

**CEJA** >>

**CENTRO DE EDUCAÇÃO**  
de JOVENS e ADULTOS

**CIÊNCIAS DA  
NATUREZA**

e suas **TECNOLOGIAS** >>

**Física**

**Fascículo 8**

Unidades 18 e 19

Edição revisada 2016

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Governador  
**Sergio Cabral**

Vice-Governador  
**Luiz Fernando de Souza Pezão**

---

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

---

Secretário de Estado  
**Gustavo Reis Ferreira**

---

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO

---

Secretário de Estado  
**Wilson Risolia**

---

FUNDAÇÃO CECIERJ

---

Presidente  
**Carlos Eduardo Bielschowsky**

---

FUNDAÇÃO DO MATERIAL CEJA (CECIERJ)

---

Coordenação Geral de  
Design Instrucional

**Cristine Costa Barreto**

Elaboração

**Claudia Augusta de Moraes Russo**

**Ricardo Campos da Paz**

Revisão de Língua Portuguesa

**Ana Cristina Andrade dos Santos**

Coordenação de  
Design Instrucional

**Flávia Busnardo**

**Paulo Miranda**

Design Instrucional

**Aline Beatriz Alves**

Coordenação de Produção

**Fábio Rapello Alencar**

Capa

**André Guimarães de Souza**

Projeto Gráfico

**Andreia Villar**

Imagem da Capa e da Abertura das Unidades

**<http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=1381517>**

Diagramação

**Equipe Cederj**

Ilustração

**Bianca Giacomelli**

**Clara Gomes**

**Fernando Romeiro**

**Jefferson Caçador**

**Sami Souza**

Produção Gráfica

**Verônica Paranhos**

# Sumário

**Unidade 18 | Entrando nessa onda 5**

---

**Unidade 19 | Experimentando o fenômeno da difração 39**

---

# Prezado(a) Aluno(a),

Seja bem-vindo a uma nova etapa da sua formação. Estamos aqui para auxiliá-lo numa jornada rumo ao aprendizado e conhecimento.

Você está recebendo o material didático impresso para acompanhamento de seus estudos, contendo as informações necessárias para seu aprendizado e avaliação, exercício de desenvolvimento e fixação dos conteúdos.

Além dele, disponibilizamos também, na sala de disciplina do CEJA Virtual, outros materiais que podem auxiliar na sua aprendizagem.

O CEJA Virtual é o Ambiente virtual de aprendizagem (AVA) do CEJA. É um espaço disponibilizado em um site da internet onde é possível encontrar diversos tipos de materiais como vídeos, animações, textos, listas de exercício, exercícios interativos, simuladores, etc. Além disso, também existem algumas ferramentas de comunicação como chats, fóruns.

Você também pode postar as suas dúvidas nos fóruns de dúvida. Lembre-se que o fórum não é uma ferramenta síncrona, ou seja, seu professor pode não estar online no momento em que você postar seu questionamento, mas assim que possível irá retornar com uma resposta para você.

Para acessar o CEJA Virtual da sua unidade, basta digitar no seu navegador de internet o seguinte endereço:  
<http://cejarj.cecierj.edu.br/ava>

Utilize o seu número de matrícula da carteirinha do sistema de controle acadêmico para entrar no ambiente. Basta digitá-lo nos campos "nome de usuário" e "senha".

Feito isso, clique no botão "Acesso". Então, escolha a sala da disciplina que você está estudando. Atenção! Para algumas disciplinas, você precisará verificar o número do fascículo que tem em mãos e acessar a sala correspondente a ele.

Bons estudos!

# Entrando nessa onda

**Fascículo 8**  
**Unidade 18**



# Entrando nessa onda

## Para início de conversa...

Antigamente, até o século XIX, não havia o hábito de se fazer a assepsia (ou seja, cuidados de higiene) para realização de um parto. O pré-natal, ou seja, o acompanhamento da gestação de uma criança, também não ocorria. Naquela época, por exemplo, só se sabia o sexo do bebê no momento do nascimento. Da mesma forma, problemas no desenvolvimento do feto também só eram percebidos após o seu nascimento.

Estudos biológicos mostram que o tamanho da cabeça da criança é relacionado a uma característica evolutiva dos seres que andam sobre duas pernas: ela não pode ser grande demais para passar na cavidade da bacia da mulher. No entanto, uma cabeça “pequena demais” pode representar algum problema de desenvolvimento da criança.



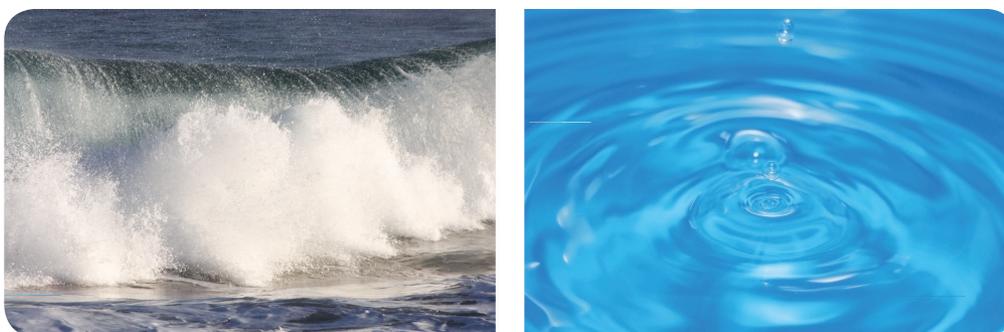
A medição do tamanho da cabeça e a descoberta do sexo da criança ainda na barriga da mãe são possibilidades modernas. Elas existem porque, nos dias de hoje, existem equipamentos que nos possibilitam ver dentro da barriga de uma gestante e avaliar o que está acontecendo. Um desses equipamentos, importantíssimo para acompanhamento pré-natal, é o ultrassom.

Você deve estar se perguntando o que esse ultrassom tem a ver com esta aula... Pois a resposta é muito simples: um aparelho de ultrassom é um aparelho que emite ondas. Você sabe o que é uma onda?

Provavelmente, você tem um conceito **intuitivo** sobre esse assunto, e é em cima dele que trabalharemos nesta aula. Por exemplo, deve vir à sua cabeça a onda do mar, ou duas crianças segurando e balançando uma corda esticada. Ou os círculos que se formam na superfície da água quando jogamos uma pedrinha em um lago calmo.

### Intuitivo

Que se conhece por intuição.



**Figura 1:** Ondas do mar e vibrações circulares na água são exemplos cotidianos de ondas que estamos acostumados a observar.

As ondas realmente estão em toda parte. Um mosquito passando perto do seu ouvido (e perturbando seu sossego) produz um som agudo. Se for uma abelha, produz um som mais grave. Veremos mais tarde que o som é um tipo de onda também. E a luz, que já estudamos um pouco nas duas aulas passadas, são também ondas, de um tipo diferente das do som.

As propriedades básicas das ondas são conceitos muito importantes na Física e no nosso dia a dia, da música ao acompanhamento do nascimento dos bebês. Por esse motivo, você aprenderá sobre isso nesta aula.

## Objetivos de Aprendizagem

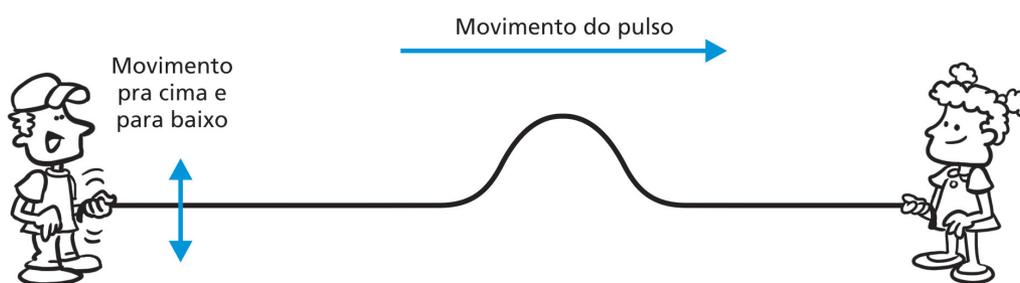
- Conceituar onda e seus diferentes tipos.
- Identificar as propriedades básicas de uma onda.
- Calcular a frequência de uma onda.
- Calcular o comprimento de onda.
- Aplicar o conceito de intensidade da onda.



# Seção 1

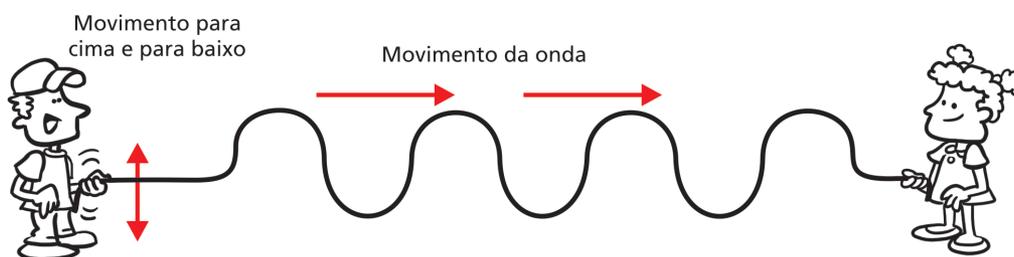
## O que é uma onda

Vamos começar discutindo uma onda numa corda. Imagine duas crianças brincando com uma corda esticada. Vamos supor que a criança da direita segure a corda sem se mexer. A corda, inicialmente, está parada. Se a criança da esquerda subir e descer a mão rapidamente, voltando a mão para o mesmo lugar, então um pulso vai se propagar na corda. Imagine como isso acontece. A corda como um todo continua parada. Mas cada pedacinho da corda sobe e depois desce. E o pulso vai se propagando para a direita. Ao final, a criança da direita sente um puxão na mão dela. Veja Figura 2.



**Figura 2:** Um pulso se movimenta da esquerda para a direita na corda esticada, resultado de um movimento brusco para cima e para baixo na ponta da corda do lado direito.

Agora, vamos imaginar que a criança da esquerda balança a extremidade da corda, para cima e para baixo, de forma rápida, contínua e ritmada. Um pulso depois do outro vai se propagando para a esquerda. Veja Figura 3.



**Figura 3:** Uma corda esticada cuja extremidade esquerda é balançada, para cima e para baixo, de forma ritmada. Uma onda (uma sucessão de pulsos) se movimenta para a direita.

É importante perceber que a corda, ela mesma, não está se movendo para a direita, pois as duas crianças estão paradas. Mas a onda na corda, essa sucessão de pulsos para a esquerda na figura, se move. Vamos ver mais tarde que algo que se movimenta possui energia cinética, energia de movimento. O movimento da mão da criança possui energia cinética e a transmite para a corda. Essa energia cinética se propaga na corda, a criança na outra ponta sente o mo-

vimento da corda na sua mão. Ou seja, a energia está se movendo, mas a corda como um todo está parada. A energia poderia ser transmitida, da mão da criança da esquerda para a mão da criança da direita, quando a primeira jogasse uma bola para a segunda. A energia é transmitida porque a matéria (no caso, a bola) movimentou-se de uma mão para a outra. Mas, no caso da corda, é diferente. A matéria (a corda) está parada, a energia flui nela em forma de onda.

Podemos sintetizar, então, o conceito de onda da seguinte forma:

*Onda é o transporte de energia de um ponto a outro do espaço sem que haja transporte de matéria.*

## Seção 2

### Tipos de ondas

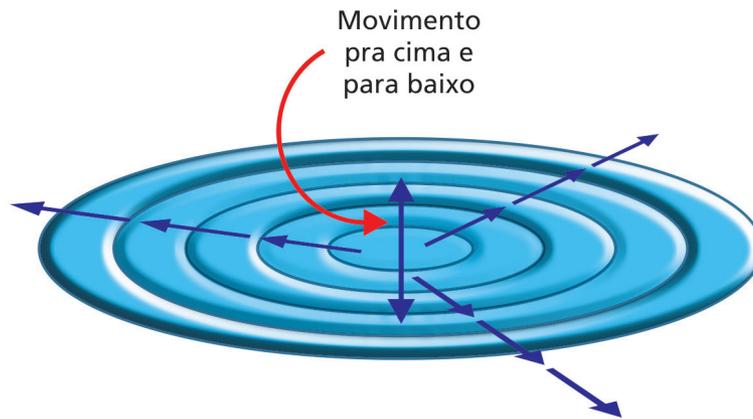
A onda que utilizamos como exemplo na seção passada é uma onda mecânica, ou seja, que necessita de um meio para se propagar. O meio no exemplo anterior foi a corda. As ondas na superfície de um lago, por exemplo, têm como meio a água.

Pode parecer estranho, mas existe um tipo de onda, que estudaremos mais tarde, chamada **onda eletromagnética**, que pode se **propagar** no vácuo (vazio), não precisa de um meio para se propagar. Essas ondas têm a ver com os fenômenos ligados à eletricidade e ao magnetismo. Mas, nesta aula, só estudaremos ondas mecânicas.

#### Propagar

Difundir, divulgar, multiplicar, espalhar.

Mencionamos, no início, que uma pedra lançada no lago cria um pulso que se propaga como um círculo a partir do ponto aonde ela entra na água. Mas para que haja uma onda (ou seja, muitos pulsos um atrás do outro) podemos imaginar que, ao invés da pedra, uma pessoa num barquinho permanece batendo, de leve com a pontinha de uma vareta no mesmo ponto da água, conforme ilustrado na Figura 4.

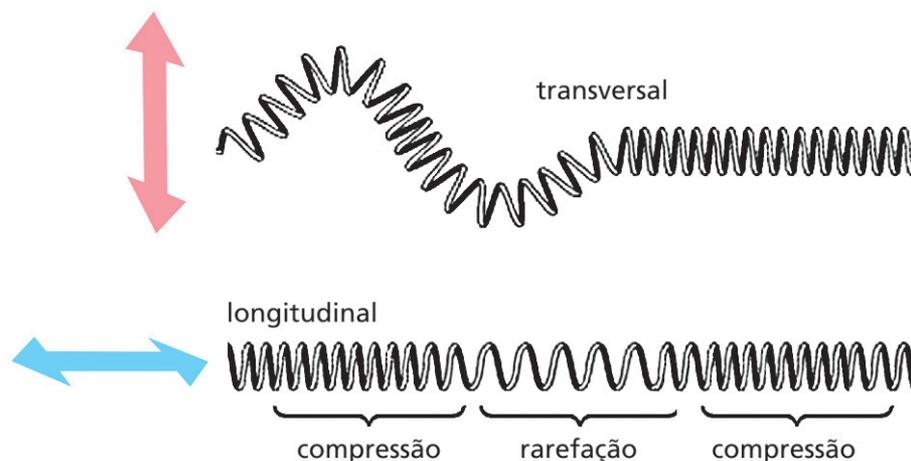


**Figura 4:** Ondas se propagando num lago bem calmo a partir de um ponto onde alguém balança a pontinha de uma vareta para baixo e para cima.

Quando comparamos as ondas que se propagam na superfície da água do lago e as ondas que se propagam na corda, temos algumas diferenças. Uma delas, claro, é o meio, o primeiro é a água e o segundo é a corda. Mas outra diferença é que o pulso na corda se movimenta em uma dimensão (a velocidade do pulso tem uma direção que é a mesma da corda). Veja a Figura 3.

Por outro lado, as ondas que se movimentam na superfície do lago se movimentam em duas dimensões, ou seja, numa superfície plana. Veja a Figura 4. Aqui, a velocidade da onda não tem uma única direção. A partir da origem da onda todas as direções são permitidas. Mas se você imaginar uma direção apenas no lago, ou seja, uma reta saindo do ponto onde a onda está sendo produzida, o movimento da onda, nessa reta, seria muito parecido com o movimento da onda numa corda!

Os dois exemplos que mencionamos são ondas mecânicas transversais. Chamamos ondas transversais as ondas cujo meio (seja a corda ou a superfície do lago) se move para cima e para baixo, porém a onda mesmo anda horizontalmente, em cima da corda ou sobre a superfície do lago. Mas há outros tipos de ondas mecânicas. Veja a Figura 5.



**Figura 5:** Duas molas compridas nas quais se produzem dois tipos de ondas. Na figura de cima, temos uma ilustração de ondas transversais e, na figura de baixo, ondas longitudinais.

Na parte de cima da Figura 5, ilustramos uma onda transversal produzida numa longa mola. O comportamento da onda é o mesmo que já discutimos nos exemplos da corda e no exemplo do lago. A mola fica parada e a onda se propaga para a direita. Cada pedaço da mola sobe e desce no lugar e a onda vai se propagando para a direita.

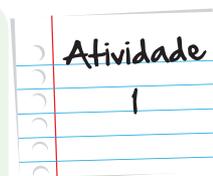
Na parte de baixo da figura, ilustramos um novo tipo de onda, a onda longitudinal. Esse tipo não pode ser produzido numa corda. Imagine agora alguém puxando e empurrando a extremidade esquerda da mola. Agora, ao invés de termos **cristas** e **vales**, temos zonas de compressão (onde a mola está mais comprimida) e zonas de rarefação (onde a mola está mais relaxada), como ilustrado na figura. Observe que um pedacinho da mola vai para frente e para trás, mas a mola como um todo não sai do lugar. Ou seja, aqui o meio (a mola) e a onda se movem na mesma direção, ao longo da mola, e por isso chamamos a esse tipo, onda longitudinal.

### Crista

É o nome da parte da onda que faz uma curva para cima e o vale é a parte da onda que faz uma curva para baixo, entre duas cristas.

## Uma nova onda

Na mola comprida, mencionada anteriormente, estudamos dois tipos de onda. Um que se obtinha balançando uma das extremidades da mola para cima e para baixo (transversal) e o outro, empurrando e puxando a ponta da mola (longitudinal). Imagine que tipo de onda você obterá se torcesse levemente a ponta da mola para um lado e para o outro, repetidamente. Faça um esquema de como essa onda se comportaria.



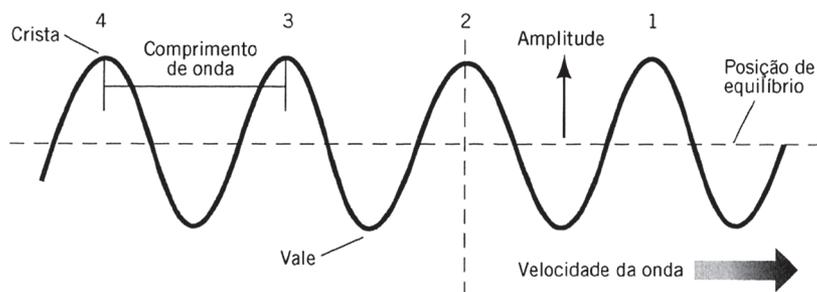
Anote suas respostas em seu caderno

## Seção 3

### Propriedades fundamentais das ondas

Vamos redesenhar a Figura 3, agora com mais detalhes, na Figura 6. Queremos obter as propriedades fundamentais das ondas. Antes da extremidade da esquerda da corda ser balançada, vamos supor que a corda se encontre parada. Essa posição é denominada posição de equilíbrio. A extremidade esquerda é balançada para cima e para baixo. Temos, então, de novo a onda, que é composta de vários pulsos, todos eles se movimentando para a direita, um depois do outro.

Cada pulso tem uma parte alta, que chamamos crista e outra baixa que chamamos vale (veja Figura 6). A distância entre duas cristas sucessivas é chamada comprimento de onda.



**Figura 6:** Onda se propagando para a direita, na qual são indicadas algumas características fundamentais. Temos a posição de equilíbrio, as cristas, os vales, o comprimento de onda e a amplitude.

O comprimento de onda também é a distância entre dois vales sucessivos. A amplitude mede o tamanho do pulso (da posição de equilíbrio da corda até o ponto mais alto da crista). O comprimento de onda costuma ser representado pela letra grega lambda ( $\lambda$ ) e é um número que tem unidade de comprimento. Assim, uma onda pode ter  $\lambda = 2 \text{ cm}$ .

Na Figura 6, temos quatro pulsos numerados. Imagine que uma terceira criança fique próximo a um ponto qualquer da corda, marcado pela linha horizontal na figura. Ela vê passar a crista do pulso 1 por aquele ponto e marca, em um cronômetro, quanto tempo leva até a crista do ponto 2 passar também. O tempo entre duas cristas sucessivas é denominado período da onda e costuma ser representado pela letra ***T***. O tempo, como já vimos anteriormente, se mede em segundos. Assim, se o tempo entre duas cristas sucessivas é de um quarto de segundo, escreve-se  $T = 1/4 \text{ s} = 0,25 \text{ s}$ .

Outro conceito importante é o conceito de frequência. Vamos supor que a terceira criança, ao invés de marcar o tempo que as duas cristas levam para passar por um determinado ponto da corda, conta quantas cristas passam por segundo. A frequência da onda é exatamente isso: o número de cristas que passam num determinado ponto por segundo. Ela, normalmente, é representada pela letra ***f***. A unidade de frequência é *hertz* (cujo símbolo é Hz). Na realidade, o *hertz* é simplesmente  $1/\text{s}$ , ou seja, o inverso do segundo, também escrito como  $\text{s}^{-1}$ . Assim, se quatro cristas passam num ponto da corda por segundo, dizemos que a frequência é de 4 Hz ou  $4 \text{ s}^{-1}$ . A frequência é, portanto, o inverso do período:  $f = 1/T$ .

## O que é velocidade

Velocidade é um conceito intuitivo. Aqui, vamos nos limitar a movimentos em uma dimensão e em linha reta. Imagine um carro que se movimenta numa estrada reta e ande 10 m em 1 s. Assim,  $v=10$  m/s. Definimos velocidade = distância/tempo (distância sobre tempo), que escrevemos de forma abreviada  $v = d/t$ . O que queremos dizer com isso é que, a cada segundo, o carro percorre 10 m. Se marcarmos 5 segundos no nosso relógio, como a cada segundo o carro percorre 10 m, o carro percorreu  $5 \times 10 = 50$  m. Isso pode ser compreendido a partir da definição de velocidade. Da definição acima:

$$v = d/t$$

podemos escrever  $d = v \times t$ , ou seja, distância = velocidade x tempo.

Saiba Mais

Existe uma relação importante entre as grandezas fundamentais de uma onda. Pode-se mostrar que a velocidade de uma onda é igual ao comprimento de onda vezes a frequência. Em termos dos símbolos definidos acima:

$$v = \lambda \times f$$

Essa relação vale para qualquer onda. Observe que a unidade de velocidade é m/s (o comprimento de onda é dado por m e a frequência é 1/s, que, quando multiplicados, fornecem m/s). Ou seja, é simplesmente a definição de velocidade reescrita de uma forma adequada para a onda.

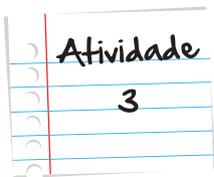
## Vibrando na mesma frequência

Se dobrarmos a frequência de vibração de uma onda numa corda esticada, o que acontece com seu período? O que acontece com seu comprimento de onda?

Anote suas respostas em seu caderno

Atividade

2



### Na frequência certa

A corrente elétrica na rede de distribuição de energia do Brasil oscila 60 vezes por segundo. Qual sua frequência e o período?

Anote suas respostas em seu caderno



### Viajando na velocidade da luz

A velocidade da luz no vácuo é dada por  $c = 3 \times 10^8$  m/s. Um onda de luz visível amarela tem comprimento de onda de 580 nanômetros. Qual a frequência desta onda?

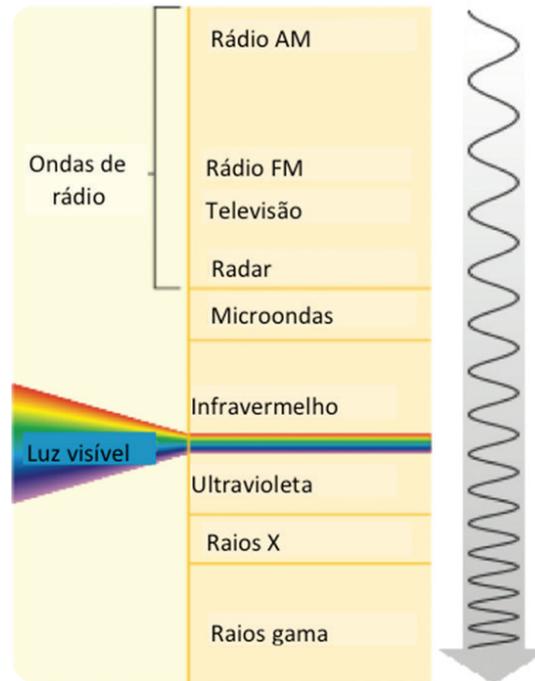
Observação: Um nanômetro equivale a  $1 \times 10^{-9}$  metros.

Anote suas respostas em seu caderno

## A luz é uma onda

O que é a luz? A luz é uma onda denominada onda eletromagnética. Ela sempre se move com a mesma velocidade  $c = 3 \times 10^8$  m/s no vácuo (vazio). A luz é uma onda transversal, mas diferentemente das ondas sonoras, ela não necessita de um meio para se propagar. Por isso, a luz do Sol consegue chegar à Terra, propagando-se no espaço vazio. As ondas de luz são classificadas em tipos que dependem do comprimento de onda  $\lambda$  da onda. Se a velocidade da luz é  $c = \lambda f$  e  $c$  é fixa (para um dado meio), quanto menor a frequência, maior o comprimento de onda. Ao conjunto de todos os tipos de ondas eletromagnéticas dá-se o nome de **espectro eletromagnético**, ilustrado na figura ao lado. Da mesma forma que o ouvido humano usualmente só consegue captar sons entre 20 e 20000 Hz, o olho humano

só consegue captar uma faixa limitada de ondas eletromagnéticas, a região do visível, que fica entre o infravermelho e o ultravioleta. Num dos extremos do espectro, temos as ondas de rádio, que podem ter comprimento de onda da ordem de quilômetros. As microondas que aquecem a comida no forno da sua casa tem comprimento de onda da ordem de centímetros. O comprimento da luz visível amarela é de cerca de 580 nanômetros, ou seja,  $5,8 \times 10^{-7}$  m. Os raios X têm comprimento de onda da ordem de 10 nanômetros e elas podem atravessar certos tipo de materiais, por isso são muito úteis para se obter imagens de ossos e de órgãos internos. Finalmente, no outro extremo do espectro, os raios gama são produzidos em processos relacionados à física nuclear e são as ondas mais energéticas do espectro.



Saiba Mais

## Seção 4

# O som: um exemplo de ondas longitudinais

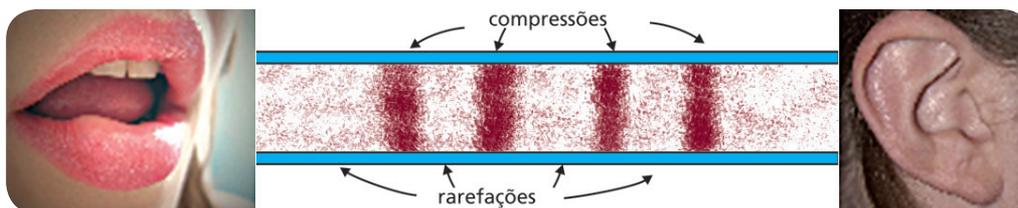
Quando cantamos (ou falamos), nossas cordas vocais vibram rapidamente e produzem regiões mais comprimidas e regiões mais **rarefeitas** que se propagam com uma onda. No nosso ouvido, temos um detector dessas ondas, que é uma membrana chamada tímpano. O funcionamento do ouvido é complicado e não vamos apresentar detalhes aqui. Mas a ideia básica é que as vibrações do tímpano são transmitidos ao cérebro que reconhece o som.

### Rarefeito

Espalhado, esparso, pouco denso.

Imagine que você cante uma música com a boca encostada num tubo e seu amigo encoste o ouvido no outro lado do tubo. Como ilustrado (de forma simplificada na Figura 7, o som consiste de ondas longitudinais com zonas de compressão e zonas de rarefações. O som, na realidade, é uma onda mais complicada porque não consiste apenas de um comprimento de onda, como no caso do exemplo simples da corda que discutimos. Na realidade, ele consiste da soma de várias ondas, algumas com comprimento pequeno de onda e outras com comprimento maior de onda.

Se você ficar perto das caixas de som num show de música e colocar a mão numa delas, vai sentir vibrações. Se conseguir colocar a mão no cone de uma das caixas, vai perceber que ela vibra de acordo com a música que está tocando. Ao vibrar, ela “empurra” as moléculas de ar que se movem levemente para frente e para trás, causando as zonas de compressão e rarefação. O ar que foi empurrado pelo cone, por sua vez, empurra as moléculas vizinhas, que repetem esse padrão mais à frente e assim por diante. Assim, um padrão ritmado de ar rarefeito e comprimido enche uma sala de ondas sonoras e podemos ouvir um show ou um concerto.



**Figura 7:** O som sendo transmitido através de um tubo contendo ar. A onda sonora consiste de regiões de compressão e rarefação do ar que se propagam da boca até o ouvido.

## Seção 5

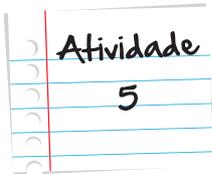
# Reflexão e velocidade do som

Algumas vezes estamos longe de um prédio ou de um paredão numa montanha, num dia sem vento, e percebemos que um grito produz um eco bem claro. Chamamos eco ao som refletido. Pelo tempo que o som leva para ir e voltar, podemos medir a velocidade do som, se soubermos a distância até o paredão. Numa temperatura ambiente usual a velocidade do som é de cerca de 340 m/s. A luz anda com muito mais velocidade do que o som. Por isso, ouvimos um trovão bem depois que vemos o relâmpago, durante uma tempestade.



**Figura 8:** A diferença entre as velocidades da luz e do som (a primeira mais rápida que a segunda) é a explicação do porquê de, primeiro, vemos a luz do relâmpago e, só depois de alguns segundos, ouvirmos o barulho dele.

O som se reflete em uma superfície lisa de forma semelhante à luz, como foi visto na *segunda unidade*, ou seja, o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão. Assim, se você estiver ouvindo música numa sala, o som que sai da caixa se reflete nas paredes e no teto da sala e, dependendo de como essa reflexão acontece, o som pode sofrer alterações.



### Ouvindo ecos na montanha

Você está em frente a um paredão numa montanha. Você dá um grito e ouve o eco do grito, 6 segundos mais tarde. Qual a máxima distância  $D$  atingida pelo som?

Anote suas respostas em seu caderno



### No mundo da Lua

Sabemos que a Lua não possui atmosfera. Conseqüentemente, não tem ar. Assim, a Lua é um lugar muito silencioso. Se um astronauta levar uma sineta e agitá-la na Lua (ou em qualquer outro lugar sem atmosfera), ninguém a ouvirá, nem mesmo ele!

Você já percebeu algum “furo” em filmes de ficção científica relacionado a isso?

Muitos filmes erram nesse aspecto. Isso não os diminui como obras de arte, mas a ciência neles poderia ser melhor apresentada. Tente descobrir esse furo nos seguintes filmes: Contato (1997), Cowboys do Espaço (2000), Armageddon (1998), Guerra nas Estrelas (1997 a 2005), Alien (1979), Solaris (1972), The Black Hole (1979) e muitos outros!!



## Seção 6

# Propriedades do som

O tom de um som relaciona-se à frequência. Vibrações rápidas (como as da asa de um mosquito) produzem um som agudo, enquanto vibrações lentas (como o bater de asas de um pombo) produzem um som mais grave. A audição humana é sensível a sons com frequências entre  $f = 20$  Hz e  $f = 20.000$  Hz. Como a velocidade do som no ar é praticamente constante para essas frequências, podemos ver que, na relação  $v = \lambda \times f$ , quanto maior a frequência menor o comprimento de onda ( $\lambda$ ) e vice-versa.

Outra propriedade fundamental é a intensidade que quantifica quanto de energia a onda sonora possui. A intensidade é medida em uma unidade chamada decibel (dB). Por convenção, o menor som que se consegue ouvir, possui 0 dB, que corresponde ao limite da audição humana. No outro extremo, um avião a jato, decolando pertinho de você, pode produzir um som de intensidade 150 dB. Mas essas unidades têm uma particularidade. Um som de 10 dB é dez vezes maior do que o limite da audição. Um som de 20 dB é 100 vezes maior, um som com intensidade de 30 dB é 1000 vezes maior e por aí vai. Esse é um exemplo de uma escala logarítmica, ou seja, cada aumento de 10 dB representa um fator multiplicativo de 10 na intensidade. Veja a Tabela 1 com alguns valores representativos das intensidades.

Tabela 1 - Intensidades sonoras

Jato decolando perto	150 dB
Limiar da dor	120 dB
Concerto de rock	110 dB
Liquidificador	90 dB
Rua movimentada	70 dB
Conversa normal	60 dB
Conversa sussurrada	30 dB
Folhas numa brisa leve	10 dB
Limiar da audição humana	0 dB



### Concerto de Rock

Em alguns concertos, a intensidade do som chega a 110 dB. Quantas vezes mais energia sonora chega ao seu ouvido no concerto, comparado ao som de uma conversa normal?

Anote suas respostas em seu caderno

## Seção 7

### O efeito Doppler

Já vimos que, quanto menor o comprimento de onda, maior a frequência e mais agudo o som, e, portanto, quanto maior for o comprimento de onda, menor a frequência e mais grave será o som. Provavelmente você já observou uma ambulância ou um carro de polícia com uma sirene ligada passando por você. Quando a sirene se aproxima parece emitir um som mais agudo e, quando ela se afasta, parece emitir um som mais grave. Isso é muito comum também nas transmissões de corridas de automóveis pela TV, ouvimos aquele som a princípio agudo e que depois se torna grave.

Se a ambulância estiver parada, sabemos que o som se propaga em todas as direções como ondas circulares entre a sirene e você. O comprimento de onda é constante e o som parece ser sempre o mesmo. Na realidade, o som no espaço se propaga em todas as direções e a onda resultante seria uma onda esférica centrada na ambulância. Mas, para o nosso argumento basta pensar nas ondas se propagando no plano entre a sirene e o seu ouvido.



Quando a ambulância se aproxima de você, a onda sonora parece estar “achatada”, ou seja, o comprimento de onda se torna menor. Isso acontece porque o emissor do som, a ambulância, também está andando para você e a distância entre dois máximos de compressão se torna menor. Como o comprimento de onda é efetivamente menor, a frequência se torna maior e você ouve um som agudo.

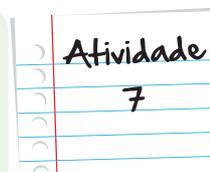
Uma pessoa que estivesse parada num ponto atrás da ambulância ouviria, ao mesmo tempo, um som mais grave, pois para ela, as ondas sonoras parecem estar “esticadas”, o comprimento de onda é maior e a frequência se torna menor. Essa pessoa ouve um som grave.

### Músico num automóvel

Um músico toca um trompete num conversível que se aproxima de você.

O som lhe parecerá mais agudo ou grave? A frequência do som lhe parece maior ou menor? E o comprimento de onda? E a velocidade do som?

Anote suas respostas em seu caderno



Importante

### Exame de ultrassom

Os médicos usam uma onda sonora de alta frequência para exames com o objetivo de “fotografar” o interior do corpo humano. Os sons, cujas frequências estão acima do limite percebido pela audição humana (cerca de 20kHz), são denominados ultrassom. Essa técnica, diferentemente de exames de Raios X, não causa efeitos colaterais.

O exame mais comum é o de ultrassom pré-natal para acompanhar as condições de desenvolvimento do feto. Usualmente se utilizam ondas sonoras de frequência muito alta, de 5 a 10 MHz. O ultrassom também é utilizado na obtenção de imagens de órgãos como os rins, o fígado, o coração e os vasos sanguíneos.

O princípio físico utilizado no exame é similar à forma de localização por eco, utilizada pelos morcegos. Um aparelho localizado fora do corpo do paciente envia pulsos ultrassônicos à região que vai ser examinada. Esses pulsos são refletidos nas divisões entre os diferentes tecidos e órgãos humanos. Os pulsos que retornam são detectados por um outro sensor e processados por um computador para formar a imagem.

Outra utilização na medicina do ultrassom se dá no tratamento das “pedras nos rins” ou cálculos renais. Algumas pessoas produzem esses cálculos renais que, se forem pequenos, são expelidos naturalmente pela urina. Mas os cálculos maiores, em alguns casos, podem ser eliminados com o uso do ultrassom. Esse procedimento, não invasivo, é denominado litotripsia. Ondas ultrassônicas são focalizadas na pedra que se parte em vários pedaços pequenos e podem ser eliminadas pela urina.



Você agora se convenceu que ondas, visíveis e invisíveis, estão em toda parte. O conceito de onda é central no estudo da Física. Ondas mecânicas aparecem na superfície dos lagos, ondas propagando-se no ar transmitem música e as ondas eletromagnéticas fazem sua TV e seu celular funcionarem. Você está cercado de ondas!

## Resumo

- Neste módulo, você viu que uma onda é o transporte de energia de um ponto a outro do espaço sem que haja transporte de matéria.
- As ondas mecânicas necessitam de um meio para se propagar, como o som e as ondas do mar.
- As ondas eletromagnéticas são capazes de se propagar no vácuo, como a luz e as ondas de rádio e TV.

- Ondas transversais apresentam vales e cristas, ondas longitudinais apresentam zonas de compressão e zonas de rarefação.
- O comprimento de onda ( $\lambda$ ) é a medida entre duas cristas, ou dois vales de uma onda e a amplitude são a distância entre uma crista e o ponto médio (vertical) da onda, ou seja, a metade de altura entre um vale e uma crista.
- A frequência da onda é o número de cristas que passam num determinado ponto por segundo. Ela é medida em *hertz*.
- O período da onda é o tempo medido entre duas cristas sucessivas, representado pela letra *T*.
- A intensidade quantifica quanto de energia a onda sonora possui. Ela é medida em uma unidade chamada decibel (dB).

Veja Ainda

## Demonstrando a reflexão do som

Neste experimento, vamos demonstrar que o som apresenta uma das propriedades básicas de onda, que foi discutida no Módulo 2: a reflexão.

São necessários duas pessoas para este experimento.

Consiga dois tubos de, aproximadamente, meio metro. Aponte um dos tubos para uma mesa e fale baixinho alguma coisa. Ao mesmo tempo, seu companheiro encosta o outro tubo no ouvido e o aponta também para o mesmo ponto da mesa. Ele vai ouvir o que você disser, mesmo se você falar bem baixinho.

## Referências

- Física Conceitual, Paul G. Hewitt, Bookman, Porto Alegre, 2000.
- Understanding Physics, David Cassidy, Gerald Holton, James Rutherford, Springer, 2002.
- Scientific American Como Funciona, editores: Michael Wright e Mukul Patel, Editora e Gráfica Visor, 2000.

## Imagens



• <http://www.sxc.hu/photo/1358374>.



• <http://www.sxc.hu/photo/565754>.



• <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=1381517>.



• <http://www.sxc.hu/photo/1339909>.



• <http://www.sxc.hu/photo/1220145>.



• <http://www.sxc.hu/photo/1286448>.



• <http://www.sxc.hu/photo/1380855>.

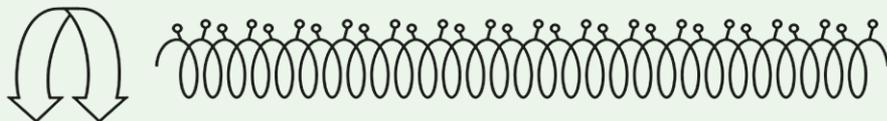


• <http://www.sxc.hu/photo/676878>.

Respostas  
das  
Atividades

### Atividade 1

Você obteria uma onda "torsional", ou seja, uma onda longitudinal onde cada seção da mola oscilaria para a esquerda e para a direita, como na figura:



### Atividade 2

Cai à metade; Cai à metade.

### Atividade 3

$$f = 60 \text{ Hz}; T = 1/60 = 0.0167 \text{ s.}$$

### Atividade 4

Como  $c = \lambda f$  (usualmente se chama a velocidade da luz de  $c$ ),  $f = c/\lambda = 3 \times 10^8 / 5.8 \times 10^{-7} = 5.2 \times 10^{14} \text{ Hz}$ .

### Atividade 5

O som sai da sua boca, é refletido no paredão e volta. Assim, ele percorre duas vezes a distância até o paredão, uma vez indo e outra vez voltando. Já vimos que distância (m) = velocidade (m/s) x tempo (s). Portanto:

$$2D = 340 \text{ m/s} \times 6 \text{ s} = 2040 \text{ m}$$

e portanto  $2D = 2040 \text{ m}$ , ou seja,  $D = 1020 \text{ m}$ .

### Atividade 6

Na escala de decibéis, cada aumento de 10 na realidade significa um fator 10 na intensidade. Assim,  $10^5$  vezes ( $110\text{dB} - 60\text{dB} = 50\text{dB}$ ; logo, há um aumento de 100.000 vezes).

### Atividade 7

Mais agudo. A frequência será maior. O comprimento de onda menor. A velocidade do som deve ser a mesma, supondo que não haja vento forte (pois as ondas sonoras se movem no ar).







**Gabarito:** Letra E.

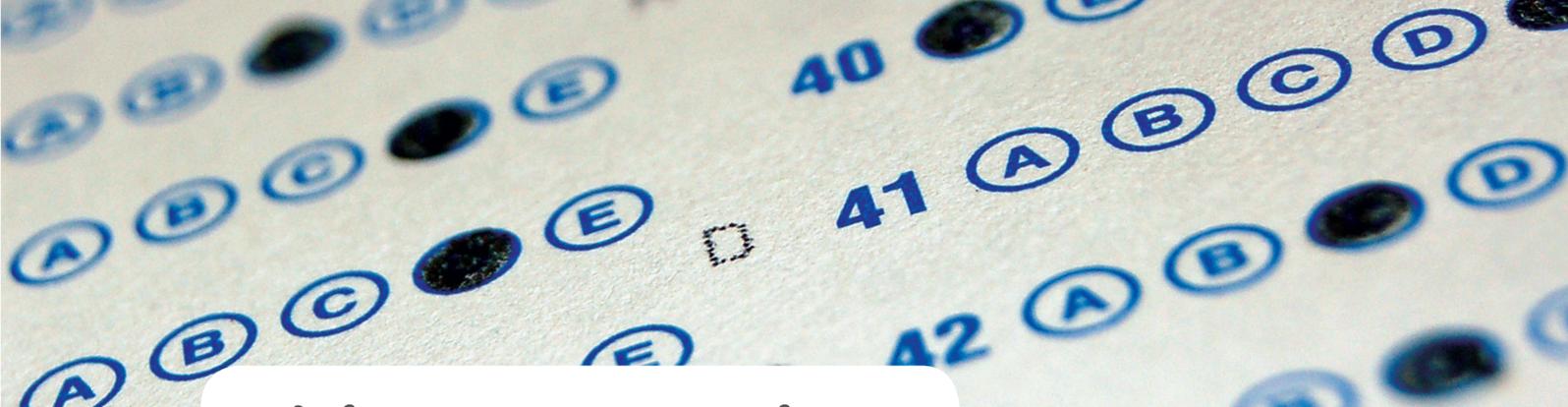
**Comentário:**

A melhor discriminação dos alvos mostrados vai ocorrer quando os valores de refletância forem os mais distintos possíveis, isto é, as curvas forem mais separadas. Isto ocorre na faixa de comprimento de onda entre  $0,8 \mu\text{m}$  e  $0,9 \mu\text{m}$ .

Observe que, nesta faixa, a refletância de água é nula, o que significa uma região escura do espectro.







# Atividade extra

## Entrando nessa onda

### **Exercício 1 – Adaptado de UERGS – 2000**

Uma pedra jogada em uma piscina gera uma onda na superfície da água.

Essa onda e a onda sonora são classificadas, respectivamente, como:

- a. transversal e longitudinal.
- b. longitudinal e transversal.
- c. magnética e eletromagnética.
- d. eletromagnética e magnética.

### **Exercício 2 – Adaptado de UFPB – 2002**

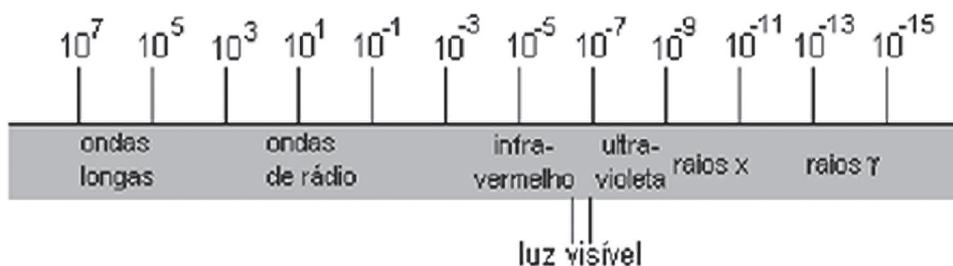
Um pescador verifica que, num certo dia, as ondas se propagam na superfície do mar com velocidade de  $1,2\text{ m/s}$  e, ao passarem por seu barco, que se encontra parado, fazem com que o barco oscile com período de  $8\text{ s}$ .

Com base nesses dados, conclui-se que o comprimento de onda dessas ondas, em metros, é

- a. 9,6.
- b. 9,2.
- c. 8,0.
- d. 6,8.

### Exercício 3 – Adaptado de UFMG-1997

O diagrama apresenta o espectro eletromagnético com as identificações de diferentes regiões em função dos respectivos intervalos de comprimento de onda no vácuo.



Podemos dizer que, no vácuo,

- a. os raios X têm menor frequência que as ondas longas.
- b. todas as radiações eletromagnéticas têm a mesma frequência.
- c. os raios  $\gamma$  se propagam com maiores velocidades que as ondas de rádio.
- d. todas essas radiações eletromagnéticas têm a mesma velocidade de propagação.

### Exercício 4 – Adaptado de UFMG- 990

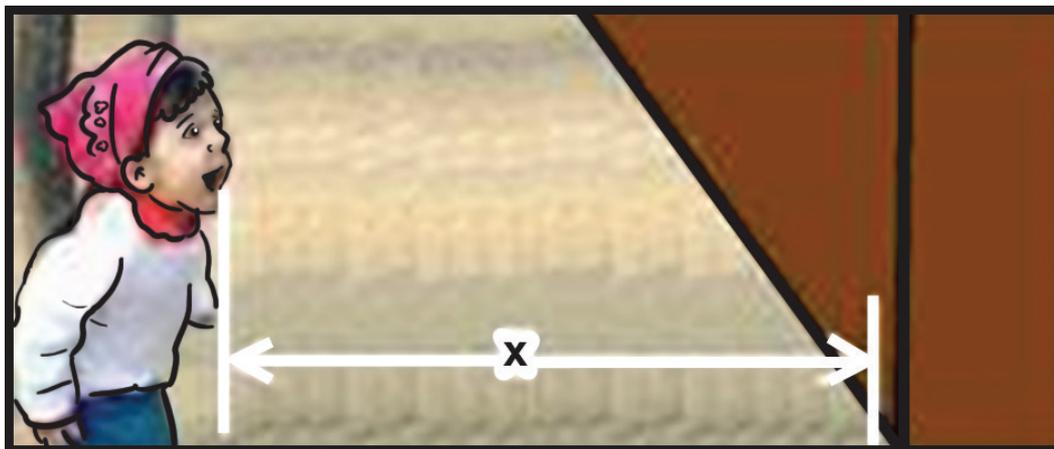
Uma pessoa toca, no piano, uma tecla correspondente à nota **mi** e, em seguida, a que corresponde à nota **sol**.

Serão ouvidos dois sons diferentes, porque as ondas sonoras correspondentes a essas notas têm diferentes

- a. intensidades.
- b. velocidades.
- c. frequências.
- d. amplitudes.

## Exercício 5 – Adaptado de UNICAMP

O menor intervalo de tempo entre dois sons percebidos pelo ouvido humano é de 0,10 s. Considere uma pessoa defronte a uma parede num local onde a velocidade do som é 340 m/s.



Determine:

- a distância  $X$  para a qual o eco é ouvido 3,0 s após a emissão da voz.
- a menor distância para que a pessoa possa distinguir sua voz e o eco.

# Gabarito

## Exercício 1 - Adaptado de UERGS - 2000

**A**   **B**   **C**   **D**  
        

## Exercício 2 - Adaptado de UFPB - 2002

**A**   **B**   **C**   **D**  
        

## Exercício 3 - Adaptado de UFMG-1997

**A**   **B**   **C**   **D**  
        

## Exercício 4 - Adaptado de UFMG- 990

**A**   **B**   **C**   **D**  
        

## Exercício 5 - Adaptado de UNICAMP

a.  $V = \Delta S / \Delta t$

$$340 = \Delta S / 3$$

$$\Delta S = 1020 \text{ m (ida e volta)}$$

$$\Delta S = 510 \text{ m}$$

b.  $340 = \Delta S / 0,10$

$$\Delta S = 34 \text{ m (ida e volta)}$$

$$\Delta S = 17 \text{ m}$$