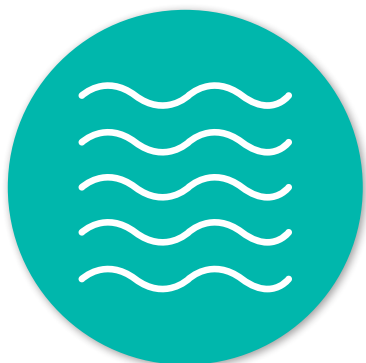


2020 - 2022



# ONDULATÓRIA





# ONDULATÓRIA

Saiba o que são ondas, como elas são classificadas, os principais fenômenos ondulatórios e veja tópicos de acústica, onde o som é o protagonista.

**Esta subárea é composta pelos módulos:**

**1. Estudo das Ondas e Equação Fundamental da Ondulatória**  
**2. Reflexão e Refração**  
**3. Difração, Ressonância e Polarização**

**4. Interferência**  
**5. Fenômenos Sonoros**  
**6. Ondas Estacionárias**  
**7. Efeito Doppler**

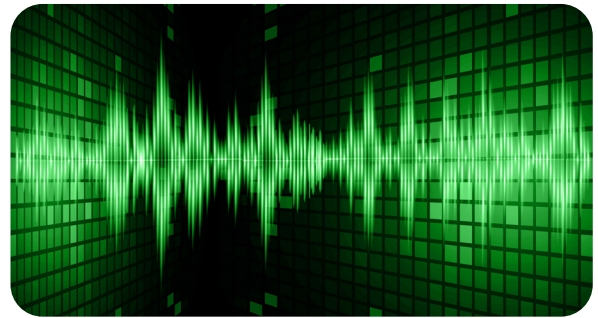


# ESTUDO DAS ONDAS E EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DA ONDULATÓRIA

## ESTUDO DAS ONDAS

Existem diversos tipos de ondas. As ondas eletromagnéticas e as ondas mecânicas são as principais protagonistas do nosso estudo.

Em Óptica, estudaremos as ondas eletromagnéticas, pois a luz é um exemplo de onda eletromagnética.

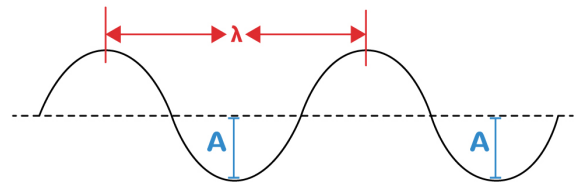


Por agora, veremos, mais detalhadamente, o que é uma onda e acrescentaremos o estudo das ondas mecânicas, como o som e os fenômenos ondulatórios.

Primeiro, vamos ver uma introdução ao estudo das ondas e as principais grandezas que serão estudadas.

## GRANDEZAS

As principais grandezas envolvidas no estudo da ondulatória são a amplitude, o comprimento de onda, a frequência, o período e a velocidade da onda.



Os pontos mais altos de uma onda são chamados de cristas e os pontos mais baixos são chamados de vales. O termo amplitude ( $A$ ) se refere à distância entre o ponto médio da vibração (linha tracejada) e a crista (ou vale) da onda. Portanto, a amplitude é igual ao máximo afastamento em relação ao equilíbrio.

O comprimento de onda ( $\lambda$ ) de uma determinada onda é a distância que vai de uma crista a outra adjacente. Ou, equivalentemente, o comprimento de onda é a distância entre quaisquer duas partes idênticas e sucessivas de uma onda. Os comprimentos de onda das ondas que você vê na praia são medidos em metros, já os das ondulações em uma poça são medidas em centímetros, enquanto que os da luz são medidos em bilionésimos de metro (nanômetros).

A taxa de repetição de uma determinada vibração é a sua frequência. A frequência de um pêndulo oscilante, ou de um objeto vibrando em uma mola, especifica o número de vibrações para lá e para cá que ele realiza em um determinado tempo (normalmente em um segundo). Uma oscilação completa para lá e para cá constitui uma vibração. Se ela ocorre durante um segundo, a frequência é de uma vibração por segundo. Se ocorrem duas vibrações a cada segundo, a frequência é de duas vibrações por segundo.



A unidade de frequência do SI é chamada de hertz (Hz), em homenagem a Heinrich Hertz, que demonstrou a existência das ondas de rádio em 1886. Uma vibração por segundo é 1 hertz; duas vibrações por segundo equivalem a 2 hertz e assim por diante.

O período ( $T$ ) de uma vibração ou de uma onda é o tempo que dura uma oscilação completa. Se a frequência ( $f$ ) de um objeto é conhecida, seu período pode ser calculado, e vice-versa:

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{ou} \quad f = \frac{1}{T}$$

## MOVIMENTO ONDULATÓRIO

Uma onda é capaz de transportar energia de um lugar a outro, mas não matéria.

O movimento ondulatório pode ser mais facilmente compreendido considerando-se primeiro uma corda distendida horizontalmente. Se uma das extremidades da corda é sacudida para cima e para baixo, uma perturbação rítmica se propaga através da corda. Cada partícula que forma a corda se movimenta para cima e para baixo, enquanto, ao mesmo tempo, a perturbação move-se ao longo da extensão da corda.

O meio, nesse caso a corda, retorna a sua condição inicial após a perturbação ter passado. O que é propagado pela corda é a perturbação, e não o próprio meio.

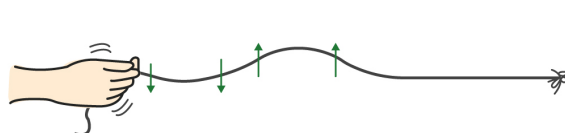
Isso acontece com as ondas mecânicas. Guarde bem esta informação: as ondas mecânicas precisam de um meio para se propagar. Por exemplo: as ondas no oceano requerem água e o som de um piano precisa do ar para se propagar.

Quanto às dimensões, as ondas podem se propagar:

- ▶ Em uma dimensão (unidimensionais): ondas em cordas;
- ▶ Em duas dimensões (bidimensionais): ondas em superfícies de líquidos;
- ▶ Em três dimensões (tridimensionais): ondas luminosas e ondas sonoras.

## ONDAS TRANSVERSAIS

Fixe a uma parede uma das extremidades de uma corda, segurando a extremidade livre na mão. Se de repente você puxar a extremidade livre da corda para cima e para baixo, produzirá um pulso que se propaga pela corda e por ela retorna.



Nesse caso, o movimento das partes da corda (indicados pelas setas apontando para cima e para baixo) forma um ângulo reto com a direção de propagação da onda. Esse movimento lateral em ângulos retos é chamado de movimento transversal.

Agora sacuda a corda para cima e para baixo, com um movimento regular e contínuo, de modo que a série de pulsos assim gerados formem uma onda. Uma vez que o movimento

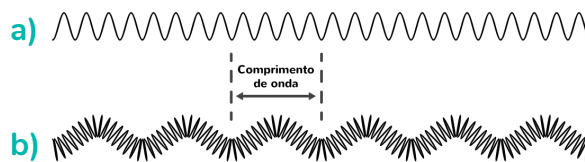


do meio (a corda, neste caso) é transversal à direção da propagação da onda, esse tipo de onda é chamado de onda transversal.

Exemplos de ondas transversais: ondas nas cordas tensionadas dos instrumentos musicais, nas superfícies dos líquidos e ondas eletromagnéticas.

## ONDAS LONGITUDINAIS

Nem todas as ondas são transversais. Às vezes, as partes que constituem o meio se movem para frente e para trás na mesma direção em que se propaga a onda. O movimento se dá ao longo da direção de propagação, e não em um ângulo reto a ela. Isso produz uma onda longitudinal.



Ambas as ondas transferem energia da esquerda para a direita. (a) Quando uma das extremidades de uma Slinky é empurrada e puxada rapidamente ao longo de seu comprimento, forma-se uma onda longitudinal. (b) Quando ela é sacudida lateralmente, forma-se uma onda transversal.

## ONDAS MISTAS

São aquelas ondas transversais e longitudinais ao mesmo tempo, formando um movimento circular. É o caso das ondas do mar.



## EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DA ONDULATÓRIA: VELOCIDADE DA ONDA

Para entender a velocidade de uma onda, fixe o olhar no ponto P na imagem ao lado. Você pode determinar quanto tempo passa entre a chegada de uma crista e a chegada da próxima (o período), e também pode observar a distância entre essas cristas (o comprimento de onda).



Sabemos que a velocidade é definida como a distância dividida pelo tempo (lá da Cinemática). No caso das ondas, a distância corresponde a um comprimento de onda e o tempo decorrido é um período, de modo que:

$$v = \lambda/T$$

