respondidas, o quiz apresenta o percentual de acertos e erros do usuário, além disso, permite finalizar ou reiniciar o jogo.

Print 18: Quiz

Fonte: acervo do autor

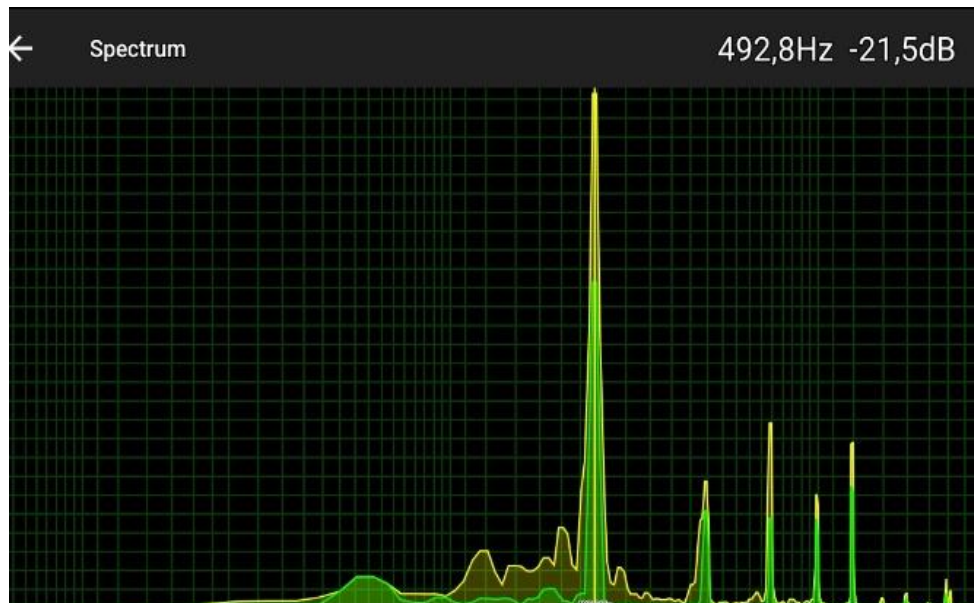
No print 19, é mostrado o comportamento gráfico, em termos de frequência (horizontal) e amplitude (vertical), de um sinal sonoro captado pelo osciloscópio.

Print 19: Onda captada pelo osciloscópio

Fonte: próprio autor

No print 20, é apresentado o espectro sonoro de uma nota (Sol) musical produzida em um teclado.

Print 20: Espectro sonoro



Fonte: próprio autor

O próximo capítulo trata da metodologia trabalhada em sala de aula. Serão abordados, caracterização da pesquisa, sujeitos participantes, o percurso metodológico, os instrumentos de produção e análise de dados.

4 METODOLOGIA

Nesta seção são apresentados, aos professor(es), os procedimentos metodológicos empregados para a aplicação do produto educacional em sala de aula, com a finalidade de atingir os objetivos da proposta de ensino, que foi o desenvolvimento de um aplicativo Android voltado para a compreensão dos conteúdos relacionados a área de Física Acústica no Ensino Médio, na perspectiva teórica da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Levando-se em consideração os objetivos propostos da pesquisa, os quais só poderão ser respondidos mediante a realização de experimentos ou de coleta de dados empíricos ou de inserção/intervenção no ambiente a ser estudado, foi aplicada uma pesquisa de campo.

Importante destacar que uma pesquisa científica, caracteriza-se por apresentar diversas modalidades, e cada uma delas pode ser desenvolvida, utilizando-se, um ou mais métodos. Para o desenvolvimento deste trabalho, optamos por realizar uma pesquisa de natureza quali-quantitativa.

De acordo com Zanella (2013), o método quantitativo está voltado para a representatividade numérica, ou seja, com a medição objetiva e a quantificação dos resultados. Tem como objetivo central generalizar os dados a respeito de uma população, estudando somente uma pequena parcela dela. Enquanto, o método qualitativo não procura utilizar a teoria estatística para medir ou enumerar os fatos estudados. Na realidade, a pesquisa qualitativa tem a preocupação de conhecer a realidade, segundo a perspectiva dos sujeitos participantes da pesquisa, sem medir ou utilizar elementos estatísticos para análise dos dados.

Dessa forma, a aplicação do método quali-quantitativo possibilitou a obtenção de informações relevantes a respeito do conhecimento da realidade do aluno e a importância do uso de aplicativos em aulas de Física do Ensino Médio.

A proposta de aplicação deste produto educacional está direcionada para alunos do 2º ano, entretanto, devido à pandemia de Covid-19 e às restrições impostas pelo Governo do Estado do Piauí, ela foi aplicada em turmas do 3º ano do Ensino Médio.

4.1 Objetivos das atividades desenvolvidas

a) Aula teórica sobre Física Acústica e os Instrumentos Musicais

- Discutir os conceitos Fundamentais de Física Acústica para a compreensão das grandezas físicas envolvidas no fenômeno sonoro e as principais características físicas relacionadas ao som produzido pelos instrumentos musicais.

b) Questionário semiestruturado: Pré-teste

- Verificar o conhecimento prévio dos estudantes relacionados aos conceitos fundamentais de Física Acústica e instrumentos musicais.

c) Atividade experimental: Instrumentos Musicais/Osciloscópio

- Fazer uso dos instrumentos musicais (violão, xilofone e escaleta) e do osciloscópio presente no produto educacional, para captação e reconhecimento dos sons emitidos por estes instrumentos musicais.

d) Atividade exploratória (extraclasse): Física Acústica e Instrumentos Musicais.

- Utilizar o Aplicativo Física Acústica Fácil para resolução de questões teóricas, envolvendo conceitos e curiosidades sobre esta área de conhecimento;
- Verificar o desempenho do aluno quanto à utilização do jogo QUIZ

e) Questionário semiestruturado: pós-teste

- Verificar se a proposta de utilização de um aplicativo como recurso didático possibilita uma aprendizagem significativa de Física Acústica, na perspectiva de David Ausubel.

O plano de trabalho desta pesquisa está representado no quadro 1.

Quadro 1: Cronograma do plano de trabalho

Encontros/aula	Carga horária	Ações
1º	2 h/a	Aula teórica sobre Física Acústica e funcionamento e produção dos sons nos Instrumentos Musicais.
2º	2 h/a	Aula teórica sobre Física Acústica, funcionamento e produção dos sons nos Instrumentos Musicais
3º	2 h/a	Aplicação do Pré-teste
4º	4 h/a	Atividade experimental/teórica envolvendo o aplicativo e os instrumentos musicais
5º	2 h/a	Aplicação do Pós-teste e avaliação da pesquisa junto aos estudantes

Fonte: próprio autor

4.2 Percurso metodológico

No primeiro encontro, antes iniciar a explicação dos conteúdos em sala de aula, utilizou-se um roteiro, com questões relacionadas ao tema a ser trabalhado com os alunos.

O roteiro discutido em sala de aula apresenta os seguintes questionamentos aos alunos:

- a) Você sabe explicar o que é onda. Dê exemplos.
- b) O que é uma onda mecânica? E uma onda eletromagnética? De exemplos de cada uma delas.
- c) Quais os principais fenômenos ondulatórios existentes?
- d) O que é som?
- f) Quais as leis físicas que explicam o princípio de funcionamento dos instrumentos musicais?
- g) Você sabe informar como são classificados os instrumentos musicais? Dê exemplos.
- h) Como são produzidos os sons nos instrumentos musicais?

Através das respostas dadas pela turma, foi possível ter uma noção acerca do conhecimento prévio dos alunos em relação a área de Física acústica e instrumentos musicais.

Após fazer a sondagem do conhecimento prévio dos alunos, foram ministradas aulas com o objetivo de discutir os conceitos fundamentais de Física acústica, bem como os mecanismos de produção dos sons e funcionamento dos instrumentos musicais.

O procedimento metodológico adotado no primeiro e segundo encontro foram:

- Aulas teórica (expositiva), tratando sobre os conceitos fundamentais de Física Acústica;
- Uso de instrumentos musicais como suporte prático para a teoria apresentada em sala de aula.

O professor deve procurar estabelecer uma organização e integração entre o que o aluno já sabe e reforçar, com novos conhecimentos envolvendo a área de Física acústica e os instrumentos musicais, o que vai de encontro a perspectiva teórica da aprendizagem significativa de Ausubel.

Os conteúdos discutidos em sala de aula foram os seguintes:

- Conceito de onda;
- Natureza das ondas: mecânicas e eletromagnéticas;
- Tipos de onda: longitudinal e transversal;
- Direção de propagação das ondas: ondas uni, bi e tridimensionais;
- Fenômenos ondulatórios: reflexão, refração, interferência, polarização, ressonância, difração.
- Ondas periódicas (período, frequência, comprimento de onda, amplitude, velocidade de propagação das ondas)
- Física Acústica
- Onda sonora e suas principais características;
- Qualidades fisiológicas do som(timbre, intensidade e altura);
- O ouvido humano

Os instrumentos musicais utilizados e trabalhados em conjunto com a teoria em sala de aula foram violão, flauta, tambor, escaleta, gaita, Inti Drum, xilofone e teclado.

A utilização dos instrumentos musicais serviu de base para que o aluno compreendesse:

- Os mecanismo de produção dos sons nos instrumentos musicais;

- Os principais fenômenos físicos associados à produção dos sons: ondas estacionárias e ressonância.

Dessa forma, a discussão envolvendo os conceitos fundamentais de Física Acústica e o mecanismo de funcionamento e produção dos sons nos instrumentos musicais tornam o processo de ensino e aprendizado mais satisfatório e rico de significados, aproximando teoria e prática, servindo como âncora para novos conhecimentos.

No terceiro encontro foi aplicado um questionário semiestruturado (pré-teste) , a fim de verificar o conhecimento prévio dos estudantes em relação a Física Acústica e aos instrumentos musicais.

O questionário aplicado apresenta dez (10) questões (abertas e fechadas) envolvendo conceitos fundamentais de Física Acústica e instrumentos musicais, conforme é mostrado no apêndice A.

A partir das respostas dadas pelos alunos ao resolverem o pré-teste foi feita uma análise quali-quantitativa.

No quarto encontro foram realizadas atividades experimentais pelo professor/pesquisador, envolvendo o produto educacional - aplicativo (osciloscópio) e os instrumentos musicais.

O osciloscópio do produto educacional (aplicativo) foi utilizado para captação e reconhecimento dos sons emitidos pelos instrumentos musicais e parâmetros físicos das ondas, tais como a frequência, amplitude, comprimento de onda, forma de onda, etc. O roteiro da atividade experimental está representado no apêndice B.

No procedimento experimental envolvendo o osciloscópio foram utilizados os seguintes instrumentos musicais:

a) Escaleta

A escaleta consiste num aerofone que apresenta palhetas livres. O princípio de funcionamento é parecido com o acordeão e a harmônica de boca. Apresenta um teclado parecido com o do piano, em proporções bastante reduzidas. A extensão varia de acordo com o instrumento, podendo apresentar 32 e 37 teclas. Na extremidade do instrumento existe um orifício, onde é possível adaptar um tubo flexível. Soprando através do tubo e pressionando as teclas, os sons produzidos correspondem às notas musicais tocadas.

O músico sopra pela boquilha do instrumento, enquanto pressiona uma ou mais teclas. Ao pressionar uma tecla, abre-se o caminho para a passagem de ar pela palheta correspondente. Com a passagem do ar, a palheta vibra, gerando a nota. As palhetas são semelhantes às da gaita de boca e do acordeão.

b) Xilofone

O xilofone é um instrumento musical de percussão, que apresenta várias lâminas de madeira ou metal, que estão organizadas cromaticamente.

As placas de madeira ou aço estão dispostas de maneira semelhante às teclas de um piano e apresentam tamanhos diferentes. À esquerda de quem toca o instrumento, as notas produzidas geram sons mais graves, e em direção à direita, as notas são mais agudas.

c) Violão

O violão é um instrumento musical de cordas. É composto de três partes principais, a cabeça, o braço e o corpo. Na cabeça ficam as peças chamadas de cravelhas ou tarraxas, nas quais são enroladas as cordas. O braço, por sua vez, está preso ao corpo do violão. Nele, há vários filetes (trastes), que ficam na posição vertical. Entre um filete e outro ficam as casas, que ajudam o violonista a produzir diferentes notas musicais e acordes.

Dentro do processo de ensino, é fundamental a utilização de recursos didáticos que potencializem o aprendizado do aluno. O aprofundamento dos conteúdos, mediados pelo professor, permite a interação e a integração dos conhecimentos.

Além dos encontros presenciais, foram aplicadas duas atividades extraclasse, envolvendo o uso do aplicativo, conforme é mostrado nos apêndices C e D. O objetivo dessas atividades foi o de permitir que o estudante interagisse com o aplicativo (produto educacional), a fim de verificar a sua funcionalidade prática e explorar a resolução de questões teóricas (conceitos fundamentais de Física Acústica, Quiz, curiosidades sobre Física Acústica e instrumentos musicais).

No quinto encontro, foi aplicado um questionário semiestruturado (Pós-teste), localizado no apêndice E, com o intuito de verificar se a proposta do uso

do aplicativo, enquanto recurso didático, possibilita a aprendizagem significativa de Física Acústica, na perspectiva teórica de Ausubel

REFERÊNCIAS

BÔAS, V. N.; DOCA, H. R.; BISCUOLA, J.G; **Física**. 1 ed. São Paulo: Saraiva, v.2, 2013.

BORGES, A.N; RODRIGUES, C.G. **Introdução à Física Acústica**. São Paulo 1.ed. Livraria da Física. 2017.

FEYNMAN, R.P; LEIGHTON, R.B; SANDS, M. **Lições de Física de Feynman**. vol. I (Bookman, Porto Alegre, 2008).

GASPAR, A. **Compreendendo a física**. 2 ed. São Paulo: Ática, v.2, 2013.

GARCIA, E. A.C. **Biofísica**. São Paulo: Sarvier, 2015. p. 89 – 130.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. **Física Ensino Médio**. 1. ed. São Paulo: Ática, v. 3, 2013.

GRILO, M.L; PEREZ, R.P. Física e Música. São Paulo: Ed. Editora Livraria da Física.2016

HALLIDAY, D.; RESNICK, R, J. **Fundamentos de Física**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 4, 2016.

HEWITT, P.G. **Física conceitual**. tradução: Trieste Freire Ricci ; revisão técnica: Maria Helena Gravina. – 12. ed. – Porto Alegre : Bookman, 2015.

HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. **Tópicos de Física**. 1ª edição, Vol. 3. São Paulo, Editora Saraiva, 2010.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Blucher, v.2, 2002.

NEWTON,

PIETROCOLA, M et al. **Física em contextos**.1 ed. São Paulo: Editora Brasil, v.2, 2016.

SANT'ANNA, B et al. **Conexões com a física**. São Paulo: Moderna, v.2, 2010.

SERWAY, R. A.; JÚNIOR, J.J W. **Princípios Física: oscilações, ondas e termodinâmica**. Tradução Foco Traduções ; revisão técnica Keli Seidel. 1. ed. -- São Paulo: Cengage Learning, v.2, 2014.

TIPLER, P.A; MOSCA, G. **Física Para Cientistas e Engenheiros**. 6 ed. Editora LTC, v.1, 2016.

TORRES et al. **Física Ciência e Tecnologia**.3 ed. São Paulo: Moderna, v.2, 2013.

YAMAMOTO, K; FUKU, L.P. **Física Para o Ensino Médio**. 4 ed. São Paulo: Saraiva, v.2, 2017.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física**. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, v. 3, 2009.

VÁLIO, A.B.M et al. **Ser protagonista: física**. 3 ed. São Paulo. v. 2, 2016.

APÊNDICE DO PRODUTO EDUCACIONAL

APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO SEMIESTRUTURADO: PRÉ-TESTE

QUESTIONÁRIO – PRÉ-TESTE

Aluno (A): _____

01) Analise as afirmativas a seguir:

I) Onda é uma perturbação de um meio elástico, ou de um campo oscilante que se propaga transportando energia e quantidade de movimento.

II) As ondas, quanto a sua natureza são classificadas em mecânicas e eletromagnéticas.

III) São exemplos de ondas mecânicas: as ondas criadas numa corda, ondas nas superfícies dos líquidos, ondas sonoras e luz

IV) São exemplos de ondas eletromagnéticas: ondas de rádio, ondas de TV, raios X e ondas de radar.

São verdadeiras:

- a) I , II e IV
- b) I, II e III
- c) II, III e V
- d) I, III e IV

02) O quadro abaixo indica as várias grandezas físicas associadas às ondas periódicas. Faça a associação entre essas grandezas e o seu respectivo conceito.

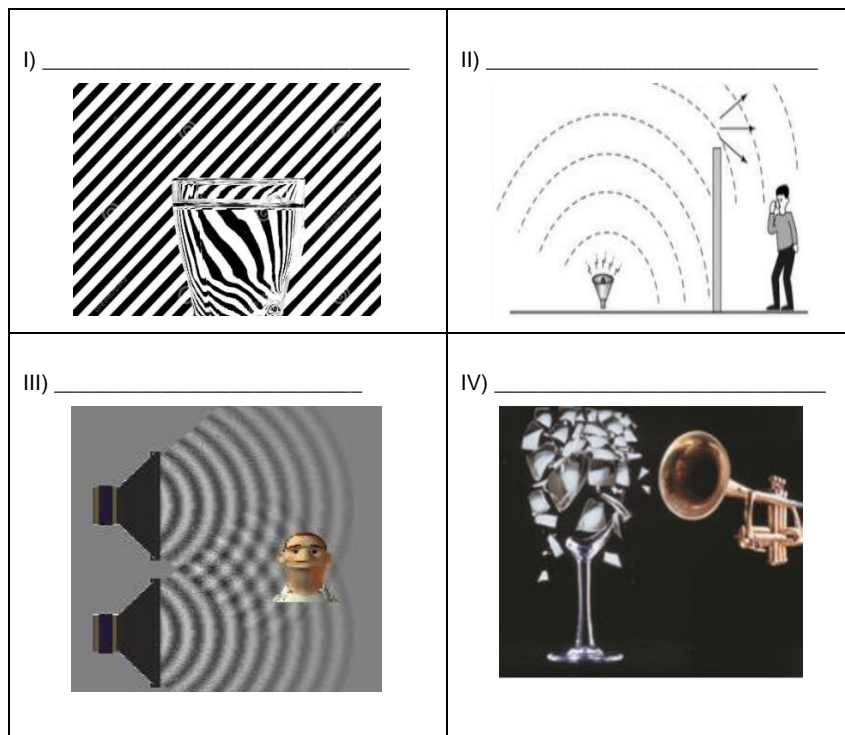
(a) Velocidade de propagação	() corresponde um ciclo completo de uma oscilação de uma onda.
(b) Frequência	() corresponde o número de oscilações executadas durante um intervalo de tempo.
(c) Comprimento de onda	() é definida como a distância percorrida pela onda por unidade de tempo e depende do meio em que ela está se propagando.
(d) Período	() corresponde ao máximo afastamento dos pontos a posição de equilíbrio.
(e) Amplitude	() corresponde ao comprimento de uma onda completa

A associação correta é:

- a) a, b, c, e, d.
- b) d, b, a, e, c
- c) d, b, a, c, e
- d) a, e, d, c, b

03) Os fenômenos ondulatórios mais comuns que ocorrem com ondas mecânica e/ou eletromagnéticas são os seguintes: reflexão, refração, difração, polarização, interferência e ressonância.

Indique o fenômeno ondulatório que está relacionado a cada imagem a seguir:



- a) I – difração; II – ressonância; III – interferência; IV – reflexão
- b) I – refração; II – interferência; III – ressonância; IV – difração
- c) I – refração; II – difração; III – interferência; IV – ressonância.
- d) I – refração; II – difração; III – ressonância; IV – interferência

04) Explique como são produzidos os sons nos instrumentos musicais.

Resposta:

05) A tabela a seguir mostra uma relação de instrumentos musicais bastantes conhecidos de todos nós.

Violino	Triangulo	Flauta	Tambor	Xilofone	Chocalho	Saxofones
Cavaquinho	Trompete	Harmônio	Castanhola	Caxixi	Maracá	Pandeiro
Bandolim	Guitarra	Escaleta	Violão	Banjo	Caxixi	Ukulelê
Bongô	Clarinete	Violoncelo	Inti Drum	Bateria	Handpan	Cuíca
Cornetins	Berimbau	Trombone	Piano	Corneta	Viola	Chekerê

Marque a alternativa correta que indique pelo menos **um** instrumento de: **sopro**, **corda** e **percussão**.

- a) Violão, Castanhola, Bongô
- b) Violino, Xilofone, Violino
- c) Berimbau, Trombone, Hand Pan
- d) Escaleta, Violão, Xilofone

06) O que faz com que o som de cada instrumento musical seja diferente um do outro?

Resposta:

07) O aparelho auditivo humano tem como função primordial converter a energia de vibração das ondas sonoras em energia elétrica. De que forma o cérebro consegue interpretar a sensação auditiva?

Resposta:

08) As notas musicais podem ser agrupadas de diversos modos. O agrupamento mais conhecido é chamado de gama de Zarlín (dó, ré, mi, fá, sol, lá, si e novamente dó), conforme indica a figura (teclado de um piano) abaixo.



O piano é um instrumento de cordas, do qual obtemos os sons pressionando suas teclas. Cada tecla está ligada a um martelo que percute uma corda de determinado tamanho. Dessa forma, cada tecla corresponde a um som de determinada frequência.

A tabela relaciona as notas musicais às respectivas frequências.

NOTA	Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Si	Dó (*)
FREQUÊNCIA (Hz)	264	297	330	352	396	440	445	528

De acordo com as informações fornecidas pela tabela acima, responda:

a) Explique o que diferencia uma nota musical de outra?

Resposta:

b) Indique a nota e o valor da menor frequência?

Resposta:

Nota: ____

Frequência: ____

c) Indique a nota e o valor da maior frequência?

Resposta:

Nota: ____

Frequência: ____

d) Qual nota é a mais aguda?

Resposta:

Nota: ____

Frequência: _____

e) Qual nota é a mais grave?

Resposta:

Nota: _____

Frequência: _____

09) Ao tocar um violão, um músico produz ondas nas cordas desse instrumento. Em consequência, são produzidas ondas sonoras que se propagam no ar. Comparando-se uma onda produzida em uma das cordas do violão com a onda sonora correspondente, é correto afirmar que as duas têm:

- a) a mesma amplitude
- b) a mesma velocidade de propagação
- c) a mesma frequência
- d) o mesmo comprimento de onda

10) Analise as afirmações a seguir:

- I. Dois instrumentos musicais diferentes são acionados e emitem uma mesma nota musical.
- II. Dois instrumentos musicais iguais estão emitindo uma mesma nota musical, porém, com volumes diferentes.
- III. Um mesmo instrumento musical é utilizado para emitir duas notas musicais diferentes.

Assinale a principal característica que difere cada um dos dois sons emitido nas situações I, II e III, respectivamente:

- a) amplitude, comprimento de onda e frequência.
- b) frequência, comprimento de onda e amplitude
- c) timbre, amplitude e frequência
- d) comprimento de onda, timbre e frequência

APÊNDICE B: ATIVIDADE EXPERIMENTAL – OSCILOSCÓPIO E INSTRUMENTOS MUSICAIS

Leia as seguintes instruções a seguir com bastante atenção:

O aplicativo contém um osciloscópio que captura e reconhece os sons produzido pelos instrumentos musicais. Um dos pontos fundamentais do osciloscópio é mostrar o comportamento das ondas em termos de período de oscilação e a análise do espectro sonoro de cada som produzido por determinado instrumento musical em termos de frequência e amplitude da onda.

Diante do exposto, apresenta-se um roteiro experimental no qual serão verificados o comportamento das ondas sonoras produzidos pelos seguintes instrumentos musicais: violão, xilofone e escaleta.

Roteiro:

O Osciloscópio faz a captura e análise espectral do som produzido por um determinado instrumento musical. Ele apresenta um menu onde é possível escolher o período de oscilação da onda. O período de oscilação varia de 0,1 m s a 0,5 s.

Procedimento n^o 01

Utilizando o osciloscópio do aplicativo Física Acústica Fácil, procure observar o comportamento gráfico do som produzido ao se tocar ou percutir determinada nota musical dos instrumentos musicais (violão, xilofone e escaleta). Você percebeu alguma diferença , em termos gráficos, na captação do som produzido pelo osciloscópio quando se toca determinada nota musical destes instrumentos? (Sugestão: adote o período de oscilação 0,2 ms).

Comente:

Procedimento n^o 02

Verifique o comportamento da onda, em termos gráficos, captada pelo osciloscópio quando se toca ou percute a nota mi (aguda) , si, sol, ré, lá , do **violão**.

Ocorreu alguma mudança no comportamento (amplitude e comprimento de onda) de cada som produzido por cada nota musical, captado pelo osciloscópio? (Sugestão: adote o período de oscilação 0,2 ms).

Comente:

Procedimento n^o 03

Verifique o que ocorre com comportamento da onda, captada pelo osciloscópio quando se toca ou percute a nota dó, ré, mi, fá, sol, lá e si do **xilofone**.

Ocorreu alguma mudança no comportamento (amplitude e comprimento de onda) de cada som produzido por cada nota musical, captado pelo osciloscópio? (Sugestão: adote o período de oscilação 0,2 ms).

Comente:

Procedimento n^o 04

Verifique o que ocorre com comportamento da onda, captada pelo osciloscópio quando se toca ou percute a nota dó, ré, mi, fá, sol, lá e si ,da **escaleta**.

Ocorreu alguma mudança no comportamento (amplitude, comprimento de onda) gráfico de cada som produzido por cada nota musical, captado pelo osciloscópio? (Sugestão: adote o período de oscilação 0,2 ms).

Comente:

Procedimento n^o 05

Analise o espectro sonoro produzido pelas notas musicais (dó, ré, mi, fá, sol, lá e si) no violão, xilofone e escaleta e procure identificar a frequência e amplitude do som produzido por cada nota e compare-as. Anote os valores detectados pelo osciloscópio na tabela para cada instrumento.

VIOLÃO:

NOTA	FREQUENCIA	AMPLITUDE
Dó		
Ré		
Mi		
Fá		
Sol		
Lá		

XILOFONE:

NOTA	FREQUENCIA	AMPLITUDE
Dó		
Ré		
Mi		
Fá		
Sol		
Lá		

ESCALETA:

NOTA	FREQUENCIA	AMPLITUDE
Dó		
Ré		
Mi		
Fá		
Sol		
Lá		

a) Que conclusões você pôde tirar ao comparar os dados obtidos pelo osciloscópio para cada nota musical dos instrumentos musicais envolvidos (violão, xilofone e escaleta)?

Comente:

b) Você percebeu alguma mudança no timbre de cada nota musical tocada em cada um dos instrumentos musicais (violão, xilofone e escaleta).

Comente:

c) O que faz com que o som de cada instrumento musical (violão, xilofone e escaleta) seja diferente um do outro ?

Comente:

APÊNDICE C: ATIVIDADE EXTRACLASSE I – FÍSICA ACÚSTICA E INSTRUMENTOS MUSICAIS

Abaixo são apresentada as atividades extraclasse envolvendo o uso do aplicativo.

Procure responder as seguintes questões:

- 01) Explique o que é onda.
- 02) Explique o que são ondas mecânicas. Cite exemplos.
- 03) Explique o que são ondas eletromagnéticas. Cite exemplos.
- 04) Explique o que são ondas longitudinais. Cite exemplos.
- 05) Explique o que são ondas transversais. Cite exemplos.
- 06) Quais são os principais fenômenos ondulatórios? Caracterize-os.
- 07) Quais são as principais propriedades das ondas periódicas?
- 08) Caracterize as ondas sonoras.
- 09) Explique como ocorre a sensação auditiva.
- 10) Quais são os principais fenômenos ondulatórios que estão relacionados à produção dos sons? Caracterize-os.
- 11) Explique o que são instrumentos musicais e como são classificados os instrumentos musicais?

APÊNDICE D: ATIVIDADE EXTRACLASSE II – LINKS E CURIOSIDADES SOBRE FÍSICA ACÚSTICA E INSTRUMENTOS MUSICAIS

Atividade extraclasse: Links sobre curiosidades em Física Acústica

Procure responder as seguintes questões relacionadas aos links sobre curiosidades em Física Acústica:

01) Os fones de ouvido contribuem para a perda de audição entre jovens. Por quê?

02) O que é e para que serve um osciloscópio?

03) Qual a importância dos instrumentos musicais para o cérebro?

04) Explique como é produzido o som nos seguintes instrumentos musicais: violão, xilofone e a escaleta.

APÊNDICE E: QUESTIONÁRIO SEMIESTRUTURADO – PÓS-TESTE

O questionário semiestruturado (pós-teste) apresenta duas partes. Na parte I, são apresentadas questões envolvendo os conceitos fundamentais de

Física Acústica e o instrumentos musicais. Na parte II, tem-se um questionário onde é feita a avaliação de todo o trabalho desenvolvido em sala de aula.

Parte I: Questionário – conceitos fundamentais em Física acústica e os instrumentos musicais.

Abaixo é mostrado o questionário semiestruturado pós-teste aplicado em sala de aula.

QUESTIONÁRIO – PÓS-TESTE

Nome:

01) Analise as afirmativas a seguir:

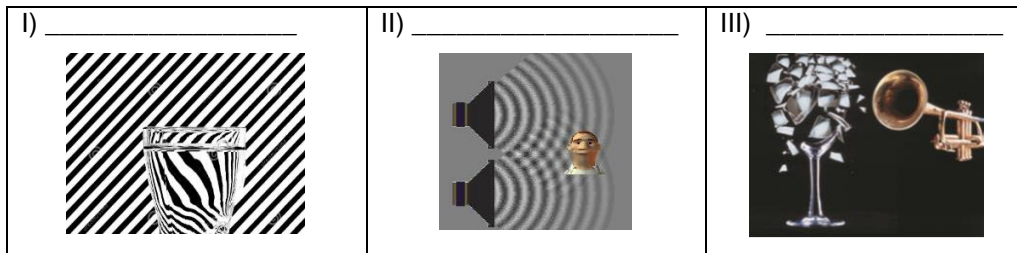
- I) Onda é uma perturbação de um meio elástico ou de um campo oscilante, que se propaga transportando energia e quantidade de movimento.
- II) As ondas, quanto à sua natureza, são classificadas em mecânicas e eletromagnéticas.
- III) São exemplos de ondas mecânicas: as ondas criadas numa corda, ondas nas superfícies dos líquidos, ondas sonoras e luz
- IV) São exemplos de ondas eletromagnéticas: ondas de rádio, ondas de TV, raios X e ondas de radar.

São verdadeiras:

- a) I, II e IV
- b) I, II e III
- c) II, III e V
- d) I, III e IV

02) Os fenômenos ondulatórios mais comuns que ocorrem com ondas mecânicas e/ou eletromagnéticas são os seguintes: reflexão, refração, difração, polarização, interferência e ressonância.

Indique o fenômeno ondulatório que está relacionado a cada imagem a seguir:



- a) I – difração; II – ressonância; III – interferência
 b) I – refração; II – interferência; III – ressonância
 c) I – refração; II – difração; III – interferência
 d) I – refração; II – difração; III – ressonância

03) Explique como são produzidos os sons nos instrumentos musicais.

Resposta:

04) A tabela a seguir mostra uma relação de instrumentos musicais bastante conhecidos de todos nós.

Violino	Triângulo	Flauta	Tambor	Xilofone	Chocalho	Saxofones
Cavaquinho	Trompete	Harmônio	Castanhola	Caxixi	Maracá	Pandeiro
Bandolim	Guitarra	Escaleta	Violão	Banjo	Caxixi	Ukulelê
Bongô	Clarinete	Violoncelo	Inti Drum	Bateria	Handpan	Cuíca
Cornetins	Berimbau	Trombone	Piano	Corneta	Viola	Chekerê

Marque a alternativa correta, que indique pelo menos **um** instrumento de: **sopro, corda e percussão.**

- a) Escaleta, Violão, Xilofone
 b) Violão, Castanhola, Bongô
 c) Violino, Xilofone, Violino
 d) Berimbau, Trombone, Hand Pan

05) Analise as afirmações a seguir:

- I. Dois instrumentos musicais diferentes são acionados e emitem uma mesma nota musical.
 II. Dois instrumentos musicais iguais estão emitindo uma mesma nota musical, porém, com volumes diferentes.

III. Um mesmo instrumento musical é utilizado para emitir duas notas musicais diferentes.

Assinale a principal característica que difere cada um dos dois sons emitidos nas situações I, II e III, respectivamente:

- a) amplitude, comprimento de onda e frequência.
- b) frequência, comprimento de onda e amplitude
- c) timbre, amplitude e frequência
- d) comprimento de onda, timbre e frequência

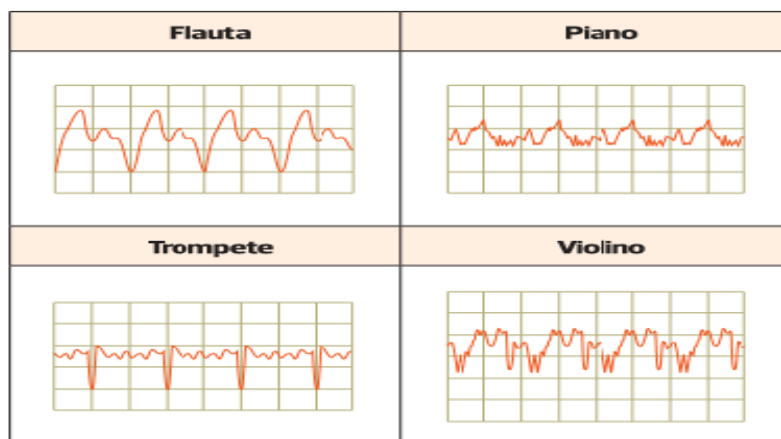
06) Quando diferentes tipos de instrumentos musicais, como flauta, saxofone, e piano, produzem a mesma nota musical, os sons resultantes diferem uns dos outros devido:

- a) às diferentes composições de harmônicos gerados por cada instrumento
- b) às diferentes intensidades das ondas sonoras
- c) às diferentes frequências sonoras produzidas
- d) aos diferentes comprimentos de ondas fundamentais

07) Quais as características das ondas sonoras que determinam a altura e a intensidade do som?

- a) frequência e amplitude
- b) amplitude e comprimento de onda
- c) amplitude e frequência
- d) frequência e comprimento de onda

08) Os instrumentos musicais são classificados em três tipos: corda, sopro e percussão. Na figura abaixo estão representadas as configurações resultantes diferentes que dão origem à mesma nota musical — neste caso o Dó (262 Hz).



Analisando o som emitido pelos instrumentos musicais acima, podemos afirmar que o gráfico representado pela flauta, piano, trompete e violino, verifica-se que eles apresentam _____ diferentes.

- a) alturas
- b) intensidades
- c) volumes
- d) timbres

09) O que faz com que o som de cada instrumento musical seja diferente um do outro?

Resposta:

10) As notas musicais podem ser agrupadas de diversos modos. O agrupamento mais conhecido é chamado de gama de zarlin (dó, ré, mi, fá, sol, lá, si e novamente dó), conforme indica a figura (teclado de um piano) abaixo.



O piano é um instrumento de cordas, do qual obtemos os sons pressionando suas teclas. Cada tecla está ligada a um martelo que percute uma

corda de determinado tamanho. Dessa forma, cada tecla corresponde a um som de determinada frequência.

A tabela relaciona as notas musicais às respectivas frequências.

NOTA	Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Si	Dó (*)
FREQUÊNCIA (Hz)	264	297	330	352	396	440	445	528

De acordo com as informações fornecidas pela tabela acima, responda:

a) Explique o que diferencia uma nota musical de outra?

Resposta:

b) Indique a nota e o valor da menor frequência?

Resposta:

Nota: _____

Frequência: _____

c) Indique a nota e o valor da maior frequência?

Resposta:

Nota: _____

Frequência: _____

d) Qual nota é a mais aguda?

Resposta:

Nota: _____

Frequência: _____

e) Qual nota é a mais grave?

Resposta:

Nota: _____

Frequência: _____

Parte II: avaliação do trabalho**AVALIAÇÃO DO TRABALHO**

01) A discussão, em sala de aula, a respeito dos conceitos fundamentais de Física Acústica ajudaram-no na compreensão das grandezas físicas envolvidas no fenômeno sonoro?

Comente:

02) A utilização de instrumentos musicais nas aulas de Física Acústica ajudaram-no no entendimento e compreensão do mecanismo de produção de sons e funcionamento dos instrumentos musicais?

Comente:

03) A utilização do osciloscópio, presente no aplicativo Física Acústica Fácil, ajudaram-no na compreensão do comportamento dos som produzidos pelos instrumentos musicais?

Comente:

04) Os aplicativos educacionais estão sendo utilizados com mais frequência pelos profissionais da Educação, especialmente, da área de Física. O aplicativo utilizado nesta pesquisa possibilitou a você estudante a compreender melhor o mecanismo de funcionamento e produção dos sons dos instrumentos musicais?

Comente:

05) O que você achou do Quiz do aplicativo Física Acústica Fácil?

- a) regular
- b) bom
- c) ótimo
- d) excelente

06) O que você achou do osciloscópio do aplicativo?

- a) regular
- b) bom
- c) ótimo
- d) excelente

07) O que você achou dos conteúdos, questionários e links presentes no aplicativo?

- a) regular
- b) bom
- c) ótimo
- d) excelente

08) Comente sua opinião sobre o aplicativo Física Acústica Fácil.
