

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JULIANA SKARABOTO LIMA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DA
ACÚSTICA NO ENSINO MÉDIO**

CAMPO MOURÃO

2021

JULIANA SKARABOTO LIMA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DA
ACÚSTICA NO ENSINO MÉDIO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional do Ensino de Física – Polo 32, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Dr^a. Polonia Altoé Fusinato
Coorientador: Dr. Michel Corci Batista

CAMPO MOURÃO

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Pulso de onda.....	7
Figura 2	Ondas em corda.....	8
Figura 3	Amplitude (A); Velocidade de propagação da onda (V1;V2;V3);Comprimento de Onda λ	9
Figura 4	Pulso, trem de ondas.....	9
Figura 5	Cordas de um violão.....	10
Figura 6	Propagação de ondas mecânicas.....	10
Figura 7	Espectro Eletromagnético.....	11
Figura 8	Ondas eletromagnéticas.....	11
Figura 9	Ondas transversais em corda.....	13
Figura 10	Ondas transversais em mola.....	13
Figura 11	Ondas Transversais e Longitudinais.....	14
Figura 12	Ondas Longitudinais.....	15
Figura 13	Comprimento de Onda, Amplitude, Frequência.....	16
Figura 14	Alta e Baixa Frequência, Período.....	16
Figura 15	Uma onda se propaga ao longo do eixo X, com comprimento λ , velocidade V, e período de vibração T.....	18
Figura 16	Os objetos materiais, ao vibrarem, produzem ondas que, ao alcançarem nossa orelha, provocam sensações sonoras.....	19
Figura 17	Som sendo captado pelo ouvido humano.....	20
Figura 18	Teatro grego.....	21
Figura 19	Espectro audível ao ser humano.....	24
Figura 20	Frequência audíveis a animais.....	24
Figura 21	O ouvido humano costuma ser dividido em três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno.....	26
Quadro 1	Organização da Sequência Didática em Acústica.....	32
Quadro 2	Descrição do Módulo 1.....	33
Quadro 3	Descrição do Módulo 2.....	38
Quadro 4	Descrição do Módulo 3.....	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
2	OBJETIVOS.....	6
2.1	Objetivo Geral.....	6
2.2	Objetivos Específicos.....	6
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
3.1	Física: Introdução ao Estudo da Ondulatória e Acústica.....	7
3.2	Natureza da Onda.....	10
3.2.1	Ondas Mecânicas.....	10
3.2.2	Ondas Eletromagnéticas.....	11
3.2.3	Formas das Ondas.....	12
3.2.4	Ondas Transversais.....	12
3.2.5	Ondas Longitudinais.....	14
3.2.6	Ondas Mistas.....	15
3.2.7	Características Fundamentais de uma Onda.....	16
3.3	Introdução ao Estudo do Som.....	18
3.3.1	Uma síntese histórica da acústica.....	20
3.3.2	Como Ouvimos um Som (limite audível.....	23
3.3.3	A Fala Humana.....	25
3.3.4	O Ouvido Humano.....	25
3.3.5	Velocidade de Propagação do Som.....	27
3.3.6	Qualidades Fisiológicas do Som.....	27
3.3.7	A Altura.....	28
3.3.8	Intensidade do Som.....	28
3.3.9	Timbre.....	29
3.4	Reflexão do Som.....	29
3.4.1	Refração do Som.....	29
3.4.2	Difração do Som.....	30
3.4.3	Interferência do Som.....	30
3.4.4	Ressonância.....	31
4	DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	32

4.1	Encaminhamento das atividades da Sequência Didática.....	33
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
	REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos de experiência na docência nasceu uma inquietude em buscar de novas metodologias, para tentar solucionar os desafios que a disciplina de Física nos proporciona. Assim, nasce a vontade de trabalhar com uma Sequência Didática no Ensino de Física (Acústica) baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Para Ausubel (1963, p. 58), “a Aprendizagem Significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento”.

O tema para desenvolvimento do produto educacional escolhido é a Acústica na perspectiva da saúde auditiva, sendo um conteúdo de Ondulatória voltado ao estudo do Som, com seus fenômenos e qualidades fisiológicas que está presente na vida de todos os seres vivos.

A Acústica é um tema da Física pouco trabalhada no Ensino Médio de forma aprofundada e contextualizada, pois muitas vezes o professor da disciplina não tem formação na área de Física, ou ainda, a carga horária de aulas semanais disponíveis para aulas de Física impossibilitam a explanação de conteúdos da referida matéria de forma mais ampla o que afeta significativamente o contexto científico e social da disciplina.

O produto será desenvolvido de forma qualitativa a partir dos conhecimentos já adquiridos pelos discentes. Moreira (2016) discorre que, investigar é produzir conhecimentos através de uma busca de respostas para determinadas questões-foco, sobre certo fenômeno de interesse, dentro de um marco teórico, metodológico e epistemológico coerente e consistente.

O presente trabalho tem como estudar um tema muito significativo e presente em nosso cotidiano, mas, pouco abordado em sala de aula do Ensino Médio. O tema escolhido foi a Acústica, que será explanado com atividades como: textos, questionários, vídeos e experimentos, deixando o aluno à vontade e sendo um protagonista durante as aulas, permitindo a este uma efetiva assimilação do conteúdo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar, aplicar e avaliar as potencialidades de uma Sequência Didática sobre o tema Acústica em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio de uma instituição pública do interior do Paraná.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Promover uma sensibilização dos alunos para uma utilização consciente dos recursos tecnológicos;
- Oportunizar situações de aprendizagem contextualizadas que possibilitem uma reflexão sobre a presença da Acústica no dia a dia.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Física: Introdução ao Estudo da Ondulatória e Acústica

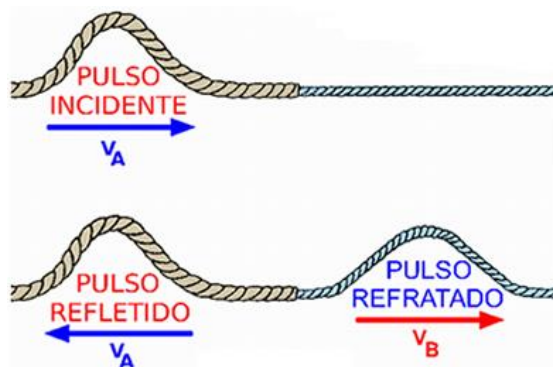
O presente trabalho tem como objetivo principal estudar um tema muito significativo e presente em nosso cotidiano, mas, pouco abordado em sala de aula do Ensino Médio. Trata-se do tema Acústica, intensamente presente no campo das comunicações neste século XXI.

Sabe-se que o excesso de ruídos ou a intensidade do Som desordenado perturbam o sossego e a qualidade de vida de qualquer pessoa, interferindo muitas vezes na própria saúde do cidadão. Antes de abordar o tema Acústica, faremos uma breve introdução sobre alguns conceitos básicos de Ondulatória, para posteriormente trabalhar alguns conceitos de Acústica que contribuem para a saúde do ser humano.

As ondas são perturbações que se propagam no espaço ou em meios materiais transportando energia. Elas são classificadas em relação à natureza, à direção e à energia de propagação. Elas podem necessitar ou não de um meio de propagação. Na natureza, encontramos uma infinidade de movimentos oscilatórios. A nossa audição, a nossa visão, e também nossa fala, são frutos de fenômenos oscilatórios. De um modo geral, as oscilações são caracterizadas pelo movimento de vaivém de um ponto em relação a uma posição de equilíbrio.

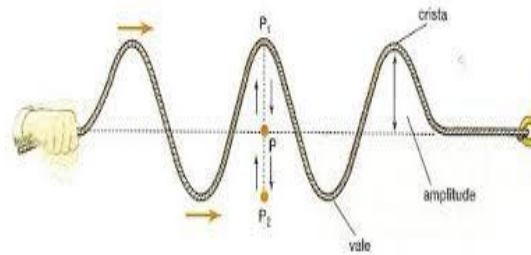
O que acontece na onda é mais ou menos isso: uma perturbação é causada, por alguém ou por alguma fonte, e esta perturbação propaga-se de um ponto para o outro na forma de **pulsos**.

Figura 1 - Pulso de onda



Fonte: Silva (2021, p.1).

Figura 2 - Onda em corda



Fonte: Máximo e Alvarenga (2010, p.263).

As figuras 1 e 2 mostram exemplos de pulso e de uma pessoa movimentando uma corda por uma de suas extremidades, provocando uma perturbação, que se propaga até a outra extremidade.

Um terremoto no fundo do mar causa uma perturbação nas águas do oceano, e esta perturbação propaga-se até encontrar algum continente, causando ondas gigantes conhecidas como **Tsunamis**. Estas ondas causam muita destruição quando chegam às praias.

Quando se coloca uma fila de dominós, por exemplo, e se derruba o primeiro, eu posso dizer que causei uma perturbação somente no primeiro dominó. Mas sabe-se que todos os outros irão cair em seguida. Este é o famoso "efeito dominó". Podemos ver neste caso o que é uma perturbação se propagando de um lugar para o outro. A perturbação causada no primeiro dominó chegou até o último, derrubando-o, apesar de cada dominó não ter saído da sua posição inicial. Note também que somente a **energia** aplicada ao primeiro dominó chegou até a última peça. Portanto, a perturbação transportou somente **energia**.

A perturbação causada no dominó somente se moveu por causa dos dominós, sem eles ela nem existiria. Originadas pela deformação de uma região de um meio elástico e que, para se propagarem, necessitam de um meio material.

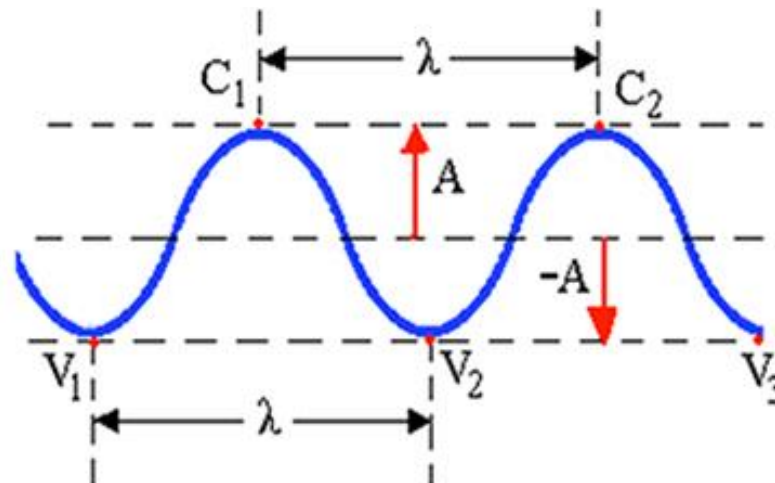
Vamos citar outro exemplo interessante: se colocarmos pedaços de cortiça sobre uma superfície de água em repouso e provocarmos nela perturbações, pode-se perceber que os pulsos, ao atingirem os corpos flutuantes, farão com que estes oscilem. Em seguida, os pulsos prosseguirão seu caminho, não carregando consigo os pedaços de cortiça, os quais apenas adquirirão um movimento de sobe e desce.

Percebe-se que o meio no qual a onda se propaga não apresenta alteração permanente com a passagem da perturbação. Ocorre apenas um deslocamento para

cima e para baixo da porção atingida pelo pulso. Isto significa que a propagação da perturbação de um ponto para outro não implica transporte de matéria entre esses pontos, mas somente transmissão de energia.

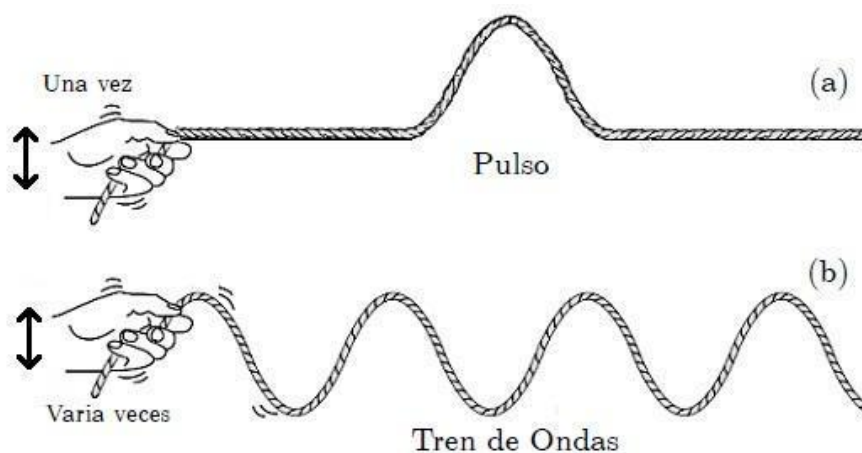
Uma **onda** é uma perturbação oscilante de alguma **grandeza física** no espaço e periódica no **tempo**. A oscilação espacial se caracteriza por seu **comprimento de onda λ** , enquanto o tempo decorrido em uma oscilação completa é denominado **período da onda**, que é o **inverso** de sua **frequência**. O comprimento de onda e a frequência estão relacionadas pela **velocidade** com que a onda se propaga. Fisicamente, uma onda é um **pulso energético** que se **propaga** através do espaço ou através de um meio (líquido, sólido ou gasoso), com velocidade definida.

Figura 3 - Amplitude (A); Velocidade de propagação da onda (V1; V2; V3); Comprimento de Onda λ



Fonte: Alves (2019).

Figura 4 - pulso; trem de ondas



Fonte: Soldovieri (2019).

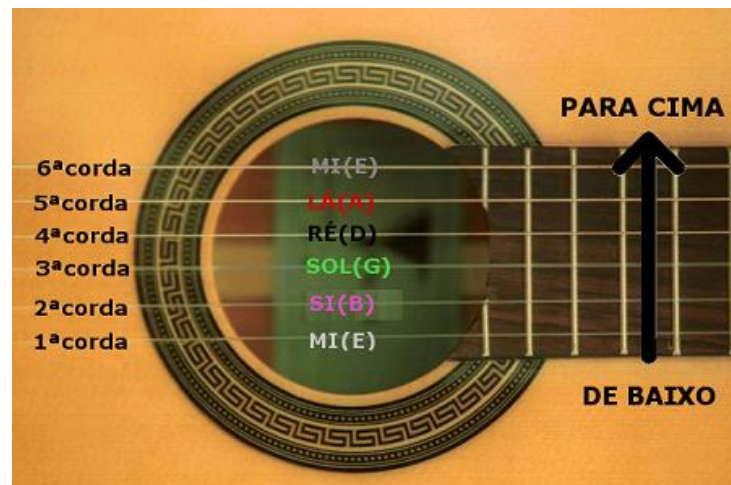
3.2 Natureza da Onda

As ondas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como ondas mecânicas ou ondas eletromagnéticas.

3.2.1 Ondas Mecânicas

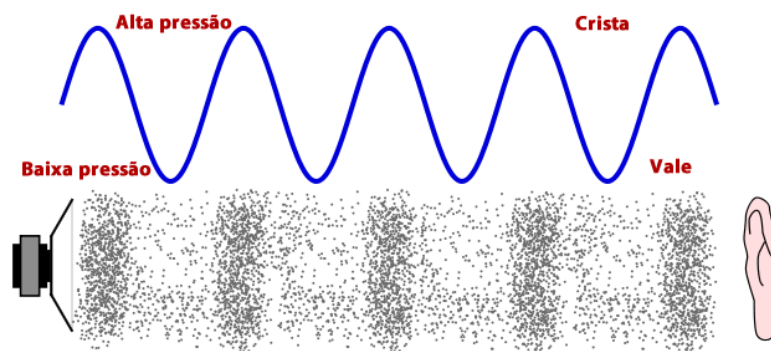
Determinadas ondas necessitam, obrigatoriamente, de um meio material para sua propagação: são as **ondas mecânicas**. Em uma propagação mecânica ocorre transporte de vibrações mecânicas, ou seja, as partículas materiais vibram. É o caso das ondas em cordas (Figura 3), em molas, na superfície e no interior de líquidos, dos sólidos (terremotos) e dos gases (sons se propagando no ar). As ondas mecânicas não se propagam no vácuo.

Figura 5 - Cordas de um violão



Fonte: Formula Violão (2014).

Figura 6 - Propagação de ondas mecânicas



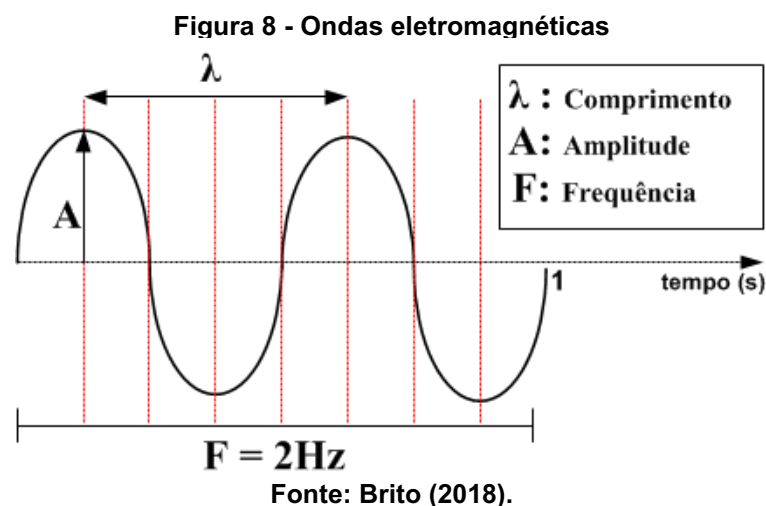
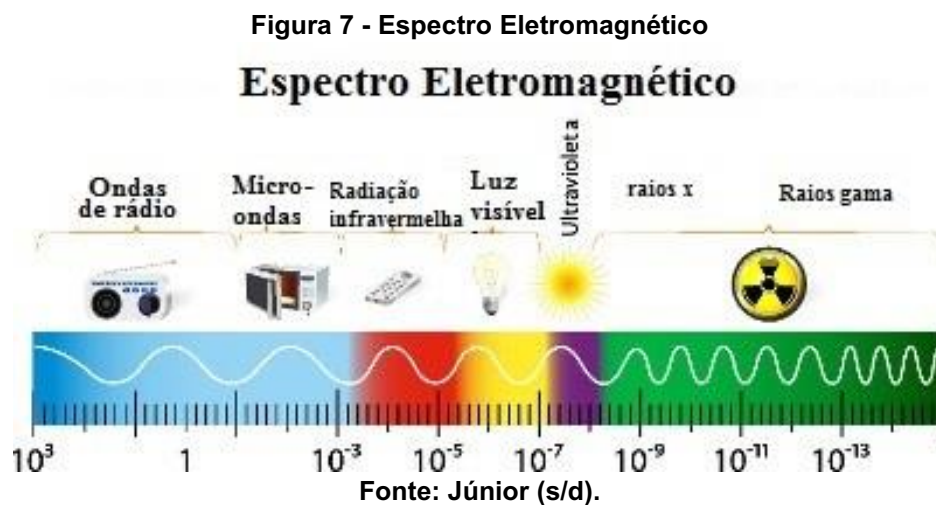
Fonte: Wikipédia (2020).

Ao ser vibrada, a corda de um violão faz vibrar as moléculas dos gases que constituem o ar. Esta perturbação se propaga de molécula a molécula e, quando atinge nosso ouvido, produz a sensação sonora. A onda invisível assim produzida é chamada **Som**, sendo esta, uma onda mecânica.

As ondas numa corda e na superfície da água são exemplos de ondas mecânicas. Outro exemplo muito importante de ondas dessa natureza são as **ondas sonoras**, que se propagam nos gases (como o ar), líquidos e sólidos.

3.2.2 Ondas Eletromagnéticas

Por outro lado, existem propagações que ocorrem tanto nos meios materiais como no vácuo. São as **ondas eletromagnéticas**, como as ondas de rádio, os raios infravermelhos, a luz visível, os raios X, entre outros.



Segundo alguns estudiosos e até agora observado, nada impede que uma onda magnética se propague no vácuo ou através da matéria, como é o caso das ondas eletromagnéticas no vácuo ou dos neutrinos através da matéria, em que as partículas do meio oscilam à volta de um ponto médio, mas não se deslocam. Exceto pela radiação eletromagnética e provavelmente as ondas gravitacionais, que podem se propagar através do vácuo, as ondas existem em um meio cuja deformação é capaz de produzir forças de restauração através das quais elas viajam e podem transferir energia de um lugar para outro sem que qualquer das partículas do meio seja deslocada; isto é, a onda não transporta matéria. Há, entretanto, oscilações sempre associadas ao meio de propagação.

As ondas **eletromagnéticas** são aquelas originadas por cargas elétricas oscilantes, como, por exemplo, elétrons oscilando na antena transmissora de uma estação de rádio ou TV. Elas não necessitam obrigatoriamente de um meio material para se propagarem. Assim, as ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo e em certos meios materiais.

A luz é um bom exemplo deste tipo de onda. Note que a luz do Sol chega até nós mesmo existindo vácuo no espaço. Outros exemplos como a luz emitida por uma lanterna, as ondas de rádio, as micro-ondas, os raios **X** e os raios γ (gama) são exemplos de ondas eletromagnéticas.

3.2.3 Formas das Ondas

Numa propagação Ondulatória, as vibrações podem ocorrer na mesma direção ou em direção perpendicular à da propagação. Em função disso, as ondas são classificadas em **longitudinais** e **transversais**. Em alguns casos, as vibrações ocorrem nas duas direções, tratando-se, então, de ondas mistas.

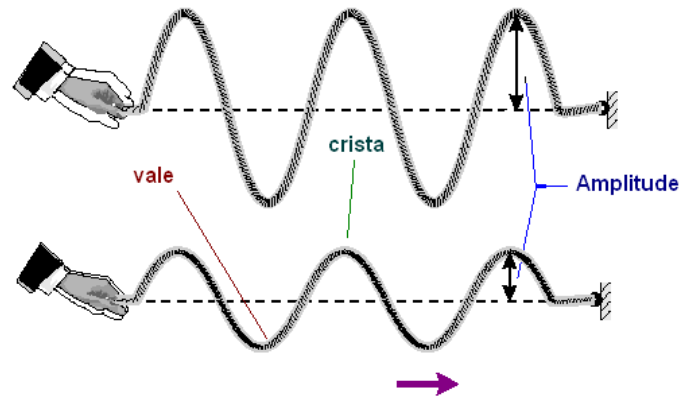
3.2.4 Ondas Transversais

Em um movimento ondulatório, ao tomar a ponta de uma corda e proceder a movimentos da corda para cima e para baixo, os pontos ao longo da corda, vibram para cima e para baixo, enquanto a onda se propaga, para a direita, ao longo da corda.

Uma onda como esta, em que a vibração dos pontos se faz em direção perpendicular à direção de propagação, é denominada **onda transversal**. Podemos

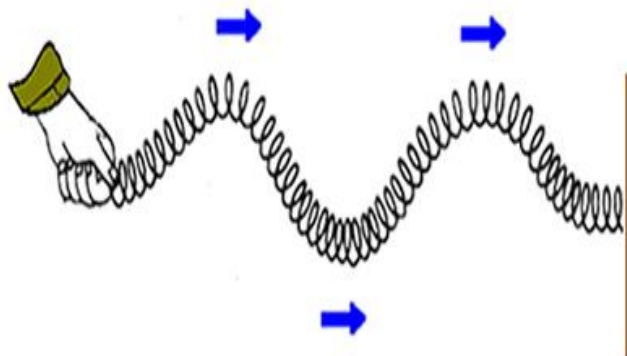
fazer uma onda como está se propagar não apenas em uma corda, como também em uma mola esticada ou ainda em um longo tubo de borracha, como mangueira e outros.

Figura 9 - Ondas transversais em corda



Fonte: Só Biologia (2008).

Figura 10 - Ondas transversais em mola



Fonte: Silva (2021).

Para melhor compreensão de como são as ondas transversais, vamos analisar um exemplo, bastante presente no cotidiano brasileiro. Imagine uma praia com ondas. É fácil perceber que uma onda possui certa **velocidade**, que ela inicia seu movimento no oceano vindo “quebrar” na praia. É claro, portanto, que as ondas podem mover-se de um lugar para outro, dentro do oceano.

Vamos supor que José está em uma praia dentro da água, e uma onda passa por ele antes de “estourar” na praia. Pode-se indagar: que movimento o corpo de José irá realizar? Fisicamente sabe-se que o corpo de José irá subir e depois descer. Se a onda ainda não “estourou” na praia o corpo de José não conseguirá acompanhá-la, porque ele fará o movimento de **subir e depois descer**, enquanto a onda **vai para a frente**. Com isso, pode-se concluir que a **direção do movimento do corpo de José**

é diferente da direção do movimento da onda. Ondas que possuem este comportamento são conhecidas como **ondas transversais**.

As ondas eletromagnéticas são constituídas de dois campos variáveis (um campo elétrico e um campo magnético), perpendiculares entre si e perpendiculares à sua direção de propagação. Dizemos, então, que elas são **transversais**.

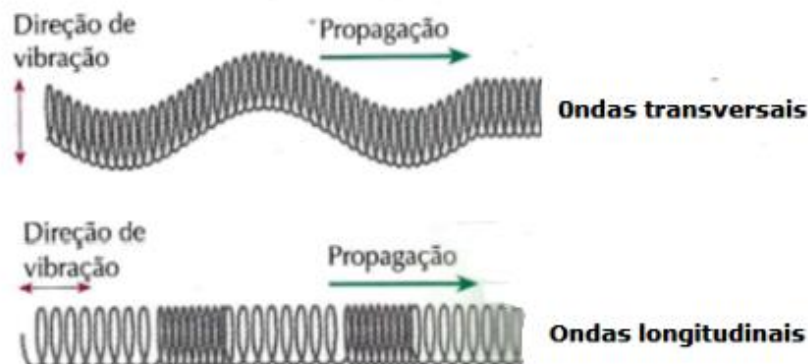
As perturbações eletromagnéticas que atingem os pontos de um meio, seja ele vácuo ou não, são sempre **perturbações transversais**.

3.2.5 Ondas Longitudinais

Denominam-se **ondas longitudinais** aquelas em que a direção de propagação da onda coincide com a direção de vibração. Em uma onda longitudinal, as partículas oscilam na direção de propagação das ondas. O exemplo mais comum de ondas que vibram assim são as ondas sonoras, pois são **ondas longitudinais**. No ar, conforme o Som se propaga, as moléculas formam regiões de compressão e rarefação.

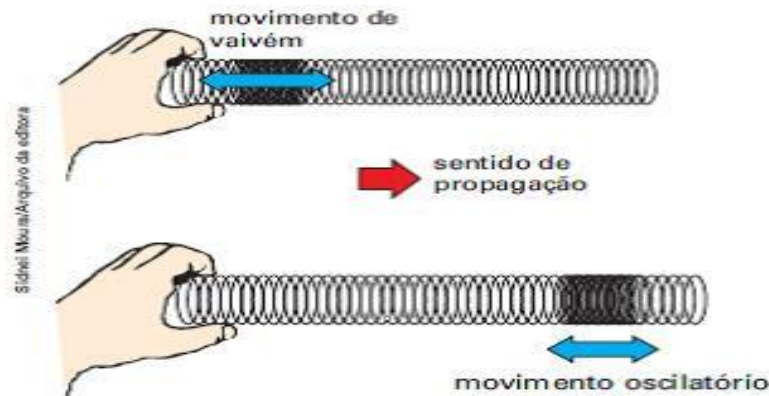
Vamos tomar como exemplo de ondas longitudinais, uma mola. Quando provocamos uma compressão em uma das suas extremidades isso provoca um pulso cuja vibração é na mesma direção da sua propagação.

Figura 11 - Ondas Transversais e Longitudinais



Fonte: Ferraro (2014).

Figura 12 - Ondas Longitudinais.



Fonte: Reis (2017).

Note que as partículas da mola oscilam horizontalmente, na mesma direção em que a onda se propaga. Os sons, quando se propagam em meios fluidos (líquidos, gases e vapores), são ondas **longitudinais**.

Um exemplo de ondas longitudinais são as produzidas pelo movimento de vaivém de um êmbolo no interior de um tubo que contém ar, e no extremo do qual há uma membrana vibrante.

O movimento de vaivém produz uma compressão do ar, seguida de uma rarefação. Esta onda se propaga ao longo do tubo, fazendo com que a membrana também vibre. Esta é a forma pela qual é produzido o Som que emitimos quando falamos. O ar que expelimos de nossos pulmões faz as cordas ou pregas vocais vibrarem, emitindo, assim, as ondas que ouvimos. O mesmo acontece quando vibram as cordas de um violão, de um piano ou de um violino.

3.2.6 Ondas Mistas

São ondas mecânicas constituídas de vibrações transversais e longitudinais simultâneas. Quando uma partícula de um meio material é atingida por uma perturbação mista, ela oscila simultaneamente na direção de propagação e na direção perpendicular à de propagação.

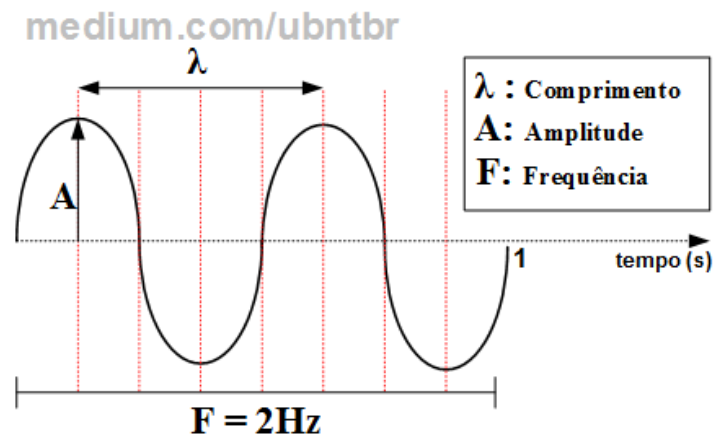
Como exemplo pode-se citar as ondas em superfícies de líquidos, que nos mares e lagos geralmente são produzidas pela ação dos ventos sobre a superfície livre da água. Os sons, quando se propagam em meios sólidos, também são exemplos

de perturbações mistas. Se um corpo está flutuando na superfície da água em alto-mar, com a passagem da onda ele irá executar um movimento misto.

3.2.7 Características Fundamentais de uma Onda

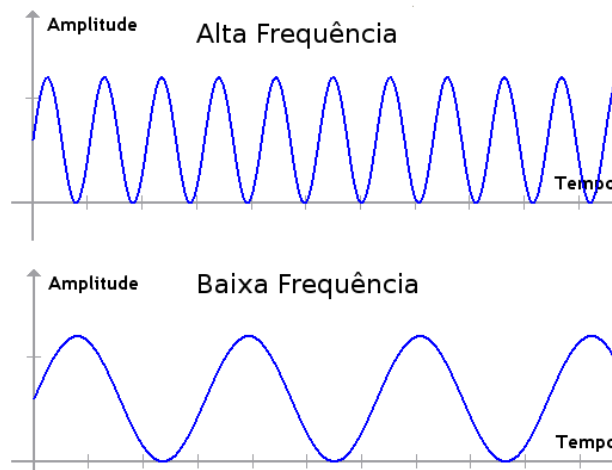
Alguns autores como Guimarães e Gaspar (2013) e Máximo (2010), referem-se aos vários tipos de ondas em física, sendo que as periódicas apresentam especial interesse, tanto pela facilidade para a descrição, quanto pelas aplicações práticas. Vamos analisar algumas características delas, tais como a velocidade de propagação, a frequência e o período dos pulsos, a distância entre dois pulsos consecutivos e o máximo de afastamento vertical dos pontos da corda em relação à posição de equilíbrio.

Figura 13 - Comprimento de Onda, Amplitude, Frequência



Fonte: Brito (2018).

Figura 14 - Alta e Baixa Frequência, Período.



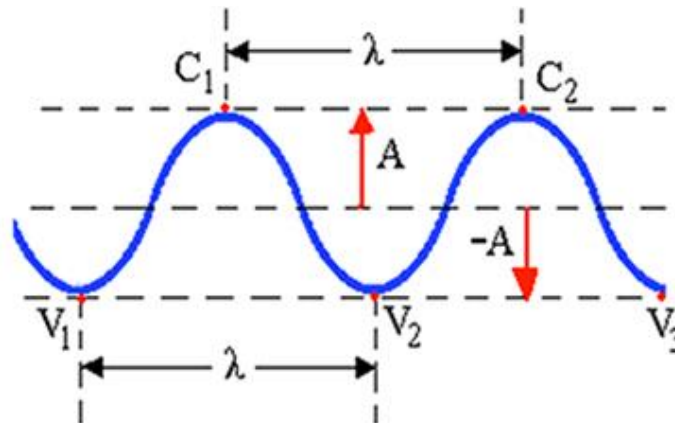
Fonte: Sousa (2013).

De acordo com a observação e o estudo de fenômenos ondulatórios, percebemos a necessidade de definirmos várias grandezas físicas associadas às ondas. Uma onda quase nunca é constituída por um só pulso, mas por uma sucessão de pulsos emitidos em intervalos de tempo iguais e por isso é chamada de **onda periódica**. Entre as ondas em geral, as periódicas apresentam especial interesse, tanto pela facilidade de descrição, quanto pelas aplicações práticas. Analisaremos as ondas periódicas unidimensionais, como mostra a figura 13, na qual destacamos:

- a) **Comprimento de onda (λ)**, que é a distância percorrida pela onda durante uma oscilação completa, ou seja, durante um intervalo de tempo igual ao período T da onda;
- b) **Amplitude (A)**, que é o maior valor da elongação (máximo afastamento vertical em relação à posição de equilíbrio). A amplitude está relacionada à energia transportada pela onda. Quanto maior a amplitude, maior a energia transportada. O ponto mais alto recebe o nome de crista (**C_1 e C_2**) e o ponto mais baixo recebe o nome de vale (**V_1 e V_2**).
- c) **Frequência (F)** é o número de oscilações completas executadas por qualquer ponto da corda, por unidade de tempo. **A frequência da onda é dada pela frequência da fonte**. Por exemplo, a frequência de uma onda gerada pela mão de uma pessoa em uma corda é dada pela frequência de oscilação da mão dessa pessoa. Quanto mais rápido a pessoa movimentar para cima e para baixo a extremidade livre da corda, maior a frequência da fonte e, conseqüentemente, a da onda. A unidade da frequência no Sistema Internacional de Medidas (SI) é o hertz (Hz).
- d) **Período T** é o intervalo de tempo de uma oscilação completa de qualquer ponto da onda. O período é inversamente proporcional à frequência: quanto maior a frequência, menor o período. Do mesmo modo que a frequência, podemos dizer que **o período da onda é sempre igual ao da fonte que a origina**.
- e) **Velocidade de Propagação da Onda (V)** – a velocidade depende das características físicas do meio e expressa a rapidez com que a onda se propaga nesse meio.
- f) **Equação Fundamental da Ondulatória** - determina a velocidade de propagação de uma onda como o produto da frequência pelo comprimento de onda. Como não transportam matéria em seu movimento, é previsível que as

ondas se deslocam com velocidade constante, caracterizando um Movimento Harmônico Simples – MHS.

Figura 15 - Uma onda se propaga ao longo do eixo X, com comprimento λ , velocidade V , e período de vibração T .



Fonte: Alves (2019).

Supondo que na onda da figura 15 o meio é homogêneo e a onda se propaga nele com velocidade constante, dada por $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

Observa-se então, que quando $\Delta s = 1\lambda$, $\Delta t = T$, pois o período T é o tempo que a onda demora para percorrer um comprimento de onda (1λ). $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow v = \frac{\lambda}{T} \rightarrow v =$

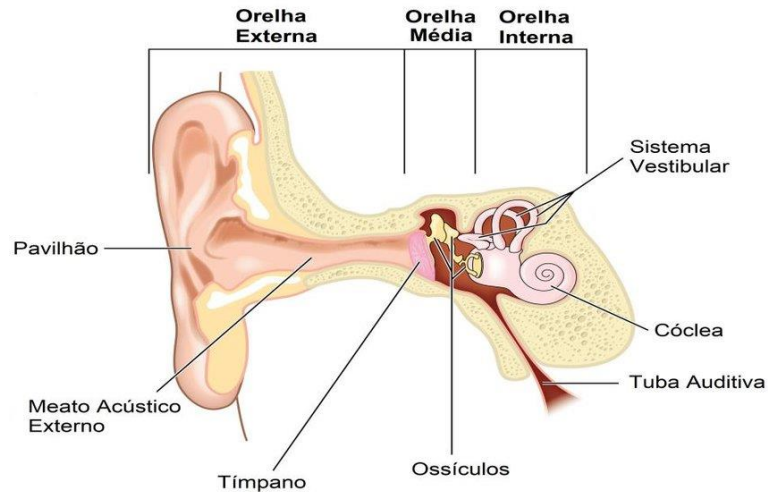
$\frac{\lambda}{(1/f)} \rightarrow v = \lambda f$ (essa equação é chamada Equação Fundamental da Ondulatória).

3.3 Introdução ao Estudo do Som

Os fenômenos sonoros estão relacionados com a vibração dos corpos materiais. Sempre que ouvimos um Som, há um corpo material que vibra, produzindo este Som. Por exemplo: quando uma pessoa fala, o Som que ela emite é produzido pelas vibrações de suas pregas vocais. Quando batemos em um tambor, em um pedaço de madeira ou de metal, estes corpos vibram e emitem Som. As cordas de um piano ou de um violão também emitem Som quando estão em vibração.

Todos estes corpos são fontes sonoras que, ao vibrarem, produzem ondas que se propagam no meio material (sólido, líquido ou gasoso) situado entre elas e a nossa orelha. Ao penetrarem na orelha, estas ondas provocam vibrações que nos causam as sensações sonoras.

Figura 16 - Os objetos materiais, ao vibrarem, produzem ondas que, ao alcançarem nossa orelha, provocam sensações sonoras.



Fonte: Borges (2020).

Em Acústica estudamos as fontes das ondas sonoras e os fenômenos ondulatórios que podem ocorrer durante a propagação dessas ondas.

Entre as fontes sonoras, além de nosso aparelho fonador, merecem destaque as cordas, as colunas de ar e as membranas vibrantes, principalmente pelo uso delas na maioria dos instrumentos musicais.

Fazendo uma fonte sonora vibrar, ela também faz vibrar o meio em que se encontra, em geral o ar, é assim que acontece a emissão do Som. Quando fazemos uma corda de um instrumento vibrar, ela o faz simultaneamente em diversas frequências. Então, o Som que ela emite também é composto de diversas frequências. Cada uma das frequências é denominada um **harmônico** do Som emitido.

Nos instrumentos de sopro, o Som produzido na embocadura é constituído de muitas frequências diferentes, mas só os sons de determinadas frequências entram em ressonância com uma coluna de ar. Assim, os sons que têm essas frequências se reforçam, e cada uma delas é um harmônico do Som emitido.

O Som é uma propagação de vibrações longitudinais através de meios materiais, compreendendo compressões e rarefações que se propagam. Nas compressões, a pressão é mais elevada do que seria caso não houvesse ondas (meio em equilíbrio). Nas rarefações, a pressão é mais baixa que no equilíbrio.

Essas compressões e rarefações propagam-se de maneira análoga às ondas longitudinais em molas, como foi visto anteriormente. É importante destacar, porém,

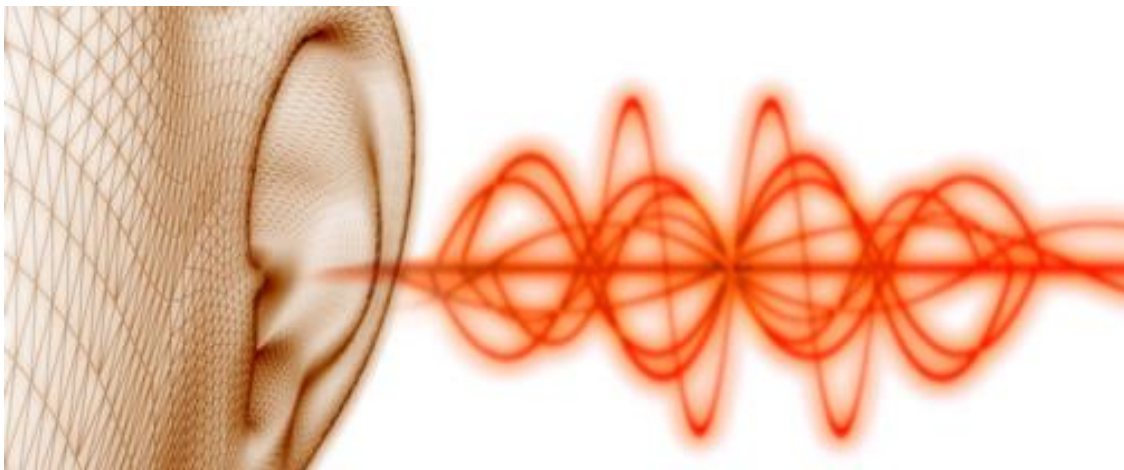
que em geral as ondas sonoras propagam-se em três dimensões pelo espaço. São, portanto, ondas tridimensionais.

Como modelo de produção e propagação de ondas sonoras, pode-se usar um êmbolo que gera compressões e rarefações no ar do interior de um cilindro, como exemplo uma seringa de injeção vazia. Suponhamos que o êmbolo seja posto a oscilar periodicamente. Quando se comprime o êmbolo, ele gera uma compressão no ar interno da seringa. Essa compressão, então, propaga-se. Em seguida, o êmbolo volta, gerando uma rarefação que também se propaga. Logo após, mais uma compressão é produzida, depois outra rarefação, e assim por diante. Como a onda gerada é periódica, continua válida a expressão: $V = \lambda f$, onde V é a velocidade de propagação da onda, λ é seu comprimento de onda e f é sua frequência.

3.3.1 Uma síntese histórica da acústica

A Acústica é um campo de estudo da Física, este campo refere-se basicamente ao estudo do Som, bem como sua criação, meio de propagação e recepção (SILVA 2011 apud ALMEIDA E SILVA, 2005). Desta forma a Acústica estuda frequências oscilatórias que resultam no Som que pode ser captado pelo ouvido humano.

Figura 17 - Som sendo captado pelo ouvido humano.



Fonte: Matias (2016).

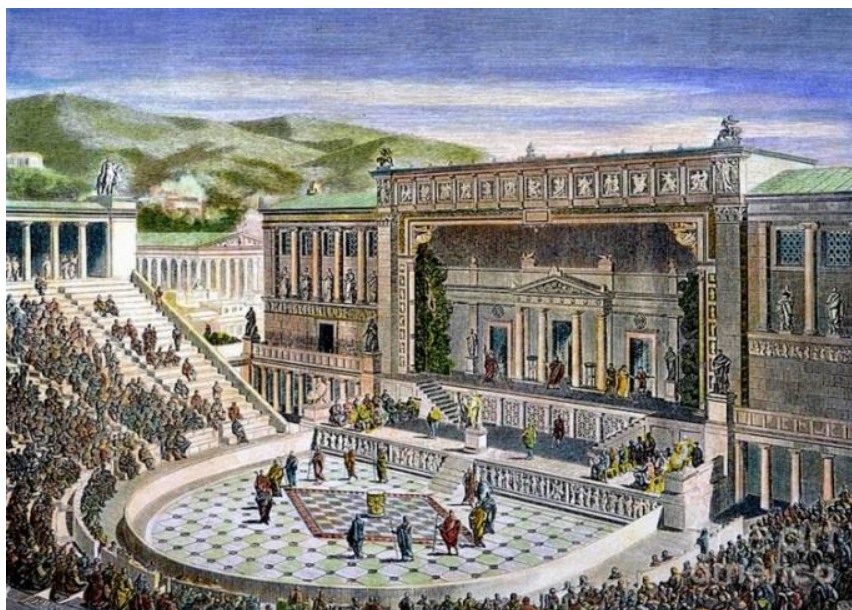
Quando se ouve a palavra Acústica, o pensamento nos remete para assuntos da atualidade como: música, a questão dos ambientes e sua Acústica, ou seja, a

assuntos modernos. Essa ideia de Acústica se relaciona com a definição da mesma, porém a Acústica traz em sua história uma amplitude de informações.

Desde tempos antigos, a Acústica já fazia parte da vida dos seres humanos, o ramo mais antigo deste campo da Física é a Acústica Arquitetônica (SILVA 2011 apud ALMEIDA E SILVA, 2005). Uma constatação disto são as construções como dos teatros gregos que foram construídos há mais de 2.000 anos atrás. Nestas construções considerava-se, as melhores condições para se obter uma boa Acústica, como: locais de baixo ruído e a favor do vento, a plateia era acomodada em degraus, usava-se conchas Acústicas, que eram bem diferentes das que conhecemos hoje, eram paredes posicionadas estrategicamente atrás do palco e assim funcionavam como refletoras, ou seja, os sons que iriam se dispersar no ambiente (para trás e para cima), eram refletidos em direção à plateia (figura 18). Hoje com auxílio da era moderna, cálculos indicam que as conchas Acústicas dos teatros gregos traziam ganhos de 3 a 5 dB (decibéis). Os gregos através de suas construções contribuíram com a Acústica, neste viés de acordo com Souza, Almeida e Bragança (2006)

Com os gregos foi possível aprender sobre a eficiência da distribuição da plateia em forma semicirculares e o aproveitamento da topografia, tendo como resultado a aproximação do público ao palco e, conseqüentemente, a maior captação sonora do espectador (SOUZA, ALMEIDA E BRAGANÇA, 2006, p. 16).

Figura 18 - Teatro grego.



Fonte: Aidar (2021).

Além dos teatros gregos outras situações remetem a presença e a importância da Acústica através dos tempos.

A contribuição da Grécia com a história da Acústica vai além do que apresenta a estrutura de seus monumentos, o que já é de grande valia, porém muitos foram os pensadores que realizaram pesquisas referentes a Acústica. Vejamos alguns deles e suas considerações:

- Pitágoras e seus discípulos: atribuem a natureza do Som e a teoria matemática da escala. A Escola Pitagórica determinou a escala a partir dos números inteiros pequenos, com base nos acordes produzidos por cordas vibrantes;
- Euclides: menciona que a altura do Som aumenta com o número de movimentos produzidos. Ele admite também que o número das vibrações é inversamente proporcional ao comprimento da corda em vibração;
- Arquimedes de Siracusa: determinou a lei do inverso do quadrado da distância para a intensidade Acústica;
- Héron: indica que o ângulo de incidência do Som em um sólido é igual ao ângulo de reflexão, de modo que assim, foram determinados os dois princípios fundamentais da Acústica geométrica, base fundamental da arquitetura dos teatros gregos.

Tanto Som, quanto Acústica foram se aprimorando e evoluindo através dos tempos. É possível observar tal evolução, na influência que da música para descoberta de alguns fenômenos como, o de ondas (HENRIQUE, 2002, p. 23).

Na China a música era objeto de estudo, e o Som por ela emitido era centrado pela medição. A partir da medição se classificava o Som por timbre e altura para assim identificar as escalas musicais resultando numa excelente afinação. Um sino devidamente afinado podia servir de padrão e faria com que outro sino tocasse em ressonância quando estivesse corretamente afinado. Em 270 a.C. Lin lun, ministro do imperador Huangundi, é encarregado de estabelecer um padrão de altura (*pitch*) para música (RONAN, 1987).

As primeiras catedrais construídas na Idade Média, não privilegiavam a questão da Acústica devido a sua arquitetura, pois a cobertura dessas construções era tipo cúpulas e na construção utilizavam materiais como pedra e alvenaria, o que interferia na Acústica do local, ocasionando reflexões e concentrações de Som, dificultando a audição das pessoas ali presentes, devido ao aumento da distância percorrida pelo

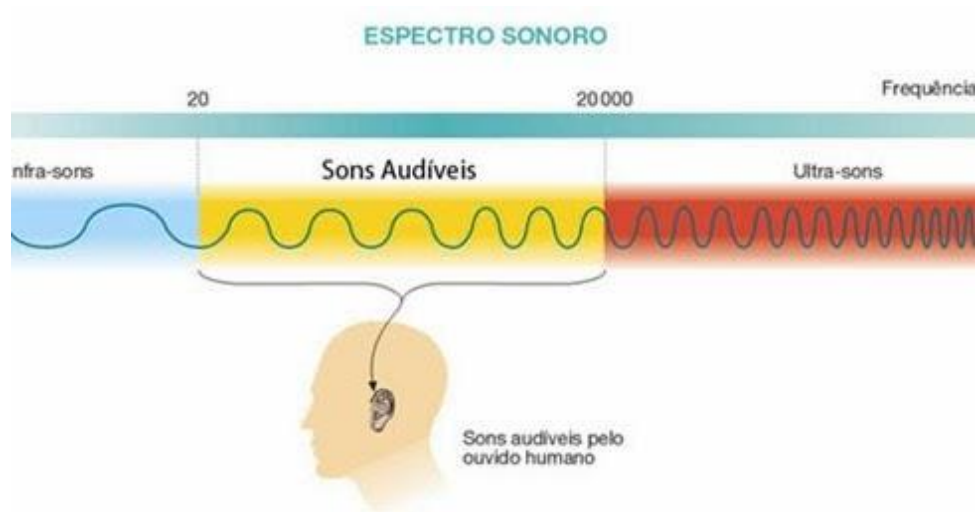
Som, bem como das reflexões, ocasionando eco (SOUZA, ALMEIDA E BRAGANÇA, 2006).

Mediante a evolução e a realização de estudos hoje é possível compreender que o Som se resume a ondas mecânicas, por sua vez as ondas surgem através de uma variação espacial, causada pelo transporte de energia em um determinado ambiente. Percebe-se que na história da Acústica as apresentações artísticas que exploravam a música e conseqüentemente o Som, possibilitaram o estudo e o desenvolvimento deste campo de estudo da Física e neste contexto pode-se ressaltar o estudo realizado por Galileu Galilei, famoso representante do pensamento moderno, em 1638, tal estudo resultou na dedução quantitativa das leis das cordas estabelecendo as relações entre frequência, comprimento, diâmetro, densidade e tensão (HENRIQUE, 2002, p. 20), ou seja, possibilitou verificar que a sensação de altura musical é diretamente relacionada à frequência. Isso marca o início da Física da música em sua atual concepção.

3.3.2 Como Ouvimos um Som (limite audível)

O Som é uma onda mecânica que, ao atingir nosso aparelho auditivo, causa sensação da audição. Para que a sensação sonora seja percebida, é necessário que a frequência dessas ondas mecânicas esteja dentro de certa faixa de valores. A faixa, por sua vez, depende do ouvinte e varia conforme a idade. De modo geral, são audíveis as ondas mecânicas com frequências compreendidas entre 20 Hz e 20 000 Hz. Apesar disso, também são chamadas de vibrações Acústicas as vibrações mecânicas cujas frequências estão acima (**ultrassom**) ou abaixo (**infrassom**) desses limites.

Figura 19 - Espectro audível ao ser humano



Fonte: Olivares (2018).

Figura 20 - Frequência audíveis a animais

SERES VIVOS	INTERVALOS DE FREQUÊNCIAS
Cachorro	15 Hz - 45.000 Hz
Ser humano	20 Hz - 20.000Hz
Sapo	50 Hz - 10.000 Hz
Gato	60 Hz - 65.000 Hz
Morcego	1000 Hz - 120.000 Hz

Fonte: Júnior (s/d).

Ultrassom e Infrassom – Uma onda longitudinal propagando-se em um meio material com frequência inferior a 20 hertz denomina-se **infrassom** e, se sua frequência for superior a 20 000 hertz, ela é denominada **ultrassom**. Como já vimos estas ondas não provocam sensação sonora ao atingirem o ouvido de uma pessoa. Apesar disso, é importante destacar sobre esses tipos de ondas, alguns fatos.

De acordo com Máximo (1997), alguns animais são capazes de perceber os **ultrassons**. Por exemplo, os cães podem detectar frequências de até 45 000 hertz. Os morcegos são capazes de emitir e detectar **ultrassons** com frequências de até 120 000 hertz. Emitindo ultrassons e recebendo-os após serem refletidos em obstáculos, ou em pequenos insetos, os morcegos detectam a presença desses objetos, mesmo em ambientes escuros. Por isso eles são capazes de voar e de

procurar seus alimentos à noite. A tabela da figura 20 mostra a relação de frequências mínimas e máximas audíveis para alguns animais.

Ao contrário do cachorro e do morcego, o elefante e o pombo-correio podem perceber os **infrassons**. Pesquisas realizadas com esses animais mostraram que os pombos se orientam por meio dos infrassons emitidos pelo balanço (provocado pelo vento) de edifícios ou árvores muito altas. Por sua vez, os elefantes parecem se comunicar, a longas distâncias, também usando infrassons emitidos por eles (MÁXIMO, 1997, p. 544).

Uma aplicação muito conhecida dos ultrassons é o sonar. Esse dispositivo é utilizado nos navios e submarinos para localizar objetos, de maneira semelhante ao que é feito pelos morcegos. É de conhecimento geral também a utilização do ultrassom na medicina, a fim de acompanhar durante os nove meses de gravidez, o desenvolvimento do feto no útero materno, por meio de imagens (ultrassonografia) dentre outras funções. Outra aplicação especial do ultrassom na medicina é a verificação do funcionamento do coração o (ecocardiograma), por meio de imagens (MÁXIMO, 1997, p. 544 e 545).

3.3.3 A Fala Humana

A voz emitida pelo ser humano tem sua origem nas vibrações de duas membranas, denominadas **cordas** ou **pregas vocais**.

As pregas vocais entram em vibração quando o ar, proveniente dos pulmões, é forçado a passar pela fenda existente entre as duas membranas. Podemos controlar a frequência do Som que emitimos, modificando a tensão nas pregas vocais. As vibrações dessas pregas vocais são comunicadas ao ar existente nas diversas cavidades da boca, da garganta e nariz a aos músculos próximos a elas. A combinação de todas essas vibrações determina o timbre da voz, que é característico de cada pessoa.

3.3.4 O Ouvido Humano

As ondas sonoras, ao atingirem a orelha, são dirigidas para o interior do canal auditivo, na extremidade do qual existe uma membrana, semelhante a pele de um

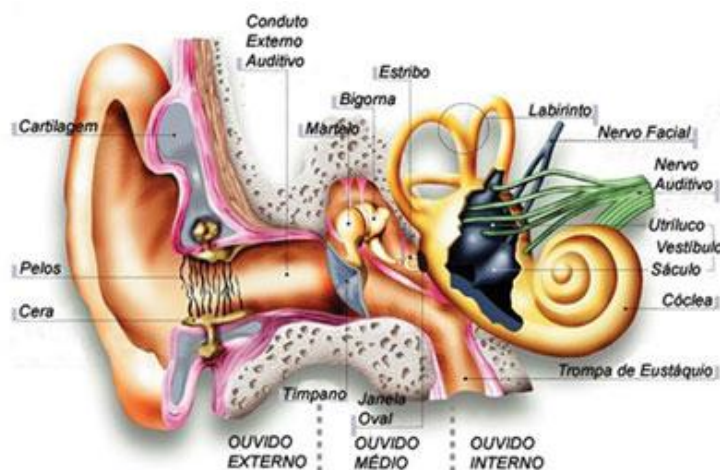
tambor, denominada **tímpano**. O tímpano é tão delicado e sensível que variações de pressão muito pequenas da onda sonora são suficientes para colocá-lo em vibração.

Essas vibrações são comunicadas a um pequeno osso chamado **martelo**, que, por sua vez, aciona outro osso (a **bigorna**), o qual, finalmente, faz vibrar um terceiro osso, denominado **estribo**. Com esse processo, as vibrações são sucessivamente ampliadas (ou amplificadas), tornando nosso ouvido capaz de ouvir/reconhecer/identificar sons de intensidade muito baixa.

Finalmente, as vibrações amplificadas chegam ao ouvido interno (ou cóclea), que tem a forma de um caracol. A cóclea é revestida por pelos muito pequenos e, em seu interior, existe um líquido que facilita a propagação do Som. As ondas sonoras, na **cóclea**, colocam os pequenos pelos em vibração, estimulando células nervosas que, por meio do nervo auditivo, enviam os sinais ao cérebro. Dessa maneira, a pessoa tem a percepção do Som.

Como podemos observar na figura 19, a maior parte do aparelho auditivo está localizada no interior da cabeça do ser humano.

Figura 21 - O ouvido humano costuma ser dividido em três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno.



Fonte: Só Biologia (2008).

Devemos nos lembrar que, os sons agradáveis ou musicais são aqueles constituídos de vibrações periódicas. Nos demais casos, o Som é chamado de ruído.

3.3.5 Velocidade de Propagação do Som

Como regra geral, o Som propaga-se normalmente com velocidade maior nos meios sólidos que nos líquidos, e maior nos meios líquidos que nos gasosos. No ar, por exemplo, a velocidade de propagação do Som é de aproximadamente 340 m/s, valendo cerca de 1500 m/s na água e aproximadamente 5 000 m/s no ferro. A tabela apresentada a seguir fornece valores mais precisos da velocidade do Som em alguns meios.

Tabela 1 - Velocidade do Som

Meio	Velocidade do Som (m/s)	Meio	Velocidade do Som (m/s)
Ar (a 0 °C)	331	Água (a 20 °C)	1 482
Ar (a 15 °C)	340	Chumbo	1 210
Oxigênio (a 0 °C)	316	Alumínio	5 000
Hidrogênio (a 0 °C)	1 284	Aço	5 960
Mercúrio (a 20 °C)	1 450	Berílio	12 870

Fonte: Autoria própria (2021).

Um fato importante é que a velocidade de propagação do Som emitido por uma fonte sonora não depende da velocidade da fonte, mas apenas de características e condições do meio de propagação (isso vale para qualquer onda). Assim, quando a buzina de um automóvel em movimento é acionada, o Som emitido no ar propaga-se com a mesma velocidade que se propagaria se o veículo estivesse em repouso.

Outra regra geral é que a velocidade de propagação do Som não depende de sua intensidade ou de sua frequência. Podemos imaginar como seria difícil o entendimento de uma conversa se os sons agudos, graves, fortes e fracos se propagassem com velocidades diferentes!

3.3.6 Qualidades Fisiológicas do Som

Algumas grandezas são muito importantes na caracterização do **Som** e são chamadas de qualidades **fisiológicas do Som**.

A sensação que temos ao ouvir qualquer tipo de Som nada mais é que a interpretação feita por nosso cérebro. A qualidade fisiológica do Som é a qualidade que um “Som forte” tem de se distinguir de um “Som fraco”. Produzida por essa interpretação, a qualidade fisiológica do Som é dividida em três: a altura, a intensidade e o timbre.

3.3.7 A Altura

A **altura** de um Som é a sensação que nos permite diferenciar entre um Som grave e um Som agudo. Um Som **grave** é um Som de baixa frequência e um Som **agudo** é um de alta frequência. Em geral a voz do homem é mais grave do que a voz da mulher, ou seja, a voz da mulher é mais aguda do que a do homem. Sintetizando:

- **Som grave** é emitido por uma fonte sonora que vibra com **baixa frequência**;
- **Som agudo** é emitido por uma fonte sonora que vibra com **alta frequência**.

3.3.8 Intensidade do Som

Ao ouvirmos o Som emitido pela explosão de uma bomba potente, dizemos vulgarmente que estamos recebendo um Som muito “forte”. Na linguagem da Física, diz-se que este Som tem **grande intensidade**. Por outro lado, o Som produzido pelo leve balançar de uma folha ao vento é popularmente classificado como um Som “fraco”, enquanto na Física dizemos que ele é um Som de **pequena intensidade**.

A **intensidade do Som** é uma propriedade que nosso ouvido percebe e que está relacionada com a energia (por unidade de tempo) que a onda sonora transfere a ele, sendo tanto maior quanto maior for a amplitude dessa onda sonora.

O nosso ouvido é um instrumento extremamente sensível para captar a energia transportada pelas ondas sonoras. Cientistas verificaram que o ouvido de uma pessoa normal é capaz de perceber sons de intensidade muito baixa, nos quais a amplitude de vibração das moléculas de ar vale cerca de 1 bilionésimo de cm (0, 00000001 cm). Esse valor é menor que o diâmetro da molécula que está oscilando.

Em relação aos sons de maior intensidade que nossos ouvidos podem tolerar (sem sentir dor), eles correspondem a vibrações com uma amplitude de apenas 1 milésimo de cm (0,001 cm).

3.3.9 Timbre

Timbre é a qualidade que permite distinguir sons de mesma altura e mesma intensidade, emitidos por instrumentos diferentes. Os responsáveis pelo timbre são os harmônicos que acompanham o Som fundamental. Assim, se um violino e um piano emitirem a mesma nota (mesma frequência, por exemplo: um dó fundamental), conseguiremos distinguir o Som do violino do Som do piano. Isso porque, embora o Som fundamental seja o mesmo, os harmônicos não são iguais. Na linguagem científica, dizemos que esses dois sons possuem **timbres diferentes**.

3.4 Reflexão do Som

Quando as ondas sonoras atingem um obstáculo fixo, como uma parede, elas sofrem **reflexão** com inversão de fase.

Como acontece com qualquer onda, o Som refletido tem a mesma velocidade de propagação, a mesma frequência e o mesmo comprimento de onda que o Som incidente.

A reflexão do Som envolve, ainda, os fenômenos do **eco** e da **reverberação**.

Quando recebemos um Som, a sensação sonora causada por ele persiste em nós por aproximadamente um décimo de segundo (0,1 s). A esse intervalo de tempo dá-se o nome de **persistência Acústica**. Se uma pessoa emite um Som que é refletido num paredão e volta até ela, a pessoa ouve dois sons: o Som direto, no momento em que ele é emitido, e, algum tempo depois, o Som refletido pelo paredão.

Se o intervalo de tempo for inferior a 0,1 s, o Som refletido chegará à pessoa quando ela ainda estiver tendo a sensação do Som emitido inicialmente. A pessoa perceberá, então, um prolongamento do Som inicial, que é denominado **reverberação**. Entretanto, se o intervalo de tempo for superior a 0,1 s, o Som refletido chegará depois de cessada a sensação do Som inicial. Assim, o Som refletido será percebido separado do Som inicial, fenômeno que recebe o nome de **eco**.

3.4.1 Refração do Som

Refração de ondas é o nome dado ao fenômeno que ocorre quando uma onda passa de um meio de propagação para outro, de características distintas, tendo sua

direção desviada. Independente de cada onda, sua frequência não é alterada na **refração**, no entanto, a velocidade e o comprimento de onda podem se modificar.

Um exemplo de **refração do Som** seria quando uma onda sonora incide na água, meio material mais denso que o ar. Nessa situação, de refração sonora, a onda aumenta de velocidade e se afasta da normal, comportamento, este, contrário ao da luz, que teria sua velocidade diminuída e se aproximaria da normal.

3.4.2 Difração do Som

A **difração** é um fenômeno que ocorre com as ondas sonoras de modo frequente e acentuado. Essa acentuação se dá quando os obstáculos atingidos apresentam dimensões inferiores às do comprimento de onda ou, pelo menos, da mesma ordem de grandeza. E pelo fato de o Som ter comprimentos de onda que variam de aproximadamente 17 mm até 17 m ele encontra grande facilidade para se difratar.

Os sons graves, por terem maior comprimento de onda, difratam-se mais do que os agudos. Isto é facilmente notado numa caixa Acústica, já que os sons agudos são muito mais direcionados que os graves. Por isso, uma pessoa bem afastada lateralmente em relação à caixa ouve muito melhor os graves do que os agudos.

3.4.3 Interferência do Som

As ondas sonoras também sofrem o fenômeno da interferência. Ele ocorre, por exemplo, quando várias pessoas cantam a mesma nota, ao mesmo tempo. Nesse caso, há uma Soma de energias, isto é, há uma **interferência aditiva**.

Devemos lembrar que na realidade não ocorre interferência de ondas, o que ocorre nos pontos onde elas se encontram é uma **superposição de ondas**. O nome “interferência” permanece apenas por motivos históricos, consagrado pelo uso. Por exemplo, vamos supor que tenhamos uma corda com uma extremidade fixa e outra livre. Se pegarmos a extremidade livre e fizermos um movimento de sobe e desce com a corda, veremos a formação de ondas que se propagam nela. Se por acaso duas pessoas pegarem uma corda e em ambas as extremidades começarem a executar um movimento de sobe e desce, veremos a formação de ondas que se propagam. Mas o que acontece quando essas ondas se encontram? Acontece o

fenômeno que chamamos de **Interferência de ondas**. Sendo assim, podemos dizer que quando duas ou mais ondas chegam ao mesmo tempo a um ponto em comum de um meio, ocorre o fenômeno da **interferência**, ou seja, as ondas se superpõem naquele ponto, originando um efeito que é o resultado da Soma algébrica das amplitudes de todas as perturbações no local de superposição.

3.4.4 Ressonância

O fenômeno da **ressonância** acontece quando um sistema vibra forçado por outro sistema, mas com uma característica: o sistema que provoca a vibração deve estar perto do outro e vibrar com uma frequência igual à **frequência natural** desse outro. A frequência natural de um sistema é a frequência de seu Som fundamental ou a de seus harmônicos.

Vejamos um exemplo: um diapasão A começa a vibrar, movido pela pancada de um martelo de borracha. Colocando-se perto dele um diapasão B, igual ao primeiro, ele vai passar a vibrar com a mesma frequência de A, ou seja, vai entrar em ressonância com A.

Outros exemplos: os vidros de uma janela podem se quebrar, ao entrar em ressonância com a onda sonora de um avião a jato que passa muito perto; uma ponte pode cair ao entrar em ressonância com o vento ou com o movimento cadenciado de uma tropa de soldados que a atravessa em marcha; um cristal pode quebrar ao entrar em ressonância com a vibração das cordas de um violino.

É importante lembrar que: só há **ressonância** quando os dois objetos têm a mesma frequência natural.

4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Uma Sequência Didática (SD) deve ser bem estruturada com atividades que proporcione aos alunos estudar a partir de uma pluralidade metodológica. Zabala (1998), define uma Sequência Didática ou sequência de ensino como uma proposta metodológica com várias atividades ordenadas e articuladas entre si.

Os objetivos propostos com o tema Acústica são:

- Perceber a importância do Som no cotidiano;
- Fomentar os alunos para o estudo da física;
- Proporcionar momentos para que o aluno compreenda os conceitos e processos que ocorrem na Acústica;
- Contribuir para a saúde auditiva dos alunos.

Observando que cada aluno apresenta sua forma e tempo para assimilar e aprender, cabe ao professor ser o mediador dessa aprendizagem colocando o aluno no centro com um papel extremamente importante.

Batista (2019, p. 24), propõe que o professor tem o papel fundamental de promover o debate produtivo entre grupos de alunos, de forma a dar espaço e liberdade intelectual a cada aluno. Tem ainda a função de distribuir as atividades e criar um ambiente propício para que ocorra o ensino e a aprendizagem, sempre buscando alcançar os objetivos da proposta, quadro 1.

Quadro 1 - Organização da Sequência Didática em Acústica.

Módulo	Tema	Número de aulas.
1	Introdução ao estudo da Ondulatória.	5 aulas
2	Introdução ao estudo do Som.	3 aulas
3	Reflexão do Som	3 aulas

Fonte: Autoria própria (2021).

4.1 Encaminhamento das atividades da Sequência Didática

Os quadros 2, 3 e 4 apresentam a proposta detalhada de cada módulo, com seus respectivos encaminhamentos.

Quadro 2 - Descrição do Módulo 1.

MÓDULO 1			
TEMA	Introdução ao estudo da Ondulatória.		
PÚBLICO - ALVO	Alunos do 3º ano do Ensino Médio	DURAÇÃO	5 aulas de 50 minutos
CONTEÚDOS	<ul style="list-style-type: none"> • Natureza da onda • Forma da onda • Características fundamentais de uma onda • Equação fundamental da Ondulatória. 		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Ondulatória. • Despertar o interesse dos alunos pelo tema Acústica. 		

Fonte: Autoria própria (2021).

1ª Aula – Síncrona

Nessa primeira aula o professor irá ensinar os alunos a construir um mapa mental. A partir do mapa mental é possível perceber as relações estabelecidas pelos alunos em sua estrutura cognitiva.

O professor deverá confeccionar junto com os alunos um mapa mental sobre um assunto qualquer de Física, apenas para explicar a estrutura do mesmo.

Ao final desta aula o professor apresentará para os alunos a proposta de produto educacional.

2ª aula – Assíncrona

Nesta aula os alunos deverão responder ao questionário inicial preparado pelo docente. Esse questionário visa o levantamento das concepções prévias dos alunos. O questionário deve ser respondido e enviado ao professor através do *Classroom*.

QUESTIONÁRIO INICIAL

1-Você já ouviu falar sobre o conteúdo de Ondulatória em suas aulas?

- a) Muitas vezes
- b) Nunca
- c) Às vezes

2-No contexto da física, uma onda é basicamente um movimento causado por uma perturbação.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

3-Em uma onda transversal, os pontos do meio em que ela se propaga vibram perpendicularmente à direção de sua propagação.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

4- Uma onda eletromagnética não depende de um meio material para se propagar.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

5- Uma onda percorre a distância de um comprimento de onda no intervalo de tempo igual a um período.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

6- O período é o tempo necessário para que uma onda efetue um ciclo completo.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

7- Uma onda mecânica depende de um meio material para se propagar.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

8- A frequência medida em Hertz é o número de oscilações que uma onda realiza em 1 segundo.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

9- Ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

10 – Uma onda transporta energia.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

11 - O Som é uma onda mecânica.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

12- O nome do ponto mais alto de uma onda é crista.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

13- O funcionamento de rádio, tv e celulares ocorre por meio da transmissão de informação. Essa transmissão de informação se propaga por meio de ondas eletromagnéticas.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

14- Na história da Ondulatória Euclides, um grego, define que a altura do Som aumenta com o número de movimentos (choques) produzidos.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

15- Robert Boyle (1627 – 1691), através de experimentos demonstrou que o Som é uma onda que precisa de um meio material para se propagar.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

16- As crianças de um sítio com a mangueira de jardim brincando em um dia ensolarado, dizem que conseguem produzir ondas mecânicas com essa mangueira.

- g) Concordo plenamente
 - h) Tenho dúvidas
 - i) Discordo plenamente
-

3ª e 4ª AULA – Síncrona

O professor convida os alunos para responderem uma problematização, pedindo aos alunos que reflitam e escrevam suas respostas no *Classroom*.

**Problematização:**

Com o decorrer dos anos a Ondulatória tem ocupado um espaço cada vez maior em nossas vidas. Em qual situações do seu dia a dia a Ondulatória está presente?

Após a problematização ser respondida, os alunos devem construir um mapa mental sobre o tema **Som**, em uma folha sulfite. Em seguida, cada aluno apresenta seu mapa mental, e o professor, deve ir confeccionando um novo mapa mental a partir dos temas apresentados pelos alunos em seus mapas, chamamos este de mapa mental coletivo.

Posteriormente o professor deverá apresentar os conceitos básicos de Ondulatória através de uma aula dialogada.

Para contribuir com o diálogo o professor apresenta um vídeo que discute o meio de propagação das ondas.

Ondulatória - e seus meio de propagação



Fonte: You Tube (2019).

Após assistirem ao vídeo e discutirem os conceitos envolvidos o professor deve disponibilizar três questões/exercícios para que os alunos tentem resolver, após delimitado um tempo adequado estipulado pelo professor, o mesmo resolve os exercícios tirando as dúvidas que ainda restaram.

Exercícios de aula

1- A respeito da classificação das ondas, marque as alternativas como VERDADEIRA ou FALSA:

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

2- (UNISINOS) Para evitar acidentes e oferecer mais segurança nas viagens, locomotivas da RFFSA passam a usar, a partir de março do ano passado, um sistema inédito de comunicação via micro-ondas (Zero Hora, 10/09/93). As micro-ondas, amplamente utilizadas nas telecomunicações, são ondas com frequência do que as ondas luminosas. As lacunas são corretamente preenchidas, respectivamente, por:

- a) mecânicas; maior
- b) mecânicas; menor
- c) sonoras; maior
- d) eletromagnéticas; menor
- e) eletromagnética; maior

3- (UFRS) Classifique cada exemplo de onda (coluna da direita) de acordo com o tipo correspondente (coluna da esquerda).

- 1- longitudinal
- 2- transversal

- () ondas sonoras
- () ondas de rádio
- () onda em uma corda de violão.

A sequência de números que estabelece as associações correta na coluna da direita, quando lida de cima para baixo, é:

- a) 1 - 2 - 2
 - b) 1 - 1 - 2
 - c) 2 - 1 - 2
 - d) 1 - 2 - 1
 - e) 2 - 1 - 1
-

5ª AULA – Assíncrona

Nesta aula os alunos devem responder uma questão pelo *Google Forms*, para verificar a aprendizagem.

- 1- O que você aprendeu na aula sobre introdução de Ondulatória?

Quadro 3 - Descrição do Módulo 2

MÓDULO 2			
TEMA	Introdução ao estudo do Som.		
PÚBLICO - ALVO	Alunos do 3º ano do Ensino Médio	DURAÇÃO	3 aulas de 50 minutos
CONTEÚDOS	<ul style="list-style-type: none"> • Como ouvimos um Som. • Qualidades fisiológicas do Som. 		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o Som. • Promover a participação dos alunos pelo tema Acústica. • Realizar atividades em que o aluno perceba a importância do Som. • Medir o ruído em diferentes ambientes. 		

Fonte: Autoria própria (2021).

6ª AULA – Assíncrona

Os alunos devem responder a problematização para que o professor possa averiguar os conhecimentos prévios.



Problematização

Os conhecimentos físicos podem ser utilizados como critérios para compreensão de aspectos de uma vida saudável. Então, qual é a relação do Som com a sua saúde auditiva?

Agora, os alunos assistem um vídeo curto de 6 minutos sobre, a natureza do Som e o ouvido humano.

A Natureza do Som e Ouvido Humano



Fonte: You Tube (2013).

7ª AULA – Síncrona

Nessa aula deve-se conversar com os alunos sobre suas dúvidas com relação à problematização e também sobre o vídeo assistido em casa cujo tema foi: A natureza do Som e o ouvido humano.

Na sequência o professor deve apresentar as aplicações sobre estudo do Som utilizando um simulador do PHET - Colorado, para abordar os conceitos básicos de Som.

Ilustração do simulador de Som



Fonte: Techtudo (2010).

Atividade com simulador

O desígnio da atividade, é fazer com que os alunos compreendam as noções básicas de Som, por meio de ondas.

Passos:

1 - Escolha no simulador ouvir uma única fonte, depois vá alterando a amplitude e frequência e siga observando as alterações que acontecem nas ondas formadas.

Registre as alterações que percebeu.

2 - Selecione no simulador interferência entre duas fontes. Selecione ainda a amplitude e a frequência das ondas. Veja o que acontece.

Compare o que acontece em ambas as simulações.

A partir da comparação estabelecida pelos alunos o professor apresenta o fenômeno da interferência, diferenciando a construtiva da destrutiva.

8ª AULA – Assíncrona

Nesta aula, os alunos serão convidados a realizar uma atividade experimental em casa, de maneira individual, com materiais simples e de fácil acesso.

O professor solicitará aos alunos que fotografem o experimento e envie para o docente através da plataforma *Classroom*.

Experimento de Som.

Materiais Utilizados

- Bacia pequena e redonda
- Plástico filme
- Sal fino
- Caixa de Som
- Música

Procedimento

Pegue uma bacia redonda e na boca da bacia passe o plástico filme de forma bem esticada, o mais perfeito possível.



Fonte: Autoria própria (2021).

Sobre o plástico filme espalhe um pouco de sal fino.



Fonte: Autoria própria (2021).

Ligue a caixa de Som com uma música que goste e vá aumentando o volume gradativamente.

Observe o que acontece com sal.

Posteriormente, peça aos estudantes que respondam as seguintes questões abaixo:

1- Como o experimento demonstra que as ondas sonoras sofrem interferência do meio?

2- Qual a relação do experimento com o nosso corpo?

3- Quando aumentamos o volume (intensidade sonora) do Som o que acontece com o sal?

4- E, quando estamos com um fone de ouvido o que acontece quando aumentamos o volume do Som gradativamente?

Para finalizar esta aula, os alunos devem responder uma questão através do *Google Forms*, a fim de que possamos verificar sua relação com o assunto estudado.

Questão

O que você aprendeu na aula sobre introdução ao estudo do Som?

Quadro 4 - Descrição do Módulo 3

MÓDULO 3			
TEMA	Reflexão do Som.		
PÚBLICO - ALVO	Alunos do 3º ano do Ensino Médio	DURAÇÃO	3 aulas de 50 minutos
CONTEÚDO	<ul style="list-style-type: none"> Reflexão do Som 		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> Definir eco, reforço e reverberação. Realizar cálculos com reflexão do Som. 		

Fonte: Autoria própria (2021).

9ª AULA – Síncrona

Nesta aula, o professor deve apresentar a problematização ao aluno com o intuito de verificar os subsunçores sobre o fenômeno sonoro da reflexão do Som.



Problematização

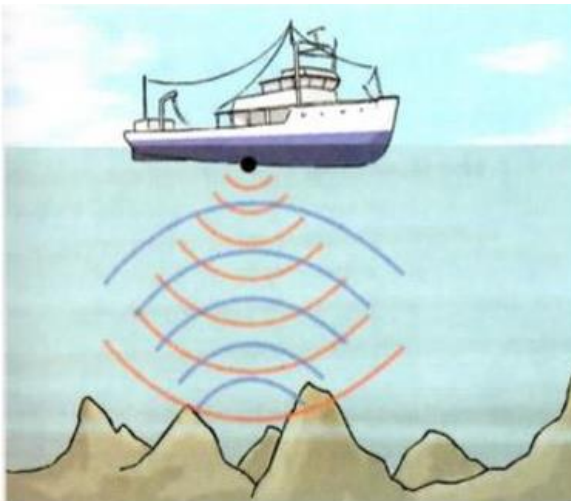
Você já ouviu falar em eco? Ele pode ser utilizado em nosso favor? E como?

Em seguida, o docente apresenta imagens para que de forma dialogada e interativa os alunos apresentem seus conhecimentos físicos sobre a reflexão do Som.

Explique qual a relação do Som com cada uma das imagens.



Fonte: Neofísica (2012).



Fonte: Torres (2021).



Fonte: Serrano (2016).



Fonte: Jorge (2003).

10ª AULA – Síncrona

O decorrer desta aula o professor deve perguntar aos alunos se existem dúvidas sobre as aulas anteriores e através de uma aula dialogada e interativa sanar as dúvidas dos estudantes.

Posteriormente, o professor juntamente com os alunos resolvem os exercícios abaixo, buscando extrair dos alunos seus conhecimentos físicos mais relevantes.

Exercícios de aula

1-De acordo com o que já estudamos em Som, vamos ler a tirinha e responder o que se pede:



Copyright ©1999 Mauricio de Sousa Produções Ltda. Todos os direitos reservados.

7517

Fonte: Salles (2011).

2-Você já parou para pensar que existe uma distância mínima que devemos estar de um obstáculo para que ouça o eco da tua própria voz? Então vamos calcular?

3-Que alternativa preenche corretamente as lacunas da frase abaixo?

O _____ e a reverberação são causados pela - _____ das ondas sonoras ao incidirem normalmente sobre um ou mais anteparos.

A _____ é causada pela reflexão múltipla do _____ nas paredes de uma grande sala.

- a) eco, reflexão, reverberação, Som
- b) Som, eco, reflexão, reverberação
- c) reflexão, reverberação, Som e eco

- d) eco, reverberação, reflexão, Som
 - e) Som, reflexão, reverberação, eco
-

11ª AULA – Assíncrona

Nesta os estudantes respondem uma questão pelo *Google Forms*, sobre a aula de reflexão do Som.

Questão

1- O que você aprendeu nas aulas sobre a reflexão do Som?

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como intuito a elaboração e implementação de uma Sequência Didática sobre Acústica no Ensino Médio a partir da perspectiva da saúde auditiva, apresentada aos alunos a partir do conteúdo básico de Ondas e suas características.

Para a construção do trabalho utilizou-se os pressupostos teóricos de David Ausubel, visando que os alunos demonstrassem seus conhecimentos prévios através de conversas e atividades escritas, com recursos e metodologia diferenciados, ao longo das aulas que ocorrerão de forma assíncrona e síncrona, pretendendo assim, atingir e atender os alunos em se distintos níveis de aprendizagem.

Ao final das onze aulas serão colhidas todas as informações das atividades realizadas pelos alunos, para assim, realizar uma análise dos resultados obtidos por meio dessa Sequência Didática.

O estudo realizado me permitiu um desenvolver e uma aprendizagem indescritível. O fato de estar contribuindo pedagogicamente com a produção de uma Sequência Didática, da qual os professores da disciplina de Física possam estar desfrutando deste produto em suas aulas é muito gratificante.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, L. Teatro Grego. **Toda matéria**. 2011. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/teatro-grego/>. Acesso em: 7 abr. de 2021.
- A NATUREZA do Som e Ouvido Humano. **You Tube**. 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=wsCII5ehL0c>. Acesso em: 02 mar. de 2021.
- ALVES, N. Ondulatória – O que é? Fórmulas, Classificação e Exemplos. **Gestão Educacional**, 2019. Disponível em: <https://www.gestaoeducacional.com.br/ondulatoria-o-que-e/>. Acesso em: 29 jan. de 2021.
- AUSUBEL, D.P. (1963). **The psychology of meaningful verbal learning**. New York, Grune and Stratton.
- BATISTA M. C., FUSINATO P. A., BATISTA R. OLIVEIRA. D. R; **Sequências Didáticas: Contribuições para o Ensino de Ciências e Matemática**. 1 ed. Maringá: Massoni, 2019.
- BIZZO, N. **Como eu ensino: pensamento científico, a natureza da ciência no ensino fundamental**. São Paulo, Melhoramentos, 2008.
- BORGES, D. Audição – Definição, fisiologia, anatomia da orelha e estímulos sonoros. **Conhecimento Científico**. 2020. Disponível em: <https://conhecimentocientifico.com/audicao/>. Acesso em: 26 fev. de 2021.
- BRITO, S. H. B. Como o Sinal Wi-Fi é Propagado na Natureza? **Medium.com**. 2018. Disponível em: <https://medium.com/ubntbr/como-o-sinal-wifi-%C3%A9-propagado-na-natureza-d87daef39575>. Acesso em: 12 mar. de 2021.
- FENÔMENOS acústicos. **Neofísica 11**. 2012. Disponível em: <http://neofisica11.blogspot.com/2012/03/webquest-17-tema-fenomenos-acusticos.html>. Acesso em 18 jan. de 2021.
- FERRARO, N. G. Termologia, Óptica e Ondas. **Os Fundamentos da Física**. 2014. Disponível em: http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2014/11/cursos-do-blog-termologia-optica-e-ondas_11.html. Acesso em: 15 mar. de 2021.
- FREQUÊNCIA de uma onda. **Só biologia**. 2008. Disponível em: https://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/Ondas2.php. Acesso em: 21 fev. de 2021.
- GASPAR, A. **Compreendendo a Física: ensino médio**. Alberto Gaspar. 1 ed. e 2 ed. - São Paulo: Ática, 2010 e 2013.
- GUIMARÃES, O. **Física** / Osvaldo Guimarães, José Roberto Piqueira, Wilson Carron - 1ª edição - São Paulo, Ática, 2013.

JORGE, S. G. Doença Hepática Gordurosa Não Alcoólica (DHGNA). **Hepcentro**. 2003. Disponível em: <http://www.hepcentro.com.br/esteatose.htm>. Acesso em: 23 jan. de 2021.

JÚNIOR, J. S. S. O que é espectro eletromagnético? **Brasil Escola**. (s/d). Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-espectro-eletromagnetico.htm>. Acesso em 3 mar. de 2021.

MATIAS, C. MATIAS, M. História da Acústica. **Ensaio Flutuantes**. 2016. Disponível em: <https://ensaiosflutuantes.wordpress.com/2016/04/04/historia-da-acustica/>. Acesso em: 2 abr. 2021

MÁXIMO, A. e B. A. **Curso de Física**, volume 2. São Paulo: editora Scipione, 2010.

MOREIRA, M. A. **Compilação de trabalhos publicados ou apresentados em congressos sobre o tema Aprendizagem Significativa, a fim de subsidiar teoricamente o professor investigador, particularmente da área de ciências**. Instituto de Física, UFRGS, Brasil 2009 (1ª edição), 2016 (2ª edição revisada) Porto Alegre, Brasil. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2020.

NOME das Cordas do Violão. **Formula Violão**. 2014. Disponível em: <https://www.formulaviolao.com/nome-das-cordas-do-violao/>. Acesso em: 2 fev. de 2021.

ONDULATÓRIA - e seus meio de propagação. You Tube. 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KILMBeSEvaU>. Acesso em: 02 mar. de 2021.

OLIVEIRA, M. P. P [et al]. **Física em contextos: pessoal, social e histórico: energia, calor, imagem e Som** – 1. Ed. São Paulo: FTD, 2010.

OLIVARES, S. G. O Som. **Silo.tips**. 2018. Disponível em: <https://silo.tips/download/o-som-o-som-e-uma-onda-mecanica-fois-necessita-de-um-meio-material-para-se-propa>. Acesso em: 4 fev. de 2021.

ONDA mecânica. **Wikipédia**, 2009. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Onda_mec%C3%A2nica. Acesso em: 14 maio de 2020.

ONDAS Sonoras. **Techtudo**. 2010. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/ondas-sonoras.html> Acesso em: 30 jan. de 2021.

REIS, G. Características das ondas mecânicas. **Física contexto e aplicações**. 2017. Disponível em: <http://fisicacontextoaplicacoes.blogspot.com/2017/08/caracteristicas-das-ondas-mecanicas.html>. Acesso em: 23 mar. de 2021.

RONAN, C.A. **História Ilustrada das Ciências**, Universidade de Cambridge: Ed. Zahar, 1987.

SILVA, D. C. M. **Refração de ondas em uma corda**. 2021. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/fisica/refracao-ondas-uma-corda.htm>. Acesso em: 10 fev. 2021. il.

SALLES, M. M. O papel da repetição na língua falada. **Portal do professor**. 2011. Disponível em: http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?%20pagina=espaco%2Fvisualizar_aula&aula=28318&secao=espaco&request_locale=es. Acesso em: 10 fev. de 2021.

SILVA, K. S. **Conforto acústico na concepção do projeto de arquitetura**. Estudo de Caso: Igrejas Evangélicas A Pioneira no Município de Macapá. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, Amapá, 2011. Disponível em: <https://www2.unifap.br/arquitetura/files/2020/07/Silva-2011-Conforto-acustico-na-concepcao-do-projeto-de-arqui.pdf>.

SOUSA, B. O que são ondas. **Beatriz Sousa 99**. 2013. Disponível em: <http://beatrizsousa99.blogspot.com/2013/03/o-que-sao-ondas-ah-espera-isso-eu-sei.html>. Acesso em: 5 fev. de 2021.

SOUZA, L. C. L.; ALMEIDA, M. G.; BRAGANÇA, L. **Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura** – São Carlos: EdUFSCar, 2006.

SOLDOVIERI, T. Ondas - parte 2: pulso, tren de ondas, frente de onda, rayo, descripción de la propagación de una onda y ecuación de onda. **Steemit**, Disponível em: <https://steemit.com/stem-espanol/@tsoldovieri/ondas-parte-2-pulso-tren-de-ondas-frente-de-onda-rayo-descripcion-de-la-propagacion-de-una-onda-y-ecuacion-de-onda>. Acesso em: 7 fev. de 2021.

SERRANO, P. Eco e Reverberação: Qual a diferença? **Portal acústica**. 2016. Disponível em: <http://portalacustica.info/eco-e-reverberacao-qual-diferenca/>. Acesso em: 26 jan. de 2021.

TORRES, P. M. Reflexão do Som: Eco e Reverberação. **Cola da web**. 2000. Disponível em: <https://www.coladaweb.com/fisica/ondas/reflexao-som-eco-reverberacao>. Acesso em: 12 fev. de 2021.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**; tradução Ermani F. F. Rosa – Porto Alegre: Artmed, 1998.