



Físico-Química 8

Componentes do projeto:

Manual do aluno
Caderno de atividades
Livromédia

DE ACORDO COM AS NOVAS
M E T A S
CURRICULARES



Físico-Química 8



Conforme o novo
Acordo Ortográfico
da língua portuguesa



17,44 € IVA incluído

Projeto **Desafios**



SANTILLANA Projeto **Desafios**



Físico-Química

Isabel Pires e Sandra Ribeiro

Consultores científicos: Adriano Sampaio e Sousa, Maria Filomena Camões,
Maria Manuela Rocha e Vladimir V. Konotop



Projeto **Desafios**



Físico-Química

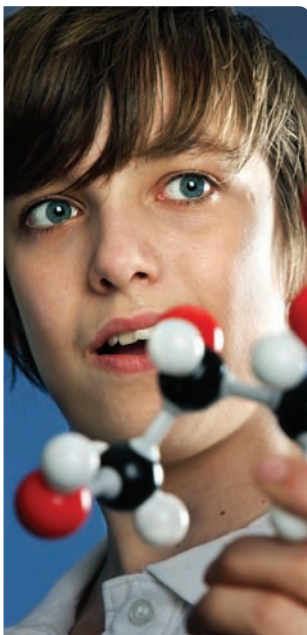
8^o ano

Conhece o teu manual p. 4

BLOCO 1 REAÇÕES QUÍMICAS p. 6

Unidade

1



EXPLICAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE REAÇÕES QUÍMICAS

	p. 6
1.1 Unidades estruturais	p. 8
1.2 Teoria corpuscular da matéria	p. 12
1.3 Pressão de um gás	p. 17
1.4 Símbolos químicos	p. 20
1.5 Fórmulas químicas	p. 24
1.6 Iões e substâncias iónicas	p. 28
1.7 Lei de Lavoisier	p. 32
1.8 Equações químicas	p. 35
ATIVIDADES DE REVISÃO	P. 38

Unidade

2



TIPOS DE REAÇÕES QUÍMICAS

	p. 44
2.1 Reações de combustão	p. 46
2.2 Consequências das combustões e minimização dos seus efeitos	p. 50
2.3 Carácter ácido-base das soluções e indicadores	p. 52
2.4 pH	p. 55
2.5 Reações ácido-base	p. 59
2.6 Reações de precipitação	p. 62
2.7 Dureza da água	p. 65
ATIVIDADES DE REVISÃO	p. 68

Unidade

3



VELOCIDADE DAS REAÇÕES QUÍMICAS

	p. 72
3.1 Velocidade das reações químicas	p. 74
3.2 Fatores que influenciam a velocidade das reações químicas	p. 77
ATIVIDADES DE REVISÃO	P. 86

ATIVIDADES DE INTEGRAÇÃO p. 88

BLOCO 2 SOM

p. 92

Unidade**4****PRODUÇÃO E PROPAGAÇÃO DO SOM**

p. 92

- 4.1** Fonte sonora p. 94
- 4.2** Propagação do som no ar p. 98
- 4.3** Velocidade de propagação do som p. 100
- 4.4** Som e ondas sonoras p. 103

ATIVIDADES DE REVISÃO p. 108**Unidade****5****ATRIBUTOS DO SOM E FENÔMENOS ACÚSTICOS**

p. 110

- 5.1** Atributos do som p. 112
- 5.2** Sons puros e sons complexos p. 118
- 5.3** O espectro sonoro e o ouvido humano p. 120
- 5.4** Nível sonoro e poluição sonora p. 122
- 5.5** Fenômenos que ocorrem com o som p. 126

ATIVIDADES DE REVISÃO p. 132**ATIVIDADES DE INTEGRAÇÃO**

p. 136

BLOCO 3 LUZ

p. 140

Unidade**6****ONDAS DE LUZ E SUA PROPAGAÇÃO**

p. 140

- 6.1** Luz visível e não visível p. 142
- 6.2** Ondas eletromagnéticas p. 145
- 6.3** Propagação da luz p. 149

ATIVIDADES DE REVISÃO p. 152**Unidade****7****FENÔMENOS ÓTICOS**

p. 156

- 7.1** Reflexão da luz e espelhos p. 158
- 7.2** Refração da luz e lentes p. 166
- 7.3** Constituição e funcionamento do olho humano p. 172
- 7.4** Defeitos de visão p. 174
- 7.5** A cor e a luz p. 176

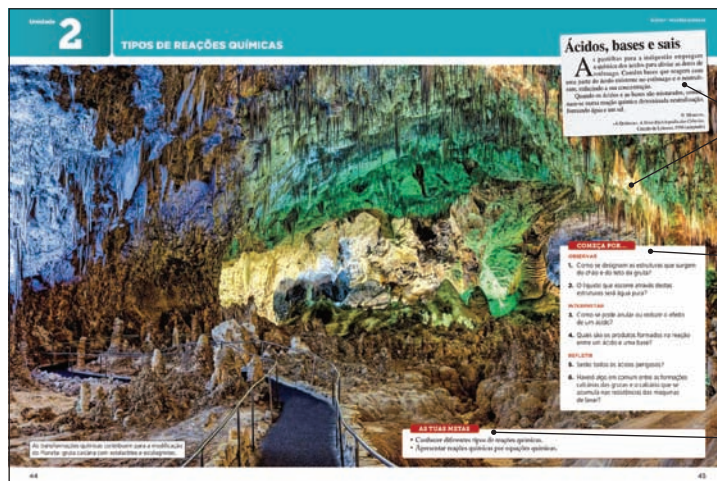
ATIVIDADES DE REVISÃO p. 180**ATIVIDADES DE INTEGRAÇÃO**

p. 184

Anexo I Elementos químicos p. 188**Anexo II Regras de segurança no laboratório de química** p. 194**Anexo III Materiais utilizados no laboratório de química** p. 196**Vocabulário** p. 197**Soluções** p. 199

Conhece o teu manual

O teu manual de Físico-Química está dividido em três blocos, **REAÇÕES QUÍMICAS**, **SOM** e **LUZ**. Estes estão organizados por unidades. Ao longo deste manual, vais encontrar diferentes tipos de páginas.



Abertura de unidade

Texto e imagem relacionados com o tema abordado na unidade.

Podes **COMEÇAR POR...**

OBSERVAR a imagem, **INTERPRETAR** o texto e **REFLETIR** sobre os conteúdos a abordar.

AS TUAS METAS...

aqui são apresentados os objetivos a atingir.

Páginas de conteúdos

Texto expositivo, claro, acessível e rigoroso. Os termos e ideias principais estão destacados a negrito.

As imagens e os esquemas são auxiliares para a compreensão dos conteúdos.

Os conceitos-chave estão destacados para facilitar o estudo.

1.1 Unidades estruturais

Átomos e moléculas

As evidências estruturais mostram que a matéria é constituída por átomos e moléculas.

O átomo é considerado um corpúsculo simples, apesar de ser constituído por partículas mais pequenas. Já a molécula é um corpúsculo mais complexo, pois é constituído por um conjunto de átomos ligados entre si.

Os átomos e as moléculas são as unidades estruturais de algumas substâncias. Por exemplo, o **h₂O** é uma substância constituída por moléculas que têm na sua constituição átomos de oxigénio e de hidrogénio. Assim, a **unidade estrutural** desta substância é a **molécula**.

Molécula
Conjunto de átomos ligados entre si.

Átomo
n.º de prótons = n.º de eletrões

Cátion
n.º de prótons > n.º de eletrões

Iões

Como já foi referido, o átomo não é uma unidade estrutural individual: é constituído por partículas positivas (**prótons**), por partículas negativas (**eletrões**) e por partículas sem carga (**neutrões**). Num átomo, o número de prótons é igual ao número de eletrões, pelo que o **átomo é uma unidade estrutural neutra**. Assim, as **moléculas** também são **unidades estruturais neutras**, porque resultam da ligação entre vários átomos.

Mas há materiais em que as **unidades estruturais têm carga elétrica**. Estas unidades estruturais são os **iões** e podem apresentar carga elétrica positiva — **cátions** — ou negativa — **ânions**.

Fig. 3 O **h₂O** é um gás cuja unidade estrutural é o **átomo**.

Fig. 4 A unidade estrutural da água é a **molécula**.

Os **cátions** e os **ânions** formam-se quando um átomo ou conjunto de átomos perde ou ganha uma ou mais cargas negativas (**eletrões**), respetivamente (**Fig. 5**).



Fig. 5 Esquema da formação de ânions (A) e cátions (B) a partir de um átomo.

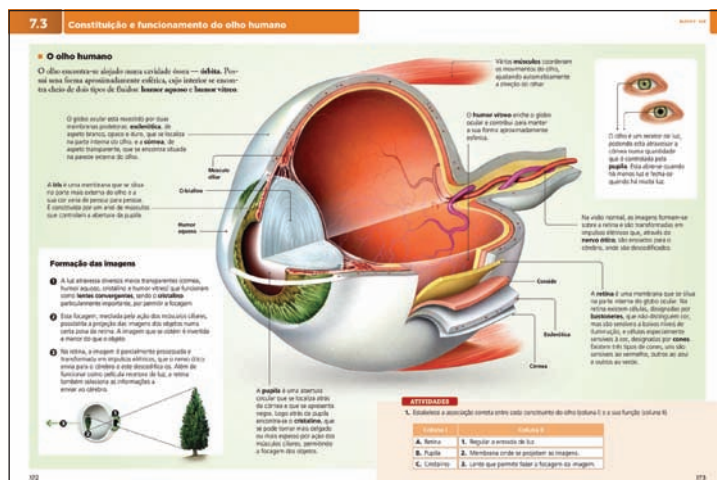
O sal utilizado no tempero dos alimentos é um exemplo de um material cujas unidades estruturais são iões.

Desta forma, pode concluir-se que as **unidades estruturais** da matéria são partículas submicroscópicas — os **átomos**, as **moléculas** e os **iões**. As duas primeiras são neutras e as últimas possuem carga positiva ou negativa. Assim, quando se observa um rótulo de uma garrafa de água ou de um alimento, não se pode verificar se que na sua composição estão presentes vários tipos de unidades estruturais.

Fig. 6 Rótulo de uma água mineral engarrafada (A) e de um produto alimentar (B), onde existem diferentes tipos de corpúsculos.

Composição	Valores nutricionais
100g de produto	100g de produto
Calorias	Calorias
Proteínas	Proteínas
Carboidratos	Carboidratos
Lipídios	Lipídios
Sais	Sais

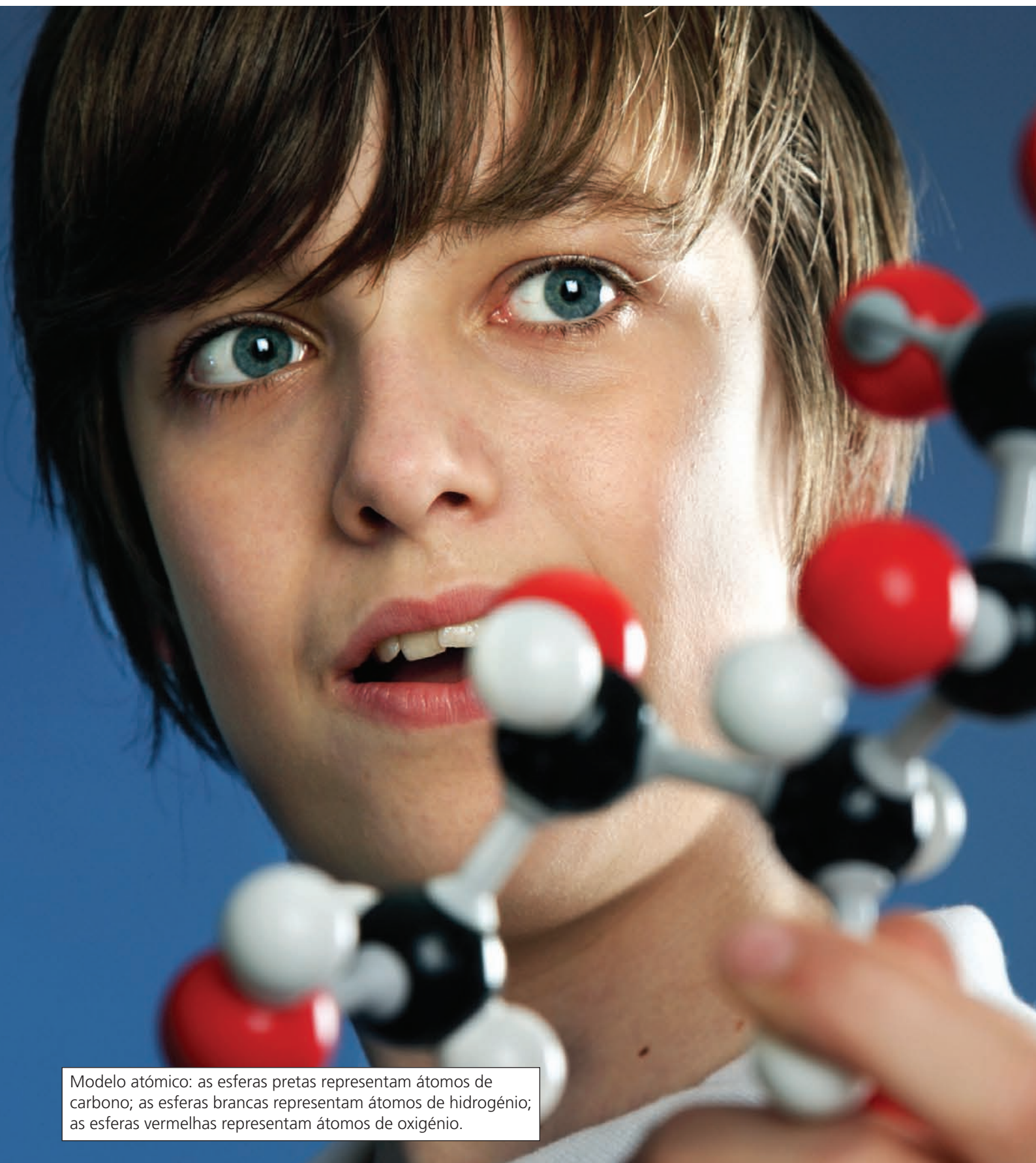
- ATIVIDADES**
- Na turma, organizem-se em diferentes grupos de trabalho, constituídos por 3 ou 4 elementos. Identifiquem, em conjunto, alguns dos cientistas que contribuíram para o conhecimento da constituição da matéria e atribua a cada um deles uma das seguintes funções: **cientista da constituição da matéria**, **cientista da estrutura da matéria**, **cientista da interação da matéria**, **cientista da transformação da matéria**. Cada grupo pode pesquisar sobre a vida, o trabalho e a importância do contributo (dos) cientista(s) para o conhecimento da constituição da matéria. Posteriormente, cada grupo apresenta o seu trabalho aos restantes colegas, promovendo-se uma discussão sobre, por um lado, a importância do conhecimento científico para melhor compreender o mundo e, por outro, as limitações das generalizações em ciência.
 - As frases que se seguem são todas falsas. Transmitem-nas para o teu caderno devidamente corrigidas.
A. Toda a matéria é constituída por unidades estruturais individuais.
B. As moléculas são as unidades estruturais neutras mais simples que constituem a matéria.
C. Os átomos são unidades estruturais que possuem carga elétrica.
D. As moléculas resultam de átomos que não possuem carga elétrica.
E. Os átomos resultam de átomos que não possuem carga elétrica.
 - Recorre aos rótulos de produtos de uso diário e identifica os diferentes corpúsculos que lá se encontram.



Hiperpáginas

Em algumas unidades encontrarás páginas onde os conteúdos são apresentados, através de infografias, de forma bastante apelativa.

5



Modelo atômico: as esferas pretas representam átomos de carbono; as esferas brancas representam átomos de hidrogênio; as esferas vermelhas representam átomos de oxigênio.

Estrutura da matéria

O ser humano tem-se interrogado sobre a estrutura da matéria desde a mais remota Antiguidade. As ideias modernas sobre uma tal estrutura começaram a tomar forma no início do século XIX com a teoria atômica de Dalton. Este considerava que a matéria era constituída por partículas pequeníssimas e não observáveis diretamente. Sabe-se hoje que a matéria é constituída por átomos, moléculas e iões.

RAYMOND CHANG,
Química (adaptado)

COMEÇA POR...

OBSERVAR

1. O que representa cada uma das esferas?
2. O que representa o conjunto das esferas?

INTERPRETAR

3. Quais são as partículas que, de acordo com Dalton, constituíam toda a matéria?
4. De acordo com a teoria atual, quais são as partículas que constituem a matéria?
5. Como é constituída a matéria?

REFLETIR

6. Que diferenças existirão entre átomos, moléculas e iões?
7. Como será que estas unidades estruturais interagem entre si e qual será a relação destas interações com os estados físicos da matéria?

AS TUAS METAS

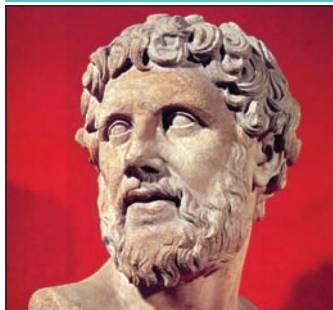
- Reconhecer a natureza corpuscular da matéria.
- Reconhecer a diversidade de materiais através das unidades estruturais das suas substâncias.
- Compreender o significado da simbologia química.
- Compreender o significado da conservação da massa nas reações químicas.

Como é constituída a matéria? Por que razão existem materiais tão diversificados?

Para dar resposta a estas questões, é necessário compreender como se chegou ao conhecimento atual da constituição da matéria.

■ Teorias da estrutura da matéria: evolução histórica

Demócrito (460-370 a. C.)



Os filósofos gregos propuseram algumas teorias para explicar a constituição e diversidade da matéria.

Demócrito defendeu que a matéria era descontínua, constituída por partículas indivisíveis — os átomos. A palavra «átomo» é de origem grega e provém de «a» + «*thomos*», que significa «indivisível». No entanto, outros filósofos defendiam o contrário: a matéria era contínua, sendo divisível até ao infinito.

Aristóteles (384-322 a. C.)



Um dos filósofos que discordou da existência de átomos foi Aristóteles. Este filósofo ridicularizou a teoria atómica e acreditava que existiam apenas quatro elementos: água, terra, ar e fogo. Assim, a teoria atómica foi abandonada durante vários séculos.

Robert Boyle (1627-1691)



Nos séculos XVII e XVIII, a teoria atómica voltou a ser considerada devido aos trabalhos de vários cientistas, como Robert Boyle ou Isaac Newton (1643-1727). Robert Boyle opôs-se à teoria dos quatro elementos de Aristóteles e tentou, embora de forma vaga, definir os conceitos de átomo e de molécula. Apresentou o conceito de «partículas primárias», que formavam os corpúsculos. Foi o primeiro a separar a Química da Alquimia.

John Dalton (1766-1844)



Foi só no século XIX que John Dalton, com base em evidências experimentais, propôs a teoria atómica. Este cientista defendeu que:

- toda a matéria é constituída por átomos — pequenas partículas indivisíveis;
- átomos do mesmo tipo têm propriedades idênticas (tamanho, massa, propriedades químicas); átomos de diferentes tipos diferem em, pelo menos, uma propriedade.
- átomos do mesmo tipo ou de tipos diferentes podem combinar-se para formar as diferentes substâncias;
- durante as transformações químicas, os átomos não se alteram, apenas se organizam e combinam de forma diferente.

Nos séculos XIX e XX, muitos foram os avanços tecnológicos que permitiram ir conhecendo melhor a constituição da matéria. Contributos de vários cientistas, como Joseph John Thomson (1856-1940), Ernest Rutherford (1871-1937), Louis de Broglie (1892-1987), Niels Bohr (1885-1962), Erwin Schrödinger (1887-1961) e Werner Heisenberg (1901-1976), contribuíram para o conhecimento atual do átomo e da constituição da matéria. Muitos foram, ao longo do tempo, os modelos propostos para explicar a constituição do átomo. Atualmente, o modelo aceite pela comunidade científica para descrever a constituição do átomo é o modelo da nuvem eletrónica (**Fig. 1**).

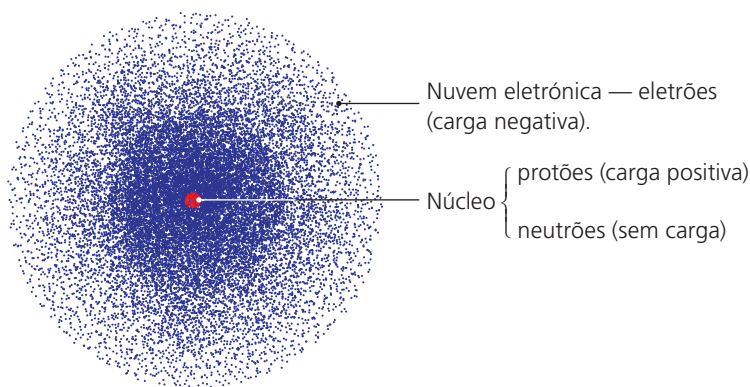


Fig. 1 Modelo da nuvem eletrónica.

O átomo é constituído por um núcleo central, onde se encontram os neutrões e os prótons, em torno do qual giram a grande velocidade os elétrons.

Também a evolução tecnológica permitiu conhecer melhor a constituição da matéria. Hoje, existe uma série de instrumentos que permitem «ver» os átomos e a forma como estes se organizam. Imagens como as que se seguem (**Fig. 2**) são obtidas por diferentes técnicas e permitem verificar que os átomos se ligam entre si, constituindo moléculas.

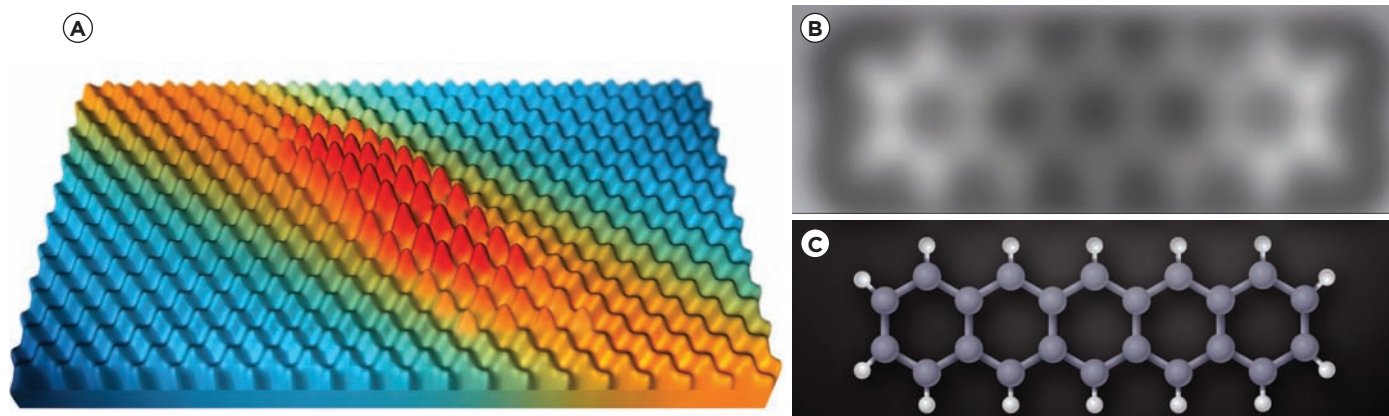


Fig. 2 Imagem de átomos de césio, a vermelho, obtida com microscópio eletrónico de efeito de túnel [A]; imagem de uma molécula constituída por 22 átomos de carbono e 14 átomos de hidrogénio obtida com microscópio de forças atómicas [B] e [C].

■ Átomos e moléculas

As evidências estruturais mostram que a matéria é constituída por **átomos** e **moléculas**.

O átomo é considerado um corpúsculo simples, apesar de ser constituído por partículas mais pequenas. Já a molécula é um corpúsculo mais complexo, pois é constituído por um conjunto de átomos ligados entre si.

Os átomos e as moléculas são as unidades estruturais de algumas substâncias. Por exemplo, o hélio é uma substância utilizada para encher balões (**Fig. 3**) e a sua **unidade estrutural** é o **átomo**. Já a água (**Fig. 4**) é constituída por moléculas que têm na sua constituição átomos de oxigénio e de hidrogénio. Assim, a **unidade estrutural** desta substância é a **molécula**.

Molécula
↓
Conjunto de **átomos**
ligados entre si.



Fig. 3 O hélio é um gás cuja **unidade estrutural** é o **átomo**.



Fig. 4 A **unidade estrutural** da água é a **molécula**.

Átomo
↓
 $n.^{\circ}$ de protões =
= $n.^{\circ}$ de eletrões

Catião
↓
 $n.^{\circ}$ de protões >
> $n.^{\circ}$ de eletrões

■ Iões

Como já foi referido, o átomo não é uma unidade estrutural indivisível: é constituído por partículas positivas (**protões**), por partículas negativas (**eletrões**) e por partículas sem carga (**neutrões**). Num átomo, o número de protões é igual ao número de eletrões, pelo que o **átomo é uma unidade estrutural neutra**. Assim, as **moléculas** também são **unidades estruturais** neutras, porque resultam da ligação entre vários átomos.

Mas há materiais em que as **unidades estruturais têm carga elétrica**. Estas unidades estruturais são os **iões** e podem apresentar carga elétrica positiva — **catiões** — ou negativa — **aniões**.

Os cátions e os aniões formam-se quando um átomo ou conjunto de átomos perde ou capta uma ou mais cargas negativas (elétrons), respetivamente (**Fig. 5**).

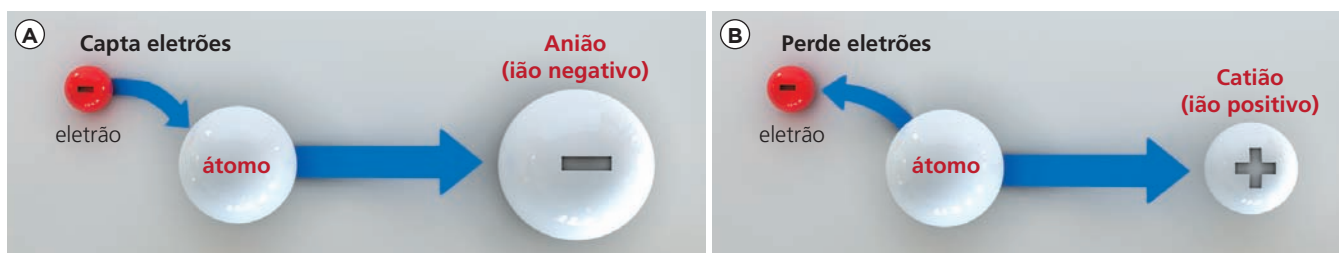


Fig. 5 Esquema da formação de aniões [A] e cátions [B] a partir de um átomo.

O sal utilizado no tempero dos alimentos é um exemplo de um material cujas unidades estruturais são iões.

Desta forma, pode concluir-se que as **unidades estruturais** da matéria são partículas submicroscópicas — os **átomos**, as **moléculas** e os **iões**. As duas primeiras são neutras e as últimas possuem carga positiva ou negativa. Assim, quando se observa um rótulo de uma garrafa de água (**Fig. 6A**) ou de um alimento (**Fig. 6B**) pode verificar-se que na sua composição estão presentes vários tipos de unidades estruturais.

Anião



n.º de prótons <
< n.º de elétrons

A

Composição			
pH		6,03±0,14	
Sílica (SiO ₂)		14,8±2,8 mg/l	
Mineralização Total		36,0±5,0 mg/l	
Aniões		mg/l	Cátions
			mg/l
HCO ₃ ⁻	10,1±1,6 mg/l	Ca ²⁺	1,2±0,2mg/l
F ⁻	<0,1 mg/l	Na ⁺	4,5±0,5mg/l
		K ⁺	0,26±0,05mg/l
NO ₂ ⁻	<0,01 mg/l	Mg ²⁺	0,38±0,07mg/l

B Valores Nutricionais

	por 100 g	6 bolachas (30g)	% VDR*
Energia:	1819 kJ / 431 kcal	546 kJ / 129 kcal	6 %
Proteínas:	8 g	2,4 g	5 %
Hidratos de carbono:	77,4 g	23,1 g	9 %
dos quais açúcares:	22,0 g	6,6 g	7 %
Lípidos:	9,5 g	2,8 g	4 %
dos quais saturados:	4,4 g	1,3 g	7 %
Fibra:	2,8 g	0,8 g	3 %
Sódio:	0,30 g	0,09 g	
sal:	0,75 g	0,23 g	4 %

Fig. 6 Rótulo de uma água mineral engarrafada [A] e de um produto alimentar [B], onde existem diferentes tipos de corpúsculos.

ATIVIDADES

- Na turma, organizem-se em diferentes grupos de trabalho, constituídos por 3 ou 4 elementos. Identifiquem, em conjunto, alguns dos cientistas que contribuíram para o conhecimento da constituição da matéria e atribuem esses cientistas a diferentes grupos. Cada grupo pode pesquisar sobre a vida, o trabalho e a importância do contributo do(s) cientista(s) para o conhecimento da constituição da matéria. Posteriormente, cada grupo apresenta o seu trabalho aos restantes colegas, promovendo-se uma discussão sobre, por um lado, a importância do conhecimento científico para melhor compreender o Mundo e, por outro, as limitações das generalizações em Ciência.
- As frases que se seguem são todas falsas. Transcreve-as para o teu caderno devidamente corrigidas.
 - Toda a matéria é constituída por unidades estruturais indivisíveis.
 - As moléculas são as unidades estruturais neutras mais simples que constituem a matéria.
 - Os átomos são unidades estruturais que possuem carga elétrica.
 - As moléculas resultam de os átomos terem captado ou perdido cargas elétricas negativas.
- Recolhe dois rótulos de produtos de uso diário e identifica os diferentes corpúsculos que lá se encontram.

■ Natureza corpuscular da matéria

Toda a matéria é constituída por átomos, moléculas e iões, que ocupam espaço e têm massa. Para melhor compreender a constituição da matéria propõe-se a atividade laboratorial seguinte.

ATIVIDADE LABORATORIAL

NATUREZA CORPUSCULAR DA MATÉRIA

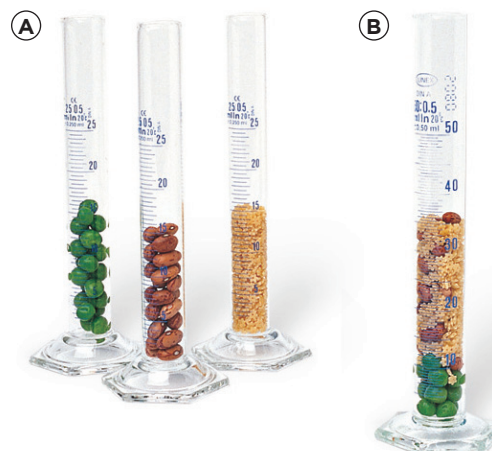
PARTE A

MATERIAL:

- 3 provetas graduadas de 25 mL
- 1 proveta graduada de 50 mL
- 15 mL de massinhas
- 15 mL de feijão
- 15 mL de ervilhas

PROCEDIMENTO:

1. Numa proveta, mede cuidadosamente os volumes indicados de ervilhas, massinhas e feijão [A].
2. Junta as quantidades medidas numa única proveta de 50 mL [B].



OBSERVAÇÕES:

1. Qual é o valor final para o volume de ervilhas, feijão e massinhas?
2. O volume final obtido é igual à soma dos volumes medidos inicialmente?

CONCLUSÕES:

1. Por que razão o volume final não foi igual a 45 mL, como inicialmente se poderia esperar?

PARTE B

MATERIAL:

- 1 proveta graduada de 25 mL
- 2 provetas graduadas de 50 mL
- Vareta de vidro
- Água
- Açúcar

PROCEDIMENTO:

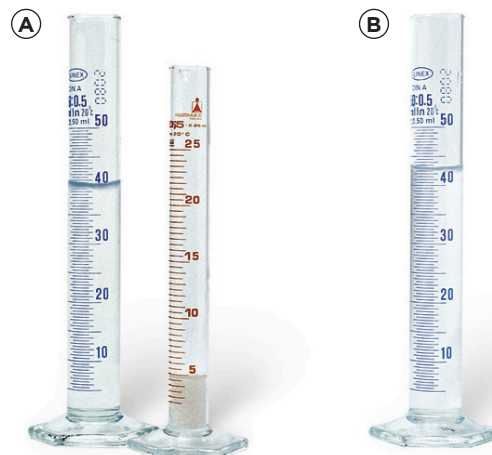
1. Mede cuidadosamente 40 mL de água e 5 mL de açúcar [A].
2. Com o auxílio da vareta, dissolve o açúcar na água [B].

OBSERVAÇÕES:

1. Qual é o valor final do volume da solução?
2. O volume final obtido é igual à soma dos volumes medidos inicialmente?

CONCLUSÕES:

3. Como se pode explicar a diferença entre o volume final obtido e a soma dos volumes medidos inicialmente?



ATIVIDADE LABORATORIAL

PARTE C

MATERIAL:

- 2 copos de vidro
- Placa de aquecimento
- Água
- Cristais de permanganato de potássio

PROCEDIMENTO:

1. Coloca água num dos copos de vidro até metade da sua capacidade.
2. Adiciona 3 ou 4 cristais de permanganato de potássio de potássio [A] e regista o que observas. Tem o cuidado de não agitares a água.
3. Repete os pontos 1 e 2 do procedimento, utilizando o outro copo, mas agora aquecendo a água [B].

OBSERVAÇÕES:

1. O que aconteceu quando se adicionaram os cristais de permanganato de potássio à água fria?
2. O que aconteceu quando se adicionaram os cristais de permanganato de potássio à água quente?

CONCLUSÕES:

1. Como se pode explicar que a água tenha ficado colorida de roxo se não houve agitação?
2. Por que razão terá sido o processo de dissolução do permanganato de potássio e coloração da água mais rápido em água quente?



Na parte A da atividade, observou-se que as partículas menores ocuparam os espaços vazios existentes entre as partículas de maiores dimensões. Por este motivo, o volume final foi inferior a 45 mL (soma dos valores dos três volumes).

Da mesma forma, existem espaços vazios entre as moléculas de água, que vão ser ocupados pelas partículas de açúcar, quando este se dissolve.

Toda a matéria é constituída por pequenas partículas, entre as quais existem espaços vazios. A matéria é descontínua (Fig. 7).

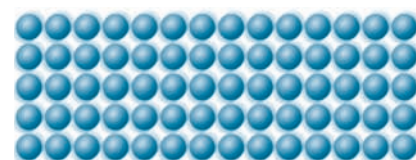


Fig. 7 A matéria é descontínua.

Na parte C da atividade, verifica-se que após algum tempo a água fica colorida. Esta observação pode ser explicada, pois as partículas constituintes da matéria estão em permanente movimento e este é tanto mais rápido quanto maior for a temperatura.

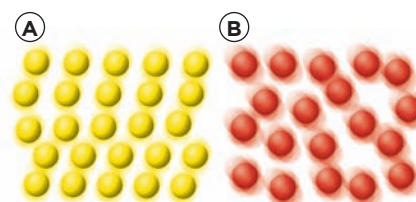


Fig. 8 A rapidez dos movimentos das partículas constituintes é maior em B do que em A, pois a temperatura em B é mais elevada do que em A.

As partículas constituintes da matéria estão em constante movimento, sendo este tanto mais rápido quanto maior for a temperatura (Fig. 8).

■ Mudanças de estados físicos da matéria

As propriedades que a matéria mostra nos diferentes estados físicos — **sólido**, **líquido** e **gasoso** — dependem da forma como as partículas se agregam, da intensidade das forças de ligação das partículas e do seu estado de agitação.

Agregação das partículas

- as forças de coesão entre as partículas são muito fracas;
- os espaços entre as partículas são muito grandes (dependem do recipiente e da quantidade de partículas);
- as partículas podem mover-se livremente;
- as partículas dispõem-se desordenadamente.

Sublimação (Deposição)

Agregação das partículas

- as partículas estão ligadas por forças menos intensas do que nos sólidos;
- os espaços vazios são maiores do que nos sólidos;
- os movimentos são mais livres do que nos sólidos;
- as partículas dispõem-se de forma menos ordenada do que nos sólidos.

Vaporização

ESTADO LÍQUIDO

Fusão

Solidificação

ESTADO SÓLIDO

Agregação das partículas

- as partículas estão ligadas por forças muito intensas que as mantêm próximas umas das outras;
- os espaços vazios são muito pequenos, sendo o caso da água uma exceção;
- os movimentos são limitados, há apenas pequenas vibrações (movimentos ligeiros de oscilação);
- as partículas dispõem-se numa estrutura ordenada.

Propriedades

- apresentam forma própria e volume constante;
- são muito difíceis de comprimir;
- são mais densos do que a maior parte dos líquidos e do que todos os gases.



Gases

		
Ar quente do balão	Gás butano	Ar no interior da bola
		
Botija de oxigênio	Ar no insuflável	Hélio

Líquidos

		
Água	Sumo de limão	Sumo de melancia
		
Chá	Café	Perfume

Sólidos

		
Botão	Rocha	Maçã
		
Chapéu	Cadeira	Skate

ATIVIDADES

- Considera as seguintes situações do quotidiano e identifica as transformações físicas que lhes estão associadas.
 - A manteiga «derrete-se» na torrada.
 - Leva-se o creme de leite ao congelador durante algumas horas e o gelado fica pronto.
- As frases que se seguem são falsas. Transcreve-as para o teu caderno devidamente corrigidas.
 - Os sólidos são menos densos do que os gases.
 - A condensação corresponde a uma maior desorganização dos corpúsculos.

■ Teoria cinético-corpuscular

De acordo com a **teoria cinético-corpuscular**:

- toda a matéria é constituída por pequeníssimos corpúsculos (átomos, moléculas e iões);
- a matéria é descontínua, pois entre os corpúsculos existe espaço vazio;
- os corpúsculos estão em constante movimento;
- os corpúsculos têm movimentos mais rápidos à medida que a temperatura aumenta.

Quando uma substância sólida é aquecida, os seus corpúsculos vibram mais (ficam mais agitados), pelo que tendem a sair da sua estrutura e começam a afastar-se uns dos outros. A intensidade das forças de ligação diminui, o espaço entre as partículas aumenta e a substância pode passar ao estado líquido (**Fig. 9A**), ocorrendo a fusão. Se a temperatura continuar a aumentar, a agitação dos corpúsculos aumenta ainda mais, continuando os corpúsculos a afastar-se mais uns dos outros. A intensidade das forças de coesão diminui. A determinada temperatura, a agitação das partículas é tão elevada que as forças de coesão são praticamente nulas ou mesmo inexistentes e os corpúsculos continuam a afastar-se. A substância passa ao estado gasoso ocorrendo a ebulição (**Fig. 9B**).

Da mesma forma, se uma substância no estado gasoso for arrefecida, a agitação dos corpúsculos diminui, há um aumento da intensidade das forças de coesão e os espaços entre os corpúsculos diminuem. A substância passa ao estado líquido. Continuando a diminuir a temperatura, o líquido passa ao estado sólido, ficando os corpúsculos organizados, a vibrar em torno de uma posição de equilíbrio sendo o espaço entre eles reduzido.

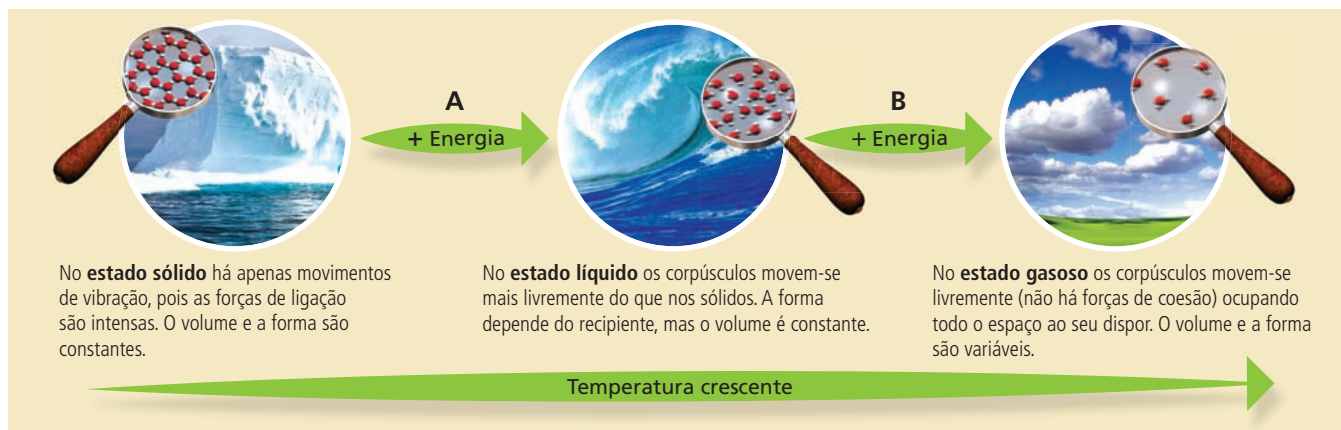


Fig. 9 Estados físicos, agregação dos corpúsculos e temperatura.

ATIVIDADES

1. Explica, por palavras tuas, o que acontece quando se condensa vapor de água.
2. Explica por que razão, quando se comprime o êmbolo de uma seringa tapada, o volume ocupado pelo ar diminui.

■ Pressão: o que é?

É conhecida a cama de pregos (**Fig. 10**) na qual as pessoas se deitam sem sentir qualquer dor. No entanto, caminhar sobre ela pode ser perigoso e muito doloroso.

Mas por que razão tal acontece?

A força exercida sobre os pregos é a mesma, no entanto, a superfície onde a força se exerce é diferente. A grandeza que relaciona a **intensidade da força exercida com a área** em que se exerce é a **pressão**. Assim, quando alguém se deita na cama de pregos, a pressão exercida é menor do que no caso de essa pessoa tentar caminhar sobre a mesma, pois apesar de a força ser a mesma, a área é maior no primeiro caso.

Para determinar a pressão (P) resultante da atuação de uma força (F) sobre uma superfície de área (A), recorre-se à seguinte expressão:

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

A unidade do Sistema Internacional para a pressão é o pascal (Pa), em honra do cientista Blaise Pascal (**Fig. 11**). No Sistema Internacional de unidades, a força é expressa em newtons (N) e a área em metros quadrados (m^2). Assim, 1 Pa corresponde a 1 N/m^2 .

Um gás encerrado num recipiente também exerce pressão sobre as paredes do mesmo. O gás é constituído por corpúsculos que se encontram em permanente movimento. As partículas chocam entre si e com as paredes do recipiente, exercendo uma força na superfície do recipiente (**Fig. 12**).



Fig. 12 Num barco insuflável, os corpúsculos de ar contidos no seu interior chocam constantemente com as paredes do recipiente.



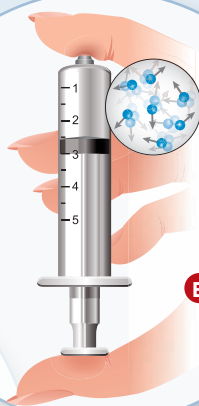
Fig. 10 Cama de pregos.



Fig. 11 Blaise Pascal (1623-1662).

A **pressão de um gás** corresponde à intensidade da força que os corpúsculos exercem, por unidade de área, na superfície do recipiente onde estão contidos.

O ar no interior de uma seringa ocupa um determinado volume (**Fig. A**). Os corpúsculos estão em permanente agitação, exercendo uma determinada pressão nas paredes interiores da seringa. Quando se empurra o êmbolo da seringa, o ar no interior da mesma vai ocupar um menor volume (**Fig. B**). O número de colisões entre as partículas e as paredes interiores da seringa aumenta, aumentando a pressão exercida pelo ar, o que se confirma pela sensação causada no dedo.



Pressão e volume de um gás

Quando se aumenta a temperatura de um volume fixo de gás, mantendo constante a quantidade de partículas, verifica-se um aumento da pressão exercida pelo gás.

Quando as embalagens de *spray* são deixadas ao sol, verifica-se um aumento da temperatura do gás no interior da embalagem e consequente aumento de pressão. Esta situação pode ser perigosa, pois pode traduzir-se no rebentamento da embalagem.

Quando o volume de uma quantidade fixa de gás diminui, a uma temperatura constante, a pressão exercida pelo gás aumenta.

Ao empurrar o êmbolo de uma seringa, a quantidade de corpúsculos no interior da mesma mantém-se, mas a pressão do ar aumenta.

Pressão e temperatura de um gás



Um balão cheio de gás tem um volume praticamente constante. Nesta situação, o balão é colocado junto a uma fonte de calor (**Fig. C**). Com o aumento da temperatura exterior, a temperatura do gás no interior do balão aumenta, pelo que os corpúsculos que constituem o gás movem-se com maior velocidade, aumentando quer a energia das partículas quer o número de choques entre as partículas e as paredes interiores do balão (**Fig. D**). Como consequência, verifica-se um aumento de pressão no interior do balão. Continuando a aumentar a temperatura e numa situação extrema, pode verificar-se o rompimento das paredes do balão (**Fig. E**).

Quando se enche um balão (**Fig. F**) está a aumentar-se a quantidade de corpúsculos dentro do mesmo. Continuando a aumentar a quantidade de corpúsculos dentro do balão já cheio (volume constante, pois a parede do balão atingiu a sua máxima elasticidade), o número de colisões entre as partículas e as paredes interiores do balão também é maior (**Fig. G**) verificando-se um aumento de pressão no interior do balão. Numa situação extrema, pode verificar-se o rompimento das paredes do recipiente, acabando o balão por rebentar (**Fig. H**).



Num balão que se está a encher [F] continua a introduzir-se mais corpúsculos [G], aumentando a pressão no interior do mesmo, até que o mesmo rebente [H].

Pressão e quantidade de corpúsculos



Um balão de gás é colocado próximo de uma fonte de calor [C]. Com o aumento da temperatura do gás no interior do balão, a pressão aumenta [D] e o balão pode mesmo, em situação extrema, rebentar [E].

Quando se aumenta a quantidade de corpúsculos num recipiente com volume fixo e a uma temperatura constante, a pressão no interior daquele aumenta.

ATIVIDADES

- Completa as frases selecionando os termos adequados: maior, menor, igual, aumenta, diminui, mantém-se. Encerra-se um gás num tubo tapado e inicia-se o seu aquecimento. À medida que a temperatura (1), as partículas de gás movimentam-se com (2) rapidez. Assim, o número de colisões, por intervalo de tempo, (3) e, portanto, a pressão será (4), podendo mesmo fazer saltar a tampa do tubo.
- Explica a situação que se segue de acordo com a teoria cinético-corpúscular. A Rita passou a manhã a encher balões coloridos para a sua festa de verão. A decoração ficou bonita com os balões bem cheios. No entanto, durante a tarde, enquanto o Sol iluminava e aquecia o ar, muitos balões rebentaram.

Desde há algum tempo que os químicos concordam que toda a matéria é constituída por pequenos corpúsculos: átomos, moléculas e iões.

Mas como se representam estes corpúsculos?

Todas as ciências têm uma linguagem específica. No caso da Química são utilizados símbolos universais, cuja escrita obedece a regras próprias, conhecidas e aceites por toda a comunidade científica.

■ Elementos químicos

Todos os átomos são partículas eletricamente neutras que se caracterizam por ter um número conhecido de protões no núcleo. Todos os átomos que **têm o mesmo número de protões** no núcleo são átomos do mesmo **elemento químico**. Por exemplo, todos os átomos de oxigénio têm 8 protões no núcleo, já os átomos de nitrogénio têm 7 protões no núcleo.

Assim, existem diferentes tipos de átomos mas todos os **átomos com o mesmo número de protões no núcleo** têm as mesmas características químicas e são átomos do mesmo **elemento químico**.

Cada elemento químico tem um nome e representa-se por um **símbolo químico**.

■ Símbolos químicos: evolução histórica

A tabela seguinte mostra a evolução da representação simbólica de alguns elementos químicos ao longo dos séculos.

No entanto, estes símbolos eram difíceis de desenhar e memorizar, e alguns elementos tinham mais do que uma representação.

Átomos do mesmo elemento químico
↓
Têm o mesmo número de protões no núcleo.

Evolução da representação dos símbolos químicos de alguns elementos químicos			
	Século XVI	Século XVII	Século XVIII
Cobre			
Ferro			
Mercúrio			
Enxofre			

O uso dos símbolos químicos só se generalizou a partir do século XIX, quando John Dalton, cientista inglês (**Fig. 13**), propôs os seus próprios símbolos (**Fig. 14**).

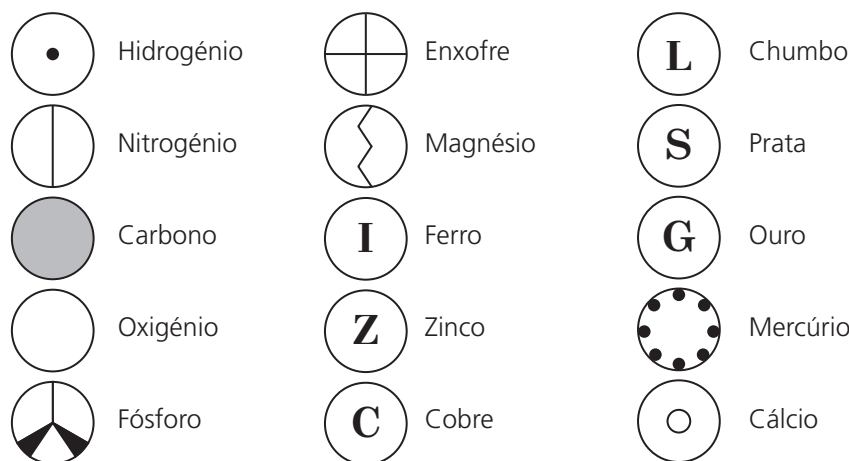


Fig. 14 John Dalton tentou uniformizar a representação dos elementos químicos.

Contudo, estes símbolos também eram de difícil representação, não se tendo generalizado a sua utilização.

Jöns Jacob Berzelius, físico sueco (**Fig. 15**), propôs que o símbolo de cada elemento fosse constituído por uma letra.

■ Símbolos químicos na atualidade

Atualmente, o **símbolo químico** de cada elemento é constituído por uma ou mais letras: a primeira é maiúscula e corresponde à inicial do nome do elemento químico escrito em latim, grego ou inglês, e as seguintes, se necessárias, são minúsculas.

Elemento químico	Carbono	Cobalto	Cobre
	C	Co	Cu
Símbolo químico	Símbolo químico representado por uma letra maiúscula.	Símbolo químico representado por duas letras. A primeira maiúscula — C — e a segunda minúscula — o.	Símbolo químico representado por duas letras. A primeira maiúscula — C — e a segunda minúscula — u.

Existem símbolos químicos com três letras: uma maiúscula e duas minúsculas. Este símbolo é, geralmente, provisório até a comunidade científica validar (confirmar) a existência do novo elemento. Nessa altura, é atribuído o nome definitivo e o respetivo símbolo químico (2 letras). Esta honra é geralmente atribuída ao grupo de cientistas que sintetizou o elemento pela primeira vez.



Fig. 13 John Dalton (1766-1844).



Fig. 15 Jöns Jacob Berzelius (1779-1848).

✚ SABER

Os últimos elementos químicos a serem aceites pela IUPAC e com nomes validados são o 112 (Cn), copernício, o 114 (Fl), fleróvio e o 116 (Lv), livermónio.

Os símbolos químicos constituem, hoje, uma linguagem universal e aceite por todos. Na tabela que se segue está uma lista dos nomes e símbolos químicos de alguns elementos químicos.

Símbolos químicos de alguns elementos químicos			
Nome	Símbolo	Nome	Símbolo
Prata (<i>Argentum</i>)	Ag	Hélio	He
Alumínio	Al	Mercúrio (<i>Hydrargyrum</i>)	Hg
Boro	B	Potássio (<i>Kalium</i>)	K
Carbono	C	Magnésio	Mg
Cálcio	Ca	Nitrogénio	N
Cloro	Cl	Sódio (<i>Natrium</i>)	Na
Cromo	Cr	Néon	Ne
Cobre (<i>Cuprum</i>)	Cu	Oxigénio	O
Flúor	F	Fósforo (<i>Phosphorus</i>)	P
Ferro	Fe	Chumbo (<i>Plumbum</i>)	Pb
Hidrogénio	H	Enxofre (<i>Sulfur</i>)	S

Em anexo, encontram-se os símbolos químicos de alguns dos elementos químicos mais conhecidos. Nessa tabela são especificados o ano e o autor responsável pela descoberta e identificação de cada elemento químico apresentado.

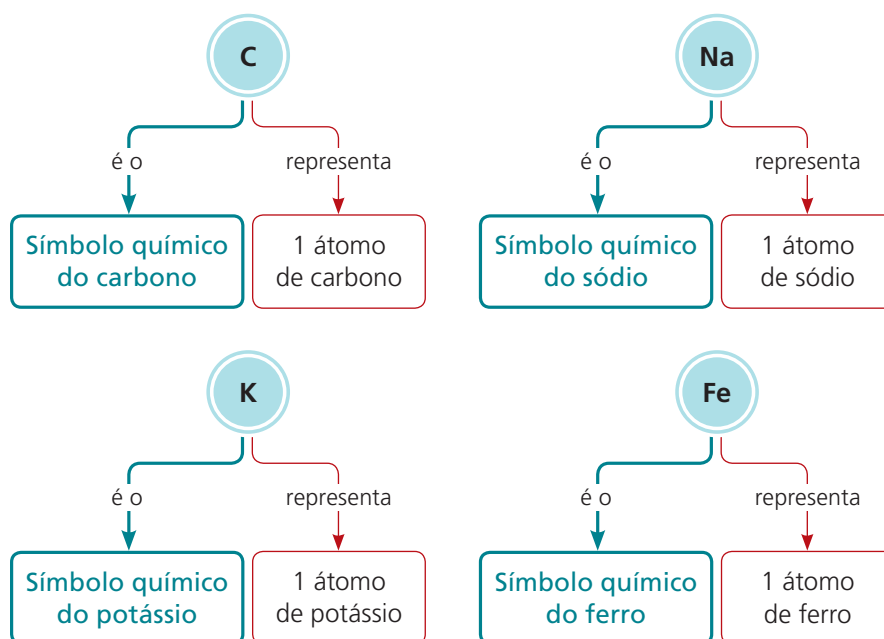
Símbolo químico



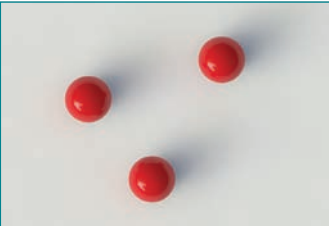
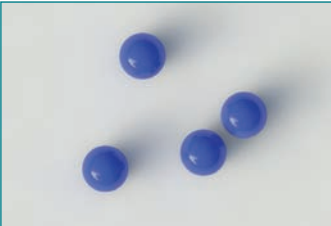
1 átomo

Quando se escreve o **símbolo químico** de um elemento químico, também se está representar **um átomo** desse elemento.

Por exemplo:



Quando se pretende representar mais do que um átomo, que não se encontra ligado quimicamente a outro, deve indicar-se, **antes do símbolo químico e ao mesmo nível**, o número de átomos que se quer representar. Por exemplo:

10H	3O	4N	5C
10 átomos livres de hidrogénio	3 átomos livres de oxigénio	4 átomos livres de nitrogénio	5 átomos livres de carbono
			

Os átomos têm dimensões muito reduzidas, pelo que não é possível observá-los diretamente. Na página 9, podem observar-se algumas imagens obtidas por diferentes técnicas e que permitem «ver» os átomos.

No entanto, os átomos podem ser representados recorrendo a círculos ou esferas de diferentes cores (Fig. 16). Cada cor representará átomos do mesmo elemento químico. Por exemplo, as esferas brancas representam átomos de hidrogénio, as pretas, átomos de carbono, e as vermelhas, átomos de oxigénio.



Fig. 16 Kit para a construção de modelos de moléculas.

ATIVIDADES

- Escreve o símbolo químico ou o nome do elemento químico:

a) H	e) Ferro
b) O	f) Na
c) Nitrogénio	g) S
d) Carbono	h) Fósforo
- De entre as seguintes representações, seleciona as que não representam símbolos químicos e explica porquê.

A. aL	E. C
B. Ba	F. CA
C. Bi	G. OLE
D. ag	H. Os
- Representa simbolicamente:
 - dois átomos de carbono;
 - três átomos de cloro;
 - um átomo de magnésio
 - cinco átomos de sódio.
- Indica o significado das seguintes representações:

a) Mg	c) 4Ca	e) 8S
b) 6K	d) 10Al	f) 25N

■ Classificação das moléculas quanto ao número de átomos

Como já foi referido, as **moléculas** são grupos de átomos ligados entre si por uma ligação química.

As moléculas classificam-se de acordo com o número de átomos que as constituem:

- molécula **diatômica** — dois átomos;
- molécula **triatômica** — três átomos;
- molécula **tetratômica** — quatro átomos;
- molécula **poliatômica** — cinco ou mais átomos.

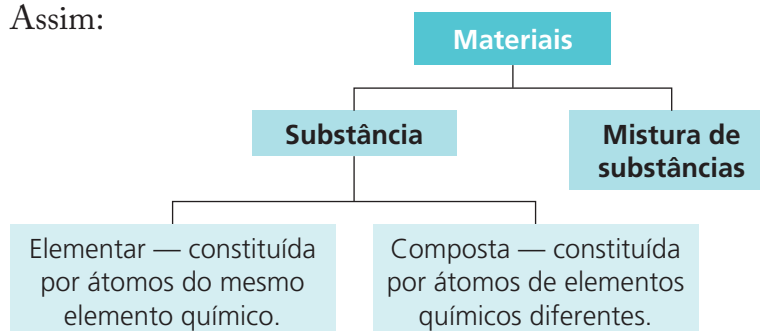
■ Substâncias elementares, substâncias compostas e misturas de substâncias

Os materiais podem classificar-se em **substâncias puras**, ou simplesmente substâncias, e em **misturas de substâncias**. As misturas de substâncias são constituídas por unidades estruturais diferentes. As substâncias apresentam um único tipo de unidade estrutural.

As substâncias podem ainda ser classificadas como **elementares** ou **compostas**. As substâncias elementares são constituídas por átomos do mesmo elemento químico. As substâncias compostas são constituídas por átomos de elementos químicos diferentes.

Substâncias		Misturas de substâncias	
Elementares	Compostas		
Possuem um só tipo de unidade estrutural, que as caracteriza.		Possuem mais do que um tipo de unidade estrutural.	

Assim:



As unidades estruturais das substâncias podem ser os átomos, as moléculas e os íons.

De acordo com as unidades estruturais que constituem as substâncias, estas têm designações diferentes e propriedades distintas.

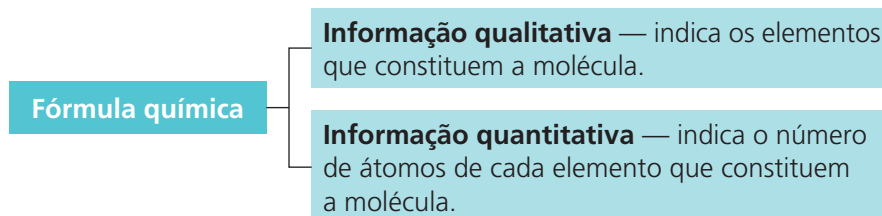
Substância		
Atômica	Molecular	Iônica
Unidade estrutural: átomo	Unidade estrutural: molécula	Unidade estrutural: íons
		
O hélio que se encontra dentro dos balões ou qualquer metal como o ferro ou o sódio são exemplos de substâncias atômicas.	O oxigênio e o enxofre, tal como a água ou o dióxido de carbono, são exemplos de substâncias moleculares.	O sal utilizado nas cozinhas e o sulfato de cobre, substância que existe nos laboratórios de química, são exemplos de substâncias iônicas.

Numa **substância atômica**, a **unidade estrutural** é o **átomo**. Para representar simbolicamente uma substância atômica, recorre-se ao **símbolo químico** dos átomos que a constituem.

Numa **substância molecular**, a **unidade estrutural** é a **molécula**. Para representar simbolicamente uma substância molecular, recorre-se à **fórmula química** da molécula correspondente.

■ Fórmulas químicas

As fórmulas químicas contêm uma informação qualitativa e quantitativa.



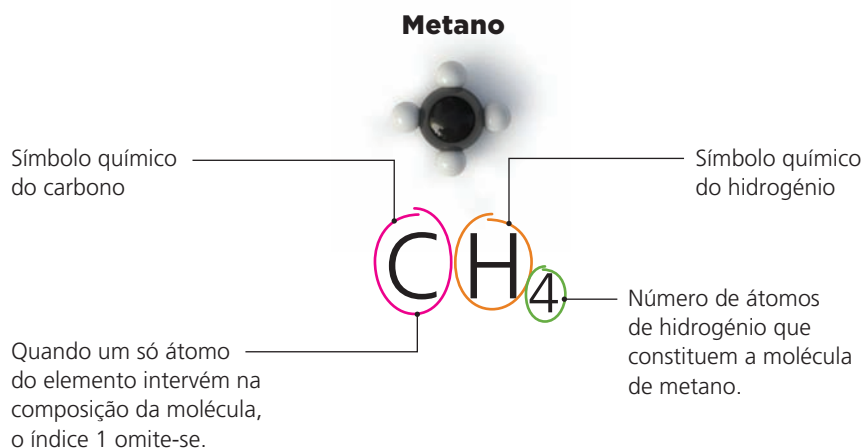
A fórmula química de uma determinada molécula contém:

- os **símbolos químicos** dos elementos cujos átomos fazem parte da composição dessa molécula;
- os **números** que indicam quantos átomos daquele elemento constituem a molécula (colocados em índice inferior à direita do símbolo químico).

Substância atômica
↓
Símbolo químico

Substância molecular
↓
Fórmula química

Por exemplo, na molécula de metano:



A fórmula química do metano (CH_4) informa que a molécula de metano é constituída por um átomo de carbono e quatro átomos de hidrogénio.

Apresentam-se de seguida vários exemplos de substâncias moleculares:

Nome da substância molecular	Unidade estrutural	Fórmula química Tipo de substância	Constituição da molécula
Oxigénio		O_2 Substância elementar	Molécula diatômica constituída por dois átomos de oxigénio.
Água		H_2O Substância composta	Molécula triatômica constituída por um átomo de oxigénio e dois átomos de hidrogénio.
Amoníaco		NH_3 Substância composta	Molécula tetratômica constituída por um átomo de nitrogénio e três átomos de hidrogénio.
Ácido acético		$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ Substância composta	Molécula poliatômica constituída por dois átomos de carbono, quatro átomos de hidrogénio e dois átomos de oxigénio.

Como se pode verificar, é possível, através da fórmula química da molécula constituinte da substância, identificar se esta é composta ou elementar. Também, em algumas situações, é possível identificar a constituição da substância através do nome. Por exemplo, no caso do dióxido de carbono (CO_2) o nome da substância indica que esta é formada por dois átomos de oxigénio e um átomo de carbono. O mesmo se passa com o pentacloreto de fósforo (PCl_5) ou o trióxido de enxofre (SO_3).

Fórmula química
↓
1 molécula

A **fórmula química** de uma substância representa também **uma molécula** dessa substância.

Quando se pretende representar mais do que uma molécula, deve indicar-se à **esquerda** (antes) da fórmula, e **na mesma linha**, o **número de moléculas**.

$5\text{H}_2\text{O}$	6O_2	4O_3	3CO_2
5 moléculas de água	6 moléculas de oxigénio	4 moléculas de ozono	3 moléculas de dióxido de carbono
			

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

1. O propano é um combustível cuja fórmula química é C_3H_8 .

1.1 Descreve a constituição da molécula de propano e refere qual é o significado da representação $2\text{C}_3\text{H}_8$.

RESOLUÇÃO

Como se pode verificar pela fórmula química (C_3H_8), a molécula do propano é constituída por 3 átomos de carbono e 8 átomos de hidrogénio (é uma substância composta). $2\text{C}_3\text{H}_8$ é a forma simbólica de representar duas moléculas de propano.

- 1.2 Determina o número de átomos de hidrogénio que existem em $2\text{C}_3\text{H}_8$.

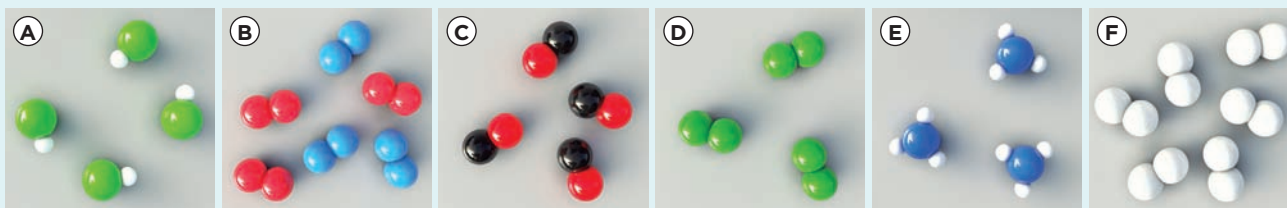
RESOLUÇÃO

Como se pode observar pelo esquema da figura ao lado, existem 16 átomos de hidrogénio. Este valor pode ser facilmente calculado se fizermos: $2\text{C}_3\text{H}_8$, ou seja, $2 \times 8 = 16$.



ATIVIDADES

- Descreve a constituição das substâncias cuja fórmula química se apresenta:
 - Álcool etílico: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$
 - Enxofre: S_8
 - Água-oxigenada: H_2O_2
- Observa os diagramas e indica os que representam:



- misturas;
 - substâncias elementares;
 - substâncias compostas.
- Representa simbolicamente:
 - quatro moléculas de água;
 - duas moléculas de dióxido de carbono.

As **substâncias iônicas** têm como unidade estrutural o **ião**, partícula que se forma quando um átomo ou conjuntos de átomos ganha ou perde um ou mais elétrons.

Os átomos e as moléculas são partículas neutras: o número de prótons é igual ao número de elétrons. Os iões são partículas com carga elétrica negativa — **aniões** — ou carga elétrica positiva — **catiões**, caso tenham captado ou cedido elétrons, respectivamente.

■ Representação simbólica de iões

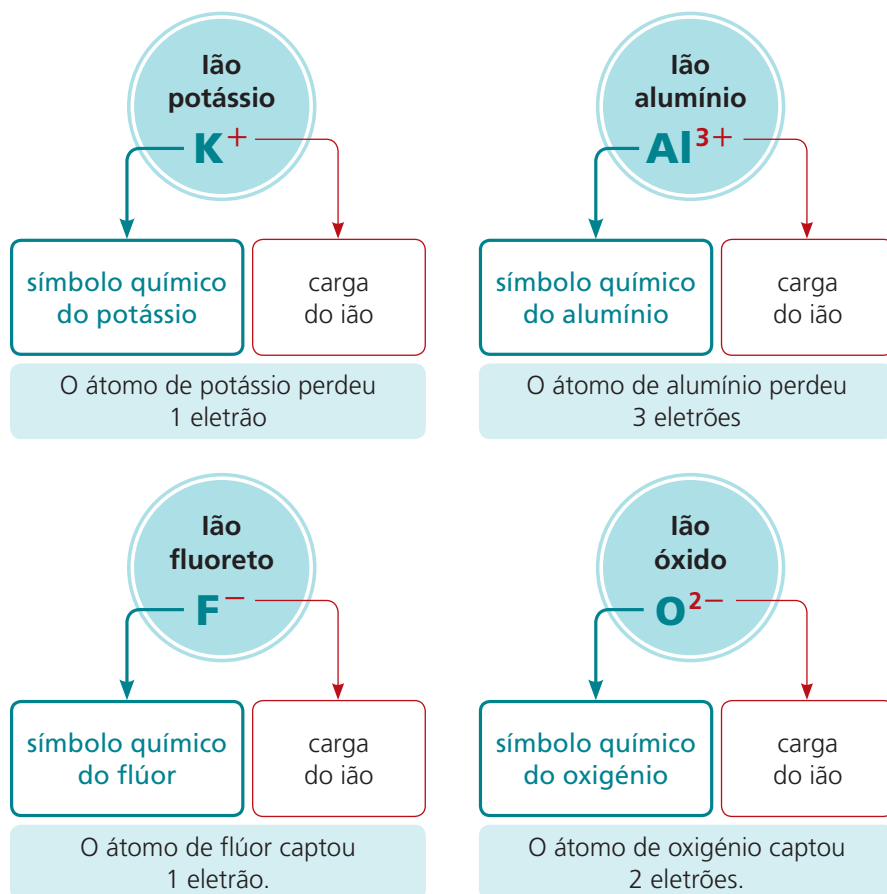
Os iões, tal como os átomos e as moléculas, têm uma representação simbólica universal.

A **representação dos iões** deve referir:

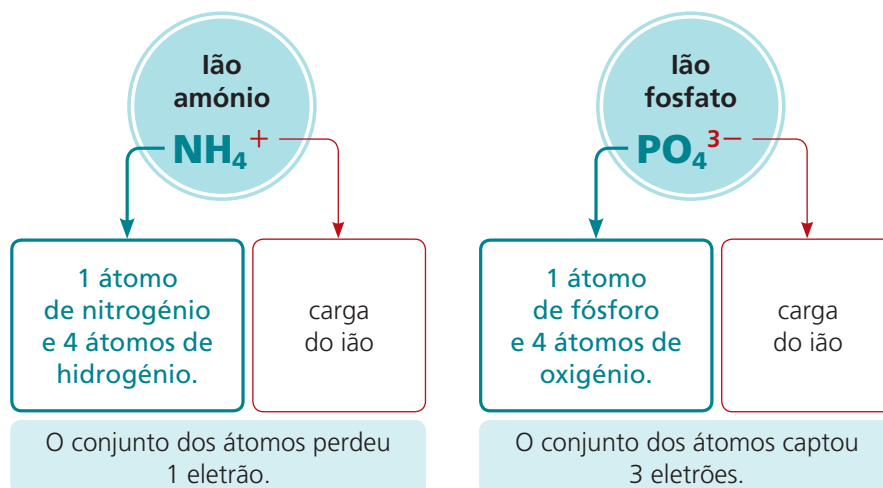
- o **símbolo químico** do átomo ou do **conjunto de átomos** que lhe deu origem;
- a **carga** do ião que é escrita, colocando em **índice superior direito** o **número** e o **sinal** da carga. Quando se perde ou ganha apenas um elétron, na carga, omite-se o número 1.

Se o **ião** é formado por **um só átomo**, denomina-se **ião monoatômico**; se é formado por **mais do que um átomo**, denomina-se **ião poliatômico**.

Iões monoatômicos



Iões poliatômicos



Na tabela seguinte estão representados simbolicamente alguns catiões e aniões e os respetivos nomes.

Representação simbólica de alguns iões			
Catiões — iões positivos		Aniões — iões negativos	
Nome	Representação simbólica	Nome	Representação simbólica
Alumínio	Al^{3+}	Brometo	Br^-
Amónio	NH_4^+	Carbonato	CO_3^{2-}
Bário	Ba^{2+}	Cloreto	Cl^-
Cálcio	Ca^{2+}	Cromato	CrO_4^{2-}
Chumbo	Pb^{2+}	Dicromato	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
Cobre(I)	Cu^+	Fosfato	PO_4^{3-}
Cobre(II)	Cu^{2+}	Fluoreto	F^-
Ferro(II)	Fe^{2+}	Hidrogenocarbonato	HCO_3^-
Ferro(III)	Fe^{3+}	Hidróxido	OH^-
Hidrogénio	H^+	Iodeto	I^-
Magnésio	Mg^{2+}	Nitrato	NO_3^-
Potássio	K^+	Óxido	O^{2-}
Prata	Ag^+	Permanganato	MnO_4^-
Sódio	Na^+	Sulfato	SO_4^{2-}
Zinco	Zn^{2+}	Sulfureto	S^{2-}

As **substâncias iónicas** são **neutras**, uma vez que são constituídas por aniões e catiões, numa proporção tal que o **número de cargas negativas iguala o número de cargas positivas**.

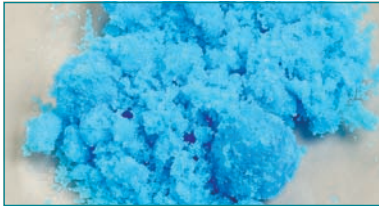
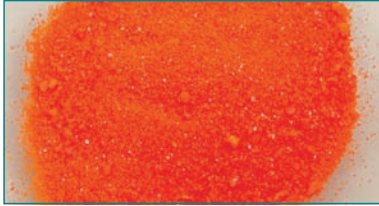
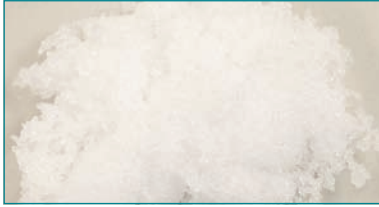
Substâncias iónicas
↓
n.º de cargas positivas =
= n.º de cargas negativas

■ Representação simbólica de substâncias iônicas

Para escrever o **nome** e a **fórmula química** de substâncias iônicas, é necessário ter em conta que:

- na sua fórmula química, representa-se primeiro o ião positivo e depois o ião negativo;
- no seu nome, refere-se primeiro o nome do ião negativo e só depois o nome do ião positivo;
- o número de cargas positivas e negativas tem de ser igual, pelo que é necessário fazer o acerto no número de cátions e aniões.

Apresentam-se de seguida alguns exemplos.

Substância	Proporção entre cátions e aniões	Fórmula química
Cloreto de sódio 	N.º de cargas positivas: 1 N.º de cargas negativas: 1 Cada catião combina-se com um anião. Proporção: 1:1	Ião sódio Ião cloreto Na^+ Cl^- $\text{Na}^+ \text{Cl}^-$ NaCl
Sulfato de cobre(II) 	N.º de cargas positivas: 2 N.º de cargas negativas: 2 Cada catião combina-se com um anião. Proporção: 1:1	Ião cobre(II) Ião sulfato Cu^{2+} SO_4^{2-} $\text{Cu}^{2+} \text{SO}_4^{2-}$ CuSO₄
Dicromato de potássio 	N.º de cargas positivas: 1 N.º de cargas negativas: 2 Cada anião combina-se com dois cátions. Proporção: 2:1	Ião potássio Ião dicromato K^+ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ $(\text{K}^+)_2 \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ K₂Cr₂O₇
Nitrato de magnésio 	N.º de cargas positivas: 2 N.º de cargas negativas: 1 Cada catião combina-se com dois aniões Proporção: 1:2	Ião magnésio Ião nitrato Mg^{2+} NO_3^- $\text{Mg}^{2+} (\text{NO}_3^-)_2$ Mg(NO₃)₂
Óxido de ferro(III) 	N.º de cargas positivas: 3 N.º de cargas negativas: 2 Dois cátions combinam-se com três aniões. Proporção: 2:3	Ião ferro(III) Ião óxido Fe^{3+} O^{2-} $(\text{Fe}^{3+})_2 (\text{O}^{2-})_3$ Fe₂O₃

Os compostos iônicos aparecem com muita frequência na Natureza e têm várias aplicações.

O guano, fertilizante natural constituído por excrementos de aves marinhas, é uma mistura de nitratos e fosfatos. O calcário, largamente utilizado na construção de edifícios (Fig. 17), ou as conchas/placas de alguns animais (Fig. 18) têm como principal constituinte o carbonato de cálcio.

Outros exemplos de aplicação são: o sulfato de sódio na produção de vidro, o sulfato de cobre no tratamento da vinha e o fosfato de cálcio no fabrico de pasta de dentes.



Fig. 17 O Mosteiro da Batalha é exemplo de uma construção calcária.



Fig. 18 As conchas [A] e as placas das estrelas-do-mar têm na sua constituição carbonato de cálcio [B].

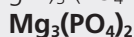
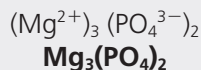
EXERCÍCIO RESOLVIDO

1. Escreve a fórmula química do fosfato de magnésio e do hidróxido de cálcio.

RESOLUÇÃO

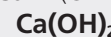
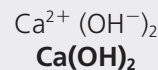
lão magnésio
 Mg^{2+}

lão fosfato
 PO_4^{3-}



lão cálcio
 Ca^{2+}

lão hidróxido
 OH^-



ATIVIDADES

- Escreve a fórmula química dos compostos iônicos:

a) nitrato de potássio;	d) cloreto de magnésio;	g) fosfato de cálcio;
b) fosfato de alumínio;	e) óxido de sódio;	h) hidrogenocarbonato de lítio;
c) carbonato de cálcio;	f) sulfato de alumínio;	i) hidróxido de amónio.
- Escreve o nome dos compostos iônicos cuja fórmula se apresenta:

a) CuS	c) Ag_2CO_3	e) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	g) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
b) LiF	d) $\text{Fe}(\text{OH})_3$	f) $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	h) Cu_3PO_4

■ Variação da massa durante uma reação química

Durante uma **reação química**, as substâncias iniciais — **reagentes** — transformam-se em novas substâncias — **produtos de reação** —, com propriedades diferentes das primeiras. Assim, por exemplo, ao adicionar uma solução aquosa de iodeto de potássio a outra de nitrato de chumbo, forma-se um sólido amarelo, iodeto de chumbo, ficando em solução aquosa o nitrato de potássio. O esquema de palavras que traduz esta reação é:

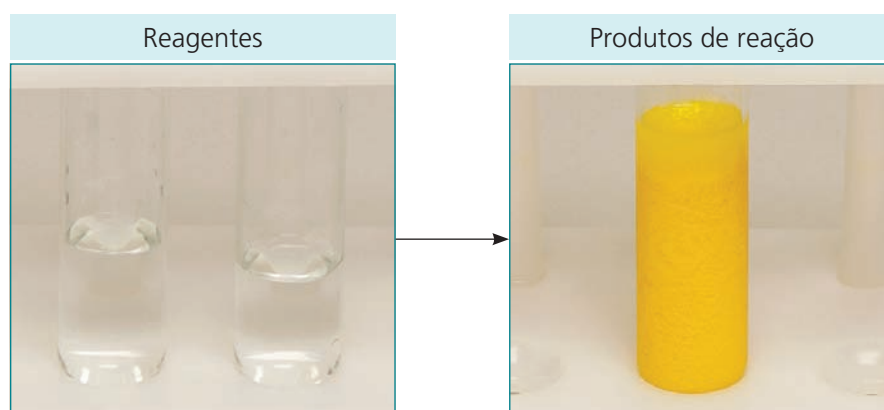


Fig. 19 Antoine Lavoisier (1743-1794). Cientista francês que enunciou o Princípio da Conservação da Massa.

Durante a reação química, a massa dos reagentes diminui e a dos produtos de reação aumenta.

Mas será que estas massas são iguais?

Foi Antoine Lavoisier (**Fig. 19**) que deu resposta a esta questão.

Lavoisier foi um cientista francês e considerado o pai da Química moderna. Filho de um nobre, formou-se em Direito mas nunca exerceu a profissão, pois o seu interesse era a Ciência. Foi o primeiro a observar, por exemplo, que a água é uma substância formada por hidrogénio e oxigénio.

Defendia que apenas as suposições e hipóteses comprovadas experimentalmente deveriam ser valorizadas.

Durante o seu trabalho de pesquisa, Lavoisier pesava todos os reagentes e todos os produtos formados durante as reações químicas, tendo chegado à conclusão de que a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos de uma reação. Isto é, há **conservação da massa total**.

Aos 51 anos, durante a Revolução Francesa, Lavoisier foi acusado de desviar dinheiro público, pelo que foi preso, julgado e condenado à morte. Morreu guilhotinado em 1794.

Lavoisier provou que, durante uma reação química, há conservação da massa total.

ATIVIDADE LABORATORIAL

VARIAÇÃO DA MASSA DOS REAGENTES E DOS PRODUTOS DE REAÇÃO DURANTE UMA REAÇÃO QUÍMICA

O objetivo desta atividade laboratorial é verificar experimentalmente se há conservação da massa total durante uma reação química.

MATERIAL:

- Copo de precipitação
- 6 tubos de ensaio
- 6 rolhas de borracha
- Balança

REAGENTES:

- Solução aquosa de nitrato de chumbo
- Solução aquosa de iodeto de potássio
- Solução aquosa de cloreto de sódio
- Solução aquosa de nitrato de prata
- Solução aquosa de hidróxido de sódio
- Solução aquosa de sulfato de cobre(II)

PROCEDIMENTO:

1. Coloca dois tubos de ensaio tapados com uma rolha de borracha num copo de precipitação em cima da balança e usa a função «tara», para que o valor indicado no mostrador da balança seja zero [A].
2. Verte para um dos tubos de ensaio cerca de 5 mL de solução aquosa de iodeto de potássio e volta a tapá-lo com a rolha.
3. Verte para o outro tubo de ensaio cerca de 5 mL de solução aquosa de nitrato de chumbo e volta a tapá-lo com a rolha.
4. Regista o valor total da massa [B].
5. Adiciona, com cuidado, o conteúdo de um dos tubos de ensaio ao conteúdo do outro tubo de ensaio e tapa ambos os tubos de ensaio.
6. Coloca de novo os tubos de ensaio dentro do copo de precipitação e regista o valor indicado na balança [C].
7. Repete os procedimentos anteriores com as soluções de cloreto de sódio e nitrato de prata e com as soluções de hidróxido de sódio e sulfato de cobre(II).



RESULTADOS:

1. Qual é o valor das massas dos reagentes e dos produtos da reação, em cada caso?

CONCLUSÕES:

1. O valor da massa dos reagentes é diferente do valor da massa dos produtos de reação?

■ Princípio da Conservação da Massa ou Lei de Lavoisier

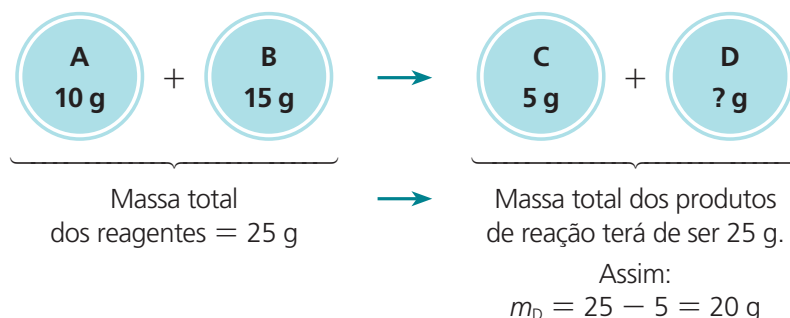
Como se pode concluir da atividade da página anterior, a **massa total dos reagentes é igual à massa total dos produtos de reação**. Salienta-se o facto de, nas reações da atividade laboratorial proposta, não existirem no sistema reacional substâncias gasosas. Caso existam, é necessário realizar a reação num sistema fechado para que o **Princípio da Conservação da Massa** ou **Lei de Lavoisier** seja observável.

Durante uma reação química, **há sempre conservação da massa**. A Lei de Lavoisier verifica-se em qualquer reação química, apesar de durante a mesma a massa dos reagentes diminuir e a massa dos produtos de reação aumentar. A massa total mantém-se constante.

A Lei de Lavoisier pode enunciar-se da seguinte forma:

Num sistema reacional, a massa total dos reagentes é igual à massa total dos produtos de reação.

Desta forma, tem-se, por exemplo:



ATIVIDADES

- Transcreve para o teu caderno o texto que se segue, completando corretamente os espaços em branco.
 Durante uma (1) (2), há sempre conservação da (3). Esta conclusão constitui a Lei de (4) ou o Princípio da (5) da Massa e pode ser enunciada da seguinte forma: num sistema (6), a massa (7) dos reagentes é igual à (8) total dos (9) de (10).
- Considera duas reações representadas genericamente pelos esquemas que se seguem e responde às questões.

$X + Y \rightarrow Z$
 $A \rightarrow B + C$

 - 2.1** Ao reagir 45 g de X com Y obtiveram-se 56 g de Z. Determina a massa de Y que reagiu.
 - 2.2** Decompueram-se 56,4 g de A, tendo-se obtido 17,9 g de C. Calcula a massa de B que se formou.
 - 2.3** Enuncia a lei que te permitiu responder às alíneas anteriores.
- Durante a eletrólise da água formaram-se 4 g de hidrogénio molecular e 32 g de oxigénio molecular. Admitindo que a água reagiu completamente, determina a massa de água decomposta.
- Investiga a vida e obra do cientista Antoine Lavoisier e elabora um pequeno resumo sobre o seu trabalho e a importância que teve para o desenvolvimento da Química.

Durante uma reação química, os reagentes transformam-se em novas substâncias, os produtos de reação. As unidades estruturais antes de ocorrer a reação são diferentes das unidades estruturais após a reação. Durante uma reação química há alteração das unidades estruturais das substâncias.

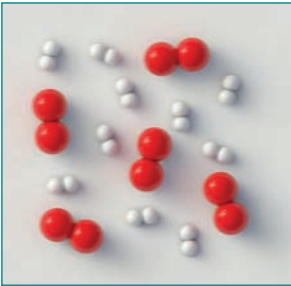
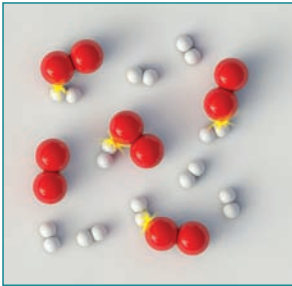
■ Reações químicas

Numa **reação química**, as unidades estruturais dos reagentes colidem entre si e pode ocorrer um **rearranjo dos átomos**, que conduz à formação de novas substâncias. No entanto, os átomos não se destroem nem se formam, verificando-se que **há conservação do número total dos átomos de cada elemento**.

Por exemplo, em certas condições, quando se colocam em contacto hidrogénio e oxigénio molecular, forma-se água.

De acordo com a teoria cinético-corpúscular, as moléculas de H_2 e de O_2 podem colidir entre si. Quando aquelas estão numa orientação adequada e possuem energia suficiente, a colisão é eficaz e ocorre a reação química. Assim, os átomos dos reagentes sofrem rearranjos, formando novas ligações e originando a molécula de H_2O .

Reação de formação da água segundo a teoria cinético-corpúscular

		
As moléculas dos reagentes estão em constante movimento.	As moléculas dos reagentes colidem entre si com determinada energia.	Quando as moléculas colidem com orientação adequada e energia suficiente, as colisões são eficazes, ou seja, formam-se os produtos de reação.

Como se pode observar, os átomos são os mesmos, em tipo e em número, antes e depois da reação.

Estão apenas ligados de forma diferente. As unidades estruturais, antes e depois da reação, não são as mesmas.

Durante uma reação química, o número total de átomos de cada elemento mantém-se constante.

SABER

Algumas reações químicas não são completas. Assim, misturadas com as moléculas de produtos de reação podem aparecer moléculas de reagentes.

Símbolos de estado

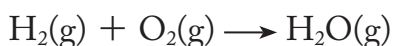
(g) — estado gasoso
 (l) — estado líquido
 (s) — estado sólido
 (aq) — dissolvido em solução aquosa

■ Esquemas químicos

As **reações químicas** podem ser traduzidas por **esquemas químicos**. Nestes:

- os reagentes estão separados dos produtos de reação por uma seta que indica o sentido da transformação;
- os reagentes e os produtos de reação são representados pelas respetivas fórmulas químicas, separadas entre si por um sinal +;
- devem ser indicados os **estados físicos** das substâncias, recorrendo aos **símbolos de estado**, que se colocam entre parênteses.

Assim, a reação química da formação da água a partir do hidrogénio e oxigénio moleculares pode ser traduzida pelo esquema químico:



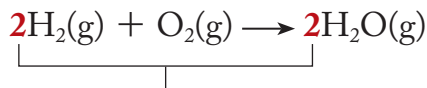
Este esquema tem a seguinte leitura: o hidrogénio e o oxigénio gasosos reagem entre si para originar água no estado gasoso.

Os esquemas químicos indicam os reagentes e os produtos de reação envolvidos na reação química e os seus estados físicos. No entanto, não têm em conta a Lei de Lavoisier.

■ Equações químicas e Lei de Lavoisier

Numa **reação química**, a **massa total** mantém-se **constante**. Como todos os átomos têm massa, o **número total de átomos de cada elemento** envolvido na reação tem de se **manter**.

Na **equação química** que traduz a reação de formação da água é necessário **indicar a proporção mínima** em que as substâncias reagem e se formam **para que o número total de átomos** de cada elemento se mantenha **constante**. Então, a equação química que traduz a reação da formação da água é:



Coefficientes estequiométricos

A equação química tem a seguinte leitura: duas moléculas de hidrogénio e uma molécula de oxigénio, no estado gasoso, reagem entre si, formando duas moléculas de água no estado gasoso.

Pode verificar-se que o número total de átomos de cada elemento se mantém: 4 átomos de hidrogénio e 2 átomos de oxigénio.

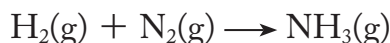
Os números que aparecem à esquerda das fórmulas químicas das substâncias e na mesma linha são os **coeficientes estequiométricos**. Indicam a proporção mínima em que as substâncias reagem e se formam para que se verifique a Lei de Lavoisier.

■ Escrita de equações químicas

Para escrever uma **equação química** é necessário colocar **antes** da **fórmula química** de cada substância, e ao **mesmo nível**, os **coeficientes estequiométricos** necessários para que o **número de átomos de cada elemento se mantenha constante**.

Para acertar um esquema químico, devem respeitar-se os seguintes passos:

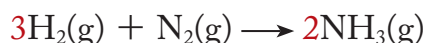
1. Escrever o esquema químico que traduz a reação. Por exemplo:



2. Contar o número de átomos de cada elemento nos reagentes e nos produtos de reação e verificar que, neste caso, não existe igualdade no número de átomos de hidrogénio e nitrogénio nos reagentes e nos produtos de reação.

Elemento	Reagentes	Produtos de reação
H	2 átomos	3 átomos
N	2 átomos	1 átomo

3. Determinar os **coeficientes estequiométricos**, para que se verifique a Lei de Lavoisier. Estes devem ser escritos sempre **antes das fórmulas químicas das substâncias e ao mesmo nível**.



Como se verifica, o número de átomos de cada elemento é igual nos dois lados da equação:

Elemento	Reagentes	Produtos de reação
H	$3 \times 2 = 6$ átomos	$2 \times 3 = 6$ átomos
N	2 átomos	$2 \times 1 = 2$ átomos

Os coeficientes estequiométricos permitem o acerto dos esquemas químicos, uma vez que indicam a proporção mínima para que se verifique o Princípio da Conservação da Massa.

ATIVIDADES

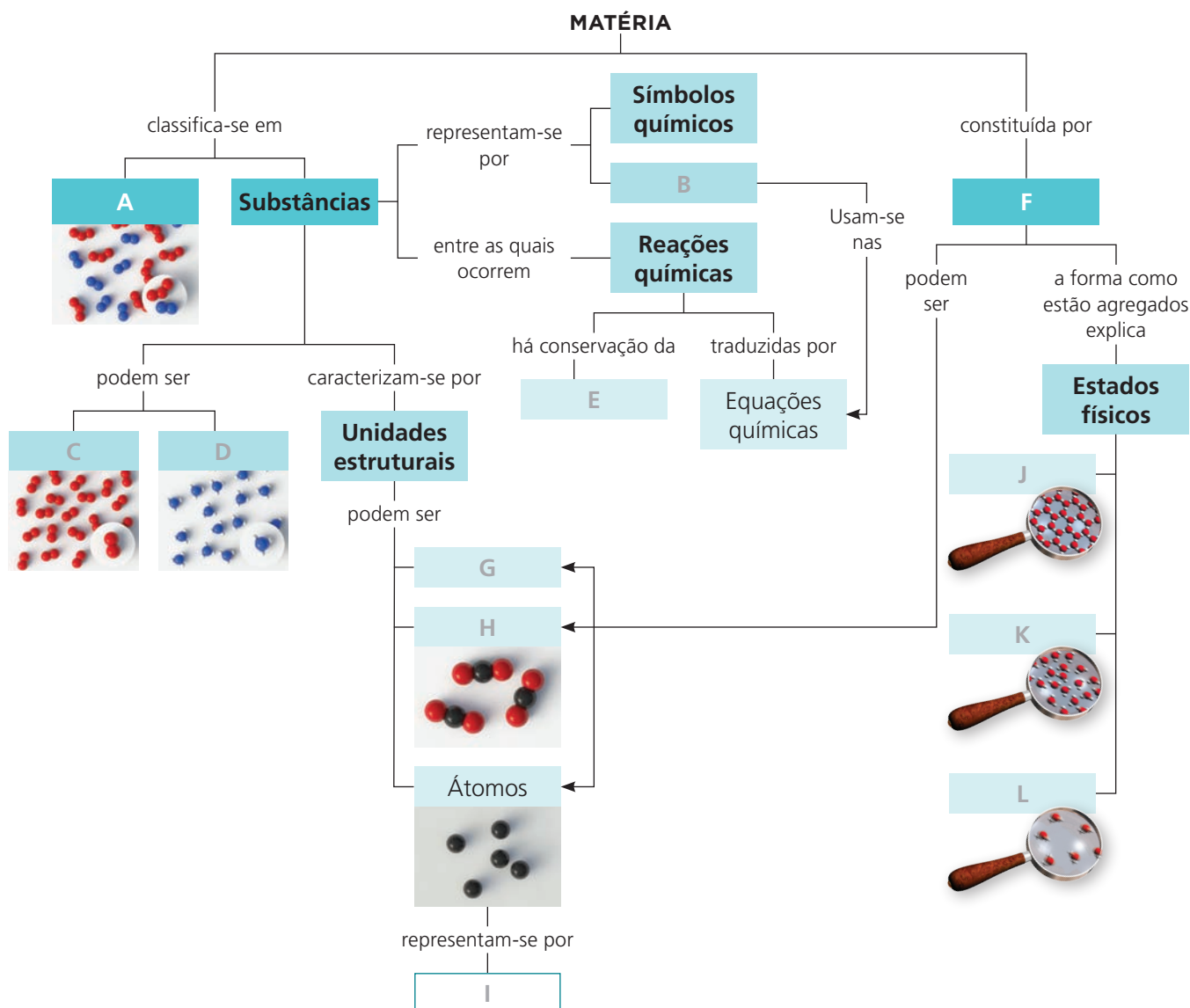
1. Refere, para cada caso, o número de átomos de cada elemento que está representado:
 - a) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$
 - b) $3\text{H}_2\text{O}$
 - c) $2\text{C}_2\text{H}_2$
 - d) $\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2$
2. Transcreve para o teu caderno os esquemas químicos e acerta-os de acordo com a Lei de Lavoisier:
 - a) $\text{Li}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{Li}_2\text{O}(\text{s})$
 - b) $\text{Cu}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CuO}(\text{s})$

IDEIAS-CHAVE

- A matéria é constituída por pequeníssimos corpúsculos — **átomos, moléculas e iões**.
- Os **corpúsculos** estão em **permanente movimento**, que é tanto mais rápido quanto maior for a temperatura a que se encontram. Entre os corpúsculos existe **espaço vazio**.
- A **diferença** entre os **estados físicos** da matéria pode ser interpretada com base na **liberdade de movimentos** dos corpúsculos que constituem os materiais e a maior ou menor **intensidade da força de coesão** entre eles.
- A **pressão** de um gás é tanto maior quanto maior for a intensidade da força que os corpúsculos exercem por unidade de área.
- Quando se **umenta a quantidade de corpúsculos** num recipiente de volume fixo, mantendo-se a temperatura constante, a **pressão** no interior daquele também **umenta**.
- Quando o **volume** de uma certa quantidade de gás **diminui**, mantendo-se a quantidade de partículas e a temperatura constantes, a **pressão aumenta**.
- Quando se **umenta a temperatura** de uma certa quantidade de gás contido num recipiente de volume fixo, **umenta a pressão** exercida pelo gás.
- Nas **substâncias atómicas**, a unidade estrutural é o **átomo**.
- Átomos com o mesmo número de protões são átomos do mesmo elemento químico.
- Cada **elemento químico** é representado pelo seu **símbolo químico**.
- Quando se escreve o **símbolo químico** de um elemento químico também se está a representar **um átomo** desse elemento.
- Para representar mais do que um átomo livre deve indicar-se, **antes do símbolo químico e ao mesmo nível**, o **número de átomos** que se quer representar.
- As unidades estruturais das **substâncias moleculares** são as moléculas que se representam pela **fórmula química**. Esta simboliza **uma molécula** dessa substância.
- As **substâncias elementares** caracterizam-se por possuírem unidades estruturais constituídas por **átomos do mesmo elemento químico**.
- As **substâncias compostas** caracterizam-se por possuírem unidades estruturais constituídas por **átomos de diferentes elementos químicos**.
- As **substâncias iónicas** têm como unidade estrutural os **íões**, partículas que se formam quando um átomo ou conjuntos de átomos ganha ou perde um ou mais eletrões.
- Os **íões** podem ter carga elétrica negativa — **aniões** — ou carga elétrica positiva — **catiões**.
- Para escrever as **fórmulas químicas** das **substâncias iónicas** têm de se conhecer os **íões** presentes e as **suas proporções**.
- Durante uma **reação química**, há sempre **conservação da massa total**. A **Lei de Lavoisier** enuncia que, num sistema fechado, a massa total dos reagentes é igual à massa total dos produtos de reação.
- Uma **reação química** é traduzida por uma **equação química**, em que o **número total** de átomos de cada elemento se **mantém**.

ESQUEMATIZAR

1. Completa o esquema substituindo as letras pelos termos corretos.

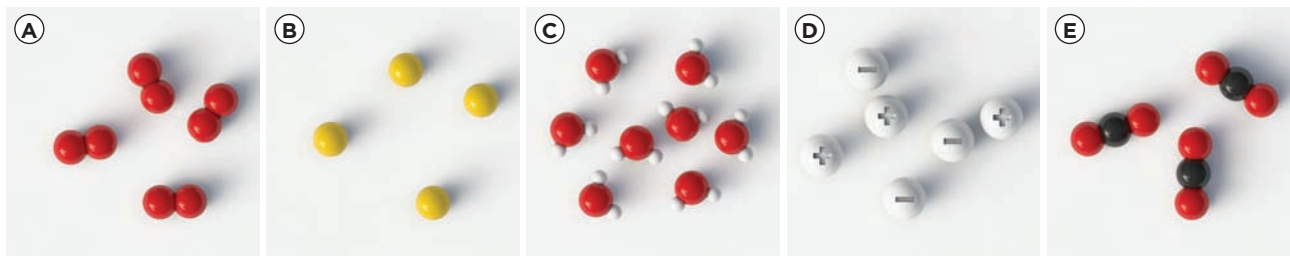


VERIFICAR

2. Classifica as frases que se seguem como verdadeiras (V) ou falsas (F) e corrige, no teu caderno, as falsas.
- Todas as substâncias são constituídas por corpúsculos que estão em permanente movimento.
 - Não há espaços vazios entre os corpúsculos.
 - No estado sólido, os corpúsculos têm grande liberdade de movimentos.
 - As forças de coesão entre os corpúsculos são mais intensas no estado sólido do que no estado líquido.
 - A solidificação é um processo que corresponde a uma menor organização dos corpúsculos.
3. Da lista de propriedades que se seguem, identifica as que se referem aos sólidos, aos líquidos e aos gases.
- Têm volume constante.
 - Adquirem a forma do recipiente que os contém.
 - São dificilmente compressíveis.
 - Têm forma constante.
 - Têm volume variável.

4. Explica como varia a pressão de uma dada massa de gás, quando:
- se aumenta a temperatura, sendo o volume constante;
 - se aumenta o volume, sendo a temperatura constante.

5. Observa as imagens.



5.1 Refere, para cada caso, a unidade estrutural presente.

5.2 Classifica em elementar ou composta cada uma das substâncias. Justifica a tua resposta.

5.3 Tendo em atenção a legenda, representa simbolicamente as substâncias das figuras A, B, C e E.

● = átomo de oxigénio; ● = átomo de enxofre;
 ● = átomo de hidrogénio; ● = átomo de carbono.

6. As frases que se seguem são todas falsas. Transcreve-as para o teu caderno devidamente corrigidas.

- As unidades estruturais constituintes da matéria são os átomos e os iões.
- Os átomos e as moléculas são partículas eletricamente positivas.
- Os núcleos dos átomos são constituídos por neutrões e eletrões.
- Os catiões formam-se quando um átomo ou conjunto de átomos capta um ou mais eletrões.
- Nos aniões, o número de prótons é superior ao número de eletrões.
- Nas substâncias moleculares, as unidades estruturais são os átomos.

7. Refere o significado físico das representações simbólicas que se seguem:

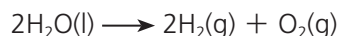
- | | | | |
|------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| a) Fe | d) 6CO | g) 7CO_3^{2-} | j) SO_3 |
| b) 4N | e) 6Al | h) 2O | k) 3NH_4^+ |
| c) 3O_2 | f) Ca^{2+} | i) $5\text{H}_2\text{O}$ | l) 10NH_3 |

8. Assinala a opção que permite completar corretamente a frase seguinte.

Ao acertar um esquema químico...

- ... os reagentes e os produtos de reação devem estar no mesmo estado físico.
- ... o número de moléculas deve ser igual nos reagentes e nos produtos de reação.
- ... o número de átomos de cada elemento deve ser igual nos reagentes e nos produtos de reação.
- ... todas as moléculas que aparecem nos reagentes têm de estar sempre presentes nos produtos de reação.

9. Um grupo de alunos fez a eletrólise da água. A reação que ocorreu pode ser representada por:



Assinala, para cada caso, a opção correta.

9.1 Nesta equação, estão representados:

- um reagente e três produtos de reação.
- dois reagentes e três produtos de reação.
- dois reagentes e dois produtos de reação.
- um reagente e dois produtos.

9.2 A água é uma substância composta, porque a molécula de água, H_2O , é constituída por:

- A. átomos do mesmo elemento.
- B. átomos de elementos diferentes.
- C. três átomos.
- D. dois átomos.

9.3 Durante a reação, a massa dos reagentes:

- A. aumenta e a massa total dos reagentes e dos produtos de reação varia.
- B. aumenta e a massa total dos reagentes e dos produtos de reação não varia.
- C. diminui e a massa total dos reagentes e dos produtos de reação varia.
- D. diminui e a massa total dos reagentes e dos produtos de reação não varia.

9.4 Quando se decompõem completamente 36 g de H_2O , formam-se:

- A. 4 g de H_2 e 40 g de O_2 .
- B. 8 g de H_2 e 16 g de O_2 .
- C. 4 g de H_2 e 32 g de O_2 .
- D. 16 g de H_2 e 8 g de O_2 .

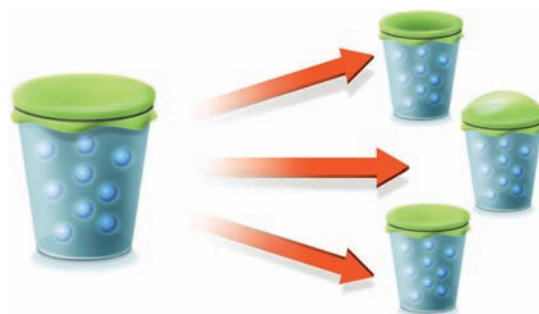
(exercício adaptado do teste intermédio do GAVE, 2011)

APLICAR

10. Observa atentamente a atividade laboratorial que a figura sugere: inicialmente, um copo contendo uma determinada quantidade de ar foi tapado com uma membrana elástica. Este copo foi colocado a diferentes temperaturas: $-5\text{ }^\circ\text{C}$, $25\text{ }^\circ\text{C}$ e $75\text{ }^\circ\text{C}$.

10.1 Faz a correspondência correta entre cada copo e a temperatura, justificando a tua resposta.

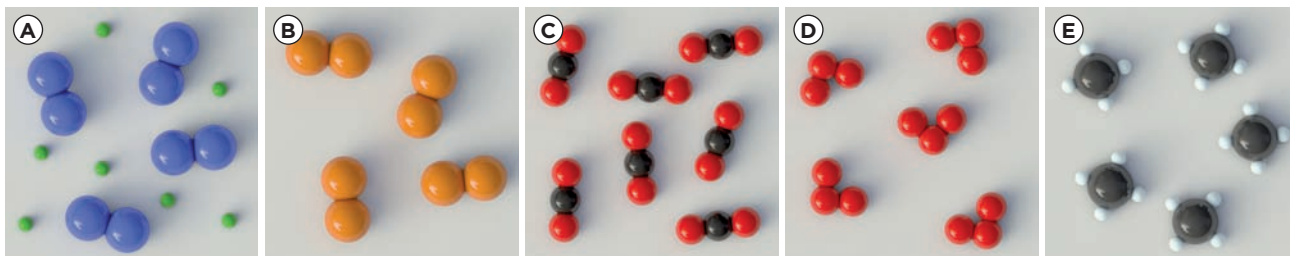
10.2 Supõe agora que o volume do recipiente não se alterava. Justifica a que temperatura as partículas do interior do copo exerceriam maior pressão.



11. Explica as situações seguintes.

- A. O João estava no quarto a estudar e sentiu o cheiro do bolo que a mãe estava a fazer na cozinha.
- B. O volume final de um copo de água salgada é diferente da soma dos volumes iniciais de água e sal.

12. Observa as imagens e responde às questões.



12.1 Selecciona, justificando, as substâncias elementares.

12.2 Selecciona, justificando, as substâncias compostas.

12.3 Indica o esquema onde esteja representada uma substância elementar cuja unidade estrutural seja uma molécula triatómica.

12.4 Indica o esquema onde esteja representada uma substância composta cuja unidade estrutural seja uma molécula poliatômica.

13. Utilizando o símbolo químico do oxigénio, representa simbolicamente:

- a) dois átomos de oxigénio; d) uma molécula triatómica de ozono;
 b) uma molécula diatómica de oxigénio; e) quatro moléculas de oxigénio;
 c) três átomos de oxigénio; f) cinco moléculas de ozono.

14. Descreve a constituição das moléculas representadas pelas fórmulas químicas:

- a) C_8H_{18} c) CH_3NH_2 e) I_2 g) N_2
 b) CO_2 d) PCl_5 f) HF h) SO_2

15. Completa corretamente a tabela que se segue.

Representação simbólica	N.º de átomos de cada elemento	Tipo de molécula	Tipo de substância
$2S_8$	_____ a) _____	poliatómica	_____ b) _____
_____ c) C_2H_6	4 átomos de carbono _____ d) _____	_____ e) _____	Composta
$4NH$ _____ f) _____	_____ g) _____ 12 átomos de hidrogénio	_____ h) _____	_____ i) _____
$2CH_3NH_2$	_____ j) _____ _____ k) _____ _____ l) _____	_____ m) _____	_____ n) _____

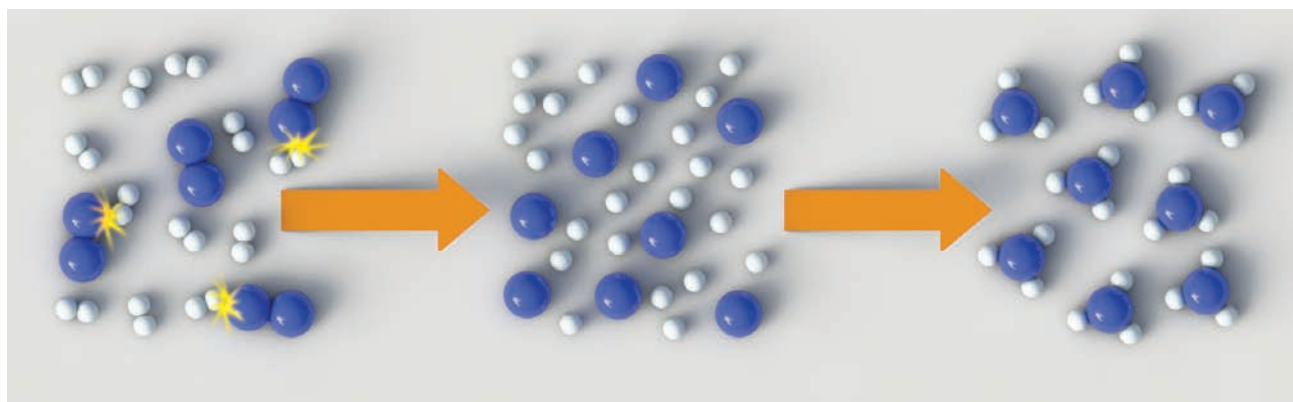
16. Recorrendo à tabela da página 29, escreve o nome dos compostos iónicos cujas fórmulas se apresentam:

- a) $CaBr_2$ c) $(NH_4)_2S$ e) Na_3PO_4 g) $LiHCO_3$
 b) $Al(OH)_3$ d) $Cu(NO_3)_2$ f) $Al_2(SO_4)_3$ h) $MgCl_2$

17. Recorrendo à tabela de iões da página 29, escreve as fórmulas químicas das substâncias iónicas:

- a) Nitrato de sódio; c) Carbonato de cobre(I); e) Óxido de potássio;
 b) Cromato de cálcio; d) Carbonato de cobre(II); f) Fosfato de alumínio.

18. Observa o esquema, que representa a formação das moléculas de amoníaco, NH_3 , a partir do hidrogénio e do nitrogénio molecular, e responde às questões.



18.1 Com base na teoria cinético-corpúscular, explica a formação das moléculas de amoníaco.

18.2 Escreve a equação química que traduz a reação de formação do amoníaco.

- 19.** Considera a reação entre o etano (C_2H_6) e o oxigénio molecular (O_2), ambos gasosos, para formar dióxido de carbono (CO_2) e vapor de água (H_2O).
- 19.1** Escreve a equação química que traduz a reação descrita.
- 19.2** Determina a massa de etano consumida, sabendo que reagiram 224 g de oxigénio e se formaram 284 g de produtos de reação.
- 20.** Acerta os esquemas químicos de forma a obteres equações químicas:
- a)** $\text{K(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \longrightarrow \text{K}_2\text{O(s)}$
- b)** $\text{SO}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \longrightarrow \text{SO}_3\text{(g)}$
- c)** $\text{S}_8\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \longrightarrow \text{SO}_2\text{(g)}$
- d)** $\text{HBr(aq)} + \text{Ca(OH)}_2\text{(aq)} \longrightarrow \text{CaBr}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
- e)** $\text{O}_2\text{(g)} \longrightarrow \text{O}_3\text{(g)}$
- f)** $\text{KClO}_3\text{(s)} \longrightarrow \text{KCl(s)} + \text{O}_2\text{(g)}$
- g)** $\text{HCl(aq)} + \text{Ca(OH)}_2\text{(aq)} \longrightarrow \text{CaCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
- 21.** Escreve o nome de todas as substâncias envolvidas nas reações da questão anterior, identificando para cada caso o tipo de unidade estrutural.
- 22.** Escreve as equações químicas das reações descritas.
- a)** A água-oxigenada líquida, H_2O_2 , decompõe-se em oxigénio molecular gasoso e água.
- b)** O magnésio sólido reage com o oxigénio gasoso para formar o óxido de magnésio sólido.
- c)** O carbonato de cálcio sólido decompõe-se por ação do calor, originando óxido de cálcio sólido e dióxido de carbono gasoso.
- 23.** Durante as aulas realizaste uma atividade laboratorial que te permitiu verificar a Lei de Lavoisier (página 33).
- 23.1** Escreve as equações químicas das três reações envolvidas na atividade laboratorial.
- 23.2** Refere um cuidado que tem de se ter quando se pretende verificar experimentalmente a Lei da Conservação da Massa.



As transformações químicas contribuem para a modificação do Planeta: gruta calcária com estalactites e estalagmites.

Ácidos, bases e sais

As pastilhas para a indigestão empregam a química dos ácidos para aliviar as dores de estômago. Contêm bases que reagem com uma parte do ácido existente no estômago e o neutralizam, reduzindo a sua concentração.

Quando os ácidos e as bases são misturados, combinam-se numa reação química denominada neutralização, formando água e um sal.

N. MORGAN,
«A Química», *A Nova Enciclopédia das Ciências*,
Círculo de Leitores, 1994 (adaptado)

COMEÇA POR...

OBSERVAR

1. Como se designam as estruturas que surgem do chão e do teto da gruta?
2. O líquido que escorre através destas estruturas será água pura?

INTERPRETAR

3. Como se pode anular ou reduzir o efeito de um ácido?
4. Quais são os produtos formados na reação entre um ácido e uma base?

REFLETIR

5. Serão todos os ácidos perigosos?
6. Haverá algo em comum entre as formações calcárias das grutas e o calcário que se acumula nas resistências das máquinas de lavar?

AS TUAS METAS

- Conhecer diferentes tipos de reações químicas.
- Apresentar reações químicas por equações químicas.

■ O que são reações de combustão?

As **reações de combustão** são designadas em linguagem corrente por queimas e caracterizam-se pela combinação entre:

- **combustível** — o material que arde;
- **comburente** — substância que alimenta a combustão, o oxigénio.

A combustão é uma reação química entre uma substância (combustível) e um gás (comburente), geralmente, o oxigénio. Durante a reação de combustão são formados diversos produtos resultantes da combustão dos reagentes.

Para que a reação se inicie é ainda necessário **energia**, por exemplo, para acender um fósforo é necessário friccioná-lo na lixa (**Fig. 1**).

Estas reações são normalmente acompanhadas de grande libertação de calor e de emissão de luz (chama), sendo os produtos de reação genericamente designados por **óxidos**.



Fig. 1 Para iniciar a combustão no fósforo é necessário energia, por isso se faz a sua fricção na lixa.

ATIVIDADE LABORATORIAL

COMBUSTÃO DO SÓDIO

MATERIAL:

- Cápsula
- Estilete ou x-ato
- Pinça
- Álcool
- Sódio
- Fósforos

PROCEDIMENTO:

1. Com o auxílio de um estilete ou x-ato retira uma pequena porção de sódio do frasco.
2. Coloca um pouco de álcool na cápsula e aproxima um fósforo aceso.
3. Com o auxílio da pinça, adiciona cuidadosamente o pequeno pedaço de sódio.

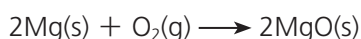
ANÁLISE:

1. Qual é a cor da chama que observas?
2. Qual é a cor do resíduo obtido no copo de combustão? Qual é o seu estado físico?
3. Sabendo que um dos constituintes do resíduo referido é o óxido de sódio (Na_2O), escreve uma equação química que traduza a reação entre o sódio (Na) e o oxigénio (O_2).



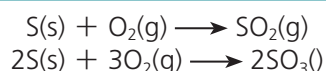
Combustão do magnésio

A combustão do magnésio caracteriza-se pela emissão de uma luz branca bastante intensa. Esta reação foi outrora usada para produzir o *flash* luminoso das máquinas fotográficas.



Combustão do enxofre

Na combustão do enxofre ocorre a emissão de luz azul/violeta e produzem-se óxidos de enxofre. Os óxidos de enxofre, quando são libertados para a atmosfera, originam chuvas mais ácidas do que a chuva normal.



■ Classificação das combustões

Nem todas as reações com o oxigênio são acompanhadas de chama. A respiração, por exemplo, pode ser considerada uma combustão, que proporciona a energia indispensável aos seres vivos. O oxigênio inspirado é transportado até às células, onde se combina com açúcar e origina dióxido de carbono, água e energia.

Também a formação de ferrugem é uma reação em que o ferro se combina com o oxigênio mas, em geral, ocorre de forma lenta, sem formação de chama.

Assim, podem distinguir-se **combustões lentas, vivas e explosivas**.



SABER

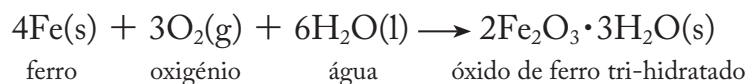
A respiração celular é um processo complexo em que ocorrem várias reações de oxidação-redução.

Classificação das combustões		
Combustão lenta		Ocorre a baixas temperaturas sem emissão de luz.
Combustão viva		Ocorre a temperaturas relativamente elevadas com formação de chama.
Combustão explosiva		Ocorre de forma violenta com chama e ruído intenso. Envolve gases ou sólidos finamente divididos.

■ Corrosão

A **corrosão** consiste num processo de deterioração dos materiais, nomeadamente dos metais.

A corrosão do ferro ocorre por exposição ao ar e à humidade, consistindo na formação de ferrugem, nome do óxido de ferro hidratado. Esta reação pode ser traduzida pela seguinte equação química:



O óxido de ferro hidratado é poroso e desfaz-se facilmente, permitindo o progresso do processo de deterioração.

Alguns metais, como o zinco e o alumínio, combinam-se com o oxigénio, originando óxidos que ficam aderentes ao próprio metal, pelo que não ficam sujeitos a este processo de deterioração.

É muito difícil eliminar a corrosão, mas alguns métodos permitem minimizar os seus efeitos. A pintura é um método muito utilizado em estruturas arquitetónicas construídas em ferro para a sua proteção

(Fig. 2).

Na construção de navios, é usual recorrer-se à cobertura com zinco. Nas latas de conserva, a estratégia adotada é a cobertura com estanho, metal que tem menos tendência a combinar-se com o oxigénio.



Fig. 2 Ponte 25 de Abril. Construída em ferro, que foi pintado para evitar a corrosão.

A **respiração**, a **corrosão** e as **reações de combustão** em geral fazem parte de um tipo de reações químicas denominadas **reações de oxidação-redução**.

■ Importância das combustões

As combustões têm grande aplicação a nível doméstico e industrial.

Importância das combustões		
Nos fogões e esquentadores a gás, ocorre a combustão de um gás para gerar calor, que serve para cozinhar os alimentos ou aquecer a água.		A combustão do gás natural, essencialmente constituído por metano (CH_4), pode ser traduzida pela equação química seguinte: $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
Nos veículos motorizados, a combustão da gasolina ou do gasóleo é usada para produzir movimento.		A gasolina é uma mistura de vários compostos, essencialmente constituídos por carbono e hidrogénio. Assim, os principais produtos da combustão da gasolina são a água e o dióxido de carbono.
Nas centrais termoelétricas faz-se a combustão de carvão ou de fuelóleo para aquecer água até à obtenção de vapor, que vai fazer movimentar as pás das turbinas.		O carvão é principalmente constituído por carbono, sendo a sua combustão traduzida pela equação química seguinte: $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g})$

Em algumas destas combustões podem formar-se óxidos de enxofre e óxidos de nitrogénio. Estes óxidos levam à formação de chuvas ácidas, as quais têm graves consequências a nível ambiental. Existem algumas formas de minimizar estes efeitos.

ATIVIDADES

- De entre as transformações seguintes, seleciona as que são combustões.
 - O leite azeda.
 - O pão fica com bolor.
 - A lenha arde na lareira.
 - A planta respira.
- Considera a combustão do cálcio (Ca) em oxigénio (O_2) para formar óxido de cálcio (CaO) e responde às questões.
 - Identifica nesta combustão o combustível.
 - Escreve a equação química da reação.
 - Classifica a combustão, sabendo que esta ocorre sem ruído e acompanhada de chama.
- Refere três exemplos que justifiquem a importância das combustões para o Homem.
- Explica em que consiste a corrosão e indica três métodos diferentes para proteger o ferro da corrosão.

■ Chuvas ácidas e smog

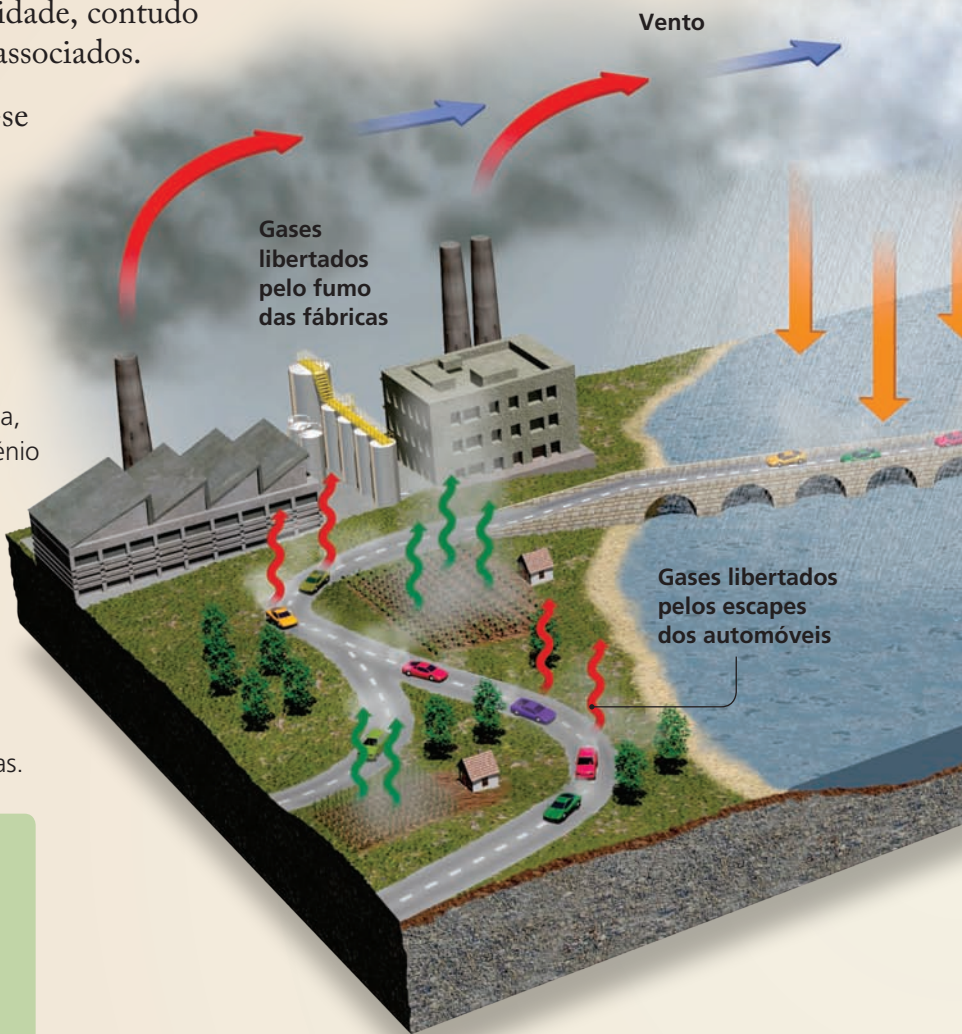
As combustões têm grande aplicabilidade, contudo também têm problemas ambientais associados.

O dióxido de carbono (CO_2) forma-se na maioria das combustões usadas pelo Homem. Este gás contribui para o aumento da temperatura média do Planeta — aquecimento global. Outros poluentes podem formar-se em algumas combustões.



Devido à existência de *smog* em certas cidades, as pessoas protegem-se com máscaras.

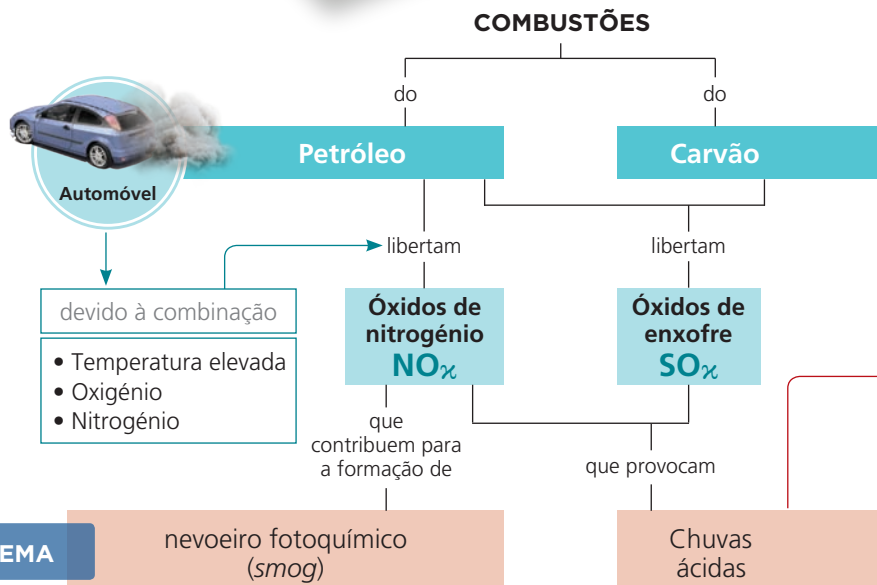
A temperatura elevada, o oxigénio e o nitrogénio podem combinar-se, originando **óxidos de nitrogénio** (NO_x). Estes contribuem para a formação de nevoeiro fotoquímico (*smog*) e também para a acidificação das chuvas.

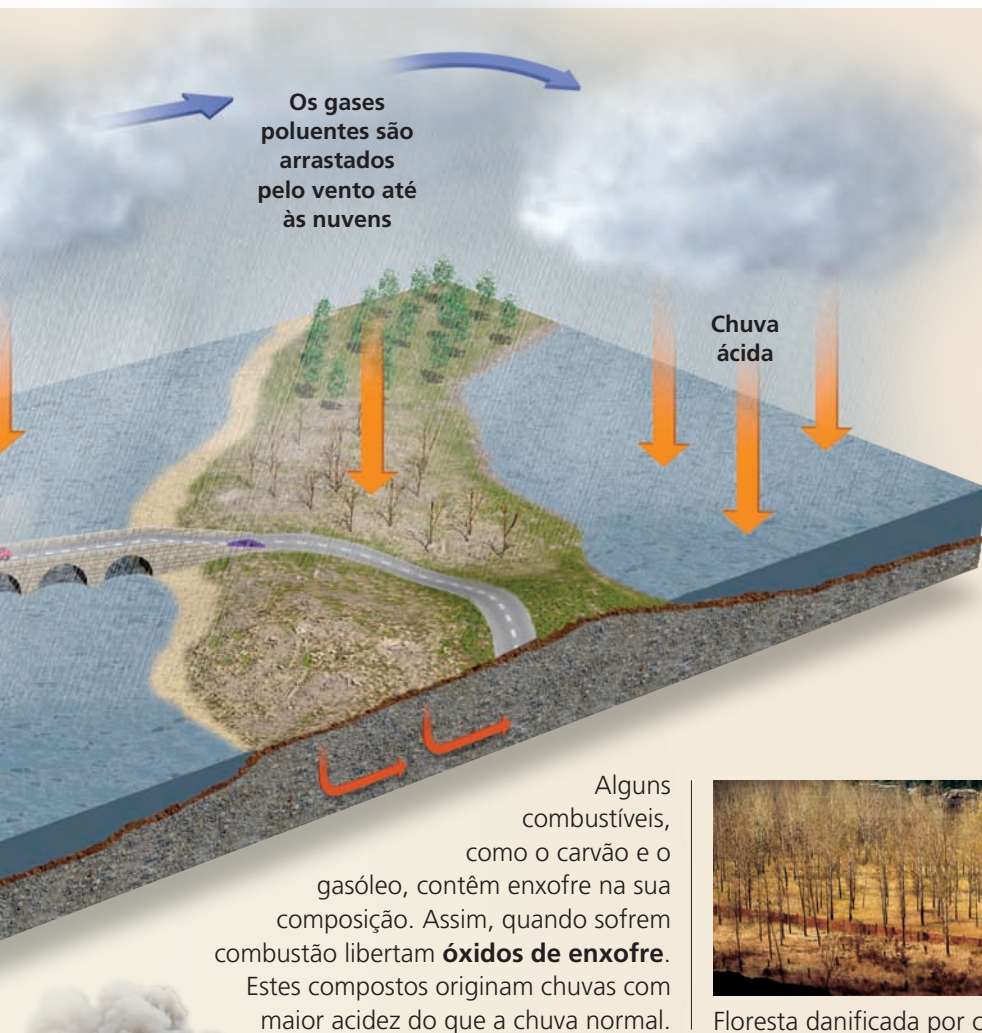


Quando as combustões não ocorrem de forma completa, devido a insuficiência de oxigénio, pode formar-se monóxido de carbono (CO) e libertar-se finas partículas do combustível — matéria particulada.

O monóxido de carbono é um gás que dificulta a respiração e pode causar a morte. A matéria particulada causa reações alérgicas e bronquites.

Nos veículos automóveis a formação de monóxido de carbono e de óxidos de nitrogénio pode ser enormemente diminuída pela utilização de catalisadores.





Reduzindo a quantidade de combustões que se realizam, também se reduz a quantidade de poluentes emitidos. Assim, algumas formas de minimizar a emissão de poluentes são:

- produzir energia elétrica por via hídrica, eólica, nuclear ou geotérmica;
- consumir energia elétrica de forma mais racional;
- utilizar os transportes públicos em vez dos automóveis.



Floresta danificada por chuvas ácidas.

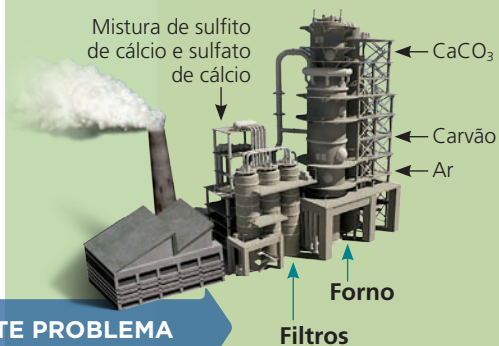


Efeito da chuva ácida sobre um monumento em pedra.



As chuvas ácidas são prejudiciais às florestas, à agricultura, ao património edificado e aos ecossistemas aquáticos.

Os combustíveis podem ser purificados de modo a diminuir o seu teor em enxofre. Em fábricas, é possível adicionar substâncias, como o carbonato de cálcio (CaCO_3) existente no calcário, que, combinadas com o dióxido de enxofre, originam matéria sólida que pode ser usada na construção.



PARA EVITAR ESTE PROBLEMA

ATIVIDADES

1. Refere três poluentes resultantes das reações de combustão e explica os respetivos problemas por eles causados.
2. Refere medidas que permitam minimizar a emissão de óxidos de enxofre e óxidos de nitrogénio mesmo realizando combustões de carvão, gasóleo e gasolina.

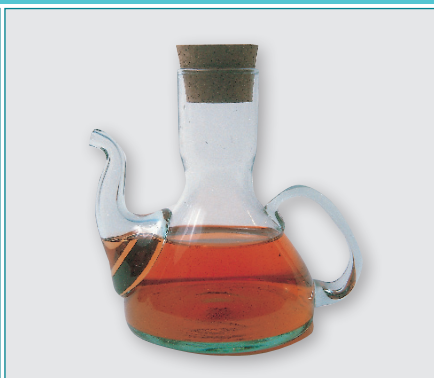
■ Soluções ácidas

No nosso dia a dia são muitos os materiais que contêm **ácidos**.

Alguns materiais com carácter ácido usados no dia a dia



As laranjas e os limões contêm ácido cítrico.



O vinagre contém ácido acético.



Na bateria dos automóveis existe ácido sulfúrico.



As colas contêm ácido fosfórico.



Alguns medicamentos antipiréticos e anti-inflamatórios contêm ácido acetilsalicílico.



Gel de banho com ácido cítrico na sua composição.

Em termos gerais, as **soluções ácidas**:

- têm sabor azedo;
- alteram a cor de certos corantes vegetais.
- reagem com alguns metais produzindo hidrogénio;
- conduzem a eletricidade.

Soluções básicas

Diversos materiais usados no cotidiano contêm substâncias **básicas** ou **alcalinas**.

Alguns materiais com carácter alcalino usados no dia a dia

		
A lixívia tradicional contém hipoclorito de sódio.	Os desentupidores de canos contêm hidróxido de sódio.	Alguns medicamentos para a azia contêm carbonato de sódio e carbonato de magnésio.
		
As pastas de dentes contêm carbonato de cálcio e hidrogenocarbonato de sódio.	Os detergentes amoniacais contêm amoníaco.	As pilhas alcalinas contêm hidróxido de potássio ou hidróxido de sódio.

Em termos gerais, as **soluções básicas** ou **alcalinas**:

- têm sabor amargo;
- são escorregadias ao tato;
- alteram a cor de certos corantes vegetais;
- contrariam a ação dos ácidos;
- conduzem a eletricidade;
- contrariam o efeito dos ácidos.

Soluções neutras

Há ainda soluções cujo carácter não é ácido nem básico. Estas **soluções** são **neutras**. O soro fisiológico, a água destilada e a água com açúcar são exemplos de materiais neutros usados no dia a dia (**Fig. 3**).



Fig. 3 Alguns materiais com carácter neutro usados no dia a dia.

Indicadores

Dado que as soluções ácidas e básicas podem modificar a cor de certos corantes naturais, estes podem ser usados para detetar o carácter ácido, básico ou neutro de uma solução. Chamam-se **indicadores** ácido-base às substâncias naturais ou sintéticas que na presença de uma solução ácida, básica ou neutra alteram a sua cor. Dois indicadores ácido-base muito usados são a tintura **azul de tornesol** e a **fenolftaleína**.

Estes dois indicadores são importantes para detetar o carácter ácido-base de uma solução.

SABER

As hortênsias contêm um corante que, na presença de ácidos, é azul e, na presença de bases, torna-se cor-de-rosa. Assim, esse corante funciona como indicador do carácter ácido ou básico do solo.



Os ácidos tornam vermelha a tintura de tornesol.

As bases tornam carmim a fenolftaleína.

Azul de tornesol		
Solução ácida	Solução neutra	Solução básica
A tintura azul de tornesol fica vermelha na presença de ácidos, torna-se azul-arroxeadada na presença de soluções neutras e não sofre alterações na presença de soluções básicas.		
Fenolftaleína		
A fenolftaleína não sofre alterações de cor na presença de soluções ácidas ou neutras e fica carmim na presença de soluções básicas.		

São exemplos de soluções com carácter ácido as soluções aquosas de ácido clorídrico (HCl), de ácido sulfúrico (H_2SO_4), de ácido nítrico (HNO_3), de ácido fosfórico (H_3PO_4) e de cloreto de amónio (NH_4Cl).

São exemplos de soluções com carácter básico ou alcalino as soluções aquosas de hidróxido de sódio (NaOH), de hidróxido de potássio (KOH), de hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), de hidróxido de magnésio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) e de acetato de sódio (NaCH_3COO).

ATIVIDADES

- Uma solução de sabão torna a fenolftaleína carmim. Refere o carácter ácido-base dessa solução.
- Refere a cor que a tintura azul de tornesol adquire na presença de cada uma das soluções:
 - Hidróxido de potássio.
 - Ácido bórico.
 - Sumo de ananás.
 - Água destilada.

■ Escala de pH

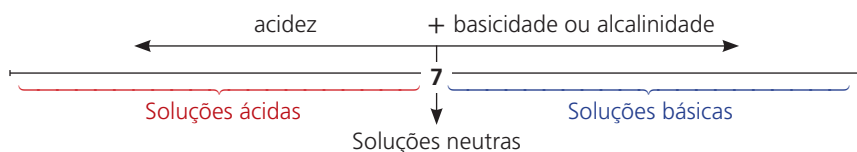
Soren Sorensen (**Fig. 4**), bioquímico dinamarquês, em 1909, introduziu o conceito de pH para exprimir a concentração de iões hidrogénio (H^+) numa solução.

O **pH** é uma medida da acidez resultante da **concentração de iões hidrogénio (H^+)** numa solução aquosa.

Quanto **maior** for a **concentração de iões H^+** de uma solução aquosa, **menor** é o seu **pH** e **maior** é a sua **acidez**.

Quanto **menor** for a **concentração de iões H^+** de uma solução aquosa, **maior** é o seu **pH** e **maior** é a sua **alcalinidade**.

Sorensen propôs uma forma de medir o pH e desenvolveu uma escala de pH. Na escala de Sorensen, soluções aquosas cujo pH seja igual a 7 são soluções neutras, soluções aquosas com pH inferior a 7 são ácidas e soluções aquosas com pH maior do que 7 são básicas ou alcalinas.



Na figura seguinte, pode observar-se o valor característico do pH de algumas soluções aquosas à temperatura de 25 °C (**Fig. 5**).

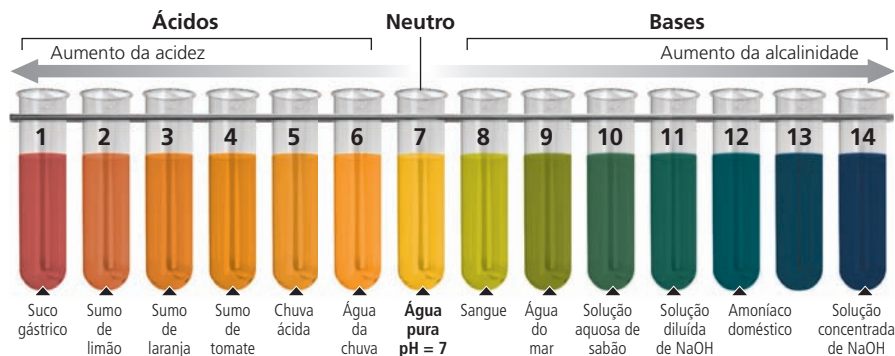


Fig. 5 Valores característicos do pH de algumas soluções.

O **pH de uma solução aquosa** depende:

- da **substância** dissolvida;
- da **concentração**.

Por exemplo, à temperatura de 25 °C, uma solução aquosa de hidróxido de sódio com concentração mássica de 40 g/L tem pH 14, mas se a concentração for 0,04 g/L, o pH será 11.



Fig. 4 Soren Sorensen (1868-1939).

NOTA

As cores observadas nas soluções da figura 5 são as que se obtêm por adição de indicador universal (uma mistura de diversos indicadores ácido-base) a cada uma das soluções referidas.

■ Determinação do pH

A cor que um indicador apresenta depende do pH do meio em que se encontra, como se pode ver na tabela seguinte.

Utilização de indicadores colorimétricos

Indicador	Intervalos de valores de pH e cor	
Fenolftaleína	○ pH < 8	● pH > 10
Azul de tornesol	● pH < 5	● pH > 8
Alaranjado de metilo	● pH < 3	● pH > 5
Azul de bromotimol	● pH < 6	● pH > 8

Os indicadores colorimétricos não permitem determinar o valor de pH de uma solução aquosa, mas permitem situar o valor de pH da solução aquosa num intervalo de valores de pH.

Determinação de pH com indicador universal

Misturando diferentes indicadores de forma adequada, obtém-se o **indicador universal** (Fig. 6), que apresenta uma cor ou tonalidade diferente para cada valor de pH, permitindo determinar o valor aproximado do pH de uma solução.

Determinação de pH com aparelhos medidores de pH

Para uma determinação mais rigorosa, podem usar-se **aparelhos medidores de pH** (Fig. 7). Estes têm um eletrodo de pH combinado que deve ser colocado na solução para se fazer a leitura de pH.



Fig. 6 Indicador universal: em fita de papel [A] e em solução [B].

✚ SABER

Embora muitos aparelhos medidores de pH tenham escalas com valores entre 1 e 14, o valor do pH pode, de facto, ser menor do que 1 e maior do que 14.

O pH de soluções ácidas concentradas pode ser negativo.



Fig. 7 Aparelho medidor de pH.

ATIVIDADE LABORATORIAL**DETERMINAÇÃO DO CARÁCTER ÁCIDO-BASE DE ALGUMAS SOLUÇÕES E DO SEU pH**

Com esta atividade pretende-se:

1. determinar o carácter ácido-base de algumas soluções usando fenolftaleína e tintura azul de tornesol;
2. medir o pH das soluções, usando indicador universal e medidor de pH.

MATERIAL:

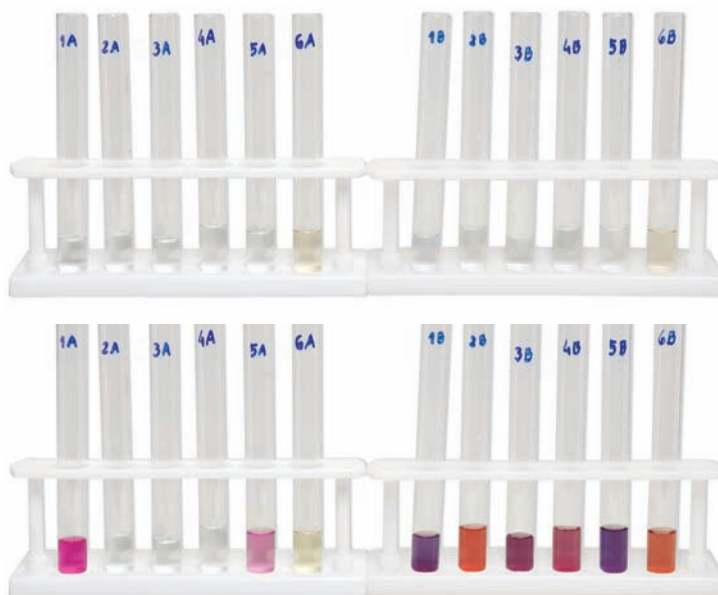
- Suporte para tubos de ensaio
- 6 gobelés de 25 mL
- Papel indicador universal
- 12 tubos de ensaio
- Medidor de pH

SOLUÇÕES:

- Detergente amoniacal
- Ácido clorídrico
- Solução aquosa de cloreto de sódio
- Água destilada
- Solução aquosa de hidróxido de sódio
- Vinagre
- Tintura azul de tornesol
- Fenolftaleína

PROCEDIMENTO I:

1. Coloca cerca de 2 mL de cada uma das soluções em dois tubos de ensaio e identifica-os como 1A e 1B e assim sucessivamente.
2. Coloca duas gotas de fenolftaleína em cada um dos tubos de ensaio identificados pela letra A e agita.
3. Coloca duas gotas de azul de tornesol em cada um dos tubos de ensaio identificados pela letra B e agita.



Procedimento experimental I.

PROCEDIMENTO II:

1. Em cada gobelé, coloca um volume de solução que permita introduzir o eletrodo de pH, de modo que este fique mergulhado sem tocar nas paredes do copo.
2. Corta seis pequenas tiras de papel indicador universal, introduz uma vareta de vidro na solução e com ela humedece uma tira de papel indicador de pH. Repete o procedimento para as restantes soluções, utilizando sempre uma vareta limpa e seca.
3. Observa a cor adquirida e compara com a escala da caixa para registar o valor aproximado do pH.
4. Introduz o eletrodo do medidor de pH em cada uma das soluções e regista o valor de pH.



Procedimento experimental II.

NOTA: Após cada utilização do eletrodo, este deve ser lavado com água destilada e o excesso de água deve ser absorvido com papel absorvente.

(Cont.)

ATIVIDADE LABORATORIAL (continuação)**OBSERVAÇÕES:**

1. Copia a tabela seguinte para o teu caderno e completa-a, indicando a cor dos indicadores e o valor do pH.

Indicador	Solução					
	Detergente amoniacal	Ácido clorídrico	Solução aquosa de cloreto de sódio	Solução aquosa de hidróxido de sódio	Água destilada	Vinagre
Fenolftaleína (A)						
Azul de tornesol (B)						
Medida do pH com o indicador universal						
Medida do pH com o medidor de pH						

ANÁLISE:

1. Com base nas observações do procedimento I, refere o carácter ácido, básico ou neutro de cada uma das soluções. Justifica a tua resposta.
2. Com base no procedimento II, os valores de pH obtidos pelos dois métodos são concordantes? Justifica a tua resposta.
3. Coloca por ordem crescente de acidez as soluções testadas.

ATIVIDADES

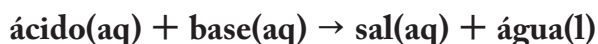
1. Considera os valores de pH das soluções, a 25 °C, e responde às questões.

Solução	A	B	C	D	E	F
pH	1	9	7	5	12	6

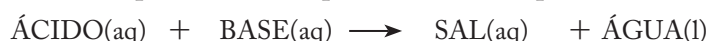
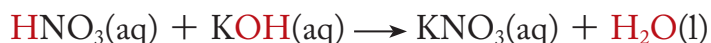
- 1.1 Indica as soluções com carácter básico.
- 1.2 Ordena as soluções por ordem crescente de acidez.
- 1.3 Consulta a tabela de indicadores da página 56 e refere a cor que o alaranjado de metilo apresenta em cada uma das soluções.
- 1.4 Indica a solução com carácter alcalino mais acentuado.
- 1.5 Refere qual das soluções poderá ser água com açúcar.
- 1.6 Refere qual das soluções tem maior concentração de iões H^+ .
- 1.7 Selecciona as soluções que avermelham o azul de tornesol.
2. Indica um valor de pH possível para cada uma das soluções:
 - a) Ácido fosfórico.
 - b) Hidróxido de sódio.
 - c) Soro fisiológico.
 - d) Hidróxido de magnésio.
3. Refere quais são as soluções do exercício 2 que tornam a fenolftaleína carmim.
4. Comenta a veracidade da afirmação, justificando.
Qualquer solução aquosa de ácido clorídrico tem pH igual a um.

■ Reações entre soluções ácidas e soluções básicas

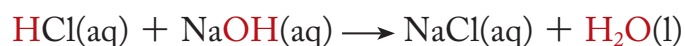
Ácidos e **bases** reagem entre si formando **água** e uma substância genericamente designada por **sal**, de acordo com o esquema:



Por exemplo, a reação entre o ácido nítrico (HNO_3) e o hidróxido de potássio (KOH) origina nitrato de potássio (KNO_3) e água (H_2O), de acordo com a equação química:



Repara que este sal não é o sal de cozinha — cloreto de sódio (NaCl). Este forma-se quando a reação ocorre entre o ácido clorídrico (HCl) e o hidróxido de sódio (NaOH), segundo a equação química:



ATIVIDADE LABORATORIAL

VARIAÇÃO DO VALOR DO pH NUMA REAÇÃO ÁCIDO-BASE

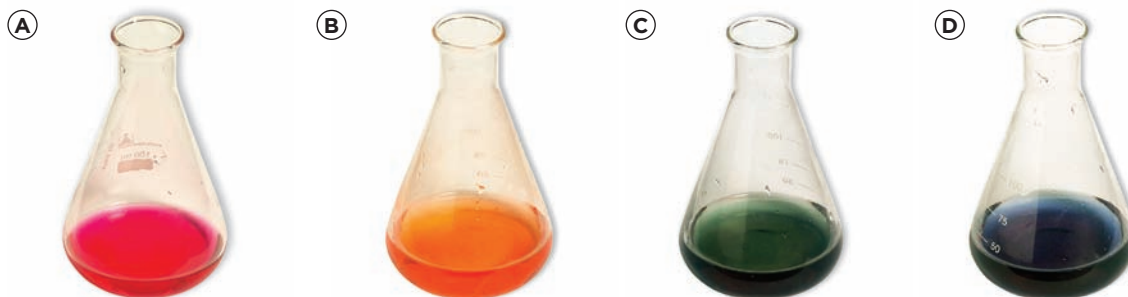
O objetivo desta atividade é verificar experimentalmente a variação do pH durante uma reação entre uma solução ácida e uma solução básica, usando indicador universal.

MATERIAL:

- Balão de Erlenmeyer
- Proveta de 20 mL
- Solução aquosa de hidróxido de sódio
- Indicador universal em solução
- Ácido clorídrico diluído
- Bureta
- Suporte universal

PROCEDIMENTO:

1. Mede 20 mL de ácido clorídrico diluído numa proveta e transfere-o para o balão de Erlenmeyer.
2. Adiciona algumas gotas de indicador universal e observa a cor obtida [A].
3. Enche uma bureta com solução de hidróxido de sódio e adiciona gota a gota ao ácido, agitando sempre [B], [C] e [D].



RESULTADOS:

1. Observa a alteração da cor da solução e compara as cores obtidas com as indicadas no rótulo da solução do indicador.

CONCLUSÕES:

1. O que aconteceu ao valor do pH à medida que se adicionou hidróxido de sódio ao ácido clorídrico?

A adição de uma solução alcalina a uma solução ácida faz aumentar o pH da solução ácida.

■ Variação de pH na reação ácido-base

As reações entre **ácidos** e **bases** também são conhecidas como reações de **neutralização**, embora esta designação não signifique que os sais formados sejam sempre neutros.

Quando se adiciona um volume de solução alcalina apenas suficiente para fazer reagir todo o ácido, a solução passa a ser formada por água e um sal. O pH desta solução depende do carácter químico do sal formado. Se o sal for neutro, como acontece na atividade proposta, então, o pH da solução será 7 (**Fig. 8A**).

A variação de pH é muito grande próximo do momento em que a quantidade de base adicionada for equivalente à quantidade de ácido inicial (**Fig. 8B**).

Quando ainda existe ácido ou quando já existe excesso de base, as variações de pH são ligeiras (**Fig. 8C**).

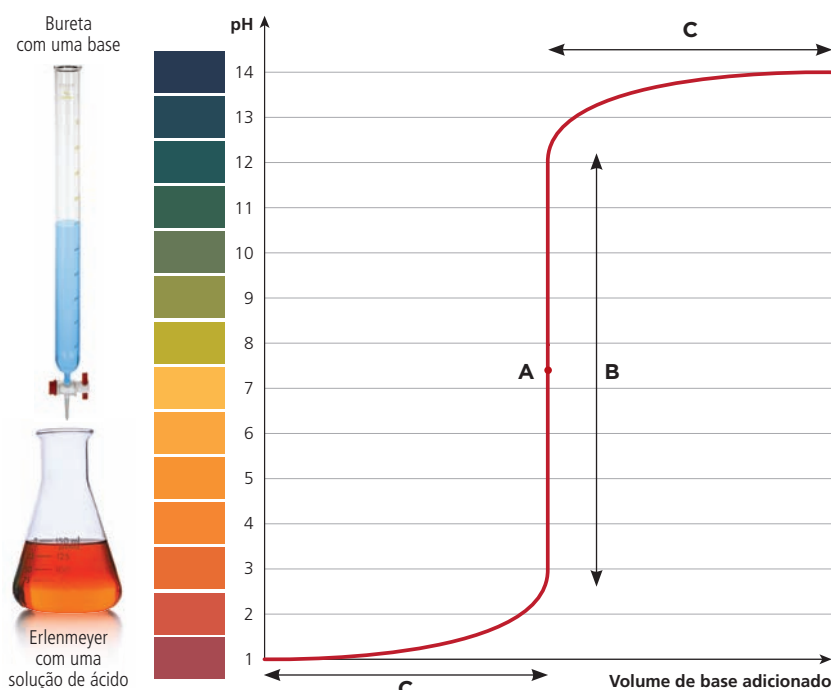


Fig. 8 Variação do pH ao longo da adição de uma solução de base a uma solução de ácido.

■ Aplicação das reações ácido-base

Em diversas situações pode ser necessário alterar a acidez ou basicidade de uma dada solução. Essa alteração pode ser feita recorrendo à adição de forma controlada de certas substâncias básicas ou ácidas, respetivamente. Por exemplo:

- Os medicamentos para combater a azia (**Fig. 9**) contêm substâncias com carácter alcalino que podem reagir com o excesso de ácido existente no estômago, permitindo que o pH aumente.



Fig. 9 Medicamentos usados para combater a azia.

- A acidez dos solos pode ser corrigida para valores mais adequados às culturas que neles se pretendam desenvolver para melhorar a produção (**Fig. 10**). Assim, por exemplo, para diminuir a acidez de um solo pode usar-se carbonato de cálcio (CaCO_3) e, para a aumentar, sulfato de amónio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).

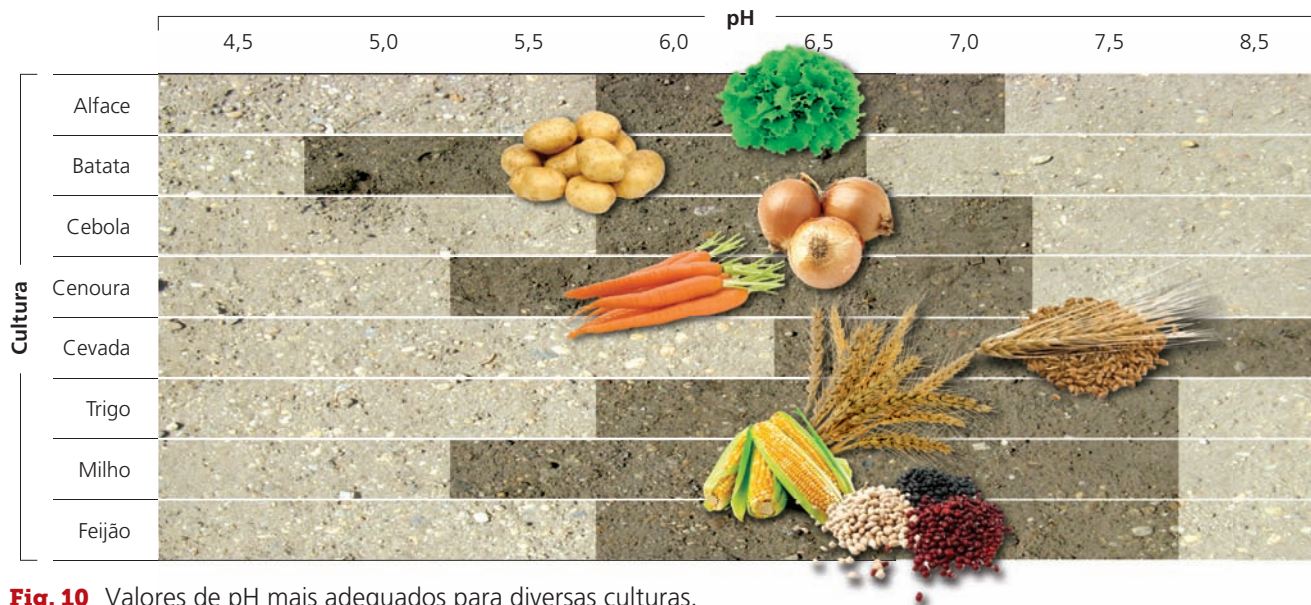


Fig. 10 Valores de pH mais adequados para diversas culturas.

Também no organismo humano existem diversos mecanismos para compensar possíveis alterações do pH do sangue, de modo que este se mantenha entre 7,35 e 7,45.

ATIVIDADES

- Sabendo que o sulfato de sódio (Na_2SO_4) pode ser obtido a partir da reação entre o ácido sulfúrico (H_2SO_4) e o hidróxido de sódio (NaOH), escreve a equação química da reação que ocorre.
- Fizeram-se adições sucessivas de ácido nítrico a um gobelé contendo hidróxido de sódio e mediu-se o valor do pH entre cada adição. Seleciona uma sequência possível para os valores de pH registados.
 - 2,0; 5,6; 7,4; 14,0
 - 1,0; 5,0; 7,0; 14,0
 - 13,0; 12,8; 7,0; 2,5
 - 13,0; 12,8; 6,5; 7,0
- Sabendo que o carbonato de magnésio (MgCO_3) pode ser utilizado para combater a azia, refere o carácter químico desta substância.
- Lê o texto com atenção e consulta o quadro da figura 10 para responderes às questões.
 O Sr. João tem um quintal nas traseiras da sua casa e desde que se reformou que anda a pensar em aproveitá-lo para cultivar batatas. Comentando este desejo com o seu vizinho Manuel, este diz-lhe:
 - Estes terrenos são muito alcalinos para a batata! O melhor é semeares trigo!
 - Mas que faço eu com o trigo? — questionou o Sr. João. — Não tenho nenhum moinho!
 - Tens razão! Mas olha que o pH destas terras anda à volta de 8 — referiu o Sr. Manuel.
 - Eu quero cultivar batatas. Há de haver uma maneira de resolver o problema! — prosseguiu o Sr. João.
 - Lá isso deve haver... — concordou o Sr. Manuel.
 - Refere, justificando, por que motivo os terrenos referidos não são bons para cultivar batatas.
 - Indica o carácter ácido-base de uma substância que possa ser adicionada ao solo para o adequar à produção de batata.

■ Substâncias solúveis e insolúveis num solvente

Uma **solução** é uma mistura homogênea de duas ou mais substâncias. A substância que está em maior quantidade é o **solvente** e as outras são os **solutos**.

Podem distinguir-se substâncias **solúveis** e **pouco solúveis**, consideradas **insolúveis**, num dado solvente.

Substâncias solúveis		Substâncias insolúveis/pouco solúveis	
Dissolve-se uma quantidade apreciável no solvente.		Praticamente não se dissolvem no solvente.	
			
O sulfato de cobre é solúvel em água.	O dicromato de potássio é solúvel em água.	O carbonato de cobre é insolúvel em água.	O dicromato de chumbo é insolúvel em água.

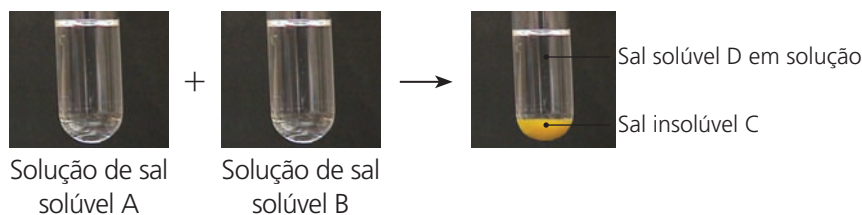
■ Reações de precipitação

As **reações de precipitação** envolvem a formação de um **precipitado**, que é um **sólido pouco solúvel**, no solvente em que ocorreu a reação.

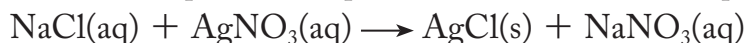
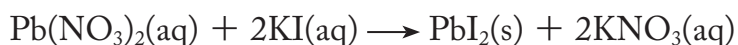
Reações de precipitação		
		
Formação de iodeto de chumbo (precipitado amarelo) e nitrato de potássio em solução aquosa quando se juntam as soluções aquosas de nitrato de chumbo e de iodeto de potássio.	Formação de cloreto de prata (precipitado branco) e nitrato de sódio em solução aquosa quando se juntam as soluções aquosas de cloreto de sódio e de nitrato de prata.	Formação de hidróxido de cobre(II) (precipitado azul) e sulfato de sódio em solução aquosa quando se juntam as soluções aquosas de hidróxido de sódio e de sulfato de cobre(II).

Quando se juntam soluções aquosas de substâncias diferentes, pode ocorrer reação com formação de novas substâncias. Se alguma das substâncias for pouco solúvel em água, irá precipitar.

Esquemáticamente, numa reação de precipitação, tem-se:



As equações químicas que traduzem as reações ilustradas na tabela são:



O iodeto de chumbo, o cloreto de prata e o hidróxido de cobre são pouco solúveis em água, por isso, quando se formam, aparecem no estado sólido, isto é, precipitam.

ATIVIDADE LABORATORIAL

SUBSTÂNCIAS SOLÚVEIS E INSOLÚVEIS EM ÁGUA

MATERIAL E REAGENTES:

- 4 tubos de ensaio
- 4 espátulas
- Conta-gotas
- Água destilada
- Suporte de tubos de ensaio
- Carbonato de sódio
- Cloreto de cálcio
- Carbonato de cálcio
- Cloreto de sódio

PROCEDIMENTO:

1. Com o auxílio das espátulas, coloca uma muito pequena porção de cada um dos sólidos em cada um dos tubos de ensaio.
2. Adiciona um pouco de água destilada e agita.
3. Observa com atenção e regista quais os sólidos que se dissolveram e os que não se dissolveram.
4. Mistura os conteúdos dos tubos onde colocaste o carbonato de sódio e o cloreto de cálcio.
5. Observa e regista o resultado.

RESULTADOS:

1. Qual ou quais dos sólidos testados é ou são pouco solúveis em água?
2. O que aconteceu quando se juntaram as soluções dos dois tubos de ensaio no ponto 4?

CONCLUSÕES:

1. Que substâncias se poderão formar quando se misturam as duas soluções no ponto 4?
2. Qual das substâncias previstas na questão anterior poderá precipitar? Porquê?





Fig. 11 Gruta calcária onde são visíveis estalactites [A] e estalagmites [B].

■ Reações de precipitação na Natureza

Nas grutas calcárias (**Fig. 11**) podem observar-se estruturas de grande beleza, algumas pendentes do teto — **estalactites** (**Fig. 11A**) — e outras surgindo do chão — **estalagmites** (**Fig. 11B**).

Devido à dissolução do dióxido de carbono atmosférico, a água da chuva é naturalmente ácida, tem um pH próximo de 5,6.

Quando a água da chuva se infiltra em solos calcários, reage com o carbonato de cálcio (CaCO_3), constituinte do calcário, originando hidrogenocarbonato de cálcio ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), que fica dissolvido na água.



Estes processos levam à corrosão do calcário e à formação de cavernas.

À medida que a solução de hidrogenocarbonato de cálcio vai escorrendo pela gruta, a água vai evaporando e surgem condições para que o carbonato de cálcio precipite. A reação ocorre então no sentido inverso:



É também a precipitação do carbonato de cálcio que permite explicar a formação dos corais (**Fig. 12**), das conchas de moluscos e da casca dos ovos.



Fig. 12 Corais, com um exosqueleto calcário formado por precipitação.

ATIVIDADES

- Considera as reações traduzidas pelas equações químicas seguintes e responde às questões.
 - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq}) \longrightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{NaNO}_3(\text{aq})$
 - $\text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{KOH}(\text{aq}) \longrightarrow \text{KNO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 - $4\text{Al}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$
 - Seleciona a equação que representa uma reação de precipitação. Justifica a tua resposta.
 - Refere qual dos sais obtidos, o nitrato de sódio ou o carbonato de cálcio, é mais solúvel em água. Justifica a tua resposta.
- Sabendo que, ao misturar soluções aquosas de nitrato de prata e de cloreto de sódio, se formou um precipitado de cloreto de prata, responde às questões.
 - Refere o nome e a fórmula química do outro produto de reação.
 - Traduz esta reação por uma equação química.

■ Água dura e água macia

A concentração de iões cálcio, Ca^{2+} , e iões magnésio, Mg^{2+} , que existem numa água permitem distinguir **águas duras** de **águas macias** ou **moles**:

- **Água dura** — água com uma elevada concentração de iões cálcio e iões magnésio em solução.
- **Água macia** ou **mole** — água com baixa concentração de iões cálcio e magnésio em solução.

As águas com elevada dureza estão associadas a solos calcários, enquanto as águas macias surgem em solos graníticos e basálticos. No mapa (**Fig. 13**) pode observar-se a dureza da água em diferentes regiões do País.

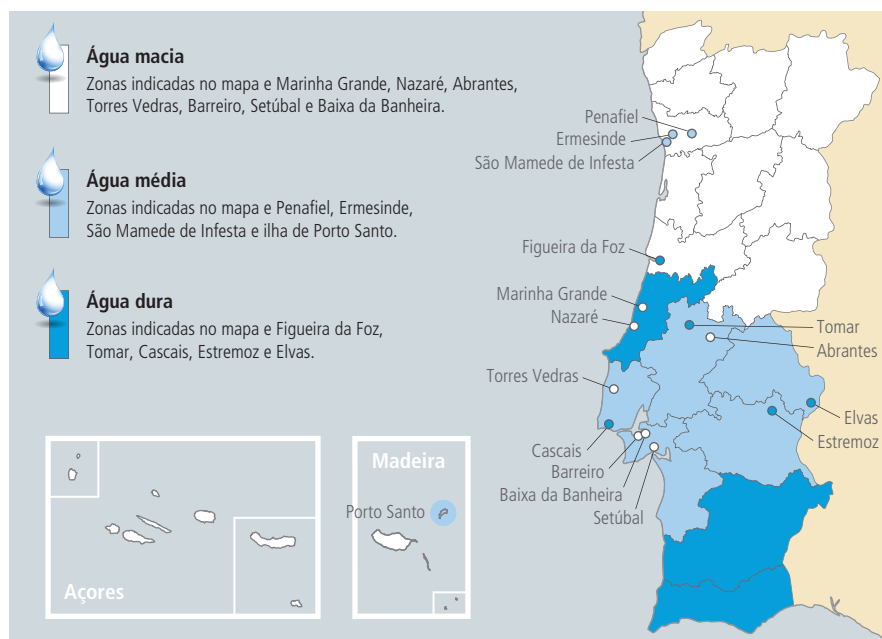


Fig. 13 Distribuição das águas duras e macias pelas diferentes regiões do País.

■ Consequências da dureza da água

Os indesejáveis depósitos de calcário que se formam, por exemplo, nos canos, em caldeiras e nas resistências das máquinas de lavar (**Fig. 14**) têm origem em reações de precipitação que ocorrem, sobretudo, em águas de elevada dureza. Estes depósitos devem-se à reação entre iões cálcio, Ca^{2+} , e/ou iões magnésio, Mg^{2+} , e iões hidrogeno-carbonato, HCO_3^- , que leva à formação de carbonatos de cálcio e/ou magnésio, os quais, sendo insolúveis em água, precipitam.

Os iões $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ e os iões HCO_3^- reagem, originando, entre outros produtos, $\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$ (constituintes do depósito calcário):



Uma água é tanto mais dura quanto maior for a sua concentração em iões Ca^{2+} e Mg^{2+} .



Fig. 14 Depósito de calcário na resistência de uma máquina.

A dureza da água também reduz a eficácia da lavagem com sabão, sendo observável que as águas duras reduzem a quantidade de espuma produzida na água por um sabão.

ATIVIDADE LABORATORIAL

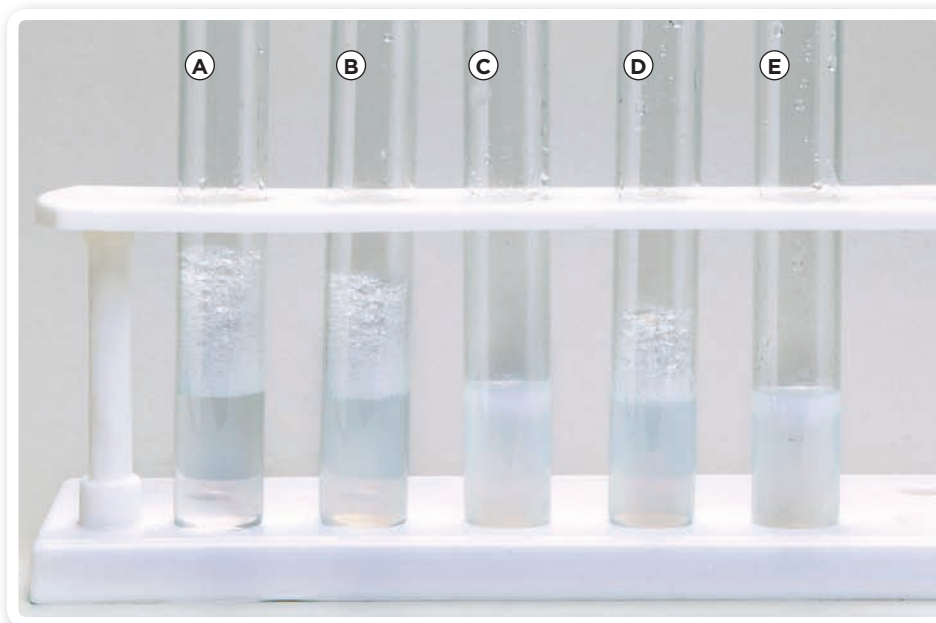
COMPARAÇÃO DA DUREZA DE DIFERENTES ÁGUAS

MATERIAL E REAGENTES:

- Suporte de tubos de ensaio
- Conta-gotas
- Água destilada
- 5 tubos de ensaio
- Régua graduada
- Amostra de três águas de regiões diferentes
- Solução de cloreto de cálcio
- Solução de sabão

PROCEDIMENTO:

1. Coloca, em cada tubo de ensaio, volumes iguais de água destilada, de solução de cloreto de cálcio e de cada uma das águas.
2. Com o auxílio do conta-gotas, adiciona 15 gotas de solução de sabão a cada um dos tubos de ensaio e agita vigorosamente.



Resultados experimentais, após adicionar a solução de sabão à água destilada [A], a cada uma das amostras de água [B], [C], [D] e à solução de cloreto de cálcio [E].

3. Coloca os tubos de ensaio no suporte e mede a altura de espuma formada em cada tubo de ensaio, registrando os resultados.

RESULTADOS:

1. Em qual dos tubos de ensaio se formou maior quantidade de espuma?

CONCLUSÕES:

1. Qual das águas apresenta maior dureza?
2. Qual das águas apresenta uma menor concentração de cálcio e magnésio?

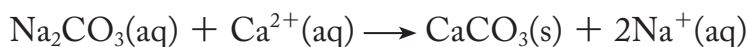
■ Redução da dureza da água

Alguns métodos que permitem diminuir a dureza da água, ou seja, amaciar a água são:

- **precipitação;**
- **permuta iônica;**
- **complexação.**

A **precipitação** consiste na adição de substâncias que reagem com os íons cálcio e magnésio, formando precipitados, que podem ser removidos por filtração.

Os sais de banho (Fig. 15), por exemplo, contêm normalmente carbonato de sódio, Na_2CO_3 . Assim, ao serem adicionados à água, pode ocorrer a reação traduzida pela equação química seguinte:



reduzindo a dureza da água e permitindo um bom banho de espuma!



Fig. 15 Os sais de banho amaciam a água, facilitando a formação de espuma.

A **permuta iônica** consiste na passagem da água através de uma resina que vai trocar, por exemplo, íons hidrogênio por íons cálcio e magnésio. Estas resinas podem encontrar-se em colunas de permuta iônica (Fig. 16).

A **complexação** consiste na adição de substâncias — agentes complexantes — com elevada afinidade para se combinarem com os íons cálcio e magnésio, formando assim espécies quimicamente estáveis que permanecem na solução mas que têm os íons responsáveis pela dureza da água aprisionados (Fig. 17).

Alguns produtos para amaciar a água durante as lavagens à máquina contêm estes agentes complexantes.



Fig. 16 Coluna para permuta iônica.

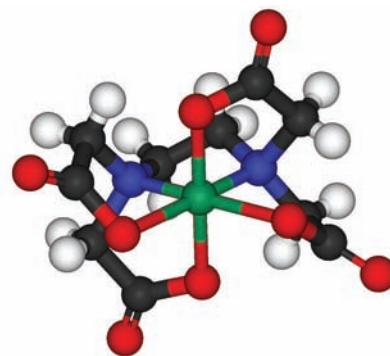


Fig. 17 Os íons cálcio e magnésio (a verde) aprisionados pelo agente complexante.

ATIVIDADES

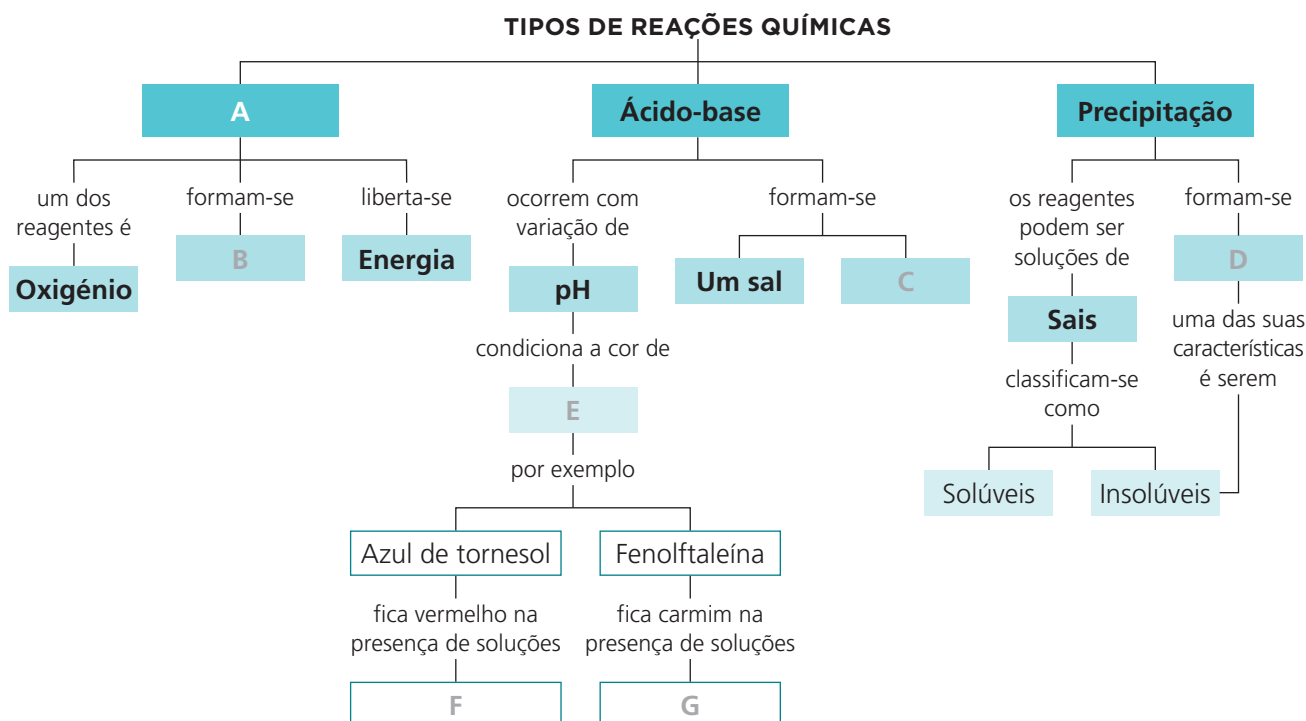
1. Sabendo que a precipitação de carbonato de magnésio, MgCO_3 , numa água dura, ocorre por combinação do íon magnésio, Mg^{2+} , com o íon hidrogenocarbonato, HCO_3^- , e é acompanhada por libertação de dióxido de carbono, CO_2 , e formação de água, escreve a equação química que traduz esta precipitação.
2. A dureza da água pode ser reduzida por precipitação. Explica em que consiste este método.

IDEIAS-CHAVE

- As **reações de combustão** caracterizam-se pela combinação de uma substância (**combustível**) com o **oxigénio (comburente)**, acompanhada de **libertação de energia**.
- Os **produtos de reação** resultantes das **combustões** são **óxidos**.
- Algumas **combustões** libertam para a atmosfera **óxidos de enxofre e de nitrogénio**, gases responsáveis pela formação de **chuvas ácidas**.
- O pH é uma medida da concentração de iões hidrogénio (H^+).
- À temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, na escala Sorensen: se **pH < 7**, a solução é **ácida**; se **pH = 7**, a solução é **neutra**; se **pH > 7**, a solução é **básica** ou **alcalina**.
- Os **indicadores** ácido-base são substâncias cuja cor **depende do pH** do meio onde se encontram.
- O **pH** de uma solução pode ser determinado usando **aparelhos medidores de pH** ou **indicador universal** em fita de papel ou em solução.
- As **reações ácido-base** caracterizam-se pela **formação** de um **sal e água** e ocorrem com **variação de pH**.
- As **reações de precipitação** caracterizam-se pela formação de um precipitado — sólido — obtido a partir de reagentes que se encontram em solução (dissolvidos). O precipitado é uma substância pouco solúvel no solvente em que ocorre a reação.
- Nas **águas duras** existe elevada concentração de iões cálcio, Ca^{2+} , e iões magnésio, Mg^{2+} , enquanto nas águas macias a concentração destes iões é baixa.
- A **precipitação química**, a **permuta iónica** e a **complexação** são processos que permitem amaciar a água (reduzir a sua dureza).

ESQUEMATIZAR

1. Completa o esquema substituindo as letras pelos termos corretos.



VERIFICAR

2. Associa a cada frase um dos tipos de reação: combustão (C), ácido-base (AB) ou precipitação (P).
 - A. Formam-se óxidos.
 - B. Em geral, forma-se água e um sal.
 - C. Forma-se um sal pouco solúvel.
 - D. Podem ser usadas para obter energia.
 - E. Ocorrem com variação de pH.
3. Transcreve para o teu caderno, de entre as seguintes propriedades, as que se podem atribuir às soluções alcalinas.
 - A. Conduzem a corrente elétrica.
 - B. São azedas.
 - C. São escorregadias ao tato.
 - D. São amargas.
 - E. Reagem com os metais produzindo hidrogénio.
 - F. Tornam vermelha a tintura de tornesol.
4. De entre as afirmações seguintes, seleciona a correta.
 - A. A escala de pH exprime a acidez ou basicidade de uma solução.
 - B. Os indicadores são materiais que modificam a cor dos ácidos e das bases.
 - C. À temperatura de 25 °C, as soluções ácidas têm pH superior a 7.
 - D. De um modo geral, os produtos das reações ácido-base são água e um óxido.
5. Considera o valor de pH para as soluções A, B, C, D, E e F e responde às questões.
 $\text{pH}_A = 5$ $\text{pH}_B = 7$ $\text{pH}_C = 3$ $\text{pH}_D = 13$ $\text{pH}_E = 11$ $\text{pH}_F = 1$
 - 5.1 Qual é o carácter ácido-base de cada uma das soluções?
 - 5.2 Qual das soluções apresenta um carácter mais básico? E mais ácido?
6. A frase seguinte refere-se à corrosão do ferro; indica os termos que substituem corretamente os números de 1 a 6.
 A corrosão do ferro ocorre geralmente quando este metal fica exposto ao (1) e à (2), formando-se um óxido de ferro hidratado, usualmente designado por (3). Este composto é poroso, não adere ao metal e (4) facilmente, permitindo o progresso da corrosão.
 Uma forma de proteger o ferro da corrosão é a (5), outra é o revestimento com (6), que se usa, por exemplo, nos navios.
7. Seleciona a opção que caracteriza corretamente as reações de precipitação.
 - A. São reações em que dois sólidos se combinam para formar um líquido.
 - B. São todas as reações em que se obtém um sólido como produto de reação.
 - C. São reações em que se forma uma substância pouco solúvel no solvente em que ocorreu a reação.
 - D. São reações em que se forma um gás como produto de reação.

APLICAR

8. Considera as reações traduzidas pelas equações químicas e responde às questões.
 - A. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + 2\text{KI}(\text{aq}) \longrightarrow 2\text{KNO}_3(\text{aq}) + \text{PbI}_2(\text{s})$
 - B. $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$
 - C. $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{NaCH}_3\text{COO}(\text{aq})$
 - D. $\text{CuCl}_2(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{Cu}(\text{s})$

8.1 Refere os reagentes e os produtos de reação para cada uma das reações.

8.2 Selecciona uma reação:

- a) de combustão;
- b) de precipitação;
- c) ácido-base.

8.3 Explica como procederias para conhecer o carácter ácido-base do sal formado na reação ácido-base.

9. Sabendo que o elemento constituinte principal da lenha é o carbono, responde às questões.

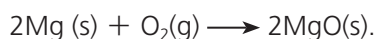
9.1 Escreve a equação química que traduz a combustão da lenha.

9.2 Selecciona a opção que apresenta uma justificação para a utilização da combustão da lenha para fazer o aquecimento das casas.

- A. Liberta dióxido de carbono.
- B. Consome oxigénio.
- C. Liberta energia.
- D. Consome energia.

9.3 Refere, justificando, se esta reação tem algum tipo de inconveniente.

10. A reação entre o oxigénio, presente no ar, e uma fita de magnésio pode ser traduzida pela seguinte equação química:



10.1 De entre as opções seguintes, selecciona a que indica de que tipo de reação se trata.

- A. Ácido-base.
- B. Combustão.
- C. Precipitação.

10.2 Refere o nome do produto de reação.

11. Considera o pH de alguns materiais, a 25 °C.

Materiais	Vinagre	Cerveja	Lixívia	Limpa-vidros	Leite	Água salgada
pH	3	4	9	11	6,5	7

11.1 Selecciona os materiais com carácter básico.

11.2 Identifica os materiais que avermelham a tintura azul de tornesol.

11.3 Ordena as soluções por ordem crescente de acidez.

11.4 Menciona uma forma de baixar o pH do limpa-vidros.

12. Considera as seguintes informações e responde às questões.

- O alaranjado de metilo é vermelho para valores de pH inferiores a 3 e amarelo para pH superior a 4,5.
- Certas soluções de cloreto de hidrogénio tornam vermelho o alaranjado de metilo.
- A solução de amoníaco torna carmim a fenolftaleína.

12.1 Refere o carácter ácido-base dessas soluções de cloreto de hidrogénio.

12.2 Qual é a cor do alaranjado de metilo na presença do amoníaco?

13. Um grupo de alunos recolheu amostras de água em diferentes zonas do País para avaliar o seu carácter ácido-base. Colocaram 10 mL de cada uma das águas em Erlenmeyers, juntaram três gotas de solução de indicador universal e agitaram. Os resultados obtidos encontram-se representados na figura seguinte.



13.1 Refere o pH de cada uma das águas.

13.2 Como se poderia confirmar o valor de pH?

13.3 Sabendo que todas estas águas são adequadas ao consumo humano, qual seria a água aconselhável a alguém com azia?



14. Observa a figura, onde se mostra o que sucede quando se misturam as soluções aquosas de sulfato de cobre(II) e carbonato de sódio, e responde às questões.
- 14.1 Escreve as fórmulas químicas do sulfato de cobre(II) e do carbonato de sódio.
- 14.2 Tendo em atenção os iões que estão presentes quando se misturam as soluções, refere o nome e a fórmula química das novas substâncias que se podem formar.
- 14.3 Sabendo que o carbonato de cobre é um sal pouco solúvel em água, escreve a equação química que traduz a reação que ocorre.
15. O constituinte principal do carvão é o carbono, mas, consoante a sua origem, o carvão contém diferentes tipos de impurezas, como, por exemplo, enxofre. Assim, quando se faz a combustão do carvão, além de dióxido de carbono, pode obter-se dióxido de enxofre, resultante da reação do enxofre com o oxigénio.
- 15.1 Escreve a equação química que traduz a formação de dióxido de enxofre, SO_2 , por reação do enxofre, S, com o oxigénio, O_2 .
- 15.2 O dióxido de enxofre reage com a água, originando uma solução que avermelha a tintura de tornesol, de acordo com a equação química seguinte: $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq})$
Refere, justificando, o carácter ácido-base das soluções de H_2SO_3 .
- 15.3 Com base na informação deste exercício, explica por que motivo a combustão do carvão contribui para o aparecimento de chuvas ácidas.
- 15.4 Supõe que, devido à queda de chuvas com pH próximo de 3, a água de um pequeno lago ficou excessivamente ácida.
- 15.4.1 Tendo em atenção a informação dada a seguir, seleciona a substância que usarias para tornar menos ácida a água desse lago.
- A. Hidróxido de cálcio — torna a fenolftaleína carmim.
- B. Nitrato de amónio — avermelha o tornesol.
- 15.4.2 Escreve a equação que traduz a reação entre o H_2SO_3 e a substância que selecionaste na questão 15.4.1.

CHEGO ÀS METAS

1. Caracterizo reações de combustão. *pp. 46-49*
2. Distingo o combustível e o comburente nas reações de combustão. *p. 46*
3. Traduzo algumas reações de combustão por equações químicas. *pp. 46-49*
4. Identifico reações de combustão relacionadas com a emissão de poluentes para a atmosfera, referindo consequências dessas emissões e medidas para minimizar os seus efeitos. *pp. 50 e 51*
5. Classifico soluções aquosas como ácidas, básicas ou alcalinas com base em indicadores colorimétricos e no valor de pH. *pp. 52-55*
6. Caracterizo reações ácido-base. *pp. 59-61*
7. Traduzo algumas reações ácido-base por equações químicas. *pp. 59-61*
8. Identifico ácidos e bases comuns. *pp. 52-54*
9. Concluo que certos sais são muito solúveis, enquanto outros são pouco solúveis em água. *p. 62*
10. Identifico reações de precipitação, no laboratório e no ambiente. *pp. 62-64*
11. Associo águas duras a soluções aquosas com elevada concentração em sais de cálcio e de magnésio. *p. 65*
12. Refiro consequências do uso industrial e doméstico de águas duras. *pp. 65-66*
13. Identifico processos usados no tratamento de águas duras. *p. 67*

SIM	PRECISO DE REVER	TENHO DE ESTUDAR
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0



Fogo de artifício: beleza proporcionada por reações químicas rápidas.

Mais depressa, mais devagar...

A observação das transformações químicas levanta muitas interrogações no espírito de quem pretende estudá-las. Há substâncias que, postas em contacto mútuo, ficam indiferentes, sem reagir, outras entram imediatamente em reação. Destas, umas reagem devagar, outras muito depressa. Das que se mantêm indiferentes, algumas reagem se forem aquecidas, outras nem mesmo assim. [...]

RÓMULO DE CARVALHO,
As Reações Químicas, Cadernos de Iniciação Científica
Sá da Costa, 1981 (adaptado)

COMEÇA POR...

OBSERVAR

1. As reações que originam a emissão de luz no fogo de artifício serão rápidas ou lentas?

INTERPRETAR

2. As reações químicas ocorrem todas à mesma velocidade?
3. Que fator é referido no texto que pode alterar a velocidade de uma reação química?

REFLETIR

4. Que outros fatores poderão condicionar a velocidade de uma reação química?

AS TUAS METAS

- Compreender que as reações químicas ocorrem a velocidades diferentes.
- Compreender que é possível modificar e controlar a velocidade das reações químicas.

■ Reações químicas: rápidas e lentas

As **reações químicas** não ocorrem todas com a mesma velocidade: umas são **rápidas** outras são **lentas**.

Reações químicas

Reações lentas



A formação de 1 cm de estalactite pode demorar 1000 anos.



O enferrujamento de uma peça de ferro pode demorar anos.

Reações rápidas



Uma explosão ocorre em frações de segundo.



A precipitação do iodeto de chumbo ocorre em frações de segundo.

■ Velocidade de uma reação química

A **velocidade de uma reação química** corresponde à **taxa de consumo dos reagentes** ou de **formação dos produtos de reação**.

Assim, para avaliar a velocidade de uma reação química, pode medir-se a variação de alguma propriedade ao longo do tempo. Por exemplo, se o produto de reação for um gás, este pode ser recolhido numa seringa graduada (**Fig. 1**), medindo-se o volume de gás libertado num determinado tempo. Quanto maior for a variação de volume de gás (diferença entre o volume final de gás e o volume inicial de gás), maior será a velocidade média da reação.

Assim, uma maneira de ter uma noção da velocidade média da reação, nestes casos, é determinar o quociente:

$$\frac{\text{volume final de gás} - \text{volume inicial de gás}}{\text{intervalo de tempo}}$$

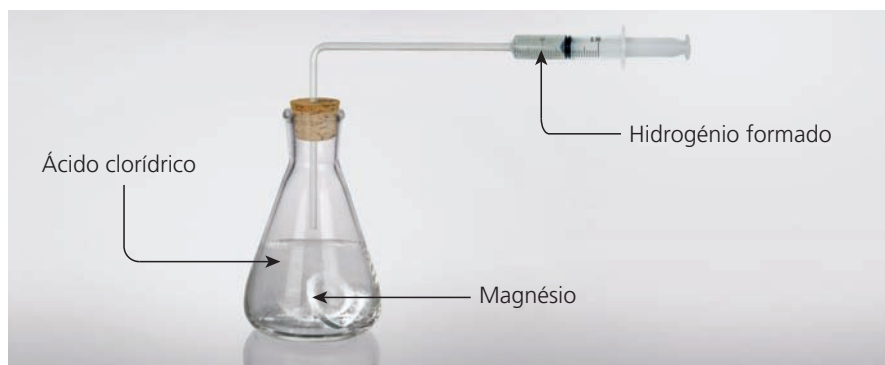


Fig. 1 Reação entre o magnésio e o ácido clorídrico, traduzida pela equação química: $\text{Mg(s)} + 2\text{HCl(aq)} \longrightarrow \text{MgCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$

A velocidade de uma reação química é tanto maior:

- quanto mais rapidamente desaparecem os reagentes;
- quanto mais rapidamente se formam os produtos de reação.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

1. Com uma montagem semelhante à da figura 1, e usando uma técnica de análise de filme, um grupo de alunos obteve os registos que se apresentam na tabela. Responde às questões.

Tempo/s	0	2	4	6	8	10
Volume de hidrogénio/cm ³	0	15	20	23	25	26

- 1.1 Conclui, justificando, em que intervalo de tempo é maior a velocidade média da reação.

RESOLUÇÃO:

Pela análise da tabela, pode verificar-se que, para o mesmo intervalo de tempo, a maior variação de volume de gás ocorre nos primeiros dois segundos. Assim, é nos primeiros 2 s que a velocidade média da reação é maior.

- 1.2 Expressa, em cm³/s, o quociente $\frac{\text{volume final de gás} - \text{volume inicial de gás}}{\text{intervalo de tempo}}$, para:

- a) os primeiros dois segundos de reação;

(cont.)

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS (continuação)

DADOS:

Volume inicial de gás = 0 cm³
Intervalo de tempo = 2 s

Volume final de gás = 15 cm³

CÁLCULOS:

$$\frac{\text{volume final de gás} - \text{volume inicial de gás}}{\text{intervalo de tempo}} = \frac{15 - 0}{2} = 7,5 \text{ cm}^3/\text{s}$$

b) os últimos dois segundos de reação.

DADOS:

Volume inicial de gás = 25 cm³
Intervalo de tempo = 2 s

Volume final de gás = 26 cm³

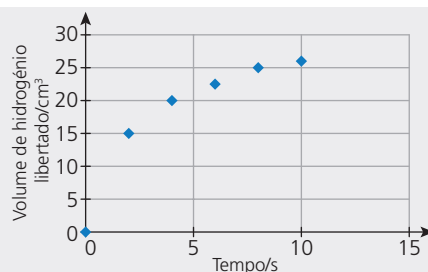
CÁLCULOS:

$$\frac{\text{volume final de gás} - \text{volume inicial de gás}}{\text{intervalo de tempo}} = \frac{26 - 25}{2} = 0,5 \text{ cm}^3/\text{s}$$

1.3 Constrói um gráfico do volume de hidrogénio libertado em função do tempo.

RESOLUÇÃO:

Para construir o gráfico pedido, o tempo, em segundos, deve ser representado no eixo das abcissas e o volume de hidrogénio libertado, em cm³, no eixo das ordenadas. Para o tempo, cada divisão da escala pode corresponder a 2 s e para o volume de hidrogénio libertado, cada divisão pode corresponder a 5 cm³.



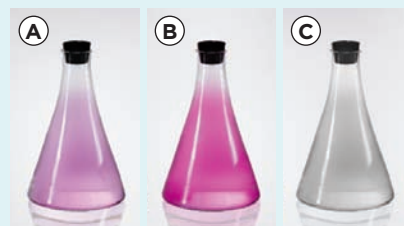
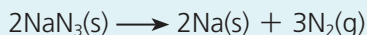
1.4 Observa o gráfico construído na alínea anterior e seleciona a opção que permite completar corretamente a frase seguinte: A velocidade média da reação...

- A.** ... diminui cada vez mais no decorrer da reação.
- B.** ... aumenta cada vez mais no decorrer da reação.
- C.** ... diminui cada vez menos no decorrer da reação.
- D.** ... aumenta cada vez menos no decorrer da reação.

RESPOSTA: A, porque a velocidade da reação vai diminuindo cada vez mais ao longo do tempo, tendendo a anular-se, pois o volume de hidrogénio libertado em cada 2 s vai sendo cada vez menor.

ATIVIDADES

- O iodeto de hidrogénio é um gás incolor que origina, por decomposição, hidrogénio (incolor) e vapores de iodo (violeta). Observa o esquema e ordena as imagens, começando pelo início da reação.
- Quando o *airbag*, instalado nos veículos automóveis, é acionado, devido, por exemplo, a uma colisão, a principal reação que ocorre é a decomposição térmica da azida de sódio (NaN₃), traduzida pela seguinte equação química:



- 2.1** Identifica os produtos de reação, através das respetivas fórmulas químicas e nomes.
- 2.2** Entre os produtos de reação, refere qual é o responsável pelo enchimento do *airbag*. Justifica a tua resposta.
- 2.3** Refere, explicando o teu raciocínio, se esta reação será rápida ou lenta.

A velocidade de uma reação química depende, entre outros fatores, da natureza dos reagentes. Por exemplo, na reação entre um metal e o ácido clorídrico, a velocidade é diferente consoante o metal que se utiliza.

Para uma dada reação química, há alguns fatores que alteram a velocidade da reação:

- Luz;
- Concentração dos reagentes;
- Temperatura do sistema reacional;
- Estado de divisão dos reagentes sólidos;
- Presença de catalisadores.

■ Luz

A luz tem influência sobre diversas reações químicas. A fotossíntese e o bronzeamento da pele são exemplos de transformações químicas que necessitam de luz, ocorrendo geralmente por exposição à radiação solar.

A decomposição do peróxido de hidrogénio (H_2O_2), por exemplo, ocorre mais rapidamente na presença de luz. Por isso, os frascos de água-oxigenada (solução aquosa de peróxido de hidrogénio) são opacos. Pelo mesmo motivo, alguns medicamentos, reagentes laboratoriais e alimentos são guardados em recipientes opacos ou escurecidos (**Fig. 2**).

As películas usadas em fotografia tradicional têm na sua constituição sais de prata que se transformam por ação da luz. Verifica-se que quanto maior é a intensidade luminosa, mais rápida é a transformação e como resultado final obtém-se uma imagem mais clara (**Fig. 3**).

Para reações químicas sobre as quais a luz tem influência, verifica-se que **maior intensidade de luz** torna a **reação mais rápida**.

Nas mesmas condições, a velocidade da reação entre o magnésio e o ácido clorídrico é maior do que a velocidade da reação entre o zinco e o ácido clorídrico.



Fig. 2 Diferentes materiais que se decompõem rapidamente na presença de luz, guardados em frascos adequados.

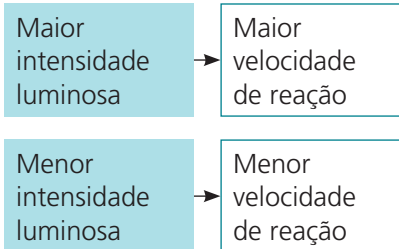


Fig. 3 Fotografia do mesmo local com elevada intensidade luminosa [A] e com baixa intensidade luminosa [B].

■ Concentração dos reagentes

Por vezes, o reagente encontra-se dissolvido num solvente, ou seja, é o soluto de uma solução. A concentração expressa a proporção entre a massa de soluto e o volume de solução.

ATIVIDADE LABORATORIAL

INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE UMA SOLUÇÃO REAGENTE NA VELOCIDADE DE UMA REACÇÃO QUÍMICA

MATERIAL:

- 2 copos de precipitação
- 2 quadrados de cartolina
- 1 marcador preto
- Proveta de 50 mL
- 2 provetas de 10 mL
- 1 vareta de vidro

REAGENTES:

- Solução aquosa de tiosulfato de sódio
- Ácido clorídrico diluído

PROCEDIMENTO:

1. Desenha uma cruz em cada um dos quadrados de cartolina.
2. Na proveta, mede 50 mL de solução aquosa de tiosulfato de sódio e transfere-a para um copo de precipitação [A].
3. Na proveta, mede 25 mL de tiosulfato de sódio e adiciona água até perfazer 50 mL. Transfere o conteúdo para um copo de precipitação, agitando [B].
4. Coloca cada um dos copos de precipitação em cima dos quadrados de cartolina.
5. Mede, em duas provetas, 5 mL de ácido clorídrico.
6. Adiciona, simultaneamente, o ácido clorídrico às soluções contidas nos copos de precipitação e observa.

(A)



(B)



OBSERVAÇÕES:

1. Em qual dos copos de precipitação a solução de tiosulfato de sódio estava mais concentrada?
2. O que permitiu seguir a evolução da reação?
3. Em que situação a cruz desenhada na cartolina deixou de ser visível mais rapidamente?

CONCLUSÃO:

1. Que influência tem a concentração da solução de tiosulfato de sódio na velocidade da reação?

Quando se **umenta a concentração** dos reagentes, **umenta-se o número de corpúsculos** reagentes por unidade de volume e, portanto, a possibilidade de existirem **colisões eficazes** também será maior.

Por exemplo, se se colocar um pedaço de carvão em brasa num frasco contendo oxigênio, este inflama-se. No entanto, no ar atmosférico não ocorrerá combustão porque a concentração do oxigênio é aproximadamente de 20 %.

Assim:

Quanto **maior** for a **concentração** dos reagentes, **maior** será a **velocidade da reação** química.

Maior
concentração
dos reagentes

Maior
velocidade
de reação

Menor
concentração
dos reagentes

Menor
velocidade
de reação



Fig. 4 A fruta apodrece mais rapidamente se estiver fora do frigorífico.

■ Temperatura

Certos alimentos, como o leite, os iogurtes, a fruta e os legumes, ou o fiambre, deterioram-se rapidamente se não forem colocados no frigorífico (**Fig. 4**). Estes exemplos evidenciam a importância da temperatura na velocidade das reações que levam à deterioração dos alimentos.

ATIVIDADE LABORATORIAL

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA VELOCIDADE DE UMA REAÇÃO QUÍMICA

MATERIAL:

- Placa de aquecimento
- Termómetro
- 2 copos de precipitação
- Proveta de 50 mL
- 2 provetas de 10 mL

REAGENTES:

- Solução aquosa de tiosulfato de sódio
- Ácido clorídrico diluído

PROCEDIMENTO:

1. Numa proveta, mede 50 mL de solução aquosa de tiosulfato de sódio e transfere-a para um copo de precipitação. Repete este procedimento, utilizando outro copo de precipitação.
2. Regista a temperatura da solução de tiosulfato de sódio contida nos copos de precipitação.
3. Coloca um dos copos de precipitação na placa de aquecimento, introduzindo na solução o termómetro.
4. Mede, em duas provetas, 5 mL de ácido clorídrico.
5. Quando a temperatura da solução de tiosulfato de sódio for aproximadamente 50 °C, adiciona, simultaneamente, o ácido clorídrico às soluções contidas nos copos de precipitação e observa.

OBSERVAÇÕES:

1. Qual foi a temperatura da solução de tiosulfato de sódio em cada um dos copos de precipitação, quando se adicionou o ácido clorídrico?
2. Em qual dos copos de precipitação se começou primeiro a notar turvação?

CONCLUSÃO:

1. Que influência tem a temperatura na velocidade da reação?



Maior temperatura

→
Maior
velocidade
de reação

Menor temperatura

→
Menor
velocidade
de reação

Quando a **temperatura aumenta**, os **corpúsculos** têm uma **agitação média maior**, aumentando a probabilidade de ocorrerem **colisões eficazes**.

Assim:

Na maioria das reações químicas, quanto **maior** for a **temperatura**, **maior** será a **velocidade da reação** química.

■ Estado de divisão dos reagentes sólidos

Um outro fator que influencia a velocidade de uma reação química é a superfície de contacto dos reagentes sólidos ou estado de divisão dos reagentes sólidos.

ATIVIDADE LABORATORIAL

INFLUÊNCIA DO ESTADO DE DIVISÃO DE UM REAGENTE SÓLIDO NA VELOCIDADE DE UMA REAÇÃO QUÍMICA

MATERIAL:

- Balança
- 2 tubos de ensaio
- Proveta de 10 mL

REAGENTES:

- Solução aquosa de sulfato de cobre(II)
- Pó de ferro
- Pregos de ferro

PROCEDIMENTO:

1. Pesa um prego, registrando o valor da sua massa, e coloca-o num dos tubos de ensaio.
2. Pesa igual massa de pó de ferro no outro tubo de ensaio.
3. Adiciona simultaneamente cerca de 5 mL de solução aquosa de sulfato de cobre(II) a cada um dos tubos de ensaio.



OBSERVAÇÕES:

1. Em que tubo de ensaio a cor azul se desvaneceu mais rapidamente?

CONCLUSÃO:

1. Que influência tem o estado de divisão do ferro na velocidade da reação?

Numa serração, existe perigo de explosão porque a combustão da serradura é muito mais rápida do que a combustão da mesma quantidade de madeira num bloco compacto (**Fig. 5**).

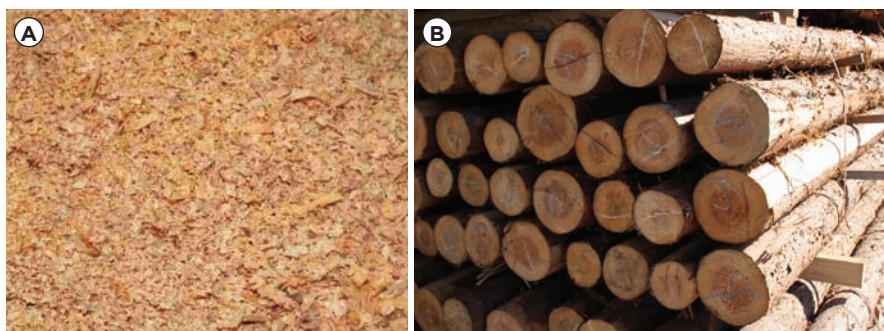


Fig. 5 A combustão da serradura [A] é mais rápida do que a de blocos de madeira [B].

Quanto mais dividido se encontra um reagente sólido, maior é a sua superfície de contacto com o outro reagente (**Fig. 6**), pelo que o número de colisões eficazes aumenta, aumentando também a rapidez da reação.

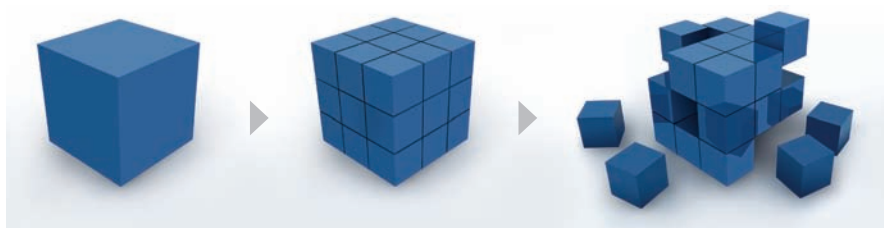


Fig. 6 Quanto maior é o estado de divisão de um reagente sólido, maior é a sua superfície de contacto.

Maior estado de divisão de um reagente sólido	→	Maior velocidade de reação
Menor estado de divisão de um reagente sólido	→	Menor velocidade de reação

Assim:

Quanto **maior** for o **estado de divisão** de um reagente sólido, **maior** será a **velocidade da reação**.

■ Catalisadores

Um **catalisador** é uma substância cuja presença numa determinada reação química aumenta a sua velocidade sem se consumir. Os catalisadores não são reagentes e, embora participem na reação, não se gastam, pelo que podem ser recuperados e utilizados novamente. Os catalisadores são específicos, isto é, uma dada substância catalisa uma certa reação mas não qualquer reação.

Algumas substâncias podem diminuir ou anular o efeito do catalisador. Quando isto acontece, o catalisador perde a sua atividade e diz-se que está envenenado.

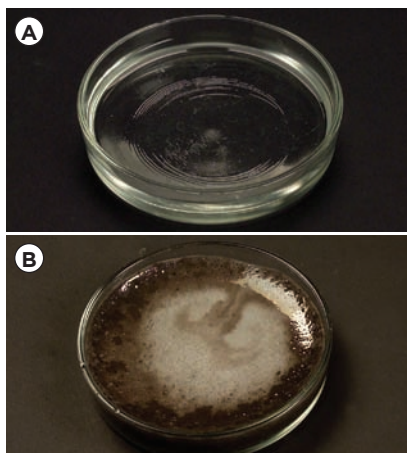
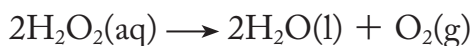


Fig. 7 Decomposição da água oxigenada na ausência [A] e na presença [B] de óxido de manganês (IV) — catalisador.

O óxido de manganês(IV), por exemplo, aumenta a velocidade da decomposição do peróxido de hidrogénio (água oxigenada) em água e oxigénio (**Fig. 7**), traduzida pela equação química:



Na presença de óxido de manganês(IV) observa-se a formação de imensas bolhas, a que corresponde uma intensa libertação de oxigénio. Ou seja, o óxido de manganês(IV) funcionou como catalisador, aumentando a velocidade da reação.

A ação do catalisador pode, neste caso, ser comparada à de uma viagem de automóvel entre dois pontos, I e II, existindo duas estradas — uma através das montanhas (**Fig. 8A**) e outra por uma região plana (**Fig. 8B**). Ou seja, o catalisador altera o percurso da reação, tornando-o mais rápido.



Fig. 8 A viagem de automóvel é mais demorada na região montanhosa [A], análoga à ausência de catalisador, do que na região plana [B], análoga à presença de catalisador.

Catalisadores aumentam a velocidade das reações.

Inibidores diminuem a velocidade das reações.

INGREDIENTES:

Açúcar,
espessantes
(carragenina e
farinha de semente
de alfarroba),
reguladores de
acidez (ácido cítrico
e citrato de sódio),
aroma e corantes
alimentares
(E 102, E 124).

Fig. 9 Rótulo de um alimento onde surgem vários aditivos, designados pela letra E seguida de três algarismos, entre os quais conservantes e antioxidantes.

Também existem substâncias capazes de diminuir a velocidade das reações químicas, são os **inibidores**.

Algumas reações de oxidação-redução contribuem para o escurecimento da fruta e dos legumes quando cortados ou para a formação do ranço em gorduras. Certas substâncias conseguem evitar ou diminuir a rapidez destas reações, são os antioxidantes. Estes podem ser adicionados aos alimentos para aumentar a sua durabilidade, funcionando como inibidores. Também os conservantes usados nos alimentos atuam como inibidores (**Fig. 9**).

■ Enzimas

As **enzimas** são **catalisadores** de **origem biológica**. São proteínas que se encontram naturalmente em todos os organismos vivos e cuja função é catalisar algumas reações químicas. Por exemplo, a amilase existe na saliva e acelera a reação de decomposição do amido, as lipases e as proteases ajudam na decomposição das gorduras e proteínas, respetivamente.

Atualmente, as enzimas têm um papel importante na indústria. Podem ser usadas para auxiliar na produção de medicamentos, para melhorar as propriedades de certos alimentos ou na composição de detergentes para facilitar a remoção de algumas nódoas.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

- Com o objetivo de estudar os fatores que podiam ser controlados para alterar a velocidade da reação entre o carbonato de cálcio e o ácido clorídrico, um grupo de alunos fez uma montagem semelhante à que se apresenta na figura seguinte.



Realizaram quatro ensaios diferentes:

- Usaram 5 g de calcário triturado e 20 mL de ácido clorídrico diluído a 18 °C.
- Usaram 5 g de calcário triturado e 20 mL de ácido clorídrico concentrado a 18 °C.
- Usaram uma pedra de calcário com 5 g e 20 mL de ácido clorídrico diluído a 18 °C.
- Usaram 5 g de calcário triturado e 20 mL de ácido clorídrico diluído a 50 °C.

Em cada ensaio mediram o intervalo de tempo que a seringa demorou a encher e registaram o valor na tabela

Ensaio	Condições experimentais	Intervalo de tempo de recolha de CO ₂ /s
A	Ácido diluído 5 g de calcário triturado Temperatura de 18 °C	158
B	Ácido concentrado 5 g de calcário triturado Temperatura de 18 °C	67
C	Ácido diluído 5 g de calcário não triturado Temperatura de 18 °C	329
D	Ácido diluído 5 g de calcário triturado Temperatura de 50 °C	94

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS (continuação)

- 1.1 Escreve a equação química que traduz a reação entre o carbonato de cálcio e o ácido clorídrico, sabendo que se forma cloreto de cálcio, água e dióxido de carbono.

RESOLUÇÃO:

As fórmulas químicas do ácido clorídrico, da água e do dióxido de carbono são, respetivamente:

HCl, H₂O, CO₂.

Recordando as regras para a escrita de fórmulas químicas de compostos iónicos, tem-se: carbonato de cálcio — $\text{Ca}^{2+} \text{CO}_3^{2-} \longrightarrow \text{CaCO}_3$ e cloreto de cálcio — $\text{Ca}^{2+} \text{Cl}^- \longrightarrow \text{CaCl}_2$.

Esquema: **$\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{HCl}(\text{aq}) \longrightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$**

Conta-se o número de átomos de cada elemento na equação e faz-se o acerto do esquema de modo a obter uma equação química.

Equação química: **$\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{aq}) \longrightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$**

- 1.2 Indica quatro instrumentos de medição que os alunos tiveram de usar.

RESPOSTA:

Para medir o volume de ácido clorídrico: proveta; para medir a massa de calcário: balança; para medir a temperatura: termómetro; para medir o intervalo de tempo de recolha de CO₂: cronómetro.

- 1.3 Comparando as condições experimentais de cada ensaio com as do ensaio A, indica quais são os fatores cuja influência na reação estão a ser estudados.

RESPOSTA:

Entre B e A varia a concentração do ácido, entre C e A varia o estado de divisão do calcário e entre D e A varia a temperatura do meio.

Os fatores que estão a ser estudados são a concentração, o estado de divisão de um reagente sólido e a temperatura.

- 1.4 Compara a velocidade da reação em cada um dos ensaios, com a velocidade da reação no ensaio A, tendo em atenção o intervalo de tempo de recolha de CO₂.

RESPOSTA:

Quanto menor for o intervalo de tempo de recolha de CO₂ mais rápida será a reação, pois significa que o mesmo volume de gás se libertou num intervalo de tempo mais curto.

A velocidade da reação é: maior em B do que em A; maior em C do que em A; maior em D do que em A.

- 1.5 Conclui acerca da influência, na velocidade da reação, dos fatores estudados.

RESPOSTA:

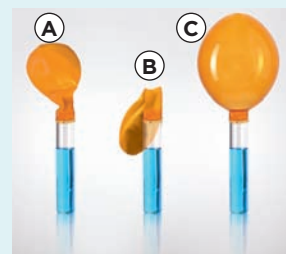
Do ensaio A para o ensaio B aumenta-se a concentração do ácido clorídrico e constata-se que a velocidade da reação aumenta. Assim, conclui-se que o aumento da concentração de um reagente provoca um aumento na velocidade da reação.

Do ensaio A para o ensaio C diminui-se o estado de divisão do calcário e constata-se que a velocidade da reação diminui. Assim, conclui-se que o aumento do estado de divisão do sólido provoca um aumento na velocidade da reação.

Do ensaio A para o ensaio D aumenta-se a temperatura e constata-se que a velocidade da reação aumenta. Assim, conclui-se que o aumento da temperatura provoca um aumento na velocidade da reação.

ATIVIDADES

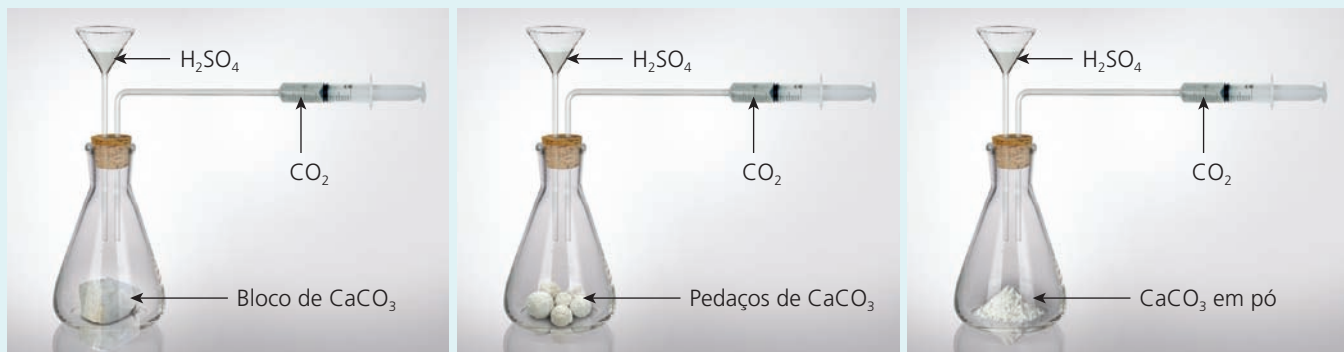
1. Refere qual é o papel de um inibidor numa reação química e dá um exemplo que ilustre a sua utilidade.
2. De entre as frases seguintes, seleciona a que melhor descreve um catalisador.
 - A. Reagente que torna a reação mais lenta.
 - B. Produto de reação que torna a reação mais lenta.
 - C. Substância que torna a reação mais rápida sem se consumir.
 - D. Substância que torna a reação mais rápida, consumindo-se.
3. O magnésio e o ácido clorídrico reagem, formando cloreto de magnésio e hidrogénio. Realizou-se esta reação em três tubos de ensaio, a diferentes temperaturas. Os ensaios foram realizados em simultâneo e a representação da figura corresponde a um dos instantes iniciais da reação. Indica, justificando, em qual dos tubos de ensaio era maior a temperatura.
4. Para a reação considerada no exercício anterior, seleciona a opção em que o balão se iria encher mais rapidamente com hidrogénio.
 - A. Ácido clorídrico 3,6 g/L e uma fita de magnésio inteira.
 - B. Ácido clorídrico 18 g/L e uma fita de magnésio partida em pedaços.
 - C. Ácido clorídrico 3,6 g/L e uma fita de magnésio partida em pedaços.
 - D. Ácido clorídrico 18 g/L e uma fita de magnésio inteira.



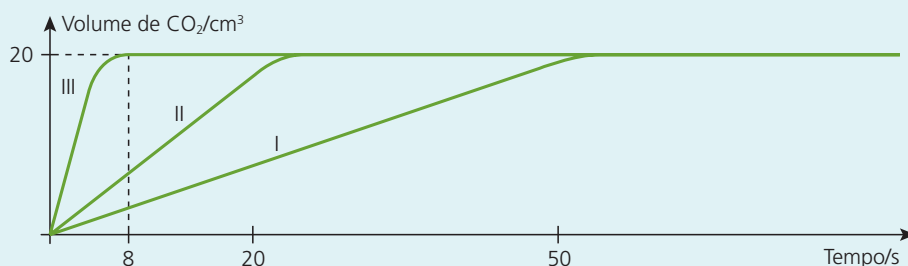
5. A reação entre o carbonato de cálcio e o ácido sulfúrico é traduzida pela seguinte equação química:



Numa dada experiência, fizeram-se três ensaios, variando o estado de divisão do carbonato de cálcio, como se mostra na figura seguinte. Responde às questões.



- 5.1 Refere dois fatores relevantes que devem ser mantidos constantes durante os três ensaios para se poder concluir acerca da influência do estado de divisão do carbonato de cálcio na velocidade da reação.
- 5.2 Enumera três instrumentos de medida necessários à realização desta experiência.
- 5.3 Com base nos dados experimentais obteve-se o gráfico da figura seguinte.



5.3.1 Qual é o volume de dióxido de carbono obtido?

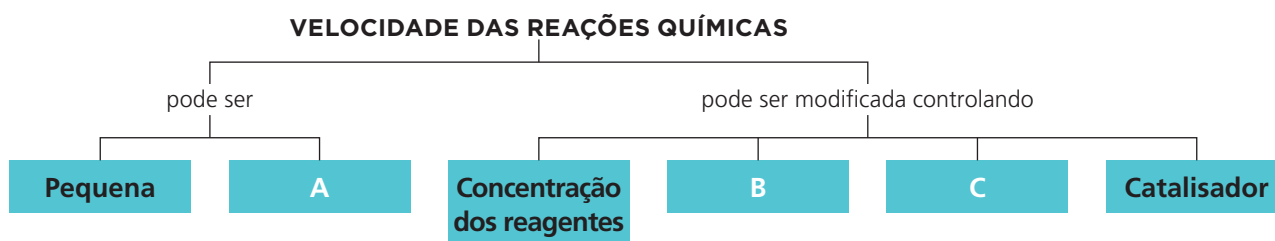
5.3.2 Faz corresponder aos ensaios I, II e III o estado de divisão do carbonato de cálcio usado.

IDEIAS-CHAVE

- A **velocidade de uma reação** química relaciona-se com a **rapidez de consumo dos reagentes** e de **formação dos produtos de reação**. Existem reações **lentas** e reações **rápidas**.
- Para reações influenciadas pela luz, a **velocidade de reação aumenta** quando a **intensidade luminosa é maior**.
- O **aumento da concentração dos reagentes** corresponde a um maior número de partículas reagentes por unidade de volume e, por isso, a uma maior probabilidade de ocorrerem colisões eficazes, pelo que a **velocidade da reação aumenta**.
- O **aumento da temperatura dos reagentes** corresponde a uma maior agitação média das partículas e, por isso, a uma maior probabilidade de ocorrerem colisões eficazes, pelo que a **velocidade da reação aumenta**.
- O **aumento do estado de divisão dos reagentes sólidos** corresponde a uma maior área superficial de contacto com o outro reagente e, por isso, a uma maior probabilidade de ocorrerem colisões eficazes, pelo que a **velocidade da reação aumenta**.
- Os **catalisadores** são substâncias que **participam numa reação química sem se consumirem** e **aumentam a velocidade da reação**.
- Os inibidores são substâncias que provocam **diminuição na velocidade da reação**.

ESQUEMATIZAR

1. Completa o esquema substituindo as letras pelos termos corretos.



VERIFICAR

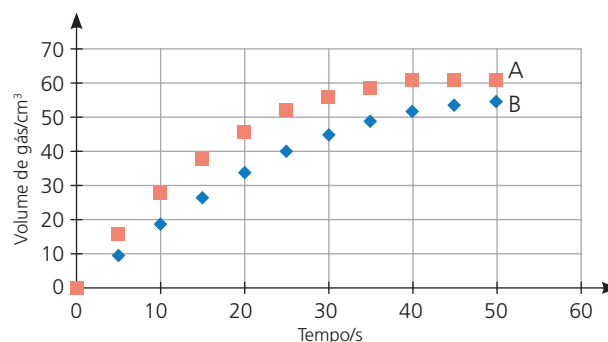
2. De entre as afirmações seguintes seleciona as verdadeiras e corrige as falsas.
 - A. A velocidade de uma reação química é tanto maior quanto menor for a temperatura.
 - B. A velocidade de uma reação química é independente da concentração dos reagentes.
 - C. A velocidade de uma reação química com um reagente sólido é tanto maior quanto mais finamente estiver o sólido dividido.
 - D. Os catalisadores são reagentes que aceleram determinadas reações químicas.
 - E. Para reações influenciadas pela luz, quanto maior é a intensidade luminosa mais lenta é a reação.
 - F. Os antioxidantes usados nos alimentos funcionam como inibidores que atrasam a sua oxidação.

APLICAR

3. A reação entre o ácido clorídrico e o tiosulfato de sódio origina, entre outras substâncias, enxofre (sólido amarelo), que turva a solução. Considera as diferentes condições em que a reação foi realizada, e responde às questões.

A. Ácido clorídrico 36 g/L a 25 °C.	C. Ácido clorídrico 36 g/L a 50 °C.
B. Ácido clorídrico 54 g/L a 50 °C.	D. Ácido clorídrico 54 g/L a 25 °C.

- 3.1** Refere, justificando, em que condições a reação tem maior velocidade.
- 3.2** Em que condições demora a solução mais tempo a ficar turva? Justifica a tua resposta.
- 4.** Considera a equação química que traduz a reação entre uma solução aquosa de nitrato de prata e o cobre:
- $$2\text{AgNO}_3(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s}) \longrightarrow 2\text{Ag}(\text{s}) + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}).$$
- 4.1** Identifica os reagentes e os produtos de reação, indicando o respetivo estado físico.
- 4.2** Selecciona a única afirmação verdadeira. Justifica a tua resposta.
- A velocidade da reação aumenta quando diminui a concentração da solução de nitrato de prata.
 - No mesmo intervalo de tempo, obtém-se maior massa de prata quando o cobre é finamente dividido.
 - No mesmo intervalo de tempo, obtém-se maior massa de prata quando se diminui a temperatura da solução.
 - A velocidade da reação aumenta quando se aumenta o volume do solvente (água) e diminui a concentração da solução de nitrato de prata.
- 5.** Observa o gráfico seguinte, que mostra o volume de gás libertado na decomposição de um líquido em solução, ao longo do tempo, em dois ensaios, A e B. Em ambos os ensaios usou-se soluções com igual concentração, à temperatura de 25 °C. O ensaio A, fez-se na presença de um sólido X e o ensaio B na ausência desse sólido.
- 5.1** Calcula o quociente
- $$\frac{\text{volume final de gás} - \text{volume inicial de gás}}{\text{intervalo de tempo}},$$
- para os primeiros 20 s de reação em cada um dos ensaios.
- 5.2** Refere o que acontece à velocidade da reação na presença do sólido X.
- 5.3** Indica como se designa a função do sólido X nesta reação.
- 5.4** Quais são as principais propriedades do sólido X quando tem a função identificada na questão 5.3?
- 5.5** Explica por que motivo é importante manter a temperatura e a concentração da solução iguais nos dois ensaios.
- 6.** Explica as seguintes situações.
- No verão, a sopa, deixada fora do frigorífico, azeda muito rapidamente.
 - A palha de aço enferruja mais rapidamente do que um prego do mesmo material.
 - O bacalhau e a carne salgados conservam-se durante bastante tempo.
 - O mesmo tecido, nos cortinados da janela descora mais rapidamente do que na colcha.



CHEGO ÀS METAS

- Associo a velocidade de uma reação química à rapidez com que um reagente é consumido ou um produto é formado. *p. 75*
- Identifico os fatores que influenciam a velocidade de uma reação química. *pp. 77-81*
- Indico que os catalisadores e os inibidores não são consumidos nas reações químicas, mas podem perder a sua atividade. *pp. 81 e 83*
- Interpreto a variação da velocidade das reações com base no controlo dos fatores que a alteram. *pp. 77-84*

SIM	PRECISO DE REVER	TENHO DE ESTUDAR
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0

0-3 — Tenho de me esforçar mais. 4-6 — Sou capaz de fazer melhor! 7-8 — Tenho de continuar assim!

1. O alumínio é uma substância metálica de símbolo químico Al. Esta substância tem diversas utilizações, como, por exemplo, em latas de refrigerantes, janelas, em diversos utensílios de cozinha e mesmo em equipamentos para a indústria aeronáutica.
 - 1.1 Indica a unidade estrutural do metal alumínio.
 - 1.2 Selecciona a opção que completa corretamente a frase seguinte.

O ião alumínio, Al^{3+} , é um catião que resultou do átomo de alumínio ter...

 - A. ... captado três prótons.
 - B. ... captado três eletrões.
 - C. ... cedido três prótons.
 - D. ... cedido três eletrões.
 - 1.3 Justifica que o ião alumínio é um catião monoatômico.
2. O alumínio e o ácido clorídrico reagem entre si originando cloreto de alumínio em solução aquosa e hidrogénio molecular que se liberta para a atmosfera.
 - 2.1 Explica o que acontece durante a reação química, de acordo com a teoria cinético-corpúscular.
 - 2.2 Escreve a equação química que traduz a reação descrita.
 - 2.3 Em cada caso, selecciona a opção que completa corretamente a frase.
 - a) Na equação química, estão representados...
 - A. ... seis reagentes e cinco produtos de reação.
 - B. ... dois reagentes e dois produtos de reação.
 - C. ... cinco reagentes e seis produtos de reação.
 - D. ... oito reagentes e cinco produtos de reação.
 - b) Durante a reação química verifica-se que...
 - A. ... a massa total dos reagentes e dos produtos de reação diminui.
 - B. ... a massa total dos reagentes aumenta e a dos produtos de reação diminui.
 - C. ... a massa total dos reagentes diminui e a dos produtos de reação aumenta.
 - D. ... a massa total dos reagentes e dos produtos de reação mantém-se constante.
 - 2.4 Das substâncias envolvidas no sistema reacional, refere:
 - a) as que correspondem a substâncias elementares;
 - b) a que corresponde a uma substância iónica;
 - c) a que é representada por uma molécula diatómica e não corresponde a uma substância composta.
 - 2.5 Explica como poderias aumentar a velocidade desta reação química.
3. O cloreto de hidrogénio é um gás que quando dissolvido na água apresenta características ácidas — ácido clorídrico. Este é um dos componentes do suco gástrico.
 - 3.1 A 25 °C, o pH de uma solução de ácido clorídrico pode ser:
 - A. 12
 - B. 9
 - C. 7
 - D. 3
 - 3.2 O ácido clorídrico e o hidróxido de cálcio podem reagir entre si, originando cloreto de cálcio em solução aquosa e água líquida.
 - 3.2.1 Identifica o tipo de reação que ocorre entre o ácido clorídrico e o hidróxido de cálcio. Justifica a tua resposta.
 - 3.2.2 Refere o carácter químico da solução de hidróxido de cálcio.
 - 3.2.3 Explica, como poderias determinar o carácter ácido-base da solução de ácido clorídrico e da solução de hidróxido de cálcio, recorrendo aos indicadores ácido-base estudados na aula de Físico-Química.
 - 3.2.4 Escreve a equação química que traduz a reação descrita entre o ácido clorídrico e o hidróxido de cálcio.
 - 3.2.5 Explica como poderias determinar o pH à medida que a reação ocorre.

4. O ponto de ebulição da água é 100 °C, à pressão normal.
- 4.1 Explica, tendo em conta a teoria cinético-corpúscular, o que acontece durante a ebulição da água.
- 4.2 Refere por que razão quando se adicionam 5 mL de açúcar a 45 mL de água o volume final não é igual a 50 mL. Justifica a tua resposta.
5. Estabelece a correspondência correta entre as reações químicas (coluna I) e o tipo de reação (coluna II).

Coluna I	Coluna II
A. $3\text{KOH}(\text{aq}) + \text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq}) \longrightarrow \text{K}_3\text{PO}_4(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1. Precipitação
B. $2\text{Mg}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{MgO}(\text{s})$	2. Ácido-base
C. $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{FeS}(\text{s}) \longrightarrow \text{FeSO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{S}(\text{aq})$	3. Combustão
D. $2\text{NaOH}(\text{aq}) + \text{CuSO}_4(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$	

6. Identifica, pelo nome, todos os compostos iónicos presentes nas reações da questão anterior.
7. Explica o que distingue uma água dura de uma água macia e enumera três desvantagens da utilização de uma água dura.

8. A dureza da água pode ser expressa em mg de carbonato de cálcio por litro de água (mg CaCO_3/L). Quanto maior for a concentração de carbonato de cálcio, maior é a dureza da água. Considera três amostras de água cuja dureza se apresenta ao lado e responde às questões.

Amostra	Dureza/(mg CaCO_3/L)
A	210
B	90
C	50

- 8.1 Seleciona a água que fará espuma mais abundante para a mesma quantidade de detergente.

- 8.2 Indica a água que mais facilmente levará à formação de incrustações nas canalizações.

- 8.3 Refere três tratamentos que se podem efetuar para amaciar as águas duras.

- 8.4 Sabendo que as águas com uma dureza superior a 150 mg CaCO_3/L são consideradas duras, conclui, justificando, se a água A pode ter sido captada no Minho.

NOTA: Consulta o mapa da página 65.

9. O ferro reage com o sulfato de cobre em solução aquosa, de acordo com a equação química seguinte:



- 9.1 Indica o nome dos produtos de reação.

- 9.2 Calcula a massa de cobre que se obtém quando reagem 215,5 g de reagentes e se forma 151,9 g de sulfato de ferro(II).

- 9.3 Seleciona a opção que corresponde à situação que permite aumentar a velocidade desta reação.

A. Diminuir a temperatura da solução de sulfato de cobre(II).

B. Aumentar a concentração da solução de sulfato de ferro(II), $\text{FeSO}_4(\text{aq})$.

C. Dividir o ferro em pequenos pedaços.

D. Dividir o cobre em pequenos pedaços.

10. A luz acelera a decomposição de certas substâncias branqueadoras que fazem parte da composição do papel, pelo que os jornais antigos têm uma cor amarelada. Na figura estão representados dois jornais que estiveram expostos à luz durante igual intervalo de tempo. Indica, justificando, qual deles esteve exposto a luz mais intensa.



Conversores catalíticos

Os catalisadores são obrigatórios por lei em todos os veículos novos a gasolina desde 1993 e usam a Química para transformar o nocivo em inofensivo.

Os motores de combustão interna produzem três poluentes principais — monóxido de carbono, óxidos de nitrogénio e hidrocarbonetos. Os fabricantes de automóveis são obrigados, por lei, a minimizar estas emissões. Um só catalisador «triplo» pode lidar com os três poluentes, ao acelerar uma reação química que, na sua ausência, não ocorreria.

Um conversor catalítico, ou catalisador, é um conjunto de estruturas em colmeia dentro de um cilindro metálico. A «colmeia» maximiza a superfície revestida de materiais metálicos (platina, ródio e paládio) com poder catalítico.

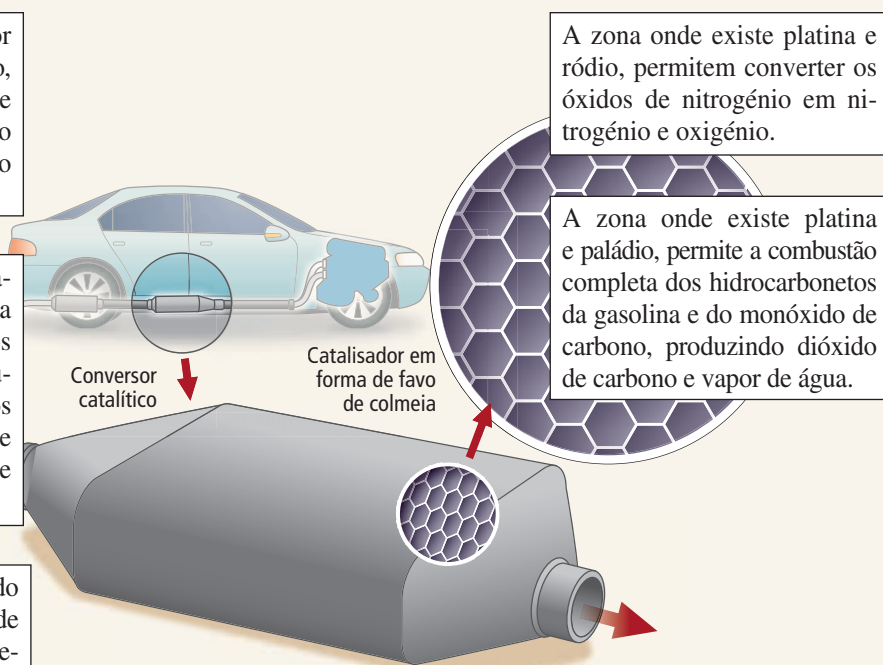
Como são catalisadores participam na reação sem se consumir. É, por isso, que duram muito tempo — 160 000 km ou mais — sem precisarem de substituição.

Estes catalisadores são «envenenados» (perdem o seu poder catalítico) na presença de chumbo. A utilização de gasolina sem chumbo generalizou-se com a introdução de catalisadores nos automóveis.

O catalisador precisa de calor para funcionar. Com o motor frio, o catalisador demora a aquecer, e é por isso que as emissões são mais elevadas logo após ligar o carro.

Existem dois tipos de catalisador dentro do sistema, um para transformar os hidrocarbonetos e o monóxido de carbono e outro para transformar os óxidos de nitrogénio em nitrogénio e oxigénio, através de reações de oxidação-redução.

Um sensor de oxigénio à frente do catalisador controla os níveis de injeção de combustível para assegurar que a mistura tem a composição adequada.



A zona onde existe platina e ródio, permitem converter os óxidos de nitrogénio em nitrogénio e oxigénio.

A zona onde existe platina e paládio, permite a combustão completa dos hidrocarbonetos da gasolina e do monóxido de carbono, produzindo dióxido de carbono e vapor de água.

Quero Saber
fevereiro 2011 (adaptado)

1. Identifica os poluentes, referidos no texto, produzidos pelos motores de combustão interna.
2. Além dos poluentes já mencionados, refere qual é o gás que contribui para o aquecimento global que se liberta também nestas combustões.
3. Explica a importância da estrutura em colmeia no interior do cilindro.
4. Indica os metais que funcionam como catalisadores neste tipo de sistema.
5. Refere por que motivo não é necessário introduzir novo catalisador sempre que se abastecem os veículos com gasolina.
6. Refere em que substâncias se transformam os óxidos de nitrogénio depois de passar pelo leito do catalisador.
7. Seleciona a opção que indica corretamente o tipo de reação que ocorre no conversor catalítico.
 - A. Precipitação.
 - B. Ácido-base.
 - C. Oxidação-redução.
 - D. Neutralização.

A Química nas nossas vidas

Há a ideia generalizada de que o que é natural é bom e o que é sintético, o que resulta da ação do homem, é mau. Não vou citar os terremotos, *tsunamis* e tempestades, tudo natural, que não tem nada de bom, mas antes certas substâncias naturais muito más, como as toxinas produzidas naturalmente por certas bactérias e os vírus, todos tão na moda nestes últimos tempos.

Dos oito maiores venenos que existem, seis são naturais: a toxina A do *butonilium*, a toxina A do tétano, a toxina da difteria, a ricina (do rícino), a muscarina (dos cogumelos) e a bufotoxina (dos sapos); destes, só o *sarin* (gás dos nervos, 8.º lugar) e as dioxinas (5.º lugar) é que são de origem sintética.

[...]

A má imagem da Química resulta da sua má utilização e deve-se particularmente à dispersão de resíduos no ambiente (que levam ao aquecimento global e a mudanças climáticas, ao buraco da camada de ozono e à contaminação das águas e solos) e à utilização de aditivos alimentares e pesticidas.

Muitos destes males são o resultado da pouca educação dos cidadãos. Quem separa e compacta o lixo? Quem entrega os medicamentos antigos nas farmácias? Quem trata os efluentes das vacarias e pocilgas? Quem deixa toda a espécie de lixo nas areias das nossas praias e matas? Quem usa e abusa do automóvel? Quem berra contra a incineração mas enche a sala de fumo, intoxicando toda a família? Quem não admira o fogo de artifício, que enche a atmosfera e as águas de metais pesados?

Há o hábito de utilizar a palavra «químicos» para designar substâncias de síntese, imprimindo-lhes um ar perverso, de substância maldita. Há tempos passou na TV um anúncio da DGS destinado a combater o uso do tabaco que dizia: «[...] o fumo do tabaco contém mais de 4000 substâncias químicas tóxicas, irritantes e cancerígenas [...]».

Bastaria referir «substâncias», mas teve de aparecer o adjetivo «químicas» para lhes dar um ar mais tenebroso. Todas as substâncias, naturais ou de síntese, são «químicos»! Todas as substâncias, naturais ou de síntese, podem ser prejudiciais à saúde! Tudo depende da dose.

[...]

Os aditivos alimentares e os pesticidas são outra fonte de preocupação da sociedade. Os aditivos alimentares aumentam a qualidade, disponibilidade e segurança dos alimentos, a preços acessíveis. Destinam-se a evitar que os alimentos se estraguem por ação de bactérias, fungos, bolores, fermentos e reações químicas, para aumentar o seu valor nutritivo (adição de vitaminas, minerais e outros), para preservar as suas propriedades físicas (agentes *anti-caking*, emulsionantes, etc.) e para os tornar mais atrativos (cor e sabor).



CARLOS CORRÊA, Ciência Hoje,
23/06/2011 (adaptado)

<http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=49746&op=all>

1. Explica por que motivo as substâncias, sejam naturais ou de síntese, são «químicos».
2. De acordo com o autor do texto, a que se deve a má imagem da Química?
3. Que medidas podem ser levadas a cabo pelos cidadãos para diminuir o impacto ambiental da dispersão de resíduos no ambiente?
4. Selecciona a opção que completa corretamente a frase seguinte: O efeito nocivo de uma dada substância depende...
 - A. ... da dose em que é usada.
 - B. ... da sua origem ser sintética ou natural.
 - C. ... de ter ou não origem numa bactéria.
 - D. ... de ter ou não origem em cogumelos.
5. Refere as várias funções dos aditivos alimentares mencionados no texto.



Numa orquestra muitas são as fontes sonoras que vibram produzindo sons harmoniosos entre si.

Música — caleidoscópio de sons

O mundo da música é um caleidoscópio de sons. Com a maior parte dos instrumentos, é fácil perceber como se formam os vários tipos de sons. [...] O tocar de um instrumento faz com que parte dele vibre rapidamente.

A vibração produz ondas sonoras no ar que chegam aos nossos ouvidos. As ondas provocam mudanças rápidas na pressão atmosférica, numa proporção igual à da vibração do instrumento. [...]

O som da música faz com que a membrana do tímpano do nosso ouvido vibre da mesma forma que os instrumentos estão a ser tocados, o que nos permite identificá-los.

J. LACOCK, J. ELLIOT, V. DAVENPORT,
«Música», *Enciclopédia Visual*, Verbo, 1998
(adaptado)

COMEÇA POR...

OBSERVAR

1. Que tipos de instrumentos se podem observar na imagem?

INTERPRETAR

2. De acordo com o texto, como são produzidos os sons?
3. Será que o som se propaga com uma frequência idêntica à produzida na fonte sonora?

REFLETIR

4. O que têm em comum as diferentes fontes sonoras?
5. Como se produzem e transmitem os sons?
6. Como será possível distinguir os diferentes tipos de sons?
7. Por que razão necessitam os astronautas de comunicar via rádio?

AS TUAS METAS

- Conhecer a produção e a propagação do som.
- Compreender a produção e a propagação do som.
- Compreender fenómenos ondulatórios num meio material como a propagação de vibrações mecânicas nesse meio.
- Conhecer grandezas físicas características de ondas.
- Reconhecer o som como onda.

■ Sons no dia a dia

No quotidiano, podem ouvir-se diversos sons, como, por exemplo, um automóvel a buzinar, um coro a cantar, as conversas dos amigos, um pássaro a chilrear (**Fig. 1**).



Fig. 1 Sons produzidos no dia a dia.

■ Produção de sons

A **acústica** é o ramo da Física que estuda o som.

Há diferentes formas de produzir sons; por exemplo, a vibração das cordas vocais, o bater ritmado das asas de um grilo, a vibração de um elástico esticado (**Fig. 2A**) ou o movimento rápido de uma régua (**Fig. 2B**).

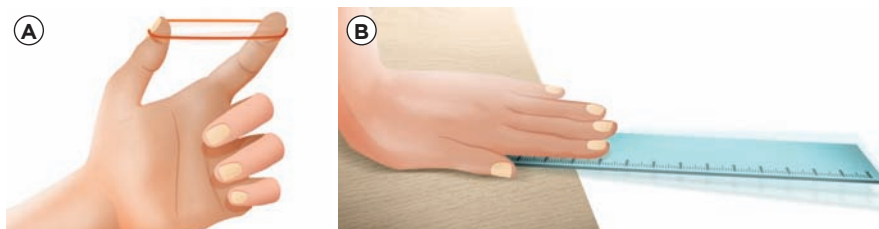


Fig. 2 A vibração de um elástico esticado [A] ou o movimento rápido de uma régua [B] produzem sons.

A **vibração** é um movimento repetitivo de um corpo, ou de parte dele, em torno de uma posição de equilíbrio. As **fontes sonoras** são todos os dispositivos que ao **vibrarem emitem sons**. As cordas vocais vibram, emitindo som. O mesmo acontece com o elástico esticado ou a régua que ao vibrarem emitem sons. Os instrumentos musicais, por vibração, também produzem sons.

De acordo com a forma como se produzem os sons nos instrumentos musicais, estes dividem-se em três grandes famílias: **percussão**, **sopro** e **cordas**.

Acústica — ramo da Física que estuda o som.

Equilíbrio estático — estado de um corpo ou de um sistema em que este se encontra em repouso.

Instrumentos musicais		
Percussão	Cordas	Sopro
Instrumentos que produzem sons quando se percute (bate) numa superfície esticada e esta vibra.	Instrumentos que produzem sons pela vibração de cordas esticadas.	Instrumentos que produzem sons pela vibração do ar ao passar no interior de tubos acústicos.

Um diapasão (**Fig. 3**) é uma fonte sonora que produz sempre o mesmo tipo de som. Ao percutir uma das hastes do diapasão com um martelo, estas vibram, produzindo som. Diferentes diapasões podem produzir um maior ou menor número de movimentos, por segundo, em torno da posição de equilíbrio. Cada um dos diapasões tem uma frequência característica.

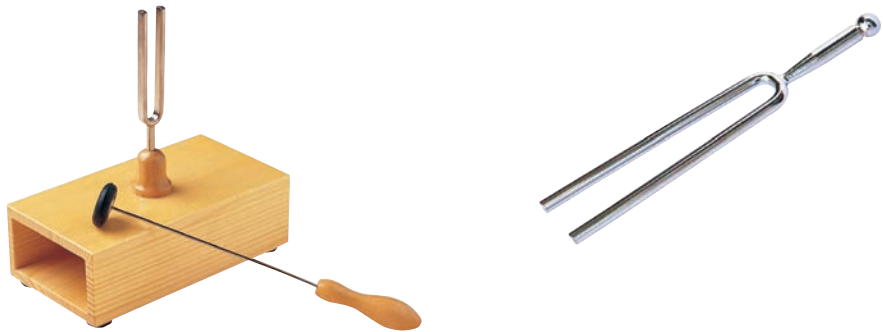


Fig. 3 Diapasões.

A **frequência** da fonte sonora corresponde ao número de oscilações que são efetuadas, por segundo, em torno da posição de equilíbrio.

No Sistema Internacional de unidades, a unidade de frequência é o **hertz** (Hz), em homenagem a Heinrich Hertz, cientista alemão.

$$\text{Um hertz corresponde a uma oscilação por segundo: } 1 \text{ Hz} = \frac{1}{\text{s}}$$

Se uma fonte sonora tem uma frequência de 320 Hz isso significa que, em cada segundo, se completam 320 oscilações em torno da posição de equilíbrio. Fontes sonoras que têm frequências diferentes, produzem sons distintos.

No entanto, nem todas as vibrações das fontes sonoras são audíveis pelo ser humano. O ouvido humano só deteta vibrações com certas frequências. Algumas vibrações que o ouvido humano não ouve são audíveis por outros animais (**Fig. 4**).



Fig. 4 Certas vibrações só são audíveis por alguns animais.

■ Propagação de sons

Quando a fonte sonora vibra com uma determinada frequência, emite um som. No entanto, este só se propaga se existir um meio material sólido, líquido ou gasoso.

Propagação do som	
No ar, há propagação do som	No vácuo, não há propagação do som
	
Na presença de ar, e com o rádio a funcionar dentro da campânula, o som propaga-se, pois a vibração transmite-se no ar e no vidro — o som é audível.	No vácuo, e com o rádio a funcionar dentro da campânula, o som não se propaga, pois a vibração não se transmite.

A vibração da fonte sonora é transmitida às partículas do meio envolvente mais próximas da fonte sonora e em todas as direções. As partículas mais próximas da fonte sonora transmitem a vibração, através de choques, às partículas que lhes estão mais próximas, as quais, sucessivamente, a transmitem às partículas seguintes. **No vazio**, não há partículas através das quais a vibração se possa transmitir, por isso, **não há propagação do som**. O **som propaga-se** nos sólidos, líquidos e gases **com a mesma frequência** da fonte sonora.

O som não se propaga no vazio.

O som propaga-se, com a mesma frequência da fonte sonora, em qualquer meio material.

ATIVIDADES

1. Explica o que são fontes sonoras e dá três exemplos.
2. O que significa afirmar que um diapasão vibra com frequência de 520 Hz?
3. Faz uma pesquisa sobre os principais cientistas que contribuíram para o desenvolvimento da acústica.
4. Faz uma pesquisa sobre os diferentes instrumentos musicais característicos das várias regiões do País e classifica-os quanto à forma como o som é produzido.

■ Transmissão do som

A transmissão do som no ar deve-se à propagação do movimento vibratório através de camadas sucessivas de ar. A transmissão das vibrações ao meio circundante provoca uma perturbação nesse meio: a aproximação das partículas em determinadas zonas e o seu afastamento noutras, originando zonas de maior densidade do ar em alternância com zonas de menor densidade do ar. As primeiras são **zonas de compressão** (maior pressão) e as segundas, **zonas de rarefação** (menor pressão). As zonas de compressão (aproximação das partículas) correspondem a cristas e as de rarefação (afastamento das partículas), a vales (**Fig. 5**).

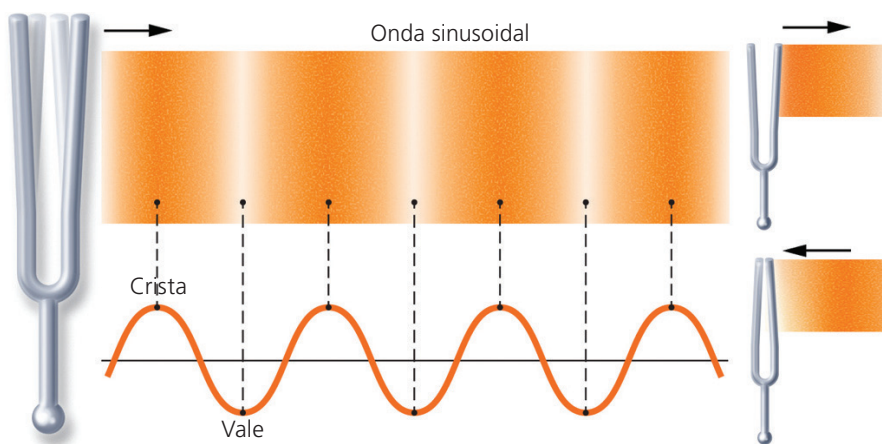


Fig. 5 Num dado instante, observam-se alternadamente compressões e rarefações, ao longo da direção de propagação do som.

O som é produzido pela vibração de uma fonte sonora, por exemplo um altifalante ou um diapásio. A membrana do altifalante vibra com uma determinada frequência e essa vibração produz o movimento vibratório do meio circundante, por exemplo, o ar. Esse movimento vibratório transmite-se até ao recetor, onde é percecionado (**Fig. 6**).

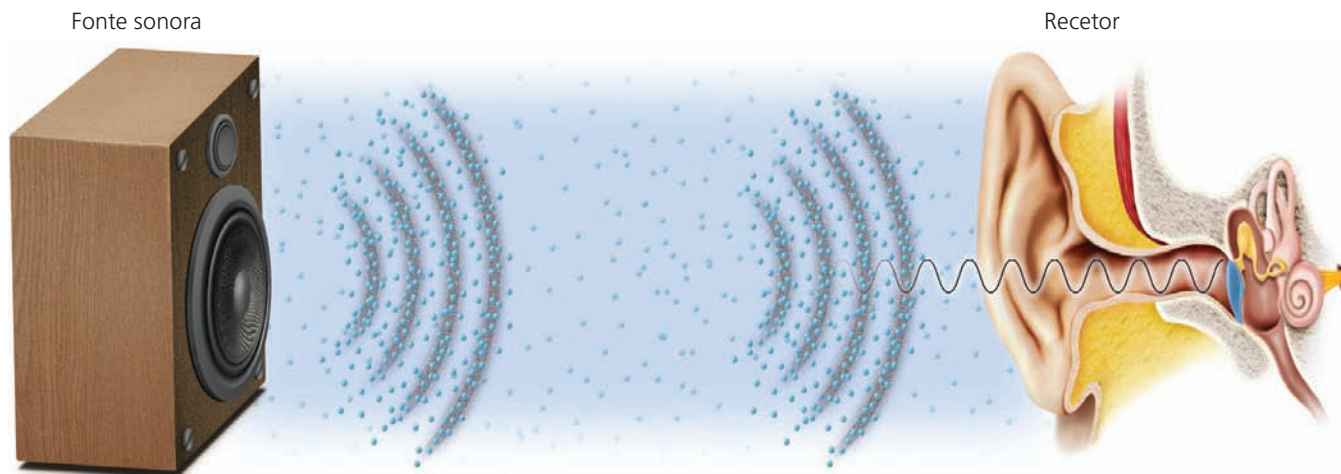


Fig. 6 Propagação do som da fonte sonora ao recetor sonoro, através de um meio material.

Na **propagação do som** ocorre **apenas transferência de energia**, não há transferência de matéria — tal como acontece às ondas de compressão de uma mola (**Fig. 7**).

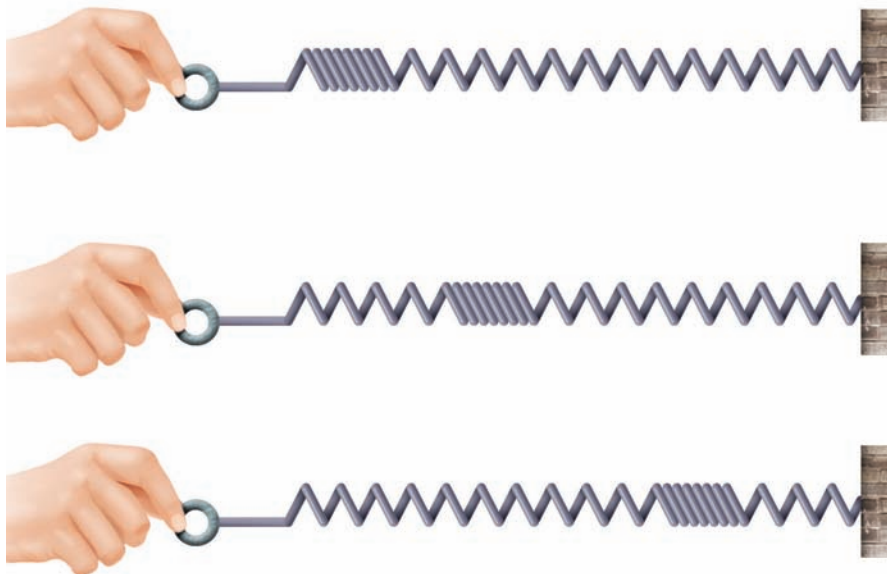


Fig. 7 Propagação da energia através de uma mola.

Quando se perturba uma mola, a energia transfere-se ao longo da mola, sem ocorrer transferência de matéria. Da mesma forma, na propagação do som, ocorre apenas a transferência de energia entre as partículas que constituem esse meio (**Fig. 8**). As partículas transmitem a vibração às partículas vizinhas, não ocorrendo transporte de matéria.



Fig. 8 Propagação do som.

ATIVIDADE

1. As frases que se seguem estão todas incorretas. Transcreve-as para o teu caderno devidamente corrigidas.
 - A. O som só se propaga no vazio.
 - B. As zonas de compressão correspondem a zonas de menor densidade e maior pressão.
 - C. Durante a propagação do som, existe transferência de energia e de matéria.
 - D. As cristas correspondem a zonas de rarefação.

Unidades SI:

d — metro (m)

Δt — segundo (s)

v — metro por segundo (m/s)

SABER

Δ (delta) é uma letra do alfabeto grego e é utilizada em linguagem matemática para representar um intervalo, ou seja, a diferença entre um estado final e um estado inicial.

Por exemplo:

Δt — intervalo de tempo

$\Delta t = t_f - t_i$

■ Velocidade de propagação

A velocidade de propagação do som num dado material está associada à rapidez com que aquele se propaga no meio.

O valor da velocidade de propagação do som (v) em qualquer meio pode ser obtido pelo quociente entre a distância (d) que o som percorre e o intervalo de tempo que o som demora a percorrer essa mesma distância (Δt):

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

O som necessita de um meio material para se propagar. A rapidez com que o som se propaga difere com o meio onde aquele se está a transmitir.

Afirmar que a velocidade de propagação do som no ar é de 340 m/s (**Fig. 9**) significa que, durante um segundo, o som percorre uma distância de 340 metros.

A velocidade de propagação do som depende de diversos fatores, como, por exemplo, a elasticidade do material ou a sua densidade.

De uma forma geral, as ondas sonoras propagam-se mais rapidamente nos sólidos do que nos líquidos, sendo mais rápida nestes do que nos gases.

$$v_{\text{gases}} < v_{\text{líquidos}} < v_{\text{sólidos}}$$

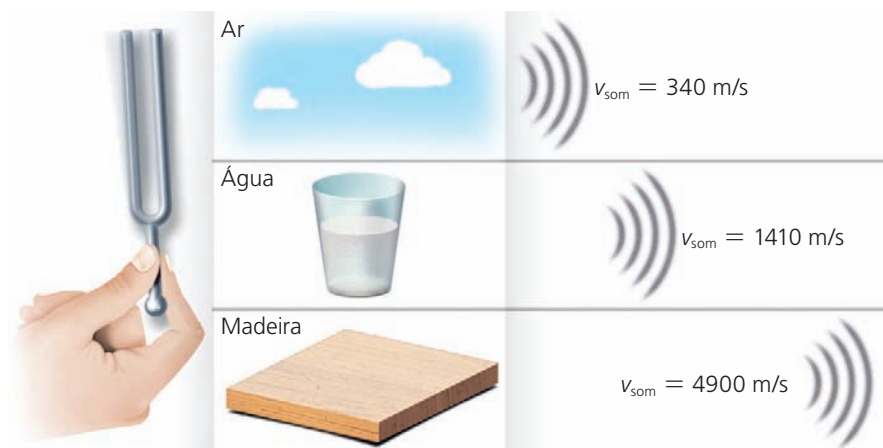


Fig. 9 Velocidade de propagação do som em diferentes meios.

A velocidade de propagação do som depende do meio de propagação.

Há materiais cujas partículas vibram com dificuldade, absorvendo a energia transportada durante a propagação do som, pelo que são utilizados como isolantes sonoros (Fig. 10). A cortiça, a esferovite e a alcatifa são exemplos de materiais usados como isoladores sonoros.

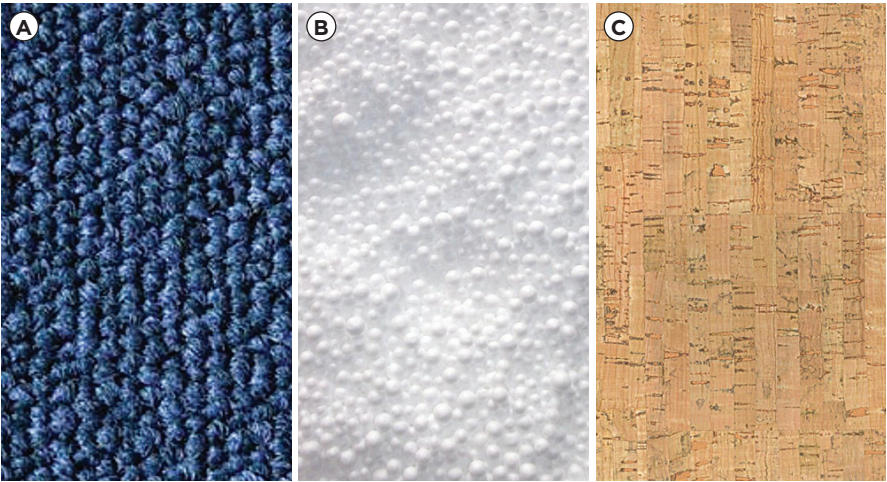


Fig. 10 Materiais isolantes sonoros: alcatifa [A]; esferovite [B]; cortiça [C].

Nos meios líquidos e gasosos, o valor da velocidade de propagação do som depende da temperatura (Fig. 11).

A temperatura é uma medida da agitação média das partículas e quanto maior é a temperatura, maior é a agitação das partículas. Quando as partículas estão mais agitadas o número de choques entre elas, num dado intervalo de tempo, é maior. Como a transmissão do som ocorre através dos choques entre as partículas do meio, esta propagação é mais rápida quando o número de choques é maior. Assim, a velocidade de propagação do som é maior quando a temperatura do meio gasoso é maior.

Na tabela estão listadas as velocidades de propagação do som no ar a diferentes temperaturas.

Meio	Velocidade de propagação/ /(m/s)
Ar ($\theta = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$)	330
Ar ($\theta = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$)	340
Ar ($\theta = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$)	346

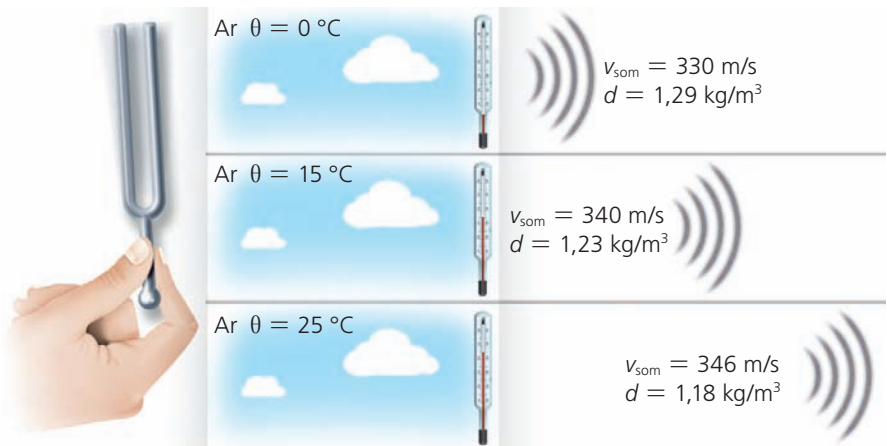


Fig. 11 Velocidade de propagação do som no ar a diferentes temperaturas.

É possível estimar a distância a que se encontra uma trovoadas com relâmpagos (**Fig. 12**), conhecendo o valor do intervalo de tempo entre a visualização do relâmpago (descarga elétrica) e a audição do trovão e admitindo um valor para a velocidade de propagação. Deve também supor-se que a luz do relâmpago chega de imediato.



Fig. 12 Relâmpago.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

1. Num dia do mês de novembro ocorreu uma trovoadas. O João observou o relâmpago e após 2,5 s ouviu o trovão. Determina a que distância estava a ocorrer a trovoadas, sabendo que a temperatura do ar nesse dia era de 15 °C.

DADOS:

$\Delta t = 2,5 \text{ s}$ $v = 340 \text{ m/s}$ (Da tabela da página 101, pode retirar-se o valor da velocidade do som no ar, à temperatura de 15 °C.) $d = ?$

CÁLCULO:

$$d = v \times \Delta t \Rightarrow d = 340 \times 2,5 \Leftrightarrow d = 850 \text{ m}$$

RESPOSTA:

A trovoadas está a uma distância de 850 m.



ATIVIDADES

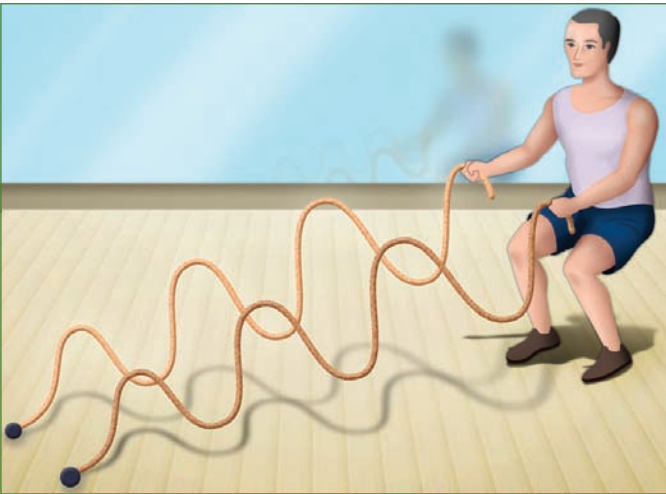
1. Explica por que motivo quando estamos deitados na praia, com o ouvido encostado à areia, ouvimos mais rapidamente os sons.
2. Na figura 11 da página 101, estão indicados diferentes valores para a velocidade de propagação do som no ar. Identifica, justificando, a que temperatura o som demora mais tempo a percorrer 1000 m.
3. A Maria está na praia, a 1500 m de um barco, de onde é disparado um foguete de sinalização.
 - 3.1 Sabendo que a velocidade de propagação do som no ar é 330 m/s, determina ao fim de quanto tempo ouve a Maria o som do disparo.
 - 3.2 Imagina agora que o Pedro se encontra mais afastado da costa e que ouve o disparo 0,2 s após a Maria. A que distância se encontra o Pedro do barco?

O som produz-se pela vibração de uma fonte sonora e transmite-se através de um meio material. O som resulta, assim, de uma vibração mecânica que origina uma onda — **onda sonora** ou **acústica**. O **som** é um **fenómeno ondulatório**.

As **ondas sonoras** necessitam de um meio material para se propagarem, sendo, por isso, **ondas mecânicas**.

■ Fenómenos ondulatórios

São muitas as situações do dia a dia em que os fenómenos ondulatórios estão presentes.

Fenómenos ondulatórios	
Onda do lago	Onda nas cordas
	
Quando se lança uma pedra a um lago, verifica-se a formação de ondas à sua superfície, que resulta da propagação da vibração.	Quando se faz oscilar uma corda para cima e para baixo, ocorre a formação de uma onda, que resulta da propagação da vibração.
Onda sísmica	Onda sonora
	
Quando uma vibração ocorre no interior da Terra, forma-se uma onda que se propaga até à superfície, resultado da propagação dessa vibração.	Quando se faz vibrar a fonte sonora, verifica-se a formação de uma onda, que resulta da propagação da vibração.

Genericamente, uma **onda** tem origem numa **perturbação** de um meio, que se **propaga transferindo energia de um ponto para outro**. Uma onda sonora, em particular, é o resultado da propagação de uma vibração.

No caso das ondas do lago, das ondas das cordas, das ondas sísmicas ou das ondas sonoras, todas necessitam de um meio material para se propagar: são **ondas mecânicas**.

Se considerarmos, por exemplo, a vibração de uma corda, essa vibração, ao propagar-se, produz uma onda que pode ter cristas e vales mais ou menos acentuados (**Fig. 13**). O maior ou menor afastamento da vibração em relação à posição de equilíbrio define uma maior ou menor amplitude.

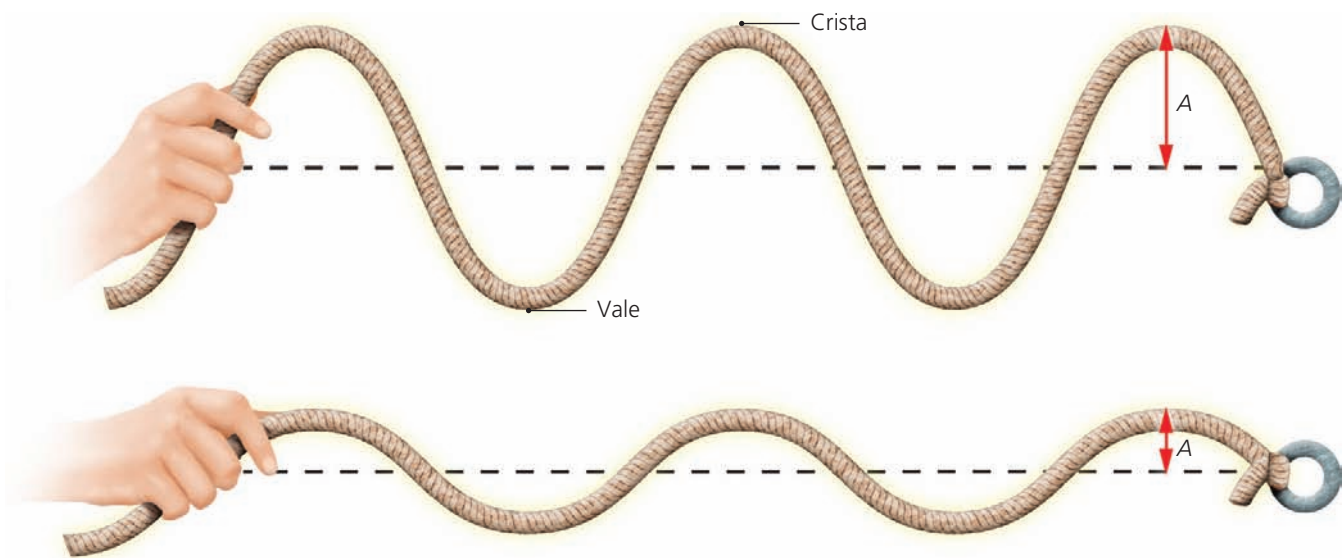


Fig. 13 A oscilação de uma corda pode ter maior ou menor amplitude (A). Esta depende da energia que a onda transporta.

■ Características de uma onda periódica

Se uma onda for periódica, todas as partículas vibram de igual forma e verifica-se uma periodicidade temporal e espacial da onda.

Onda periódica	
Periodicidade temporal	Periodicidade espacial
Fixa-se uma posição da propagação e regista-se o valor da perturbação (em relação à posição de equilíbrio), ao longo do tempo.	Num dado instante, regista-se o valor da perturbação (em relação à posição de equilíbrio), ao longo do espaço.

No caso de uma vibração, pode representar-se a posição de cada partícula, ao longo da direção de propagação da onda, em relação à posição de equilíbrio (**Fig. 14**).

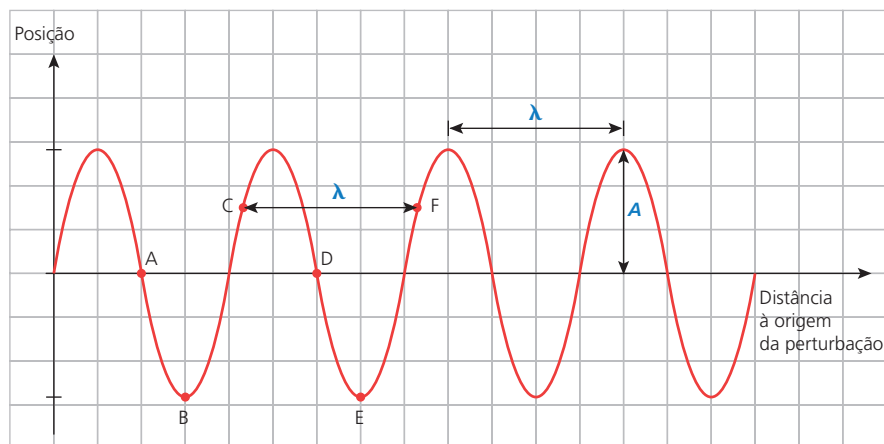


Fig. 14 Representação gráfica da posição das partículas em vibração, num dado instante, ao longo do espaço.

No mesmo instante, pode haver partículas que se encontram na posição de equilíbrio (posição A), outras abaixo ou acima dessa posição (posições B e C, respetivamente). Se duas partículas se encontram na mesma posição relativamente ao equilíbrio e possuem a mesma velocidade, essas partículas estão na **mesma fase de vibração**.

Uma onda periódica pode ser caracterizada por diferentes grandezas.

Grandezas que caracterizam uma onda periódica			
Grandeza	Símbolo	Definição	Unidade SI
Comprimento de onda	λ	Distância mínima entre dois pontos na mesma fase.	metro (m)
Amplitude da onda	A	Distância máxima à posição de equilíbrio.	metro (m)
Frequência da onda	$f = \frac{1}{T}$	Número de oscilações que se completam em cada segundo.	hertz (Hz) (ciclos por segundo)
Período da onda	$T = \frac{1}{f}$	Tempo necessário para ocorrer uma vibração completa.	segundo (s)

Como se pode observar, a **frequência** e o **período** da onda são **grandezas inversas**.

Uma das características da onda é a sua frequência. Esta é igual à frequência da fonte que origina a vibração. Não depende do meio de propagação.

No gráfico da figura 15, pode ler-se diretamente o valor do comprimento de onda, mas não do período.

Para ler graficamente o período da onda periódica, é necessário conhecer o gráfico que traduz a periodicidade temporal da mesma.

Numa onda periódica a perturbação percorre, num intervalo de tempo correspondente ao período T , uma distância igual ao comprimento de onda (λ), pelo que a **velocidade de propagação** é igual a:

$$v = \frac{\lambda}{T} \text{ ou } v = \lambda \times f$$

Para relacionar o período ou a frequência com o comprimento de onda é necessário conhecer a velocidade de propagação da onda no meio.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

1. Sabendo que a velocidade de propagação do som na água é igual a 1480 m/s, determina o comprimento de onda de um som de frequência 100 Hz.

DADOS:

$$v = 1480 \text{ m/s} \quad \lambda = ?$$

$$f = 100 \text{ Hz}$$

CÁLCULO:

$$v = \lambda \times f \Rightarrow 1480 = \lambda \times 100 \Leftrightarrow \lambda = \frac{1480}{100} \Leftrightarrow \lambda = 14,8 \text{ m}$$

RESPOSTA:

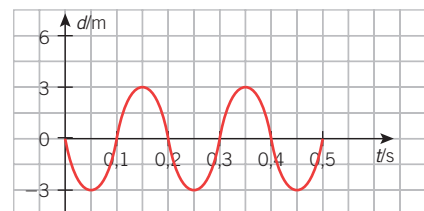
O comprimento de onda do som na água é de 14,8 m.

2. Observa o gráfico que traduz a periodicidade temporal de uma onda periódica.

- 2.1 Das grandezas estudadas, refere aquelas cujo valor se pode retirar diretamente do gráfico.

RESOLUÇÃO:

Podem retirar-se diretamente do gráfico a amplitude ($A = 3 \text{ m}$) e o período ($T = 0,2 \text{ s}$).



- 2.2 Determina o comprimento de onda, sabendo que a velocidade de propagação da mesma é 500 m/s.

DADOS:

$$v = 500 \text{ m/s} \quad \lambda = ?$$

$$T = 0,2 \text{ s}$$

CÁLCULO:

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow 500 = \frac{\lambda}{0,2} \Leftrightarrow \lambda = 500 \times 0,2 \Leftrightarrow \lambda = 100 \text{ m}$$

RESPOSTA:

O comprimento de onda é igual a 100 m.

■ Onda de pressão

O som é produzido pela vibração de uma fonte sonora e a sua transmissão deve-se à propagação do movimento vibratório através de camadas sucessivas de ar.

Esta transmissão provoca no ar zonas de maior pressão, alternadas com zonas onde a pressão é mais baixa: formam-se **ondas de pressão**. As cristas e os vales correspondem, respetivamente, a zonas de maior ou menor pressão, ou seja, zonas de compressão e zonas de rarefação, enquanto o valor de equilíbrio corresponde à pressão existente no meio, antes da perturbação (**Fig. 15**).

Assim, a onda sonora é uma onda de pressão.

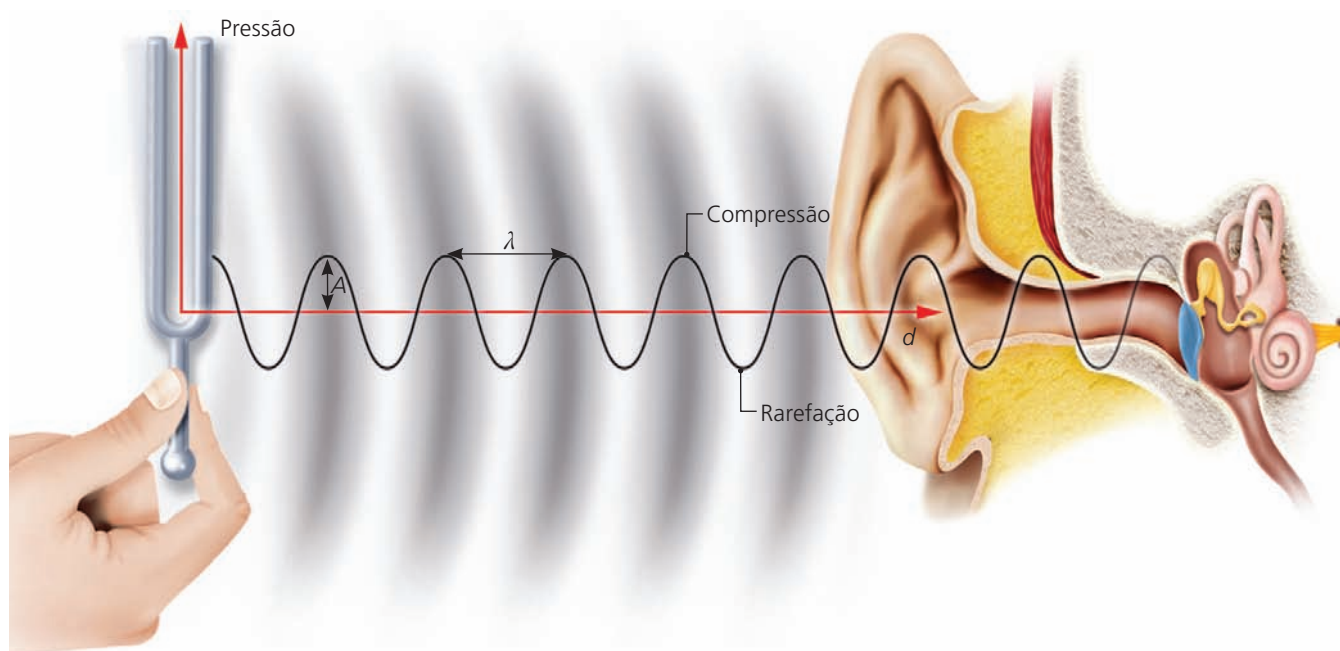
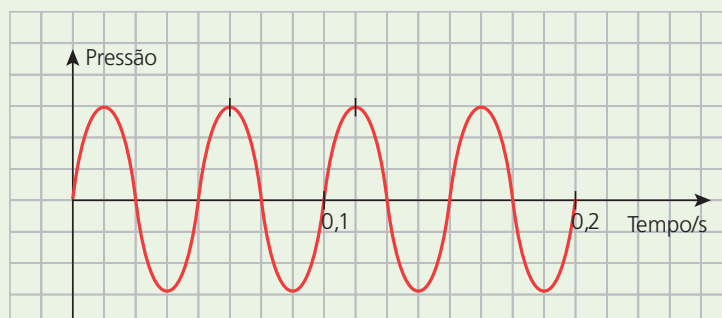


Fig. 15 As compressões e rarefações do ar ocorrem alternadamente, formando ondas de pressão.

ATIVIDADES

- As afirmações que se seguem são falsas. Transcreve-as para o teu caderno devidamente corrigidas.
 - As ondas mecânicas propagam-se no vazio.
 - A amplitude é a distância mínima entre dois pontos na mesma fase.
 - Para ler graficamente o período da onda periódica, é necessário conhecer o gráfico que traduz a periodicidade espacial da mesma.
- Observa a figura, que representa a variação, ao longo do tempo, da pressão do ar devido à propagação de uma onda sonora ($v_{\text{ar}} = 340 \text{ m/s}$), e determina:
 - o período da onda;
 - a frequência da onda;
 - o comprimento de onda.

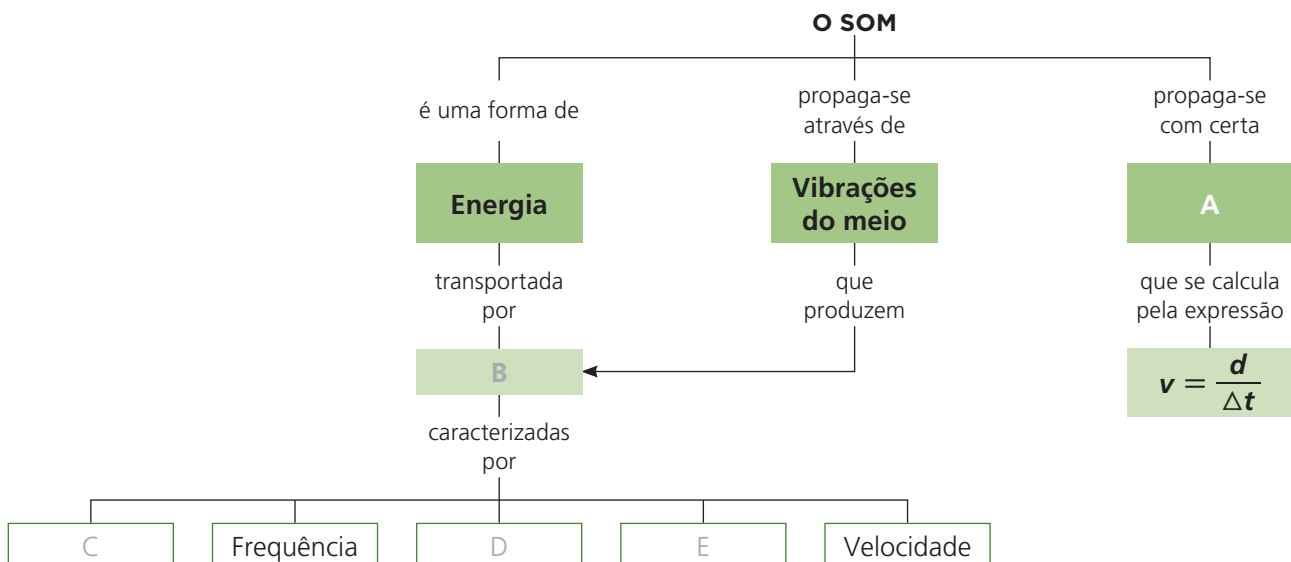


IDEIAS-CHAVE

- Os **sons** são produzidos por **vibrações** das fontes sonoras.
- A **vibração** é um movimento repetitivo de um corpo, ou de parte dele, em torno de uma posição de equilíbrio.
- As **fontes sonoras** são todos os dispositivos que, ao **vibrarem**, emitem som.
- Os instrumentos musicais podem ser de **percussão, sopro e cordas**, de acordo com a forma como produzem sons.
- A **frequência** da fonte sonora corresponde ao número de oscilações efetuado, por segundo, em torno de uma posição de equilíbrio. O **hertz (Hz)** é a unidade base do Sistema Internacional para a frequência $\left(1 \text{ Hz} = \frac{1}{\text{s}}\right)$.
- O **som** necessita de um meio material para se propagar. É uma onda mecânica.
- O **som** propaga-se, com a mesma frequência da fonte sonora, em qualquer meio material.
- A **velocidade de propagação** depende do **meio** através do qual se transmite a vibração. É de um modo geral **mais rápida** nos **sólidos** do que nos líquidos e mais rápida nestes do que nos gases.
- A velocidade de propagação pode ser determinada por $v = \frac{d}{\Delta t}$ ou $v = \frac{\lambda}{T}$.
- Uma onda sonora é o resultado de uma **perturbação** que se propaga de um ponto para o outro, transferindo energia e não matéria.
- O som propaga-se através de **uma onda de pressão**.
- As grandezas físicas que caracterizam uma **onda periódica** são: **comprimento de onda, frequência, amplitude, período e velocidade**.

ESQUEMATIZAR

1. Completa o esquema substituindo as letras pelos termos corretos.



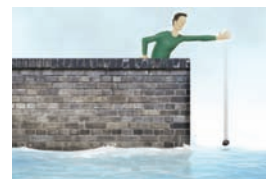
VERIFICAR

2. Explica como se produzem e propagam os sons desde a fonte sonora até ao recetor.
3. Classifica as afirmações que se seguem como verdadeiras (V) ou falsas (F) e transcreve para o teu caderno as afirmações falsas devidamente corrigidas.
 - A. O movimento de vibração de uma fonte sonora provoca no ar circundante zonas de compressão e rarefação.
 - B. O som propaga-se no vazio.
 - C. O som é uma onda de pressão.
 - D. A frequência da onda sonora é maior do que a frequência da fonte sonora.
4. Escolhe a opção que completa melhor a frase que se segue.
O som é uma onda mecânica porque...
 - A. ... precisa de um meio material para se propagar.
 - B. ... se propaga à mesma velocidade em qualquer meio.
 - C. ... se propaga no vazio.
 - D. ... só se propaga no ar.

GAVE, teste intermédio do 9.º ano, de 2012 (adaptado)

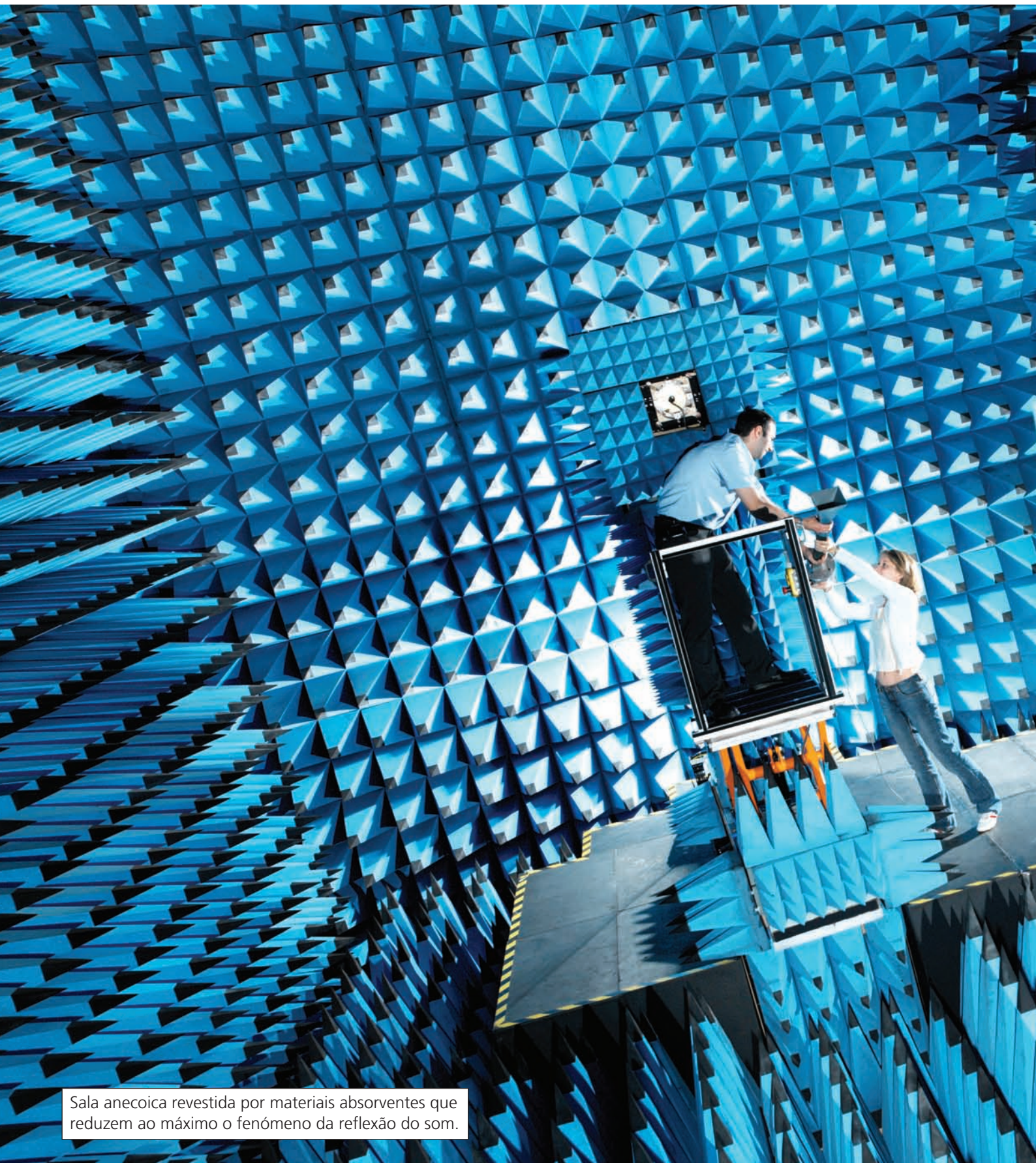
APLICAR

5. Explica por que razão o som necessita de um meio material para se propagar.
6. O dó de um piano tem uma frequência de 130,8 Hz e o seu comprimento de onda no ar é 260 cm.
 - 6.1 Determina a velocidade de propagação do som no ar.
 - 6.2 Admitindo que a vibração do som se passa a propagar na água, a uma temperatura de 20 °C ($v = 1480$ m/s), determina o comprimento de onda correspondente.
7. Um menino deixou cair, na vertical, uma pedra no mar do alto de um penhasco. Sabendo que o choque da pedra na água se ouve 0,6 s após o instante em que é visto, determina a altura a que o menino se encontra relativamente à superfície da água do mar ($v = 340$ m/s).

**CHEGO ÀS METAS**

1. Compreendo que o som é produzido por vibrações de uma fonte sonora. *p. 95*
2. Defino frequência sonora e compreendo que esta se mantém durante a propagação da onda. *pp. 96 e 97*
3. Explico que a transmissão do som no ar se deve à propagação do movimento vibratório em sucessivas camadas de ar, surgindo, alternadamente, zonas de menor densidade do ar (zonas de rarefação, com menor pressão) e zonas de maior densidade (zonas de compressão, com maior pressão). *p. 98*
4. Associo a velocidade do som num dado material à rapidez com que ele se propaga, interpretando o seu significado através da expressão $v = d/\Delta t$. *p. 100*
5. Interpreto tabelas de velocidade do som em diversos materiais ordenando valores da velocidade de propagação do som nos sólidos, líquidos e gases. *pp. 100 e 101*
6. Compreendo fenómenos ondulatórios num meio material como a propagação de vibrações mecânicas nesse meio. *pp. 103 e 104*
7. Conheço as grandezas físicas características de ondas. *p. 105*
8. Reconheço o som como onda de pressão. *p. 107*

SIM	PRECISO DE REVER	TENHO DE ESTUDAR
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0



Sala anecoica revestida por materiais absorventes que reduzem ao máximo o fenómeno da reflexão do som.

Acústica — breves referências históricas

A acústica é um ramo da Física que estuda a produção, a transmissão e a recepção das vibrações mecânicas que se propagam num meio. Essas vibrações nem sempre são audíveis, apenas quando têm determinadas frequências são percebidas pelo ouvido humano [...].

Na segunda metade do século XVII, Galileu Galilei realizou experiências com o som [...]. Este cientista descobriu o fenómeno da ressonância, verificando que uma corda pode vibrar pela excitação provocada por uma outra corda próxima que tenha as mesmas características físicas. [...]

Gassendi, utilizando o disparo de um canhão e de uma espingarda, provou que a velocidade do som é independente da sua altura (som grave ou som agudo), contrariando a teoria de Aristóteles que afirmara que um som agudo se propaga com maior velocidade do que um som grave.

P. AGUILERA, *Potencial de Uso da Tecnologia de Barreiras Acústicas para a Redução da Poluição Sonora: Estudo de Caso no Lactec*, 2007 (adaptado)

COMEÇA POR...

OBSERVAR

1. Descreve as principais características da sala que se observa na figura.

INTERPRETAR

2. De acordo com o texto, todas as vibrações mecânicas são audíveis pelo Homem?
3. Como é descrito, no texto, o fenómeno da ressonância?
4. Como se classifica, de acordo com o texto, um som quanto à altura?

REFLETIR

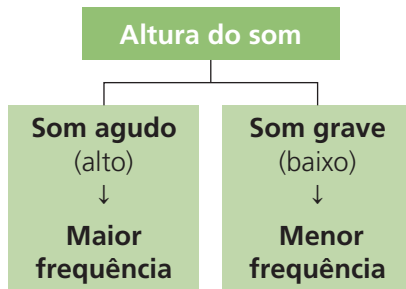
5. Que fenómenos acústicos conheces?
6. O que é a altura de um som?
7. Quais são os atributos dos sons e como se relacionam com as propriedades das ondas sonoras?

AS TUAS METAS

- Conhecer os atributos do som, relacionando-os com as grandezas físicas que caracterizam as ondas.
- Utilizar detetores de som.
- Compreender como o som é detetado pelo ser humano.
- Compreender alguns fenómenos acústicos e suas aplicações.
- Fundamentar medidas contra a poluição sonora.

No dia a dia ouvem-se vários sons, muito distintos uns dos outros. Os sons de uma explosão, da descolagem de um avião ou da buzina de um automóvel são incomodativos, podendo, em alguns casos, provocar lesões no ouvido. Já os sons musicais ou o chilrear de um passarinho são agradáveis e até relaxantes. Os sons têm diferentes propriedades, que permitem a sua distinção: **altura**, **intensidade** e **timbre**.

Para estudar os atributos do som vão utilizar-se gráficos de pressão-tempo, em que o ponto de interseção entre os dois eixos corresponde à pressão do ar no silêncio (P_{ar}), isto é, na ausência de ondas sonoras.



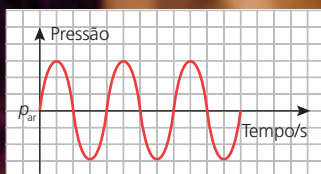
■ Altura do som

A **altura do som** é o atributo que permite distinguir os sons em **agudos** (altos) e **graves** (baixos).

A **altura** de um som **depende da frequência** da onda sonora.

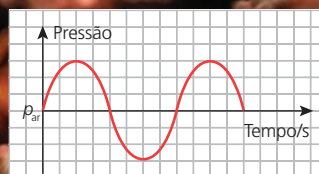
Relação entre a altura do som e a frequência da onda

Som agudo — alta frequência



Quanto **maior** é a **frequência** da onda sonora, **mais agudo** ou **alto** é o som e maior é a sua altura.

Som grave — baixa frequência



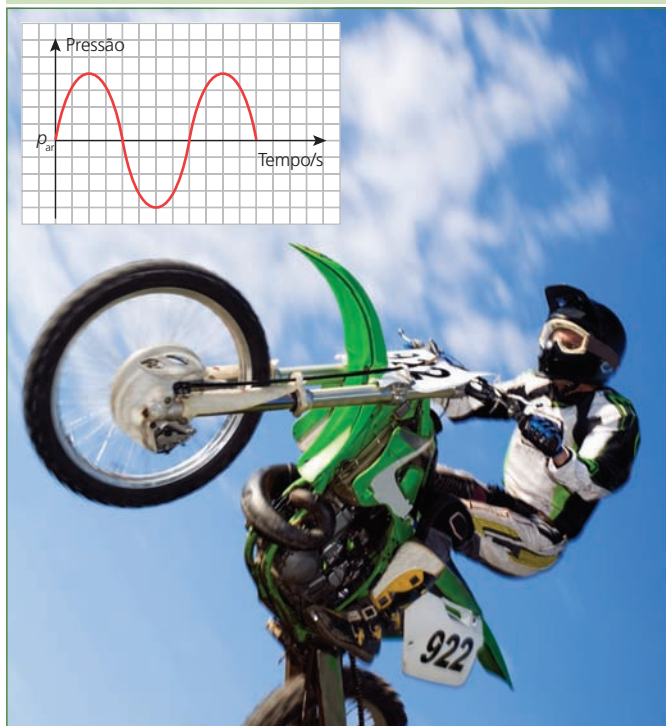
Quanto **menor** é a **frequência** da onda sonora, **mais grave** ou **baixo** é o som e menor é a sua altura.

■ Intensidade do som

A **intensidade do som** é o atributo que permite distinguir os sons em **fortes** e **fracos**. Está relacionada com a **amplitude** da onda sonora.

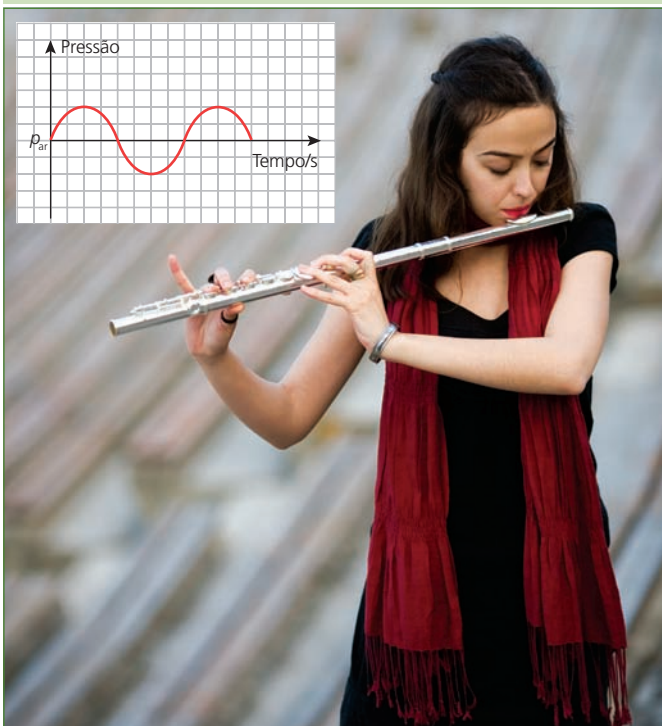
Relação entre a intensidade do som e a amplitude da onda

Som forte — grande amplitude



Quanto **maior** é a **amplitude** da onda sonora, **mais forte** é o som e maior é a sua intensidade.

Som fraco — pequena amplitude



Quanto **menor** é a **amplitude** da onda sonora, **mais fraco** é o som e menor é a sua intensidade.

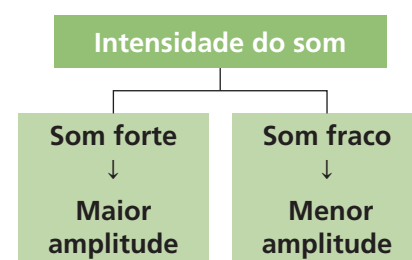
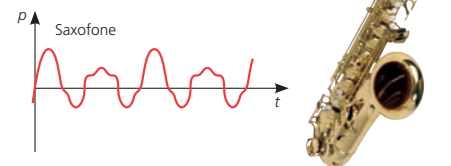
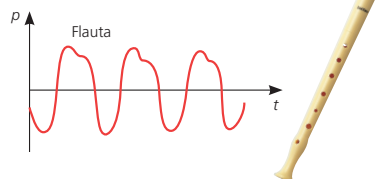
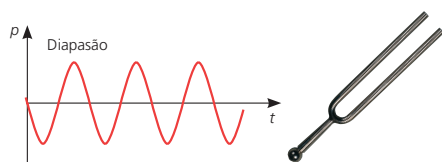
Quanto **maior** é a **energia** transportada pela onda sonora, **maior** é a sua **amplitude** e **maior** é a **intensidade** sonora.

Se duas ondas mecânicas, que se propagam no mesmo meio, tiverem a mesma amplitude, transporta mais energia aquela que tiver maior frequência.

■ Timbre

O **timbre** é a propriedade do som que permite distinguir sons com a mesma intensidade e altura mas provenientes de fontes sonoras distintas. O **timbre** permite distinguir fontes sonoras.

Exemplos:



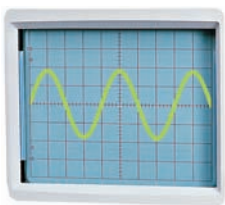


Fig. 1 Exemplo de sinal obtido num osciloscópio.

O osciloscópio é um instrumento que mede sinais elétricos variáveis no tempo (**Fig. 1**). Quando se coloca um microfone ligado a um osciloscópio, a perturbação sonora no microfone transforma-se num sinal elétrico que varia no tempo. O sinal observado no ecrã do osciloscópio traduz a oscilação na membrana do microfone. Esta oscilação também pode ser visualizada com um computador que tenha instalado um programa de gravação e edição de sons.

ATIVIDADE LABORATORIAL

Para relacionar as propriedades do som com as características da onda sonora, é necessário produzir diferentes sons. Estes podem ser produzidos por várias fontes sonoras: diapasões, diferentes tipos de instrumentos musicais e a voz humana.

INTENSIDADE E ALTURA DO SOM

A intensidade e a altura de um som estão relacionadas com algumas propriedades das ondas sonoras.

MATERIAL:

- Osciloscópio [A]
- Dois diapasões diferentes [B]
- Martelo [C]
- Microfone [D]

PROCEDIMENTO:

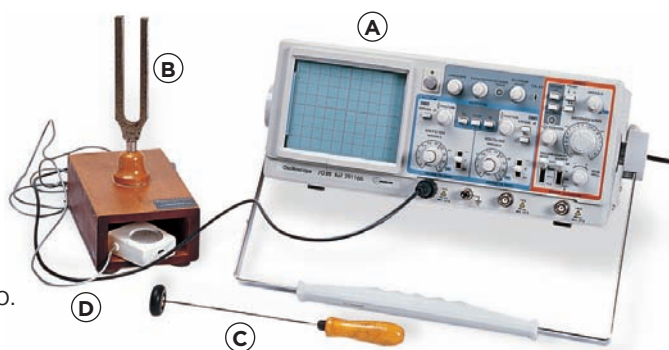
1. Liga o osciloscópio e identifica a menor divisão da escala temporal.
2. Aproxima o diapasão do microfone e liga este último ao osciloscópio.
3. Bate suavemente com o martelo no diapasão e observa o sinal registado no osciloscópio
4. Mede o período e determina a frequência.
5. Repete os procedimentos 3 e 4 com o outro diapasão.
6. Repete os procedimentos 3 e 4, mas dando uma pancada mais intensa na haste do diapasão.

RESULTADOS:

1. Refere qual das ondas produzidas, pelo primeiro ou segundo diapasão, tem maior frequência. Qual dos sons tem maior altura?
2. Refere qual das ondas produzidas, nos pontos 3 ou 6 do procedimento, tem maior amplitude. Qual dos sons tem maior intensidade?

CONCLUSÕES:

1. Qual é a relação entre a frequência da onda e a altura do som?
2. Qual é a relação entre a amplitude da onda e a intensidade do som?



Com a atividade laboratorial pode concluir-se que:

- A altura do som depende da frequência da onda sonora. Quanto **maior** for a **frequência** da onda sonora, mais agudo ou alto é o som e **maior** a sua **altura**.
- A intensidade do som está relacionada com a amplitude da onda sonora. Quanto **maior** for a **amplitude** da onda sonora, mais forte é o som e **maior** é a sua **intensidade**.

ATIVIDADE LABORATORIAL

FIOS MUSICAIS

A altura de um som produzido pela vibração de um fio depende do seu comprimento e da sua massa.

MATERIAL:

- Osciloscópio
- Microfone
- Caixa de cartão ou de madeira
- 4 fios de *nylon* de diferentes comprimentos e com a mesma espessura
- 2 fios de *nylon* com o mesmo comprimento e de espessuras diferentes



PROCEDIMENTO:

1. Liga o osciloscópio e identifica a menor divisão da escala temporal.
2. Do grupo dos quatro fios de diferentes comprimentos, escolhe o mais curto e prende cada uma das extremidades do mesmo à caixa, de forma que fique esticado.
3. Liga o microfone ao osciloscópio e aproxima aquele do fio esticado.
4. Vibra o fio esticado, como se mostra na figura, e observa o sinal registado no osciloscópio.
5. Mede o período do sinal e determina a frequência.
6. Repete os procedimentos 2, 3 e 4 com os outros 3 fios da mesma espessura do que já foi utilizado.
7. Repete os procedimentos 2, 3 e 4 com os dois fios do mesmo comprimento mas de espessuras diferentes.

RESULTADOS:

1. Refere qual das ondas produzidas pelos fios de comprimentos diferentes tem maior frequência. Qual dos sons tem maior altura?
2. Refere qual das ondas produzidas no ponto 6 do procedimento tem maior frequência. Qual dos sons tem maior altura?

CONCLUSÕES:

1. Qual é a relação entre a altura do som e o comprimento do fio?
2. Qual é a relação entre a altura do som e a espessura do fio?
3. Como relacionar o comprimento das cordas de um instrumento de cordas com a altura do som que produz?

Durante a realização da atividade laboratorial pode concluir-se que quanto **mais curta e fina é a corda maior é a frequência** da onda sonora e **mais agudos** são os **sons** produzidos. Por este motivo, a altura do som produzido por uma viola pode ser controlada pela posição da mão que determina o comprimento da corda.

A amplitude de vibração da corda de uma guitarra é zero no local onde se coloca o dedo e no fim da corda, o que vai limitar os comprimentos de onda possíveis para a vibração da corda, alterando o som produzido (**Fig. 2**).

Assim, se L = comprimento da corda e $\lambda = 2L$ e como:

$$f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{v}{2L}$$

Desta forma, quanto menor for o comprimento da corda (L), maior é a frequência da onda sonora.

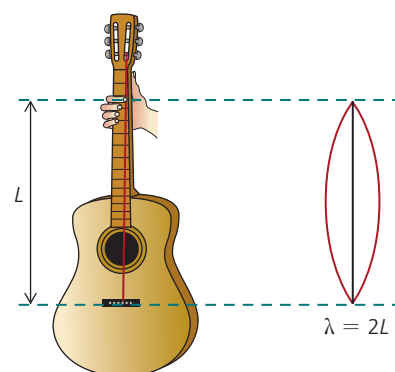


Fig. 2 Ondas nas cordas de uma guitarra.

ATIVIDADE LABORATORIAL

GARRAFAS MUSICAIS

MATERIAL:

- Osciloscópio
- Microfone
- 7 garrafas de vidro idênticas
- Água
- Colher de metal

PROCEDIMENTO:

1. Coloca água nas garrafas até diferentes níveis e dispõe-as na ordem sugerida pela figura.
2. Liga o microfone ao osciloscópio e aproxima aquele da garrafa que tem o nível de água mais baixo.
3. Toca ao de leve com a colher na garrafa que tem o nível de água mais baixo. Ouve com atenção o som produzido e observa o sinal registrado no osciloscópio.
4. Mede o período do sinal e determina a frequência.
5. Repete os procedimentos 2, 3 e 4 com as outras garrafas.



RESULTADOS:

1. Qual das garrafas regista o som mais agudo? Qual apresenta o som mais grave?

CONCLUSÕES:

1. Qual é a relação entre a altura do som e o comprimento da coluna de ar existente na garrafa?
2. Como relacionar o comprimento de uma coluna de ar, num instrumento de sopro, com a altura do som que o mesmo produz?



Fig. 3 Flauta de Pã.

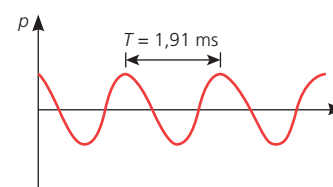
Pode concluir-se que quanto mais pequena é a coluna de ar, mais agudo é o som produzido. Assim se produzem os diferentes sons na flauta de Pã (Fig. 3).

Os resultados das atividades laboratoriais anteriores podem resumir-se na tabela seguinte.

Instrumentos de corda		Instrumentos de sopro	
			
O cavaquinho produz sons mais agudos.	O violoncelo produz sons mais graves.	A flauta produz sons mais agudos.	A tuba produz sons mais graves.
Quanto mais curta e fina é a corda, maior é a frequência da vibração, mais agudo ou alto é o som produzido.		Quanto mais pequena é a altura da coluna de ar , maior é a frequência da vibração, mais agudo ou alto é o som produzido.	

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

1. Um som que se propaga no ar é captado por um microfone ligado a um osciloscópio. Na figura, reproduz-se o sinal elétrico (visualizado no ecrã do osciloscópio), que apresenta as mesmas características da onda sonora produzida.



- 1.1 Determina o valor da frequência do diapasão.

DADOS:

$$T = 1,91 \text{ ms} \Leftrightarrow T = 0,00191 \text{ s} \quad f = ?$$

$$1 \text{ ms} = 0,001 \text{ s}$$

CÁLCULO:

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{0,00191} \Leftrightarrow f = 523,6 \text{ Hz}$$

RESPOSTA:

Como a onda de pressão se propaga com a mesma frequência da fonte sonora, o diapasão vibra com uma frequência de aproximadamente 524 Hz.

- 1.2 Dois outros sons foram captados pelo mesmo microfone. As frequências determinadas foram $f_A = 320 \text{ Hz}$ e $f_B = 640 \text{ Hz}$.

- 1.2.1 Refere qual das ondas, A ou B, tem um período menor. Justifica a tua resposta.

RESOLUÇÃO:

O período é o inverso da frequência ($T = \frac{1}{f}$). Assim, tem menor período a onda cuja frequência é maior, a onda B.

- 1.2.2 Refere qual dos sons, A ou B, é mais alto. Justifica a tua resposta.

RESOLUÇÃO:

Um som é tanto mais alto, quanto maior for a frequência da onda sonora. Assim, o som mais alto é o B.

- 1.2.3 Determina o comprimento de onda do som mais agudo quando este se propagou no ar. Considera que a velocidade de propagação do som no ar é 340 m/s.

DADOS:

$$f = 640 \text{ Hz} \quad v = 340 \text{ m/s}$$

CÁLCULO:

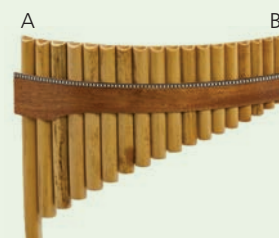
$$v = f \times \lambda \Leftrightarrow \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{340}{640} \Leftrightarrow \lambda \simeq 0,53 \text{ m}$$

RESPOSTA:

O comprimento de onda é igual a 0,53 m.

ATIVIDADES

1. Identifica a característica do som que permite classificá-lo em alto ou baixo.
2. Justifica a seguinte afirmação: Quando se pretende diminuir a intensidade do som não se deve afirmar «falar mais baixo».
3. Observa a flauta de Pã da figura ao lado. Refere qual dos tubos, A ou B, produz um som mais baixo. Justifica a tua resposta.



Como já foi referido, o **timbre** é a propriedade do som que permite distinguir sons com a mesma intensidade e altura, mas produzidos por fontes sonoras diferentes. Assim, a onda de pressão produzida pela vibração de um diapasão é diferente da onda resultante da vibração das cordas vocais ou da vibração de uma coluna de ar dentro de uma flauta, mesmo quando se emite a mesma nota musical.

ATIVIDADE LABORATORIAL

SONS PUROS E SONS COMPLEXOS

Identificação de sons puros e sons complexos a partir de imagens obtidas num osciloscópio.

MATERIAL:

- Osciloscópio
- Martelo
- Flauta (ou outro instrumento musical)
- Microfone
- Diapasão

PROCEDIMENTO:

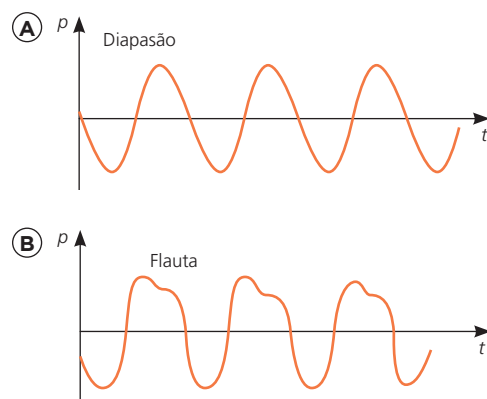
1. Aproxima o diapasão do microfone e liga este último ao osciloscópio.
2. Bate suavemente com o martelo no diapasão e observa o sinal registado no ecrã do osciloscópio [A].
3. Aproxima a flauta do microfone e toca um lá. Podes também experimentar cantar ou falar. Observa o sinal obtido no osciloscópio [B].

RESULTADOS:

1. O que acontece à forma da onda de pressão no caso da flauta ou da voz humana? Quais são as principais diferenças entre estes sinais e o sinal obtido com o diapasão?

CONCLUSÕES:

1. No caso da flauta, a onda sonora não é simples. Indica o atributo do som (propriedade) que se relaciona com esta característica.



O som da mesma nota musical é diferente quando emitido por fontes sonoras distintas (**Fig. 4**).

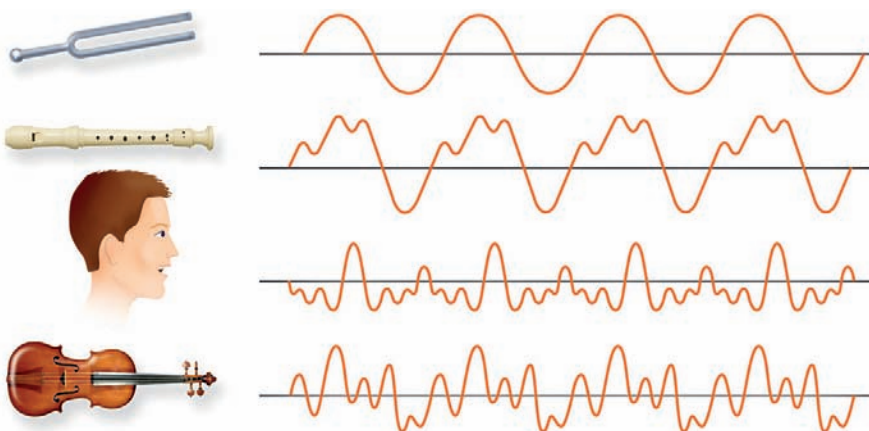


Fig. 4 Sinais emitidos por diferentes fontes sonoras.

O som emitido por um diapásão é um **som puro** e caracteriza-se por ter uma frequência bem definida. Os sons emitidos pela flauta ou pela voz humana são **sons complexos**. Estes apresentam duas ou mais frequências sobrepostas (**Fig. 5**).

Som puro — ondas com uma só frequência.

Som complexo — ondas com uma mistura de frequências.

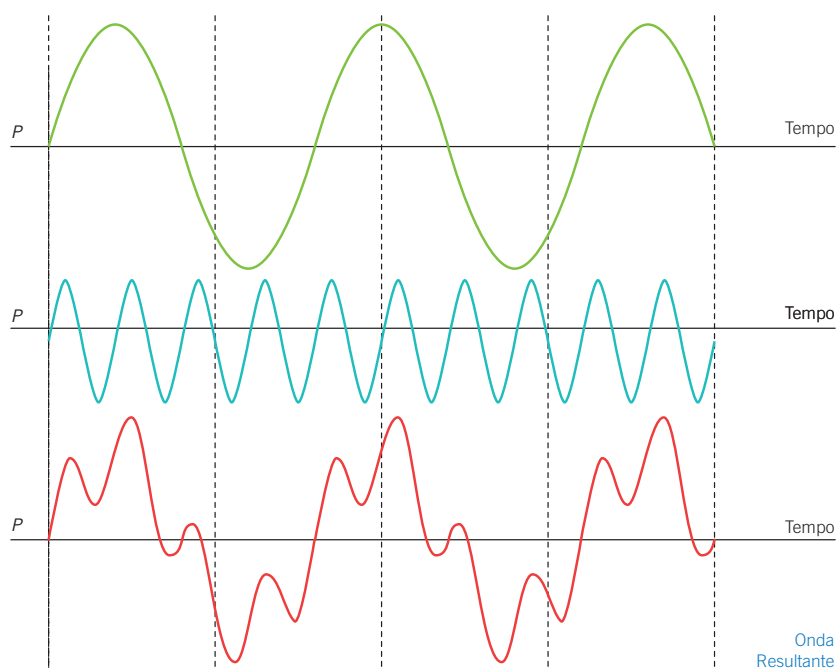


Fig. 5 Um som complexo resulta da sobreposição de sons puros.

A grande maioria dos sons corresponde a sons complexos, em que a menor frequência constitui o **som fundamental** ou **1.º harmónico**. As **outras frequências** são os **harmónicos**. O timbre de cada fonte sonora resulta da sobreposição dos vários harmónicos. O timbre é o atributo de um som complexo que permite distinguir sons de fontes sonoras diferentes que apresentem a mesma intensidade e altura.

ATIVIDADES

1. Observa o sinal obtido no ecrã de um osciloscópio, correspondendo a um som cuja frequência fundamental é 440 Hz e que se relaciona com o valor de a representado.

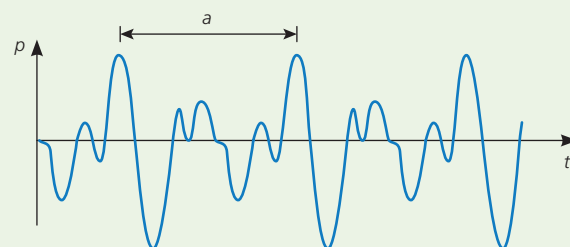
1.1 Este som não corresponde ao som de um diapásão. Justifica esta afirmação.

1.2 Determina o valor de a .

2. Escolhe a opção que completa corretamente a frase:

O som emitido por uma buzina é...

- A. ... puro, resultando da sobreposição de várias frequências.
- B. ... intenso, porque algumas frequências são muito elevadas.
- C. ... puro, podendo ser caracterizado por uma frequência bem definida.
- D. ... complexo, resultando da sobreposição de vários harmónicos.



■ Espectro sonoro

Para se conseguir ouvir um som, é necessário que este seja produzido pela vibração da fonte sonora e que a onda sonora se propague num determinado meio até ao ouvido humano, onde o som é percebido.

Nem todas as vibrações que chegam ao pavilhão auricular são percebidas pelo Homem, isto é, nem todas as vibrações são audíveis pelo ser humano. O conjunto de todas as frequências de vibração que podem ser reproduzidas pelas diversas fontes sonoras é denominado **espectro sonoro** (Fig. A).



De acordo com a frequência da onda sonora, os sons podem ser classificados em:

- Infrassom → frequência inferior a 20 Hz.
- Som audível → frequência entre 20 e 20 000 Hz.
- Ultrassom → frequência superior a 20 000 Hz.

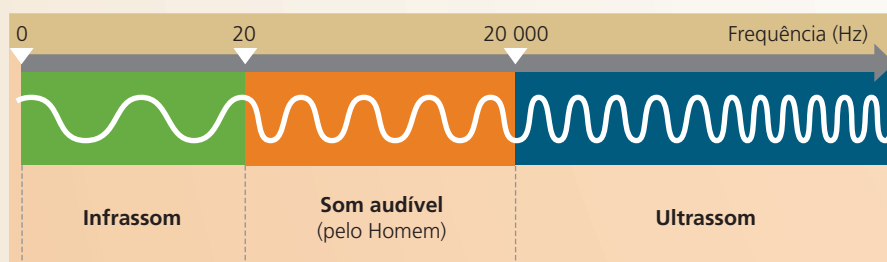


Fig. A Espectro sonoro.

Há, no entanto, seres vivos que conseguem detetar alguns sons que, para os humanos, são inaudíveis (Fig. B).

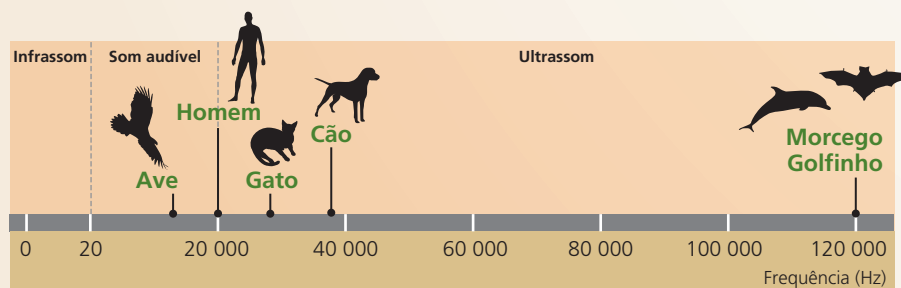


Fig. B Limite de frequências de sons audíveis para alguns animais.

Músculo temporal

Orelha

Pavilhão auricular

Canal auditivo

Cartilagem

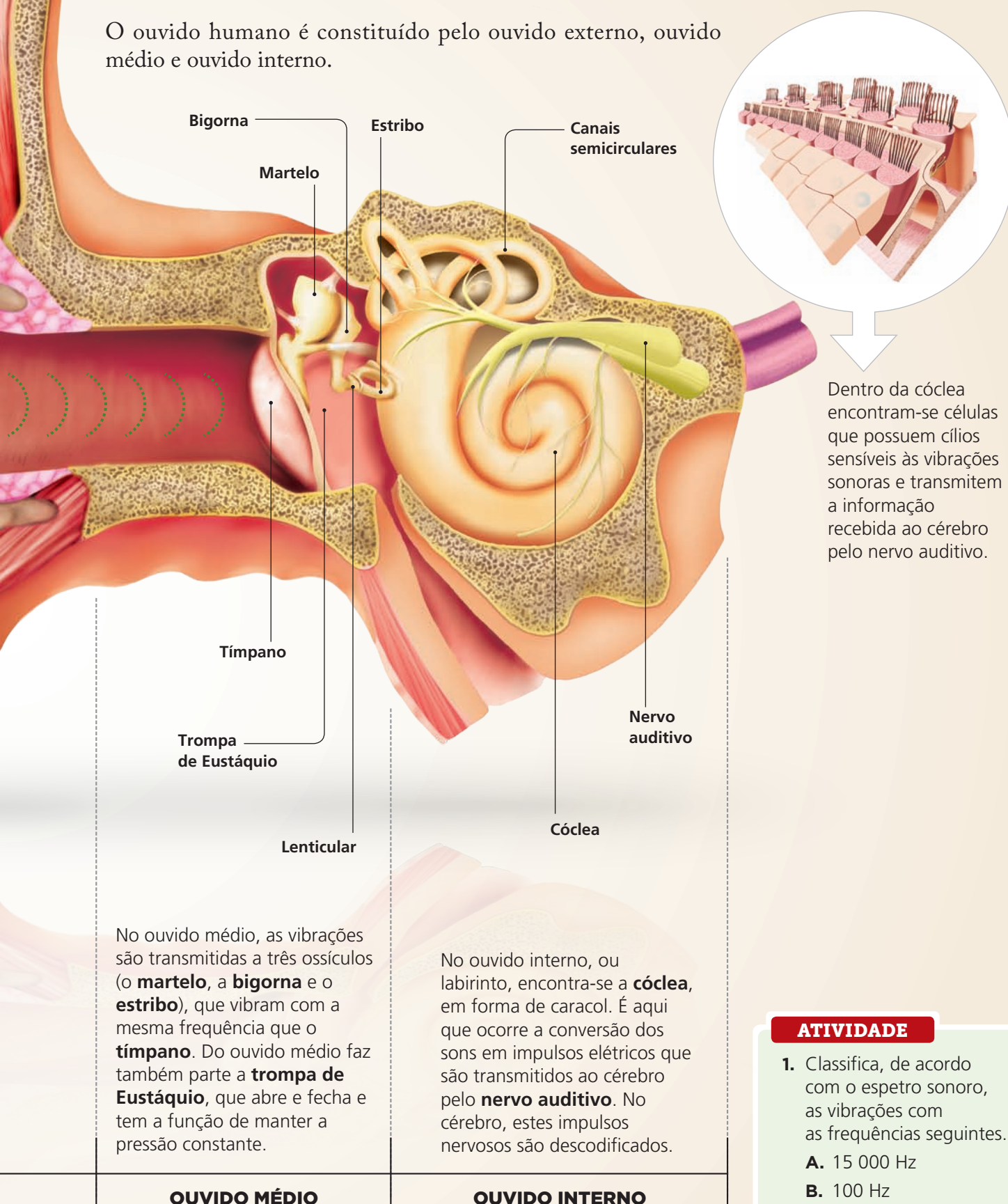
Derme

O ouvido externo é constituído pelo **pavilhão auricular** e pelo **canal auditivo**, que têm a função de captar e encaminhar as vibrações sonoras até ao tímpano e transmiti-las ao ouvido médio, que as amplifica e envia ao ouvido interno.

OUVIDO EXTERNO

■ Ouvido humano

O ouvido humano é constituído pelo ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno.



ATIVIDADE

- Classifica, de acordo com o espectro sonoro, as vibrações com as frequências seguintes.
 - 15 000 Hz
 - 100 Hz
 - 10 Hz
 - 75 000 Hz

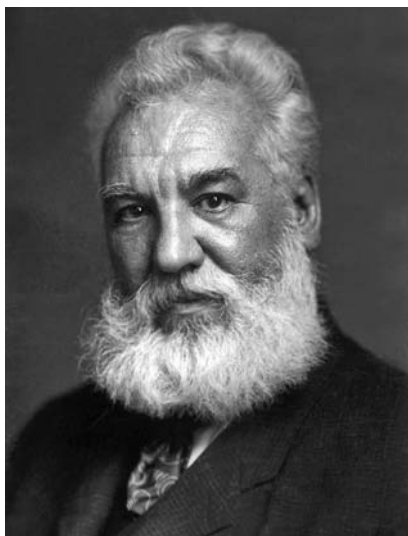


Fig. 6 Alexander Graham Bell (1847-1922).



Fig. 7 Sonómetro.

■ Escala de nível sonoro

Os nossos ouvidos não conseguem distinguir sons de intensidades muito próximas ou sons muito fracos. Estabeleceu-se uma escala comparativa para avaliar a intensidade dos sons — o **nível de intensidade sonora** ou **nível sonoro**. A unidade de nível sonoro é o bel (B), em homenagem ao cientista americano Alexander Graham Bell (**Fig. 6**), um dos inventores do telefone. No entanto, 1 bel é um valor elevado, pelo que se utiliza um submúltiplo: o **decibel (dB)**.

$$1 \text{ dB} = 0,1 \text{ B}$$

Assim, o decibel é a unidade de intensidade sonora utilizada para descrever a resposta do ouvido humano aos sons que percebe. O aparelho utilizado para medir o nível sonoro é o **sonómetro** (**Fig. 7**).

A **escala de nível sonoro** toma como referência o som mais fraco que pode ser detetado pelo ouvido humano na audição normal — 0 dB — e compara todos os outros sons com este. O valor de **120 dB** corresponde ao **limiar da dor** e constitui o valor máximo suportável pelo ouvido humano. Na figura 8, podem observar-se os níveis sonoros característicos de alguns sons.

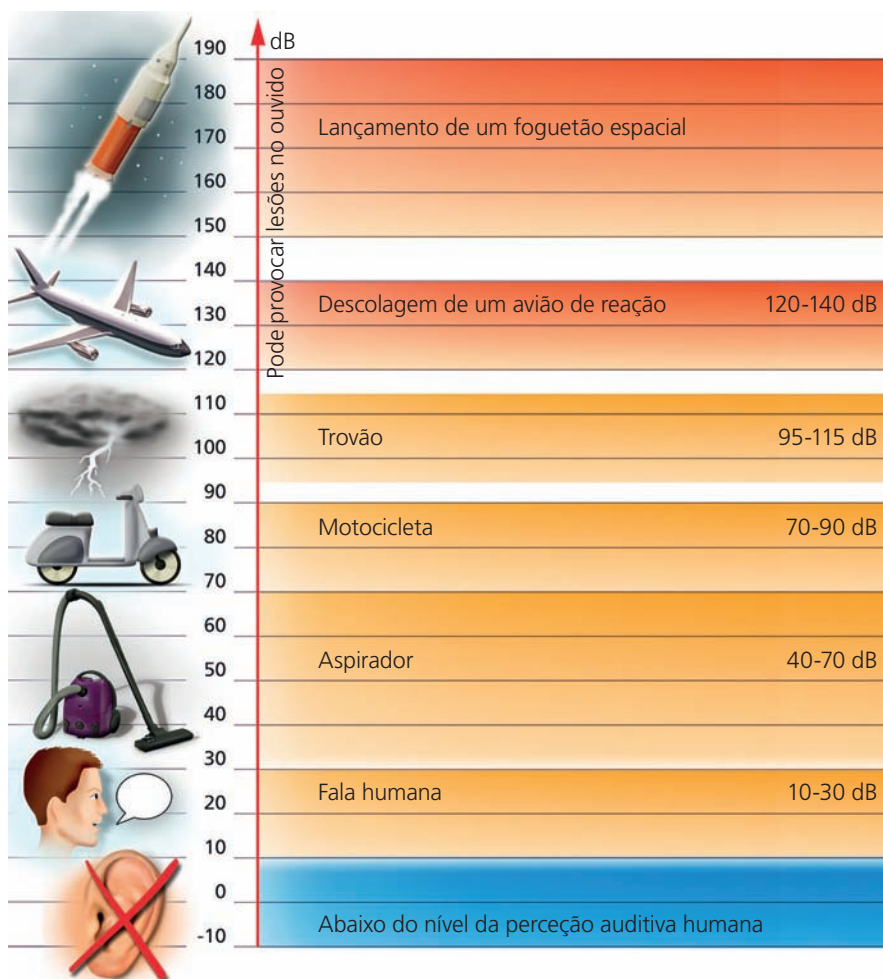


Fig. 8 Nível sonoro característico de alguns sons.

Audiograma

Os limites da audibilidade dependem da intensidade e da frequência do som que é produzido. O limiar de audibilidade de cada pessoa pode ser registado graficamente em função da frequência e do nível sonoro. Estes gráficos chamam-se **audiogramas** (Fig. 9).

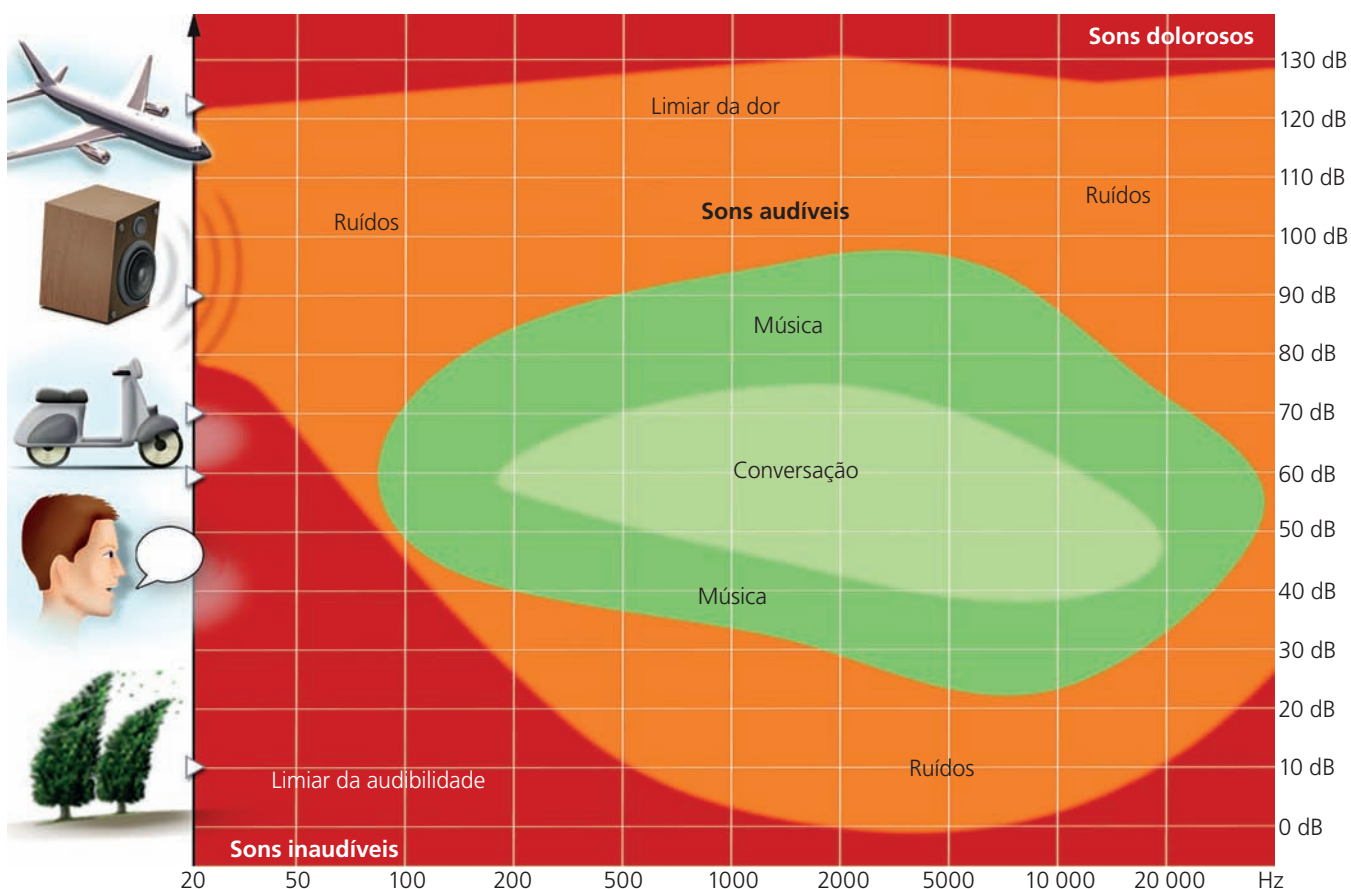


Fig. 9 Audiograma. Note-se que a escala de frequências não é linear.

Da observação do audiograma pode concluir-se que, para um som ser audível, é necessário que, se a frequência da onda sonora for pequena, a intensidade do som seja obrigatoriamente grande. No entanto, se a frequência for elevada, a intensidade pode ser pequena.

De um modo geral, o limiar de audibilidade diminui com a idade, ou seja, é necessário que o som tenha maior intensidade para que possa ser detetado.

Quando o nível sonoro é superior a 120 dB, o som provoca uma sensação dolorosa. Sons de intensidade muito elevada podem mesmo causar danos irreparáveis no ouvido. É por isso necessário ter cuidado e evitar exposição a sons de intensidade demasiado elevada ou utilizar proteção adequada (Fig. 10). Podem também ocorrer perturbações auditivas quando o ouvido é sujeito a um som de curta duração mas de intensidade muito elevada, como, por exemplo, uma explosão.



Fig. 10 Exemplo de uso de proteção dos ouvidos.

■ Poluição sonora

A **poluição sonora** surge quando o som produzido ultrapassa os limites de intensidade sonora impostos pela legislação, provoca desconforto ou prejudica a saúde do Homem. Existem várias fontes de poluição sonora (**Fig. 11**).



Fig. 11 Alguns exemplos de fontes de poluição sonora.

Podem, no entanto, ser tomadas algumas medidas para diminuir a poluição sonora ou reduzir os seus efeitos. Indicam-se algumas medidas de prevenção da poluição sonora ou de redução dos seus efeitos no quadro seguinte:

Medidas de prevenção da poluição sonora ou de redução dos seus efeitos

- Reduzir o tempo de exposição à poluição sonora;
- Utilizar proteção adequada, como protetores para os ouvidos;
- Produzir sons de menor intensidade e evitar estar perto de colunas emissoras de sons, em ambientes onde existem ruídos (festas, discotecas, etc.);
- Evitar permanecer em ambientes onde não se consiga ouvir o interlocutor à distância de 1 metro;
- Reduzir a utilização de veículos motorizados, usando mais os transportes públicos;
- Utilizar veículos motorizados que produzam menos ruído;
- Construir barreiras de insonorização nas autoestradas;
- Utilizar materiais isolantes sonoros nos edifícios.

Como se pode verificar, uma grande parte das medidas apresentadas passa por uma educação da população, pelo que é necessário sensibilizar as pessoas para este assunto.

■ Surdez

A surdez pode ter diversas origens: exposição a sons de intensidade muito elevada, malformações ou infeções permanentes. Por exemplo, se os ossículos do ouvido se colarem ao ouvido interno, deixam de vibrar eficazmente e não ocorre uma boa transmissão da onda sonora. Se os canais forem obstruídos, por exemplo, com a formação de cera no canal auditivo, também haverá perda de audição.

ATIVIDADE LABORATORIAL

MEDIR A INTENSIDADE DE UM SOM

MATERIAL:

- Sonómetro
- Fita métrica ou GPS

PROCEDIMENTO:

1. Escolhe vários espaços existentes na tua escola (bar, ginásio, campo de jogos, etc.).
2. Mede com o sonómetro o nível sonoro desses espaços em diferentes instantes do dia e regista os valores obtidos.
3. Escolhe um determinado espaço da tua escola e, numa posição, fixa o ponto zero da distância. A partir deste ponto, mede distâncias sucessivamente maiores relativamente à posição zero e mede, para cada caso, o nível sonoro.
4. Repete o procedimento anterior num outro espaço da tua escola. Podes, por exemplo, medir o nível sonoro a seguir a um muro ou dentro e fora de uma sala.



OBSERVAÇÕES:

1. Em que espaço é mais intenso o som produzido?
2. Elabora o gráfico do nível sonoro em função da distância, para cada espaço.

CONCLUSÕES:

1. Compara os valores obtidos com os recomendados na legislação em vigor.
2. Pesquisa sobre as consequências fisiológicas e psicológicas que poderão ocorrer num indivíduo que esteja sujeito a níveis sonoros elevados.

ATIVIDADES

1. Comenta a afirmação:
Nem todos os sons com uma frequência igual a 500 Hz são audíveis pelo ser humano.
2. Refere duas medidas cujo objetivo seja a prevenção da poluição sonora.
3. Certas profissões exigem o contacto com ruídos de intensidade elevada. Faz uma pesquisa sobre os riscos a que estes profissionais estão expostos e os cuidados que devem ter.
4. Elabora, em turma, um folheto para distribuir na escola, onde estejam indicados os perigos de exposição a sons de elevada intensidade e as principais medidas para prevenir a poluição sonora ou reduzir os seus efeitos.

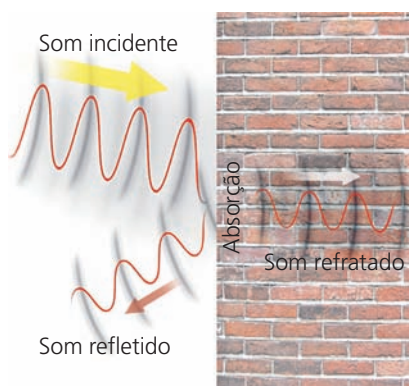


Fig. 12 Intensidade da onda incidente, da onda refletida e da onda refratada.

As ondas sonoras propagam-se num meio material e podem ser refletidas, refratadas ou absorvidas. Estes fenómenos raramente ocorrem isoladamente. Quando existe um obstáculo à propagação do som, geralmente todos estes fenómenos acontecem em simultâneo (**Fig. 12**).

■ Reflexão do som

A **reflexão** é um fenómeno ondulatório que ocorre quando a onda sonora continuando a propagar-se no mesmo meio, é obrigada a mudar de direção ou de sentido quando encontra uma superfície dura e lisa (superfície refletora).

No entanto, parte da energia que a onda transporta é absorvida pela superfície refletora e outra é transmitida. Assim, a intensidade do som refletido é inferior à intensidade do som incidente, como se ilustra na figura 12.

Na **reflexão** do som, a **frequência**, o **comprimento de onda** e a **velocidade de propagação** da onda sonora incidente **mantêm-se**.

A reflexão do som pode ser um fenómeno inconveniente nos auditórios e nas salas de concerto. Assim, nas salas onde a reflexão é indesejável, utilizam-se certos materiais que absorvem grande parte da energia transportada pela onda sonora, sendo o som refletido mais fraco. A cortiça, a lã, a esferovite e as fibras são exemplos de materiais que têm grande poder de absorção.

Materiais com superfície rugosa, como tecidos, esferovite ou cortiça, ao contrário de superfícies polidas muito refletoras, são utilizados quando se quer minimizar a reflexão do som.

ATIVIDADE PRÁTICA

ABSORÇÃO DO SOM

MATERIAL:

- Relógio
- Tampa de uma panela
- Pedacos de corticite
- Mosaico
- Pedacos de esferovite
- Pedacos de alcatifa

PROCEDIMENTO:

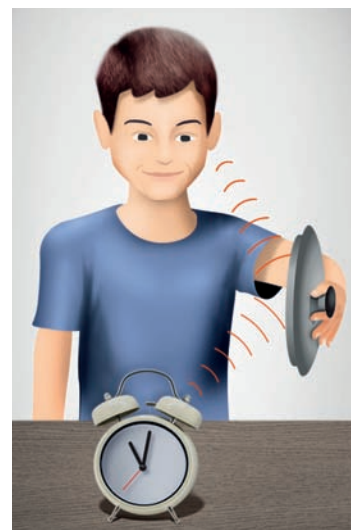
1. Coloca o relógio em cima de uma mesa e tenta ouvir o mecanismo a funcionar.
2. Aproxima a tampa da panela do teu ouvido, inclinando-a de modo a ouvires o som refletido.
3. Repete o procedimento anterior utilizando cada um dos materiais propostos.

RESULTADOS:

1. Com que materiais se ouve melhor o som refletido?

CONCLUSÕES:

1. Em que materiais ocorre maior absorção?



Eco e reverberação

O **eco**, a **reverberação** e a **ressonância** são fenômenos associados à reflexão.

O **eco** é o fenômeno que permite distinguir o som emitido do som refletido. Para o ouvido humano distinguir claramente o som refletido do som original é necessário que exista entre eles um **intervalo de tempo mínimo de 0,1 s**. Admitindo que a velocidade de propagação do som no ar é de 340 m/s, a **distância** que a onda sonora percorre naquele intervalo de tempo é **34 m**. Assim, para que **ocorra eco**, a **distância mínima** entre a fonte e a superfície refletora é **17 m** (Fig. 13).

$$\begin{aligned} v &= \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow 340 = \frac{d}{0,1} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow d &= 340 \times 0,1 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow d &= 34 \text{ m} \\ d_{\text{mínima}} &= \frac{34}{2} = 17 \text{ m} \end{aligned}$$

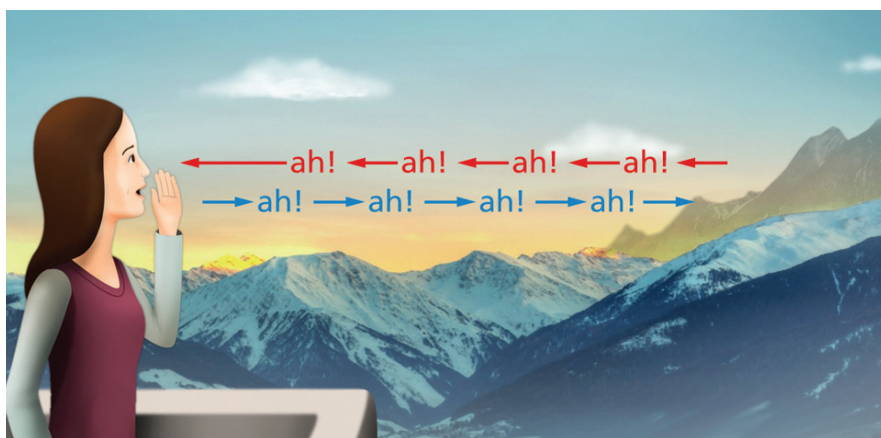
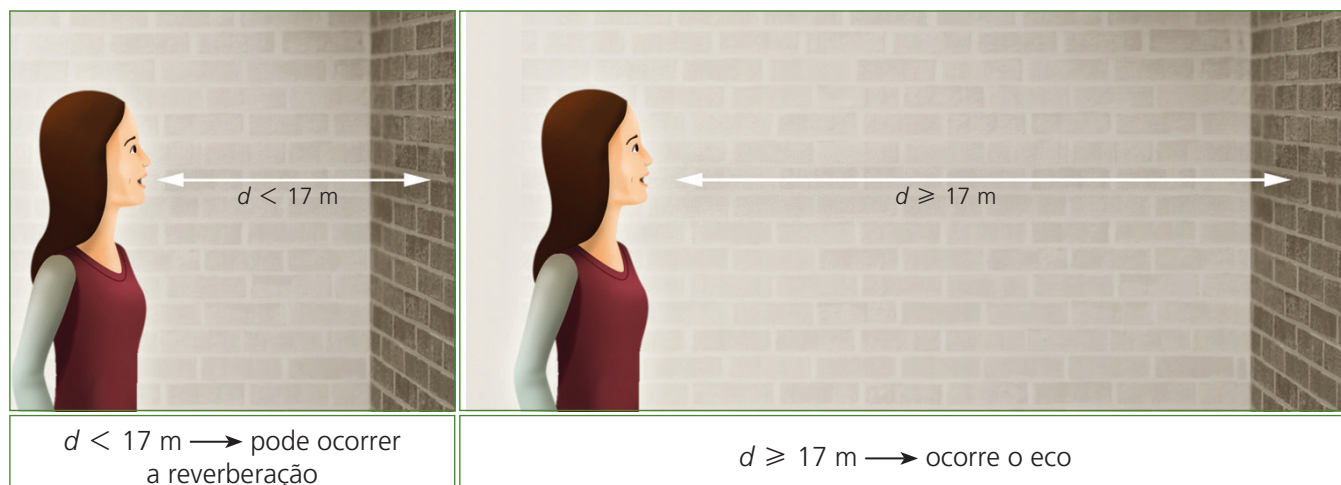


Fig. 13 Quando existe eco é possível distinguir o som emitido do som refletido.

Quando, num local, existem vários obstáculos a distâncias superiores a 17 m, o mesmo som pode repetir-se várias vezes, ocorrendo vários ecos — **ecos múltiplos**.

Se a distância entre a fonte sonora e a superfície refletora for inferior a 17 m, não ocorre eco, podendo ocorrer a **reverberação** do som. Neste caso, os sons parecem ter uma maior duração no nosso ouvido.



O sonar e as ecografias são aplicações da reflexão de ultrassons. O primeiro permite determinar a que distância se encontra um obstáculo ou qual a profundidade da água do mar, pois é um aparelho que emite ultrassons e recebe o seu eco (**Fig. 14A**). O ecógrafo tem uma função semelhante permitindo obter imagens do interior do corpo (**Fig. 14B**).

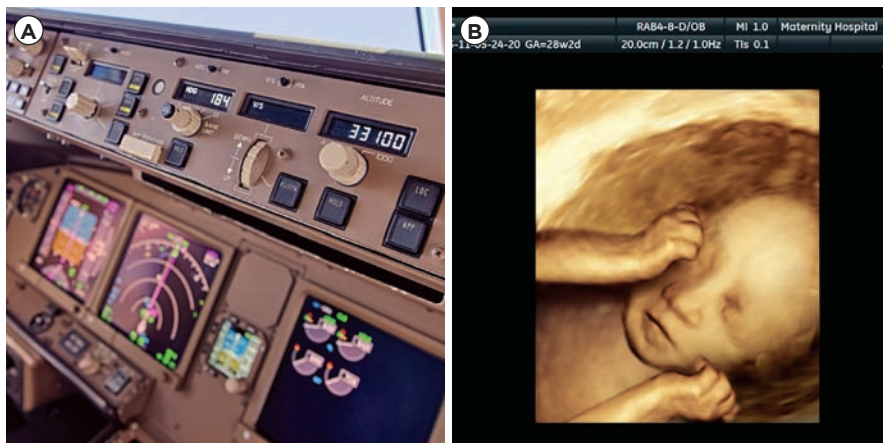


Fig. 14 Aplicações da reflexão de ultrassons: sonar [A] e ecografia [B].

Alguns animais, como, por exemplo, os morcegos e os golfinhos, também apresentam a capacidade de detetar a distância de obstáculos e objetos através da emissão de ultrassons. Esta capacidade é designada por **ecolocalização** (**Fig. 15**).

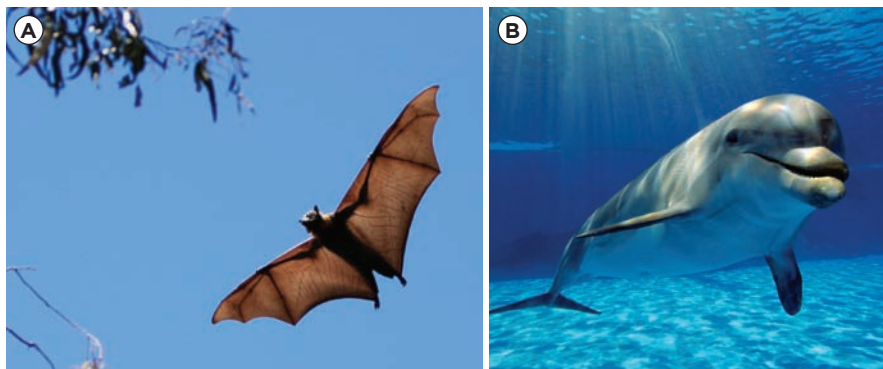


Fig. 15 Os morcegos [A] e os golfinhos [B] conseguem detetar a que distância se encontram os obstáculos através da emissão de ultrassons — ecolocalização.

Ressonância

A **ressonância** é outro fenómeno acústico que também está relacionado com a reflexão. A vibração de uma fonte sonora pode ser transmitida a outro corpo cuja frequência natural de vibração seja igual ou múltipla da frequência de vibração da fonte sonora. O resultado é uma maior amplitude de vibração desse corpo que irá produzir um som de maior intensidade. A este fenómeno chama-se **ressonância** do som.

Ressonância do som

↓
Som de maior
intensidade

Por exemplo, ao aproximar o bzio do ouvido ouvem-se sons semelhantes ao som do mar (Fig. 16). A vibração do ar contido na concha entra em ressonância com algumas frequências sonoras existentes no meio ambiente. Para se ouvir o «som do mar» basta colocar a mão, em forma de concha, junto ao ouvido.

Muitos instrumentos musicais têm caixa de ressonância, onde ocorre a amplificação do som (Fig. 17).



Fig. 16 O «som do mar» produzido e amplificado no interior de um bzio.



Fig. 17 Instrumentos musicais com caixa de ressonância.

Caixa de ressonância — caixa de ar, em certos instrumentos musicais ou em aparelhos de estudo de Física, que serve para ampliar o som produzido por cordas ou superfícies vibrantes ou por diapasões.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

1. O João ouve o eco do seu grito 0,7 s após ter gritado. Determina a distância que separa o João da superfície refletora, sabendo que a velocidade de propagação do som no ar  de 340 m/s.

DADOS:

$$\Delta t = 0,7 \text{ s} \quad v = 340 \text{ m/s} \quad d_{\text{obs}} = ?$$

CÁLCULO:

$$v = \frac{d}{\Delta t} \Leftrightarrow d = v \times \Delta t \Leftrightarrow d = 340 \times 0,7 \Leftrightarrow d = 238 \text{ m}$$

$$d_{\text{obs}} = \frac{d}{2} \Leftrightarrow d_{\text{obs}} = \frac{238}{2} \Leftrightarrow d_{\text{obs}} = 119 \text{ m}$$

RESPOSTA:

A superfície refletora encontra-se a 119 m da fonte sonora.

2. O Mário está a 34 m de uma superfície refletora. Admitindo que a velocidade de propagação do som  340 m/s, determina ao fim de quanto tempo ouve o Mário o eco do seu grito.

DADOS:

$$d_{\text{obs}} = 34 \text{ m} \quad v = 340 \text{ m/s} \quad \Delta t = ?$$

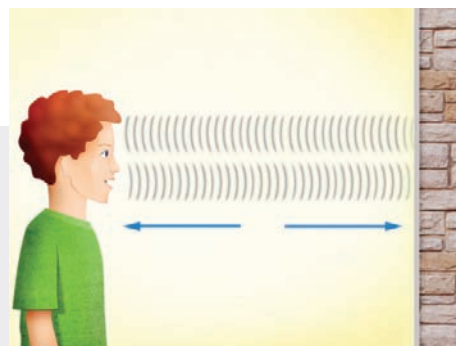
CÁLCULO:

$$d = 2 \times d_{\text{obs}} \Leftrightarrow d = 2 \times 34 \Leftrightarrow d = 68 \text{ m}$$

$$v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow 340 = \frac{68}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{68}{340} \Leftrightarrow \Delta t = 0,2 \text{ s}$$

RESPOSTA:

O Mário ouve o eco do seu grito ao fim de 0,2 s.



■ Refração do som

O fenómeno da reflexão do som é muitas vezes acompanhado de **refração** e **absorção** do som. A **refração** do som ocorre quando há alteração da velocidade de propagação. Na refração há, normalmente, alteração da direção de propagação da onda (**Fig. 18**).

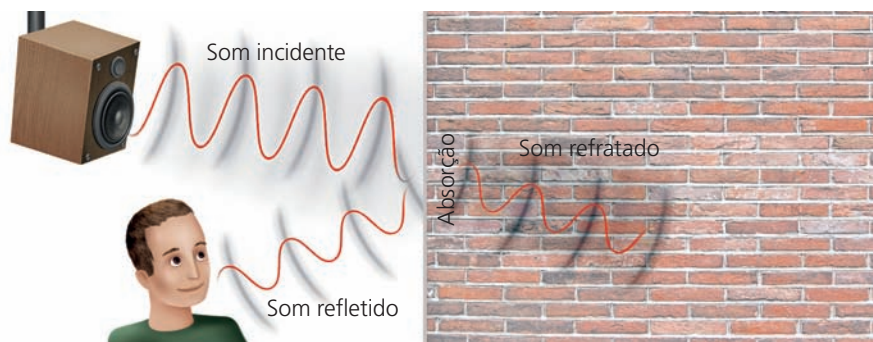


Fig. 18 De uma onda sonora emitida, parte é refletida, parte é refratada e parte é absorvida.

Como se pode observar na figura 18, a intensidade do som refratado é menor do que a intensidade do som incidente, uma vez que parte da energia transportada pela onda sonora, ao chegar à superfície, é absorvida ou refletida.

A alteração da velocidade de propagação pode dever-se à mudança de meio ou à modificação de alguma propriedade do mesmo, como a temperatura. Por exemplo, a velocidade de propagação do som no ar quente é maior do que no ar frio. Se no interior de uma sala o ar não se encontrar todo à mesma temperatura, o som pode sofrer refração, surgindo zonas em que o som quase não se ouve — sombra sonora (**Fig. 19**). Neste caso, a onda passa a propagar-se num meio com propriedades diferentes, ocorrendo alteração da direção de propagação.

Durante a **refração** do som, a **frequência** da onda sonora **não se altera**. Só a **velocidade de propagação** e o **comprimento de onda** sofrem **alterações**. A refração do som permite explicar a razão por que o som produzido numa sala fechada chega ao espaço contíguo.



Fig. 19 Refração do som numa sala em que o ar não está todo à mesma temperatura.

■ Difração do som

A **difração** do som é um fenómeno que está relacionado com a capacidade que o som tem de contornar obstáculos. É também devido a este fenómeno que se torna possível ouvir sons provenientes, por exemplo, da parte de trás de um muro (**Fig. 20**).



Fig. 20 Difração do som.

ATIVIDADES

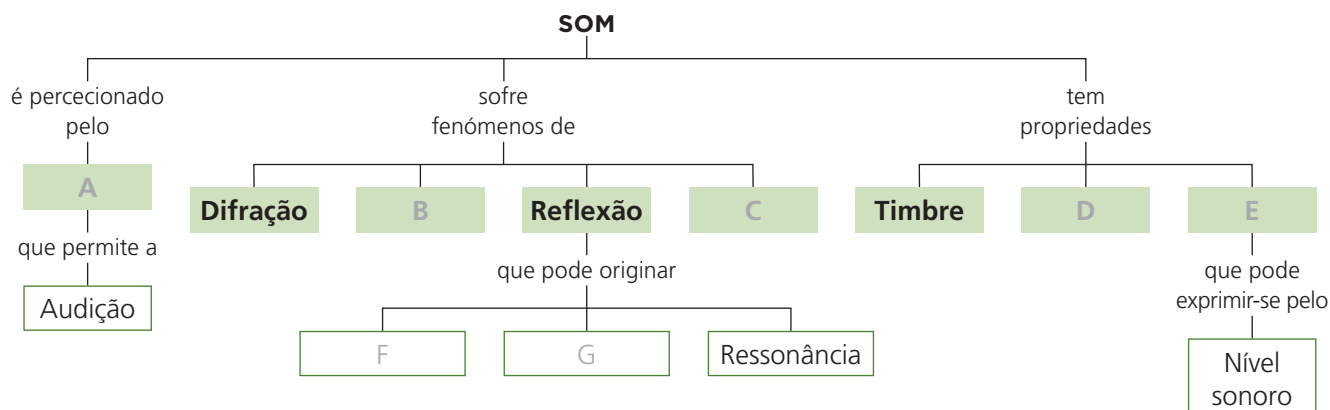
1. Escolhe o material que utilizarias para insonorizar um estúdio.
 - A. Aço.
 - B. Granito.
 - C. Esferovite.
2. Refere a principal diferença entre o eco e a reverberação.
3. Determina o intervalo de tempo entre a produção de um som que se propaga na água ($v = 1480 \text{ m/s}$) e o eco, caso a superfície refletora se encontre a uma distância de 1100 m.
4. Um barco de pesca utiliza ultrassons para encontrar cardumes.
 - 4.1 Refere o que são ultrassons.
 - 4.2 Explica como são utilizados os ultrassons para auxiliar na pesca.
 - 4.3 Determina a distância a que se encontra um cardume, sabendo que o intervalo de tempo que decorre entre a emissão do ultrassom e a sua receção é 1,0 s e que a velocidade do som na água do mar é 1500 m/s.
5. Um som produz 6600 vibrações em 30 segundos, e outro, 9900 vibrações em 15 segundos. Justifica se vibram por ressonância.
6. Classifica a afirmação que se segue como verdadeira ou falsa. Justifica a tua resposta.
Durante a refração, a frequência da onda sonora altera-se, o que explica o facto de o comprimento de onda ser diferente.
7. Planifica, em grupo, uma atividade que te permita verificar experimentalmente os diferentes fenómenos acústicos estudados. Deves delinear um plano de resolução onde identifies a questão-problema, formules a hipótese e indiques a forma de testar essa hipótese.
Depois de analisares os resultados obtidos, verifica se a tua hipótese inicial está ou não de acordo com esses resultados e justifica.

IDEIAS-CHAVE

- Os **atributos** do som são a **altura**, a **intensidade** e o **timbre**.
- A **altura** de um som permite distinguir sons agudos ou altos de sons graves ou baixos. A altura do som depende da **frequência** da onda sonora. Quanto **maior** é a **frequência** da onda sonora, **mais agudo** ou **alto** é o som e maior é a sua altura.
- A **intensidade** do som permite distinguir sons fortes de sons fracos. A intensidade do som está relacionada com a **amplitude** da onda sonora. Quanto **maior** é a **amplitude** da onda sonora, **mais forte** é o som e maior é a sua intensidade.
- O **timbre** permite distinguir sons com a mesma altura e intensidade, mas produzidos por fontes sonoras diferentes.
- Se duas ondas mecânicas tiverem a mesma amplitude, transporta mais energia aquela que tiver maior frequência.
- Na vibração de cordas, quanto mais curta e fina é a corda, maior é a frequência da vibração, mais agudo ou alto é o som produzido.
- Na vibração de colunas de ar, quanto mais pequena é a altura da coluna de ar, maior é a frequência da vibração e mais agudo ou alto é o som produzido.
- O **osciloscópio** é um instrumento que mede sinais elétricos variáveis no tempo.
- Um **microfone** transforma uma onda sonora num sinal elétrico.
- Um **som puro** caracteriza-se por ter uma frequência bem definida. O som de um diapasão é um som puro.
- Um **som complexo** resulta da sobreposição de vários sons puros.
- O **ouvido humano** é constituído pelo **ouvido externo**, **ouvido médio** e **ouvido interno**.
- O **espectro sonoro** é o conjunto de todas as frequências de vibração que podem ser produzidas pelas diversas fontes sonoras. O ouvido humano só deteta ondas sonoras cujas frequências estão compreendidas entre 20 e 20 000 Hz. Abaixo de 20 Hz produzem-se **infrassons** e acima de 20 000 Hz, **ultrassons**.
- O **nível sonoro** é uma escala que avalia comparativamente as **intensidades sonoras** (medida frequentemente em **decibéis**).
- Os **audiogramas** são gráficos que representam o limiar da audibilidade em função da frequência e do nível de intensidade sonora.
- A **poluição sonora** surge quando o som produzido ultrapassa os limites de intensidade sonora impostos pela legislação, provoca desconforto e prejudica a saúde humana.
- As **ondas** podem sofrer **reflexão**, **refração**, **absorção** e **difração**.
- A **reflexão** do som ocorre quando o som encontra uma superfície refletora e muda de sentido ou de direção, mantendo a onda sonora a mesma velocidade, frequência e comprimento de onda.
- O **eco** é a repetição do som quando a superfície refletora se encontra a uma **distância superior a 17 m** da fonte sonora.
- A **reverberação** é o prolongamento do som quando a superfície refletora se encontra a uma **distância inferior a 17 m** da fonte sonora.
- A **refração** do som ocorre quando há alteração da velocidade de propagação do som, mantendo a frequência da onda sonora.

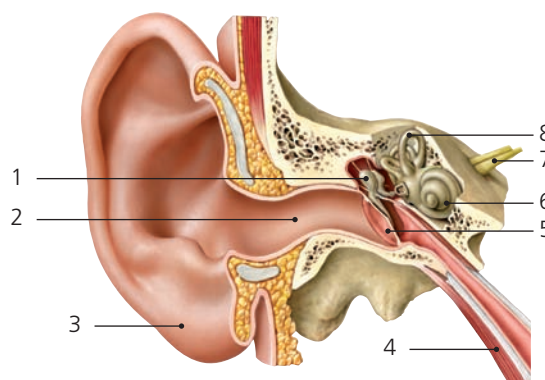
ESQUEMATIZAR

1. Completa o esquema substituindo as letras pelos termos corretos.



VERIFICAR

2. Identifica os atributos do som e associa cada um deles a uma característica das ondas sonoras periódicas.
3. Justifica a afirmação: O violino emite sons mais altos do que o violoncelo.
4. As afirmações que se seguem são falsas. Transcreve-as para o teu caderno devidamente corrigidas.
- Quando a onda sonora encontra um novo meio onde se possa propagar só sofre refração.
 - A ressonância provoca uma diminuição da intensidade do som.
5. Copia as frases para o teu caderno e completa-as de forma a produzirem afirmações verdadeiras.
- A altura de um som é tanto (1) quanto maior for a (2) da onda sonora.
 - A intensidade de um som é tanto menor quanto (3) for a (4) da onda sonora.
 - O timbre relaciona-se com o número e o tipo de (5) existentes e permite distinguir sons puros de sons (6).
 - A vibração de um diapasão origina uma onda (7) que corresponde a um som (8).
6. Classifica as afirmações que se seguem como verdadeiras (V) ou falsas (F). Transcreve, para o teu caderno, as afirmações falsas devidamente corrigidas.
- Quanto menor for a coluna de ar que vibra mais alto é o som produzido.
 - O eco é um fenómeno que se explica pela refração da onda sonora.
 - A reverberação do som ocorre quando a distância entre a fonte sonora e a superfície refletora é superior a 17 m.
 - Quando uma onda sonora sofre reflexão, a sua frequência mantém-se constante.
 - Quando uma onda sonora sofre absorção, a sua amplitude aumenta.
7. Observa a imagem do ouvido humano.
- 7.1 Faz a legenda da figura.
- 7.2 Explica como se formam os sons no ouvido humano, indicando a função do ouvido externo, do ouvido médio e do ouvido interno.



8. Associa o fenómeno da coluna I à frase da coluna II.

Coluna I	Coluna II
A. Eco	1. Prolongamento do som no ouvido.
B. Refração	2. Repetição do som.
C. Reverberação	3. Ouvir um som da sala ao lado que tem a porta fechada.
D. Absorção	4. Diminuir a intensidade do som refletido.

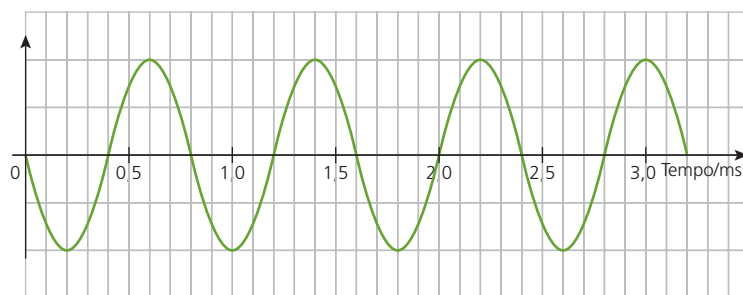
APLICAR

9. Observa a imagem e comenta o pedido que o pai faz à sua filha.



10. Um som que se propaga no ar é captado por um microfone ligado a um computador, o qual tem instalado um programa de gravação e edição de sons.

Na figura seguinte, reproduz-se o sinal elétrico (visualizado no ecrã do computador), que apresenta as mesmas características da onda sonora produzida. A escala horizontal representa o tempo, em milissegundos (ms).



Em cada caso escolhe a opção que completa corretamente as frases que se seguem:

10.1 O período da onda sonora é:

- A. 0,5 ms
- B. 0,8 ms
- C. 1,2 ms
- D. 3,2 ms

10.2 Um som será tanto mais:

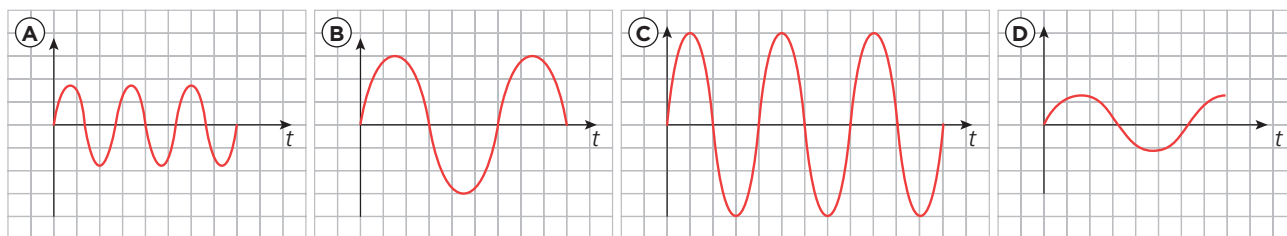
- A. agudo, quanto maior for a amplitude da onda sonora.
- B. baixo, quanto maior for a amplitude da onda sonora.
- C. baixo, quanto maior for a frequência da onda sonora.
- D. alto, quanto maior for a frequência da onda sonora.

10.3 A propriedade que permite reconhecer que dois sons correspondentes à mesma nota musical são emitidos por dois instrumentos diferentes é:

- A. a frequência.
- B. o período.
- C. o timbre.
- D. a intensidade.

(adaptado do teste intermédio do 9.º ano, 2012)

11. Observa as figuras A, B, C e D, que representam a vibração de uma partícula no mesmo meio durante 1 s.



11.1 Identifica a vibração:

- a) que tem frequência elevada e grande amplitude;
- b) que corresponde a um som grave e forte;
- c) que corresponde a um som agudo e fraco;
- d) que tem grande comprimento de onda e pequena amplitude.

11.2 Calcula a frequência e o período da onda responsável pela vibração da partícula em A.

12. O som de menor frequência que, regra geral, um ser humano pode ouvir corresponde a 20 Hz e o de maior frequência a 20 000 Hz. Admitindo que a velocidade de propagação do som no ar é de 330 m/s, determina o comprimento de onda de um som que corresponda à maior frequência dos sons audíveis.

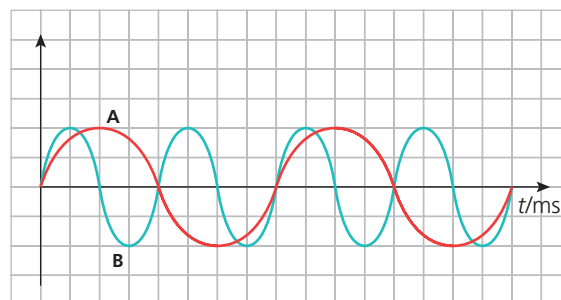
13. Observa o gráfico, que representa o sinal registado num osciloscópio ligado a um microfone que captou o som de dois instrumentos musicais diferentes (A e B), durante 2 s.

13.1 Justifica em qual dos dois instrumentos o som produzido é mais agudo.

13.2 Indica a frequência emitida pelos instrumentos A e B.

13.3 Refere a relação que existe entre os comprimentos de onda dos sons emitidos pelos dois instrumentos.

13.4 Justifica que relação existe entre as amplitudes da onda dos sons emitidos pelos dois instrumentos.



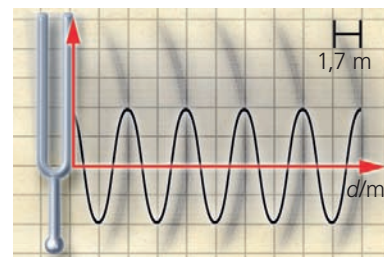
CHEGO ÀS METAS

- Conheço os atributos do som, relacionando-os com as grandezas físicas que caracterizam as ondas. *pp. 112 a 116.*
- Utilizo detetores de som.
- Associo um som puro ao som emitido por um diapasão e caracterizado por uma frequência bem definida. *pp. 118 e 119*
- Compreendo como o som é detetado pelo ser humano. *pp. 120 e 121*
- Concluo que o ouvido humano só é sensível a ondas sonoras de certas frequências (sons audíveis), e que existem infrassons e ultrassons, captados por alguns animais, localizando-os no espectro sonoro. *pp. 120 a 121*
- Defino limiares de audição e de dor, indicando os respetivos níveis de intensidade sonora. *pp. 122 e 123*
- Interpreto audiogramas e meço níveis de intensidade sonora com um sonómetro. *pp. 123 e 125*
- Identifico fontes de poluição sonora e fundamento medidas contra a poluição sonora. *p. 124*
- Compreendo alguns fenómenos acústicos e suas aplicações. *pp. 126 a 131*

SIM	PRECISO DE REVER	TENHO DE ESTUDAR
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0

ATIVIDADES DE INTEGRAÇÃO

1. Uma onda sonora de período 0,01 s propaga-se no ar. O gráfico da figura traduz o comportamento da perturbação num dado instante. Observa a figura e responde às questões.



- 1.1 Indica o comprimento de onda.
- 1.2 Determina o valor da frequência.
- 1.3 Calcula a velocidade de propagação.
- 1.4 Determina a distância percorrida em 10 segundos.

2. Considera uma onda sonora com um comprimento de onda de 176 cm, que se propaga no ar.
- 2.1 Determina quantas vibrações por segundo produz ao propagar-se no ar, admitindo que a velocidade de propagação naquele meio é 340 m/s.
 - 2.2 Admite que a onda se passa a propagar num meio líquido. Refere se o comprimento de onda é maior, igual ou menor do que 176 cm. Justifica a tua resposta.
 - 2.3 Refere se a frequência da onda se altera se o som produzido for mais forte. Justifica a tua resposta.
3. Observa as imagens seguintes.



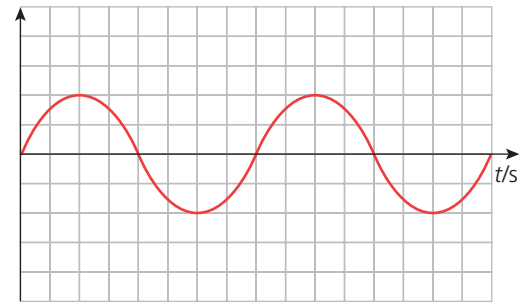
Associa cada uma delas ao gráfico que está na tabela e ao tipo de som produzido. Justifica a tua resposta.

I.	II.	III.	IV.
1. Som grave e fraco	2. Som grave e forte.	3. Som agudo e fraco.	4. Som agudo e forte.

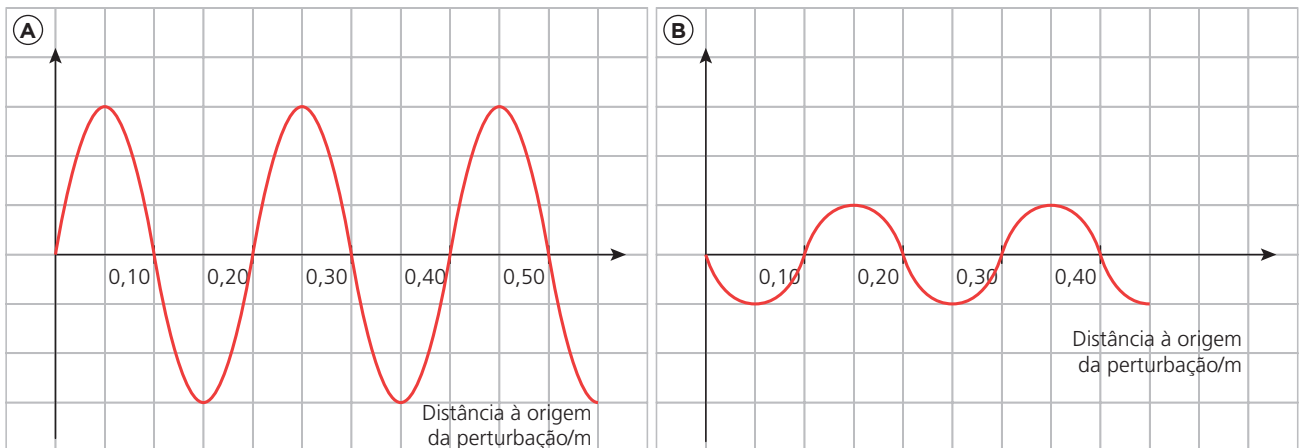
4. O João está colocado a 190 m de uma parede, e o Luís está mais atrás, como se mostra na figura. A velocidade de propagação do som no ar é 340 m/s. O João bate as palmas e o Luís ouve o eco 1,5 s depois de o João ter batido as palmas. Determina a que distância se encontra o Luís do João.



5. A figura representa o sinal registado por um osciloscópio, num determinado instante, t , quando este está ligado a um detetor sonoro.



- 5.1** Refere um dispositivo que permita captar uma onda sonora, convertê-la num sinal elétrico e transmiti-lo ao osciloscópio.
- 5.2** No esquema da figura, cada quadrado representa 0,02 s.
- 5.2.1** Indica se o esquema traduz uma periodicidade espacial ou temporal do sinal.
- 5.2.2** Esboça, no teu caderno, o sinal observado no osciloscópio no instante $t + \frac{T}{2}$.
- 5.2.3** Determina o período do sinal registado.
- 5.2.4** Calcula a frequência.
- 5.2.5** Determina o comprimento de onda que gerou o sinal registado no osciloscópio, admitindo que a velocidade de propagação do som no ar é 340 m/s.
6. Classifica as afirmações que se seguem como verdadeiras (V) ou falsas (F).
- A.** O som propaga-se através de uma onda mecânica, pois esta necessita de um meio material para se propagar.
- B.** Só as ondas sonoras transportam energia.
- C.** A distância entre duas cristas sucessivas corresponde sempre ao comprimento de onda.
- D.** As grandezas v , f e λ estão relacionadas pela expressão: $v = f \times \lambda$; então, para um dado meio, quanto maior é a frequência de oscilação da fonte sonora, maior é o comprimento de onda.
7. Transcreve para o teu caderno todas as afirmações da questão anterior, devidamente corrigidas e justificadas.
8. Observa as figuras, que representam, para duas ondas que se propagam no ar, a periodicidade espacial de uma perturbação em função da distância à origem dessa perturbação.

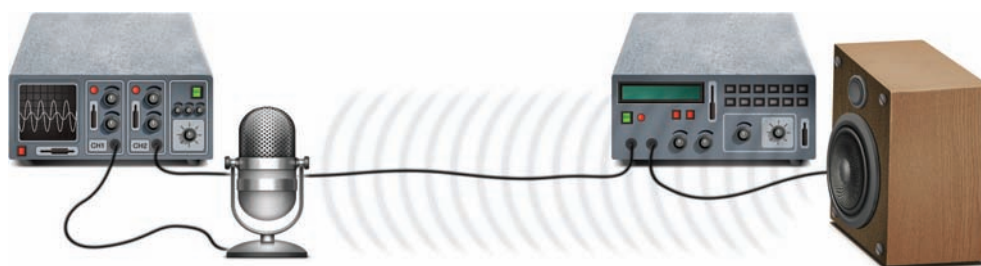


- 8.1** Indica, para cada uma das ondas representadas, o comprimento de onda.
- 8.2** Determina a frequência da onda A, sabendo que a velocidade de propagação do som no ar é 340 m/s.
- 8.3** A frequência da radiação B é 15 mil milhões de Hz. Selecciona a opção correta.
- A.** $v_A < v_B$ **B.** $v_A > v_B$ **C.** $v_A = v_B$ **D.** $v_B = 15 \times v_A$
- 8.4** Esboça o gráfico de uma vibração que produza um som:
- a)** menos intenso e mais grave do que o som correspondente à onda sonora A.
- b)** com menor intensidade e uma frequência dupla do som correspondente à onda sonora A.
- c)** mais grave mas com a mesma amplitude que o som correspondente à onda sonora A.
- d)** mais agudo e mais forte do que o som correspondente à onda sonora A.

9. Para um som de período 0,0025 s, determina:
- a sua frequência;
 - o seu comprimento de onda no ar.
10. Explica por que razão em algumas situações em que existe uma superfície refletora, o som parece que se prolonga no ouvido e noutras situações se ouve o som inicial repetido.
11. Observa a imagem, que representa o espectro sonoro.



- 11.1 Completa o esquema do espectro sonoro.
- 11.2 Explica como é que um som produzido por uma fonte sonora é percecionado pelo recetor.
- 11.3 Comenta a afirmação:
Qualquer som de frequência 25 Hz é audível pelo Homem.
12. Com o objetivo de determinar experimentalmente a velocidade de propagação do som no ar, um grupo de alunos fez uma montagem semelhante à que se apresenta na figura seguinte, na qual utilizou um osciloscópio, um gerador de sinais, um microfone, um altifalante com suportes e fios de ligação.



Os alunos começaram por ligar o gerador de sinais ao osciloscópio para produzir um sinal elétrico que registaram no osciloscópio. Ligaram depois o altifalante ao gerador de sinais para que o sinal elétrico produzido pelo gerador fosse convertido num sinal sonoro. Por fim, ligaram o microfone ao osciloscópio, tendo o cuidado de alinhar sempre o altifalante e o microfone, no decorrer das experiências que realizaram. O valor tabelado da velocidade de propagação do som no ar, nas condições em que foram realizadas as experiências é 342,8 m/s.

12.1 Refere a razão pela qual os alunos ligaram o microfone ao osciloscópio.

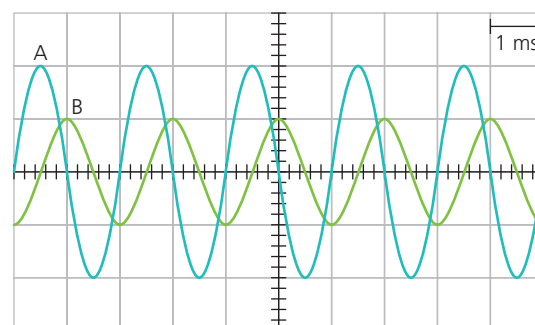
12.2 Os alunos mantiveram o altifalante e o microfone à mesma distância um do outro. A figura seguinte representa o ecrã do osciloscópio onde estão registados os sinais obtidos no decorrer da experiência.

12.2.1 Os sinais registados no ecrã do osciloscópio apresentam...

- ... igual amplitude e igual frequência.
- ... igual amplitude e diferente frequência.
- ... diferente amplitude e diferente frequência.
- ... diferente amplitude e igual frequência.

12.2.2 O período do sinal A é:

- 0,01 s
- 0,001 s
- 0,002 s
- 0,02 s



13. Dois diapasões, A e B, com frequência de 360 Hz e 520 Hz, respetivamente, vibram num determinado meio.
- 13.1 Refere qual dos dois tem um maior período. Justifica a tua resposta.
- 13.2 Determina a velocidade de propagação do som emitido pelo diapasão A, sabendo que o comprimento da onda é 96,1 cm.
- 13.3 Admitindo que o som do diapasão A se começava a propagar num outro meio com uma velocidade tripla, determina a relação entre os respetivos comprimentos de onda.
14. Determina a distância a que se encontra um obstáculo, sabendo que o intervalo de tempo decorrido entre a emissão de um som e a receção do seu eco é 4 s. Admite que o som se propaga no ar ($v = 340$ m/s).
15. Um sonar emite um som, registando o eco alguns segundos depois. Sabendo que o fundo do mar se encontra a uma distância de 1680 m, determina ao fim de quanto tempo se ouve o eco. O valor da velocidade de propagação do som na água do mar é 1480 m/s.

TRABALHAR COM DOCUMENTOS

Ver com os sons — morcegos, golfinhos, sonares e ecografias

Os morcegos (**Fig. 1**) são conhecidos por viverem na escuridão. Estes mamíferos são dotados de um sistema denominado localização por eco, que lhes permite perceberem o que está à sua volta através da utilização de sons. Enquanto um morcego se desloca, emite vários sons de curta duração (impulsos) e de elevada frequência (25 000 a 50 000 Hz). Ao encontrarem obstáculos, estes ultrassons são refletidos, dando informação do meio circundante ao morcego. Quanto mais impulsos forem emitidos por unidade de tempo, mais completa é a informação obtida. Quando se aproxima alimento, o morcego pode enviar até 200 impulsos por segundo.



Fig. 2 Golfinhos.

Os golfinhos (**Fig. 2**) também utilizam este sistema para «ver» o mundo à sua volta. Os golfinhos produzem dois tipos de sons, um deles serve-lhes para comunicarem entre si — os infrassons. O outro permite-lhes fazerem o reconhecimento da área em que se encontram (ultrassons). O tempo que o eco demora a regressar, a diferença de intensidade e de frequência entre o som emitido e refletido são os dados que permitem ao golfinho uma «visão» pormenorizada do oceano.

O termo «sonar» deriva do acrónimo com origem na língua inglesa «*sound navigation and ranging*» que significa sistema de navegação e localização por som. Nesta técnica produzem-se e emitem-se ultrassons. Estes penetram bem na água, sendo pouco absorvidos por esta. Ao encontrarem obstáculos, os ultrassons são refletidos, e a análise dos sons refletidos permite conhecer o tipo de obstáculo e a distância a que se encontra.

O Homem arranjou um modo de imitar um sistema que outros animais possuem como dote natural. As ecografias são uma aplicação dos ultrassons na Medicina. Utilizam-se ondas ultrassónicas para fazer o mapa de um órgão ou de um feto a partir da análise dos sons refletidos

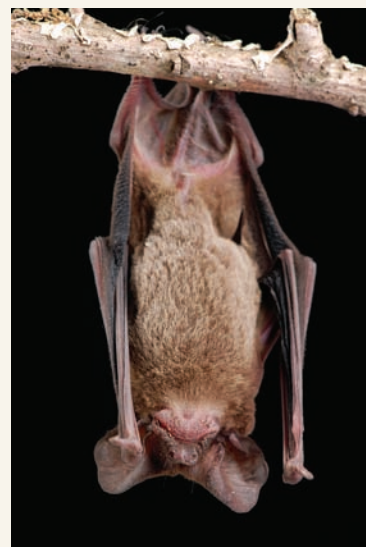


Fig. 1 Alguns morcegos emitem ultrassons através do nariz, que tem uma estranha prega de pele.

1. Explica o que entendes por ecolocalização.
2. De que forma comunicam os golfinhos entre si?
3. Comenta o título do documento.



Farol: utilização da luz para comunicar.

Energia radiante

A energia apresenta-se sob diversas formas: sonora, química e elétrica, por exemplo. Existe uma gama completa de formas inter-relacionadas denominada energia radiante ou radiação eletromagnética. Em conjunto, essas formas de energia compõem o espectro eletromagnético, cujas diferentes radiações se caracterizam por gamas próprias de frequência. No extremo das baixas frequências do espectro encontram-se as ondas de rádio, seguidas pelas micro-ondas e os raios infravermelhos. Surgem em seguida a luz visível e a radiação ultravioleta, terminando com as frequências máximas dos raios X e dos raios gama.

«A Física», *Enciclopédia do Conhecimento, Ciência e Tecnologia*, Resomnia Editores, 1990 (adaptado)

COMEÇA POR...

OBSERVAR

1. Para que serve a luz projetada pelo farol?
2. Todo o material que constitui a cúpula do farol poderá ser opaco?

INTERPRETAR

3. Menciona uma característica que permita distinguir as diferentes radiações.

REFLETIR

4. Refere uma aplicação para as micro-ondas e outra para os raios X.
5. Se as radiações eletromagnéticas estão interrelacionadas, será que se pode chamar «luz não visível» àquelas radiações que não nos permitem ver?

AS TUAS METAS

- Compreender fenómenos do dia a dia em que intervém a luz (visível e não visível).
- Reconhecer que a luz é uma onda eletromagnética, caracterizando-a.

A luz que é capaz de sensibilizar o olho humano normal chama-se **luz visível** e a luz que não impressiona o olho humano denomina-se **luz não visível**. A luz visível e a luz não visível têm características comuns e o seu conjunto encontra-se representado no **espectro eletromagnético** (Fig. 1).

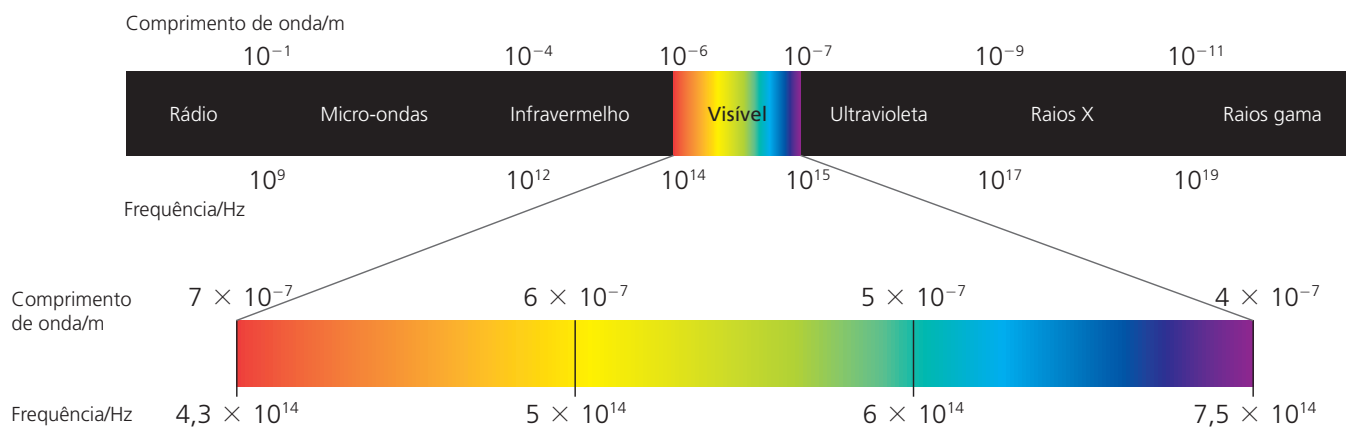


Fig. 1 Espectro eletromagnético.

■ Corpos luminosos e corpos iluminados

Para que possa existir luz, tem de haver uma fonte que a produza e emita. Na Terra, o Sol é a principal fonte de luz. O Sol e as outras estrelas são **fontes naturais de luz** (Fig. 2A). Já uma lâmpada ou uma vela acesas são **fontes artificiais de luz** (Fig. 2B). A ausência de luz corresponde à sombra ou à escuridão.



Fig. 2 O Sol — fonte natural de luz [A] e a lâmpada — fonte artificial de luz [B].

Os corpos que emitem luz visível (Sol, outras estrelas, lâmpadas e velas acesas) são denominados **corpos luminosos** (Fig. 3A). Os corpos que não emitem luz visível (planetas, móveis, paredes) são **corpos iluminados** ou **não luminosos** (Fig. 3B).

Além da luz visível, o Sol emite também radiação infravermelha e radiação ultravioleta.

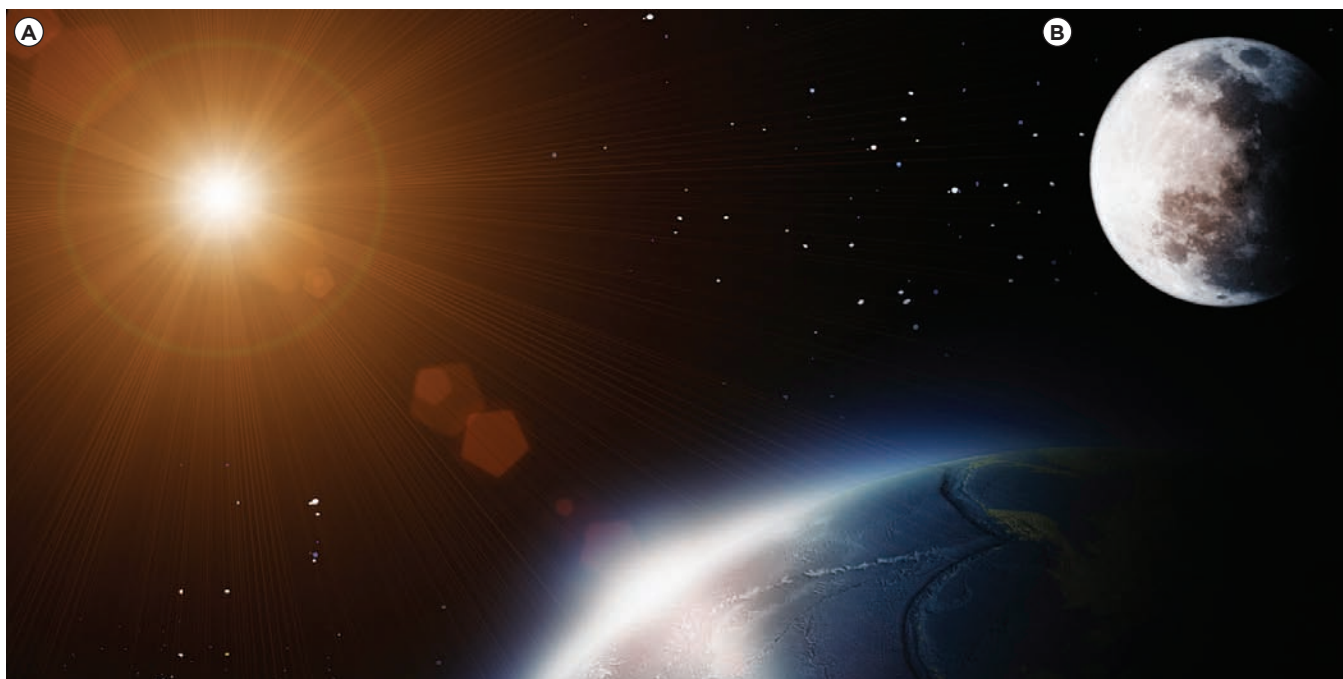


Fig. 3 O Sol [A], um corpo luminoso, emite luz que ilumina a Lua, um corpo iluminado [B].

■ Aplicações da luz

Desde sempre que a luz visível permite ao Homem observar o mundo. E há muito tempo que a utiliza para comunicar com códigos adequados (Fig. 4). O desenvolvimento das fibras óticas tem potenciado a utilização da luz visível e não visível nas comunicações.

SABER

As **fibras óticas** são cabos finíssimos construídos em vidro ou em plástico através dos quais a luz se propaga sem se transmitir para o exterior.



Fig. 4 Semáforos: utilização de luz visível na comunicação.

A luz não visível é também extremamente útil no funcionamento de outros equipamentos.

Tipos de luz não visível e sua aplicação

Ondas de rádio	Micro-ondas	Radiação infravermelha
		
As ondas de rádio têm aplicação em aparelhos de rádio e de televisão e em outros sistemas de comunicação.	As micro-ondas têm aplicação no funcionamento de fornos e em sistemas de comunicação de satélites.	A radiação infravermelha é utilizada no funcionamento de comandos por controlo remoto. Também tem aplicação em óculos e em câmaras fotográficas e de filmar, para funcionarem no escuro.
Radiação ultravioleta	Raios X	Raios gama
		
O Sol emite radiação ultravioleta perigosa para os seres vivos. A radiação ultravioleta pode ser usada para esterilizar salas de cirurgia e equipamentos médicos.	Existem diversos materiais que são opacos para a radiação visível, mas que os raios X podem penetrar. Assim, podem ser usados em radiografias para observar os ossos, os dentes, o betão ou peças metálicas.	A radiação gama pode ser usada para fazer tratamentos oncológicos.

Os exemplos anteriores mostram-nos que a luz transporta energia e, por vezes, informação.

ATIVIDADES

1. Distingue luz visível de luz não visível e dá três exemplos para cada um destes tipos de luz.
2. Dois escuteiros estão, à noite, a olhar o céu junto a um rio, quando se apercebem de luzes vindas de um barco. Observam com mais atenção e concluem tratar-se de uma mensagem. A lanterna acende-se três vezes por um período longo, três vezes por um período curto e novamente três vezes por um período longo. Faz as pesquisas necessárias para descobrir o que significam os sinais luminosos enviados do barco.

■ Ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas

A luz, tal como o som, propaga-se de forma ondulatória, mas, ao contrário do som, pode propagar-se também no vazio, pois resulta da vibração de uma carga elétrica e não de uma vibração mecânica (Fig. 5).

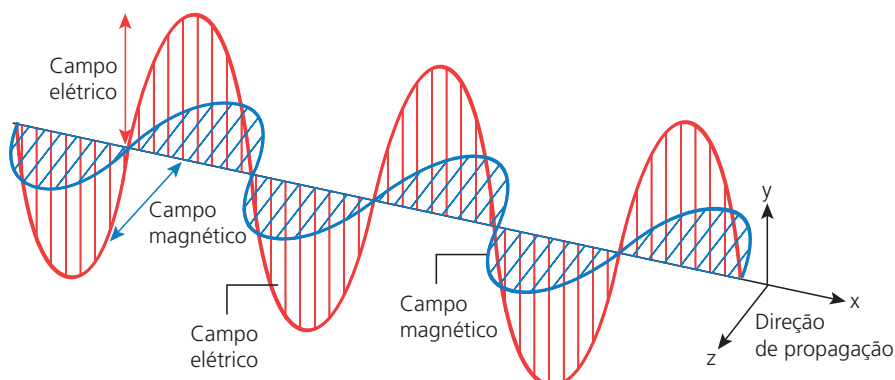


Fig. 5 Representação da propagação no espaço da radiação eletromagnética.

Assim, a luz, visível e não visível, é uma **onda eletromagnética** ou **radiação eletromagnética**.

As **ondas eletromagnéticas** podem propagar-se em diferentes meios materiais, como o ar, a água, ou o vidro, mas também se podem propagar no vazio (Fig. 6).

As **ondas mecânicas**, como, por exemplo, o som ou as ondas que se formam na superfície da água, numa mola ou numa corda necessitam de um suporte material para se propagar, ou seja, não se propagam no vazio (Fig. 7).

SABER

Do ponto de vista ondulatório, a radiação eletromagnética é a propagação simultânea de uma perturbação periódica de um campo elétrico e de um campo magnético. Estes campos, além de serem perpendiculares entre si, são perpendiculares à direção da propagação.

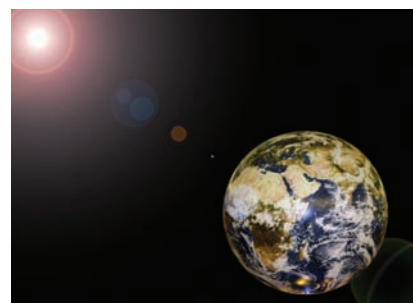


Fig. 6 A luz proveniente das estrelas percorre grandes distâncias no espaço vazio.

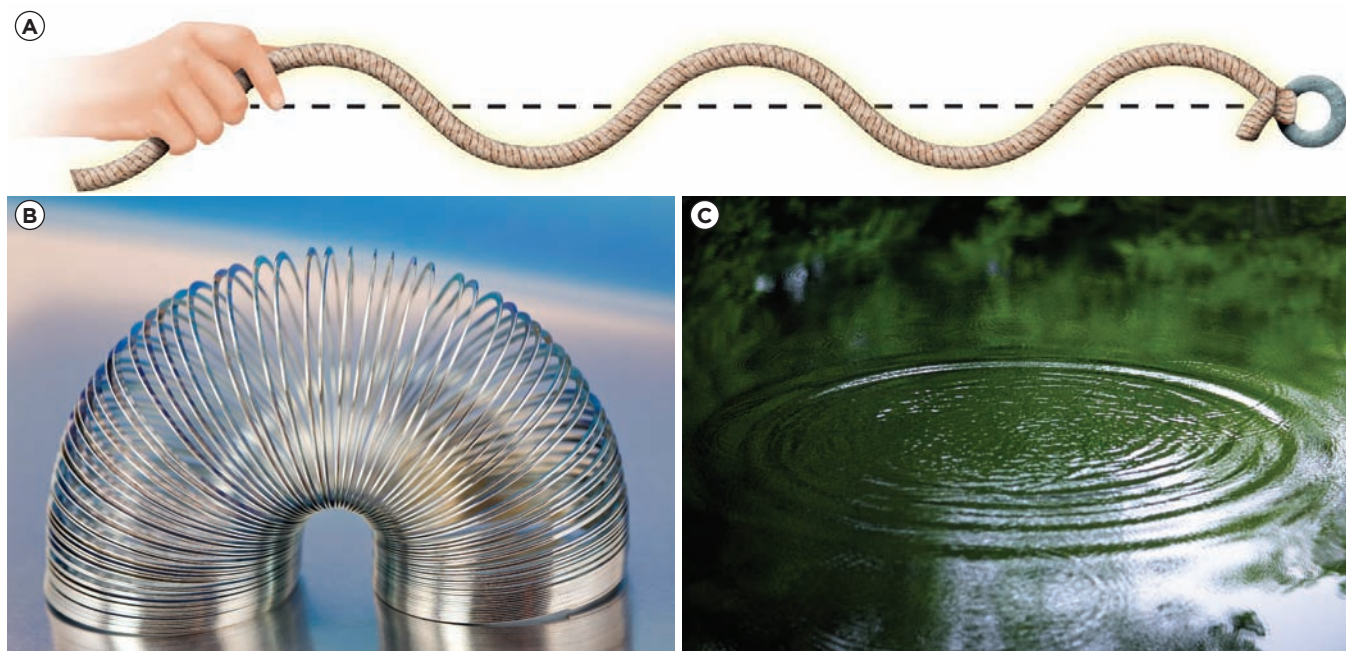
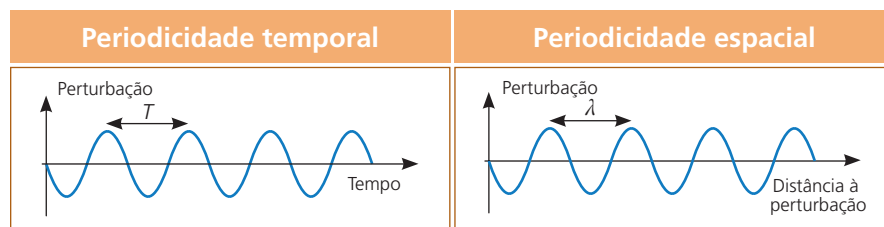


Fig. 7 Exemplos de ondas mecânicas: numa corda [A], numa mola [B] e na água [C].

■ Características das ondas eletromagnéticas

Tal como para outras ondas periódicas, também para uma onda eletromagnética periódica se pode definir: o período (T), a frequência (f), o comprimento de onda (λ) e a velocidade de propagação (v).

Grandeza	Caracterização da grandeza	Unidade base do Sistema Internacional
Período (T)	Intervalo de tempo em que se completa um ciclo de onda.	segundo (s)
Frequência (f)	Número de ciclos que se completam numa unidade de tempo, no Sistema Internacional, em um segundo.	hertz (Hz)
Comprimento de onda (λ)	Distância mínima entre dois pontos na mesma fase.	metro (m)
Velocidade de propagação (v)	Rapidez com que a onda se propaga num determinado meio. Corresponde à distância percorrida pela onda num intervalo de tempo unitário.	metro/segundo (m/s)



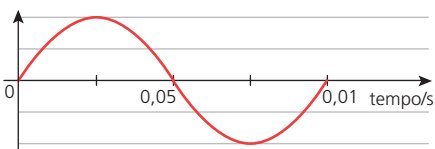
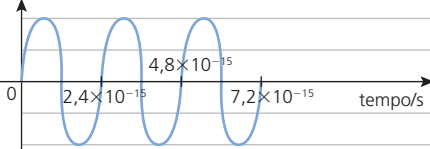
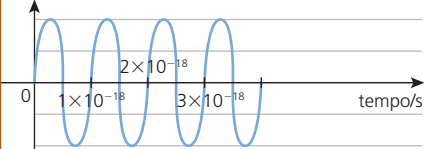
De acordo com a definição, o período e a frequência são grandezas inversas.

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

A distância percorrida num intervalo de tempo correspondente a um período é igual ao comprimento de onda.

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Periodicidade temporal de algumas radiações eletromagnéticas propagando-se no ar

Radiação na região de rádio ELF (frequência extremamente baixa)	Radiação na região do vermelho	Radiação na região dos raios X
		
Uma vibração completa-se em 0,01 s, logo, $T = 0,01$ s. $f = \frac{1}{T} \Leftrightarrow f = \frac{1}{0,01} = 100 \text{ Hz}$	Uma vibração completa-se em $2,4 \times 10^{-15}$ s, logo, $T = 2,4 \times 10^{-15}$ s. $f = \frac{1}{T} \Leftrightarrow f = \frac{1}{2,4 \times 10^{-15}} \Leftrightarrow f = 4,2 \times 10^{14} \text{ Hz}$	Uma vibração completa-se em $1,0 \times 10^{-18}$ s, logo, $T = 1,0 \times 10^{-18}$ s. $f = \frac{1}{T} \Leftrightarrow f = \frac{1}{1 \times 10^{-18}} \Leftrightarrow f = 1 \times 10^{18} \text{ Hz}$

Conhecendo o período, pode determinar-se o comprimento de onda da radiação num dado meio sabendo a velocidade de propagação nesse meio.

$$v = \frac{\lambda}{T} \Leftrightarrow \lambda = v \times T$$

No ar: $v = 3 \times 10^8$ m/s, pelo que: $\lambda_{\text{ar}} = 3 \times 10^8 \times T$

- Onda ELF de frequência 100 Hz
- Onda na região do vermelho com frequência $4,2 \times 10^{14}$ Hz
- Onda na região dos raios X com frequência 1×10^{18} Hz

$$1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$$

Radiação na região de rádio ELF (com frequência 100 Hz)
$\lambda = 3 \times 10^8 \times T = 3 \times 10^8 \times 0,01 =$ $= 3 \times 10^6 \text{ m}$
Radiação na região do vermelho (com frequência $4,2 \times 10^{14}$ Hz)
$\lambda = 3 \times 10^8 \times T = 3 \times 10^8 \times 2,4 \times 10^{-15} =$ $= 7,2 \times 10^{-7} \text{ m}$
Radiação na região dos raios X (com frequência 1×10^{18} Hz)
$\lambda = 3 \times 10^8 \times T = 3 \times 10^8 \times 1,0 \times 10^{-18} =$ $= 3,0 \times 10^{-10} \text{ m}$

As radiações eletromagnéticas têm frequências características e independentes do meio de propagação. O comprimento de onda depende do meio onde as radiações se propagam. Contudo, pode usar-se para caracterizar as radiações, desde que o meio seja referido. Por exemplo, no vácuo e em aproximação no ar, as radiações visíveis têm comprimentos de onda que variam entre 400 nm e 700 nm.

No espectro eletromagnético, as radiações geralmente apresentam-se por ordem crescente de frequência (**Fig. 8**).

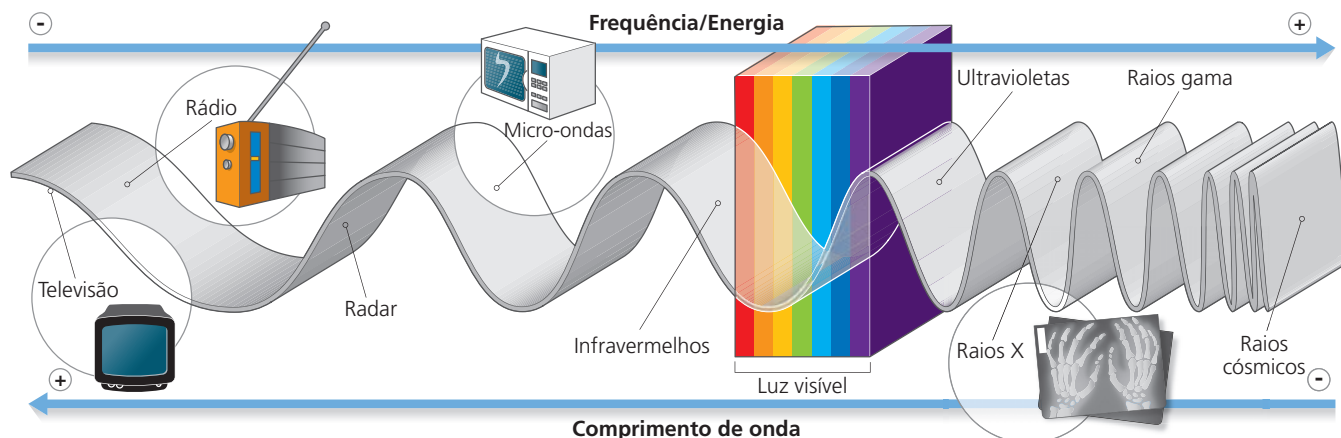


Fig. 8 Espectro electromagnético com ilustração de algumas aplicações das radiações, as quais estão colocadas por ordem crescente de frequência.

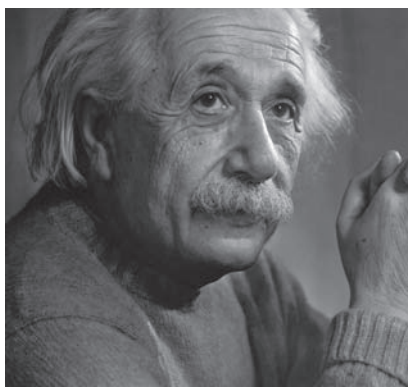


Fig. 9 Albert Einstein (1879-1955).

De acordo com a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein (**Fig. 9**), a **velocidade de propagação** da luz no vazio ($300\,000\text{ km/s}$) é a velocidade máxima que se pode atingir no Universo. Assim, não é possível transmitir informação ou energia a uma velocidade superior a esta.

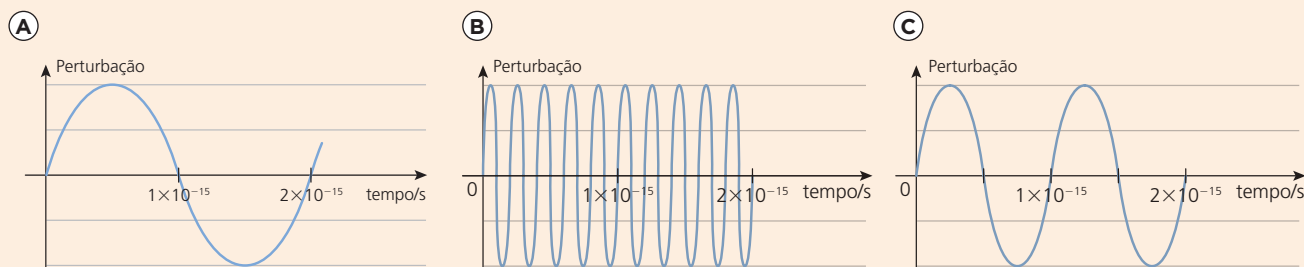
A velocidade de propagação da luz no ar tem aproximadamente o mesmo valor que no vácuo e é muito superior à velocidade de propagação do som no ar ou em outros meios.

A velocidade de propagação da luz no ar é quase 1 milhão de vezes maior do que a velocidade de propagação do som no ar.

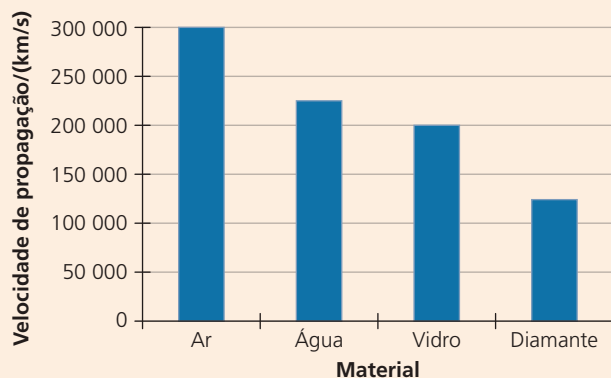
As **ondas sonoras** e as **ondas eletromagnéticas** transportam **energia e informação** de um local para outro, sendo usadas na comunicação e em outros domínios tecnológicos.

ATIVIDADES

1. Distingue ondas eletromagnéticas de ondas mecânicas.
2. Observa a representação temporal de três radiações eletromagnéticas.



- 2.1 Identifica o período de cada uma delas.
- 2.2 Calcula a frequência de cada uma delas.
- 2.3 Indica qual delas pode ser luz visível.
- 2.4 Calcula o comprimento de onda de cada uma das radiações, quando estas se propagam no vazio.
3. Observa o gráfico seguinte, em que se representa a velocidade de propagação da radiação visível em diferentes meios.



- 3.1 Indica o valor da velocidade máxima a que é possível transmitir informação.
- 3.2 Selecciona a opção que permite preencher a lacuna da frase seguinte, de modo a formulares uma afirmação verdadeira:
A velocidade de propagação da luz é cerca de _____ vezes maior no ar do que na água.
A. 0,75 B. 1,33 C. 2,00 D. 1,00

ATIVIDADE PRÁTICA

PROPAGAÇÃO DA LUZ

MATERIAL:

- 3 cartões perfurados
- 1 cartão branco não perfurado
- 1 candeeiro

PROCEDIMENTO:

1. Dispõe os cartões de modo que os orifícios fiquem alinhados, como demonstra a figura.
2. Liga o candeeiro e alinha-o com os orifícios.
3. Repete a experiência com os orifícios desalinhados.

OBSERVAÇÕES:

1. O que observas no cartão branco em cada uma das situações?

CONCLUSÕES:

1. O que podes concluir sobre o modo como se propaga a luz?



Num meio homogêneo, a **luz** propaga-se em **linha reta**.

Cada uma das direções retilíneas segundo a qual se propaga a luz chama-se **raio luminoso**. O conjunto dos raios luminosos provenientes de uma mesma fonte denomina-se **feixe luminoso** (**Fig. 10**). Por mais estreito que seja o feixe de luz proveniente de uma dada fonte luminosa, contém sempre infinitos raios luminosos. O raio luminoso é uma abstração útil para estudar a luz e representa-se através de uma linha reta com uma seta, que indica a direção de propagação da onda.

Um meio homogêneo tem propriedades constantes em toda a sua extensão.

A luz é objeto de estudo da ótica.



Fig. 10 Árvore iluminada pelo Sol, onde se pode observar feixes de luz propagando-se em linha reta.

Classificação dos feixes luminosos quanto ao modo de propagação

Convergentes	Divergentes	Paralelos
		
O feixe de luz propaga-se com os raios a aproximarem-se, convergindo para um ponto.	O feixe de luz propaga-se com os raios a afastarem-se, divergindo a partir de um ponto.	O feixe de luz propaga-se sempre com os raios paralelos entre si.

■ Interação dos corpos iluminados com a luz

A luz pode propagar-se nos meios **transparentes** e **translúcidos**, sendo transmitida através deles; a luz não atravessa os materiais **opacos**.

Material transparente	Material translúcido	Material opaco
		
A luz visível é transmitida e vê-se nitidamente através da janela .	A luz visível é parcialmente transmitida , pois espalha-se, e vê-se com pouca nitidez através das divisórias .	A luz visível não é transmitida e não se vê através da parede .

Nos corpos **opacos**, parte da luz é absorvida e transformada em outras formas de energia, outra parte é novamente emitida, ou seja, refletida numa única direção (reflexão) ou em várias direções (difusão).

Devido à propagação retilínea da luz visível, sempre que um feixe de luz visível é intercetado por um corpo opaco, surge uma zona de sombra e uma zona de penumbra (**Fig. 11**). A **sombra** é escura porque não recebe luz; da zona de sombra não se vê a fonte luminosa — a sombra ou escuridão correspondem à total ausência de luz. A **penumbra** não é totalmente escura, apresenta uma clareza variável; da zona de penumbra vê-se uma parte da fonte luminosa.

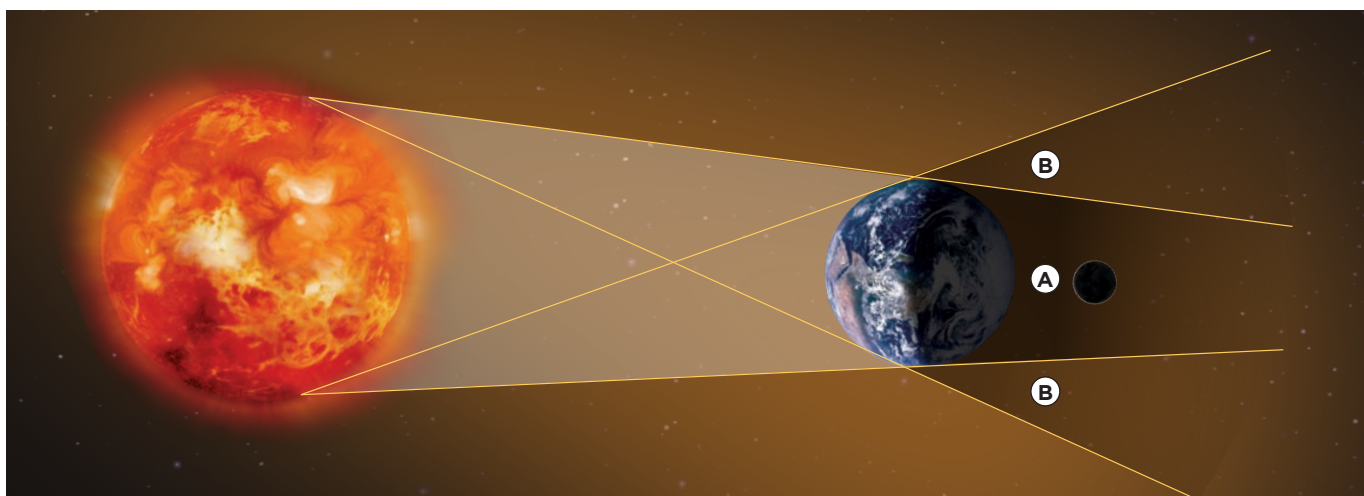
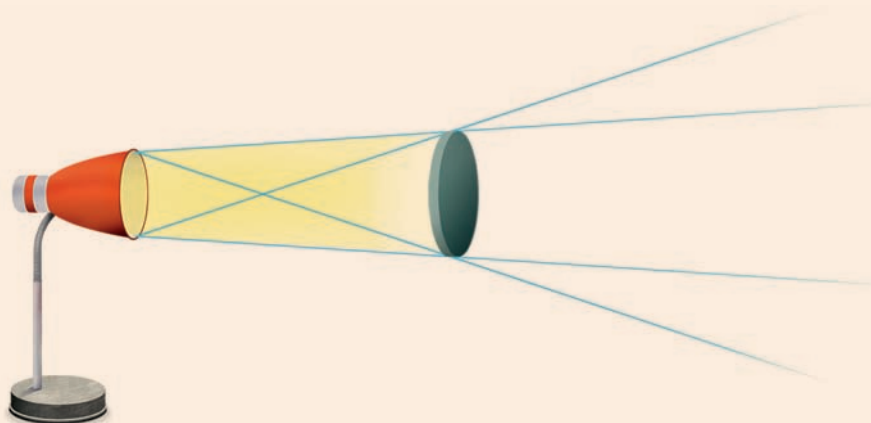


Fig. 11 Formação das zonas de sombra [A] e de penumbra [B] quando um corpo opaco interceta um feixe de luz visível.

ATIVIDADES

1. Representa esquematicamente um feixe luminoso convergente, um divergente e um paralelo.
2. Classifica os seguintes materiais como transparentes, translúcidos ou opacos, relativamente à luz visível.

A. Papel vegetal.	C. Cartolina.	E. Folha de acetato.
B. Água.	D. Vidro martelado.	F. Madeira.
3. Copia a figura seguinte para o teu caderno e pinta de preto a zona de sombra, e de cinzento a zona de penumbra.

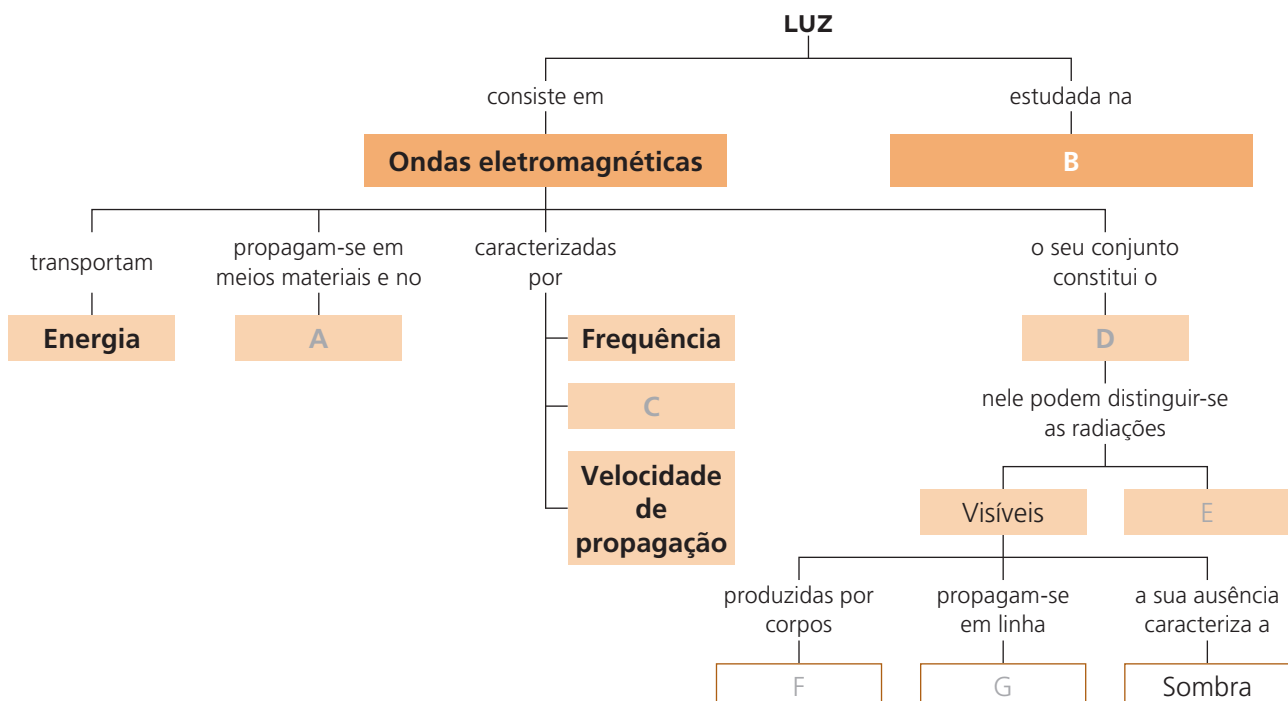


IDEIAS-CHAVE

- A luz é objeto de estudo da ótica.
- A luz que sensibiliza o olho humano normal chama-se **luz visível** e a luz que não impressiona o olho humano normal denomina-se **luz não visível**.
- Os corpos que emitem luz visível são denominados **corpos luminosos**. Os corpos que não emitem luz visível são **corpos iluminados** ou **não luminosos**.
- A **luz, visível e não visível**, é uma onda eletromagnética que transporta energia e informação.
- As **ondas mecânicas** necessitam de um **suporte material** para se propagarem, enquanto as **ondas eletromagnéticas** podem propagar-se no **vazio**.
- O **espectro eletromagnético** é o conjunto das várias radiações visíveis e não visíveis, geralmente apresentadas por ordem crescente de frequência (ondas de rádio, micro-ondas, infravermelhos, visível, ultravioletas, raios X, raios gama).
- A luz, tal como outras ondas periódicas, pode caracterizar-se num dado meio pelo **período**, pela **frequência** e pela **velocidade de propagação**.
- Chama-se **raio luminoso** a cada uma das direções retilíneas segundo a qual se propaga a luz visível.
- A luz visível não se propaga em materiais **opacos**, mas propaga-se em materiais **transparentes**. Nos materiais **translúcidos**, a luz visível propaga-se parcialmente, por isso, através deles não se veem os objetos com nitidez.

ESQUEMATIZAR

1. Completa o esquema substituindo as letras pelos termos corretos.



VERIFICAR

2. Distingue corpos luminosos de corpos iluminados.
3. Classifica as afirmações seguintes como verdadeiras (V) ou falsas (F) e corrige estas últimas.
 - A. As ondas mecânicas, como, por exemplo, o som, podem propagar-se no vazio.
 - B. A ótica dedica-se ao estudo da luz.
 - C. Uma lâmpada economizadora de energia quando acesa é uma fonte natural de luz.
 - D. A velocidade da luz no vazio é o valor máximo de velocidade que pode ser atingida no Universo.
 - E. A radiação ultravioleta tem maior frequência do que a radiação visível e esta, por sua vez, tem maior frequência do que os raios X.
 - F. A luz visível propaga-se em linha reta.
 - G. A luz transmite-se através dos materiais opacos.
 - H. A ausência de luz caracteriza a penumbra.
4. Considera as seguintes radiações do espectro eletromagnético e responde às questões.

Raios X

Ultravioletas

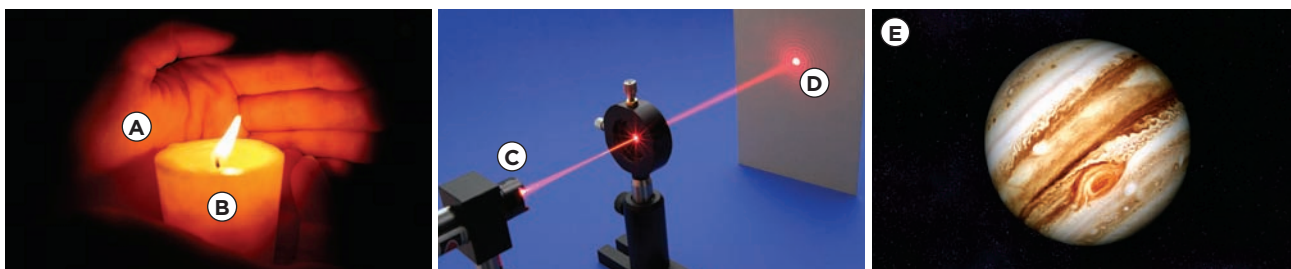
Infravermelhas

Micro-ondas

- 4.1 Diz o que entendes por espectro eletromagnético.
- 4.2 Refere uma aplicação para cada um destes tipos de radiação.
- 4.3 Dá mais três exemplos de radiações que constituam o espectro eletromagnético.

APLICAR

5. Observa as imagens e classifica cada um dos corpos, A, B, C e D, como luminoso ou iluminado.



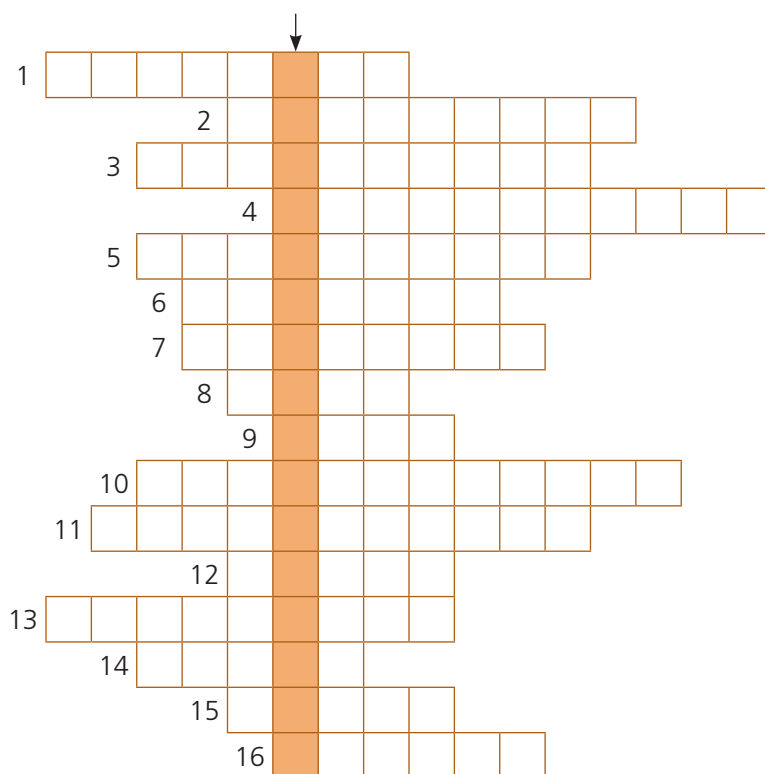
6. Observa a figura e identifica os materiais opacos, translúcidos e transparentes.



7. Considera uma radiação eletromagnética em que um ciclo de onda se completa em 10^{-6} s e responde às questões.
 - 7.1 Indica o valor da sua velocidade de propagação no vazio.
 - 7.2 Refere o período desta onda eletromagnética.
 - 7.3 Calcula a sua frequência.
 - 7.4 Consulta a página 142 e refere de que tipo de radiação se trata.
 - 7.5 Menciona uma aplicação para este tipo de radiação.

8. Faz o crucigrama seguinte e descobre a palavra na vertical.

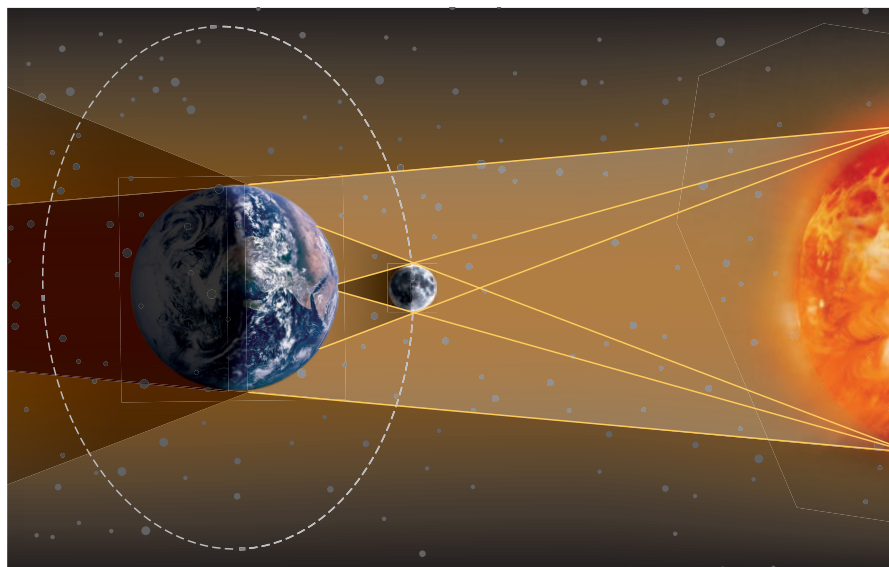
- 1 — Cientista que propôs que a velocidade máxima com que a informação e a energia podem ser transmitidas é a velocidade de propagação da luz no vácuo.
- 2 — Corpo que não emite luz visível.
- 3 — Feixe de luz com raios a afastarem-se uns dos outros.
- 4 — Corpo que transmite parcialmente a luz visível.
- 5 — Radiações usadas em comunicações e em fornos para aquecimento de alimentos.
- 6 — Radiação visível de maior frequência.
- 7 — Corpo que emite radiação visível.
- 8 — Cada uma das direções retilíneas segundo a qual se propaga a luz.
- 9 — Radiação de maior frequência do espectro eletromagnético.
- 10 — Corpo que transmite a luz visível.
- 11 — Feixe de luz com raios a aproximarem-se uns dos outros.
- 12 — Ramo da Física que estuda a luz.
- 13 — Ondas que apenas se propagam em meios materiais.
- 14 — Corpo que não se deixa atravessar pela luz visível.
- 15 — Ondas eletromagnéticas de menor frequência.
- 16 — Caracteriza-se pela ausência de luz.



9. Uma fonte de luz laser produz uma radiação eletromagnética que se propaga no ar com comprimento de onda de 488 nm.

- 9.1 Consulta o espectro da página 142 e indica a cor da radiação emitida pelo laser.
- 9.2 Calcula a frequência da radiação emitida pelo laser.
- 9.3 Compara a frequência da radiação emitida por este laser com a frequência de uma radiação violeta.

10. Observa a figura e completa as frases, selecionando os termos adequados.



luminoso iluminado opaco transparente translucido reta curva
sombra penumbra Raios X infravermelhos ultravioleta raios gama

O Sol é um corpo (1) enquanto a Terra é um corpo (2).

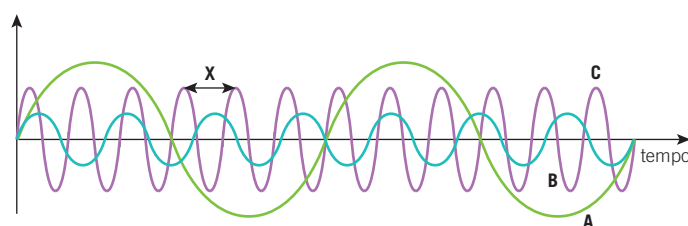
A luz proveniente do Sol propaga-se em linha (3). A Lua é um corpo (4), pois não se deixa atravessar pela luz. Quando a Lua se situa entre o Sol e a Terra, interceta a luz do Sol e projeta-se na Terra uma zona de (5), onde não chega nenhuma luz e uma zona de (6), que recebe apenas parte da luz proveniente do Sol.

As principais radiações emitidas pelo Sol situam-se entre os (7) e os (8).

11. Observa a figura onde se representa a periodicidade temporal de três radiações eletromagnéticas.

11.1 Refere o significado de X.

11.2 Indica a radiação de maior frequência.



CHEGO ÀS METAS

1. Distingo corpos luminosos de corpos iluminados. *pp. 142 e 143*
2. Caracterizo a luz como uma onda eletromagnética. *pp. 145 a 147*
3. Distingo radiações visíveis de radiações não visíveis. *p. 142*
4. Identifico luz de diferentes frequências no espectro eletromagnético, nomeando os tipos de luz. *pp. 142 e 147*
5. Apresento os diferentes tipos de luz por ordem crescente de frequências, e dou exemplos de aplicações no dia a dia. *pp. 142, 144 e 147*
6. Distingo ondas mecânicas de ondas eletromagnéticas, dando exemplos de ondas mecânicas. *pp. 145 e 146*
7. Distingo materiais transparentes, opacos ou translúcidos à luz visível e exemplifico. *pp. 150 e 151*

SIM	PRECISO DE REVER	TENHO DE ESTUDAR
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0



Arco-íris: espectro eletromagnético da radiação visível.

Desfile de cores

[...] Primeiro o vermelho-flamejante
Avança vivo num salto; a seguir o laranja-trigueiro;
e depois o amarelo-delicioso, a cujo lado caíam os
gentis feixes verdes-refrescante.

Em seguida o azul-puro, que enfuna céus de outono, num
jogo etéreo; e então, de matiz mais triste, emergia o anil
profundo, como quando a noite, no seu manto pesado, se
inclina com a geada; enquanto os últimos fulgores de luz
refratada se diluíam num violeta em desmaio.

JAMES THOMSON

À memória de Sir Isaac Newton
(adaptado)

COMEÇA POR...

OBSERVAR

1. Como se designa o fenómeno ótico que se pode observar na imagem?

INTERPRETAR

2. Indica a sequência de cores descrita no poema.
3. Que tipo de fenómeno relata o poema?

REFLETIR

4. Quais são as condições necessárias para a ocorrência de um arco-íris?

AS TUAS METAS

- Compreender alguns fenómenos óticos.
- Compreender algumas das aplicações dos fenómenos óticos estudados.
- Recorrer a modelos da ótica geométrica para representar os fenómenos óticos.

Reflexão da luz

A **reflexão da luz** é a mudança de direção ou de sentido que ocorre quando os raios luminosos incidem em certas superfícies, continuando a luz a propagar-se no mesmo meio (meio ótico).

ATIVIDADE LABORATORIAL

REFLEXÃO DA LUZ

MATERIAL:

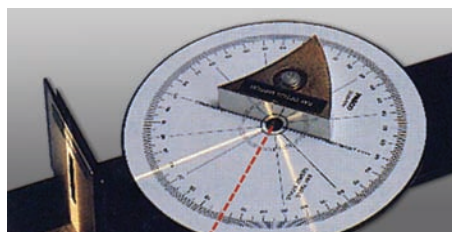
- Feixe de luz *laser*
- Espelho plano
- Esquadro
- Transferidor
- Folha branca

PROCEDIMENTO:

1. Coloca o espelho numa das extremidades da folha branca.
2. Com o auxílio do esquadro, traça uma perpendicular (normal) ao espelho.
3. Faz incidir o feixe de luz *laser* no espelho, de modo a conseguires medir o ângulo que o raio incidente faz com a linha normal (ângulo de incidência).
4. Observa o raio refletido e lê a amplitude do ângulo que este faz com a linha normal (ângulo de reflexão).
5. Repete para diferentes ângulos de incidência.

ANÁLISE:

1. Qual é a relação entre o ângulo de incidência e o ângulo de reflexão?



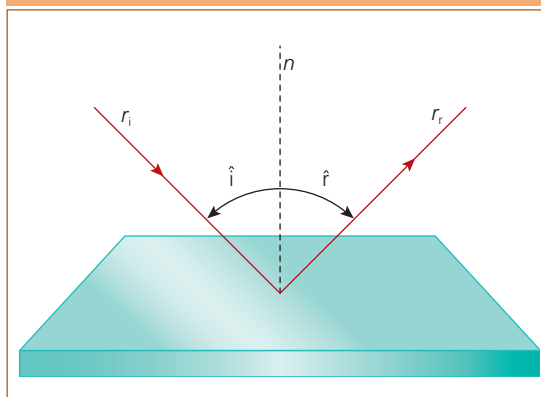
Leis da reflexão da luz

A realização da atividade prática proposta permite observar que:

- o **raio incidente**, o **raio refletido** e a **normal** ao espelho no ponto de incidência estão **no mesmo plano**;
- os **ângulos de incidência e de reflexão** são **iguais** (têm a mesma amplitude).

Estas conclusões constituem as **leis da reflexão da luz**.

Reflexão de um raio luminoso



r_i — raio incidente

Raio luminoso que incide sobre a superfície.

r_r — raio refletido

Raio luminoso refletido pela superfície.

n — normal

Linha imaginária perpendicular à superfície no ponto de incidência.

$\hat{i}$ — ângulo de incidência

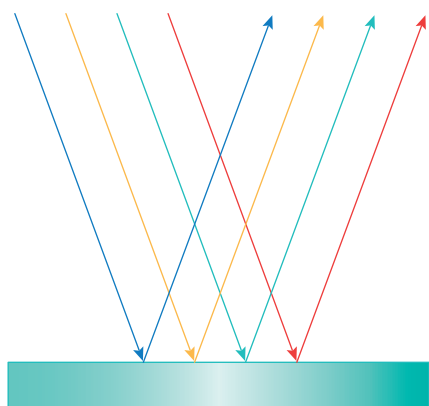
Ângulo definido pela normal e pelo raio incidente.

$\hat{r}$ — ângulo de reflexão

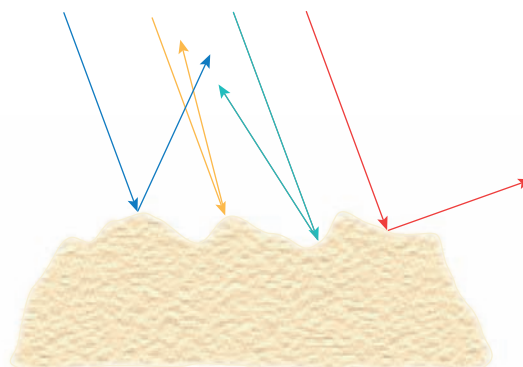
Ângulo definido pela normal e pelo raio refletido.

Quando o raio incide perpendicularmente à superfície (ângulo de incidência de 0°), o raio refletido tem a mesma direção do raio incidente, havendo apenas mudança de sentido.

Reflexão regular e difusão



Quando a superfície é **polida**, todos os raios paralelos de um feixe são desviados na mesma direção. Ocorre a **reflexão regular** da luz.



Quando a superfície é **rugosa**, os raios paralelos de um feixe são desviados em direções diferentes. Os ângulos de incidência dos raios do feixe não são iguais devido às rugosidades da superfície. No entanto, verificam-se as leis da reflexão para cada raio. Ocorre a **difusão** da luz.



As águas calmas de um lago constituem uma superfície polida onde predomina a **reflexão regular** ou especular da luz ou, simplesmente, **reflexão** da luz. Assim, obtém-se uma imagem de grande nitidez.



As águas agitadas de um rio constituem uma superfície rugosa onde predomina a **reflexão difusa** da luz ou, simplesmente, **difusão**. Assim, a imagem obtida é pouco nítida.

Embora a reflexão regular e a reflexão difusa ocorram em simultâneo, um dos fenômenos predomina consoante o tipo de superfície. A imagem obtida por reflexão é tanto mais nítida quanto maior for a regularidade da reflexão.

As águas calmas ou agitadas de um lago quando expostas à radiação solar também aquecem, o que pode ser explicado pela ocorrência de **absorção**. Ou seja, parte da radiação penetra na água e interage com ela, havendo assim **diminuição da intensidade da luz refletida** relativamente à **luz incidente**. Em qualquer superfície onde incida radiação, há sempre uma parte que é refletida e outra que é absorvida pelo meio, provocando determinados efeitos.

■ Triângulo de visão

O fenômeno de reflexão da luz permite explicar a visão dos objetos iluminados.

Um objeto iluminado pode ser visto por um determinado observador se sobre ele incidir luz visível, proveniente de uma fonte luminosa. Parte da luz que sobre ele incide é difundida, ou seja, refletida em várias direções, podendo chegar até ao observador, cujos olhos são detetores de luz visível.

Assim, para ver um objeto existem três aspetos fundamentais, que constituem o **triângulo de visão** (Fig. 1): o objeto, uma fonte luminosa que ilumine o objeto e um detetor de luz.

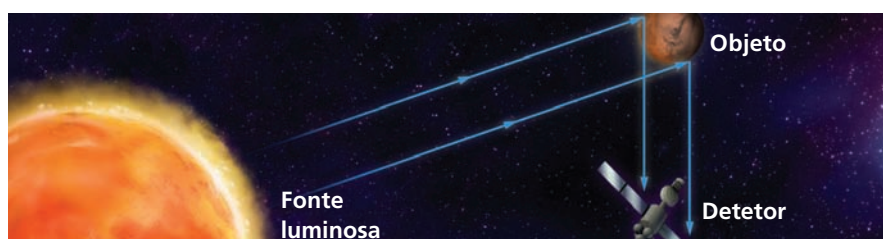


Fig. 1 Triângulo de visão.

■ Espelhos

Os **espelhos** são superfícies polidas que refletem regularmente a luz e, por isso, permitem obter imagens nítidas dos objetos. Existem espelhos planos e espelhos curvos, entre os quais os esféricos.

Imagem de um objeto num espelho plano

Construção da imagem

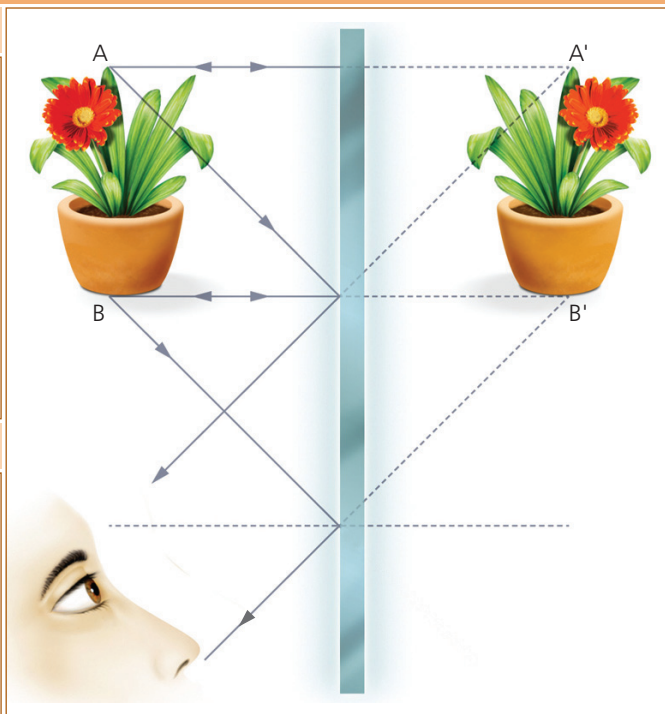
- Traçam-se dois raios, com ângulos de incidência diferentes, a partir de um ponto do topo do objeto (A) em direção ao espelho (raios incidentes), r_i ;
- Traçam-se as normais nos pontos de incidência, n_i ;
- Traçam-se os respectivos raios refletidos, r_r ;
- Prolongam-se os raios refletidos para trás do espelho.

O ponto A' onde se cruzam os prolongamentos dos raios refletidos é a imagem do ponto A.

O procedimento repete-se para mais pontos do objeto, designadamente na base do objeto (B).

Características das imagens

- São **direitas** e do **mesmo tamanho** que o objeto;
- Estão à **mesma distância** do espelho que o objeto;
- São **virtuais**, pois não se conseguem projetar num alvo;
- **A imagem e o objeto são simétricos** em relação ao plano do espelho. A aparente inversão lateral resulta, apenas, de uma diferente posição do observador em relação a ambos.



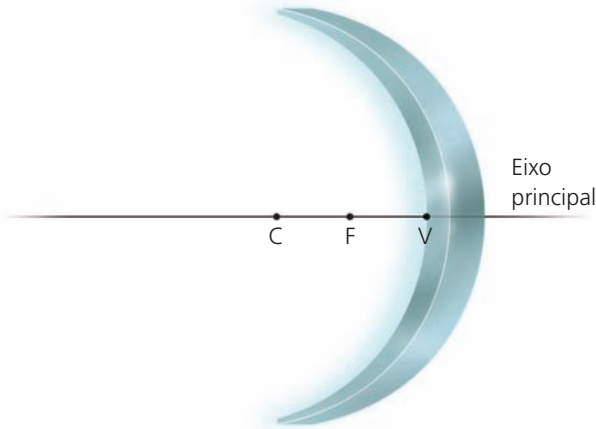
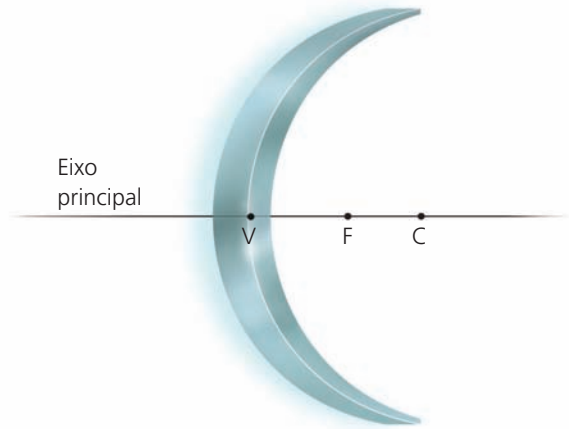
■ Espelhos esféricos

No nosso dia a dia encontramos alguns objetos com superfícies curvas polidas que podem funcionar enquanto espelhos esféricos, como, por exemplo, uma colher de sopa em aço inox ou uma bola da árvore de natal (Fig. 2).

Os espelhos esféricos podem ser côncavos ou convexos. Nos espelhos **côncavos**, a superfície polida é a parte interior de uma calota esférica. Nos espelhos **convexos**, a superfície polida é a parte exterior de uma calota esférica.



Fig. 2 Objetos do cotidiano com superfícies curvas espelhadas.

Espelhos esféricos	
Côncavo	Convexo
A superfície polida é a superfície interior de uma esfera.	A superfície polida é a superfície exterior de uma esfera.
	
	

- O **centro de curvatura (C)** corresponde ao centro da esfera que deu origem ao espelho.
- O **vértice (V)** é o ponto médio do espelho.
- O **eixo principal** é uma reta que passa no centro de curvatura e no vértice.
- O **foco (F)** é um ponto a meia distância entre o centro de curvatura e o vértice.

ATIVIDADE PRÁTICA

CONVERGÊNCIA E DIVERGÊNCIA DE FEIXES DE RAIOS PARALELOS EM ESPELHOS CÔNCAVOS E CONVEXOS

MATERIAL:

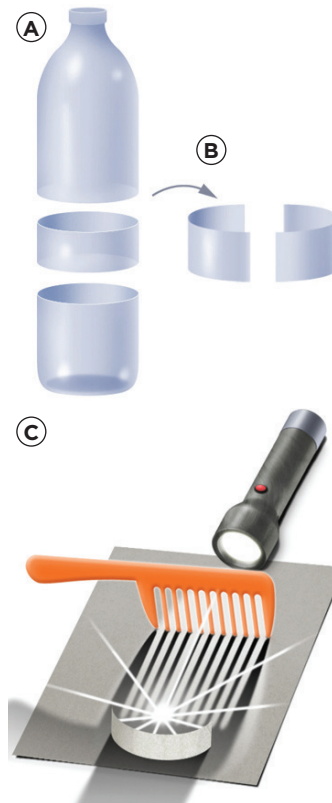
- Garrafa lisa de plástico
- Embalagem de batatas fritas ou de outro alimento cuja superfície interior seja refletora
- Lanterna (feixe de grande intensidade luminosa)
- Pente com dentes largos

PROCEDIMENTO:

1. Corta um anel da garrafa de plástico [A].
2. Corta o anel de plástico ao meio de modo a obtêres dois semicírculos [B].
3. Forra os semicírculos com a embalagem de alimento de forma a obtêres uma superfície refletora côncava e outra convexa.
4. Faz uma montagem semelhante à que se apresenta na figura [C].
5. Liga a lanterna e coloca o pente a uma certa distância desta, de modo a obtêres um feixe de luz com raios aproximadamente paralelos.
6. Observa.
7. Repete com a superfície refletora convexa.

ANÁLISE:

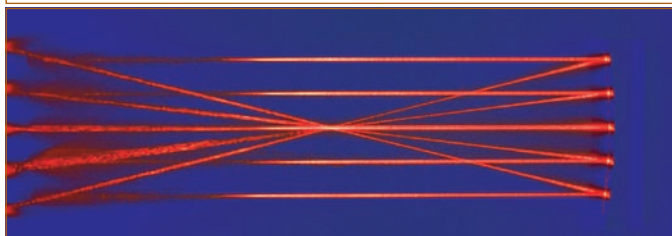
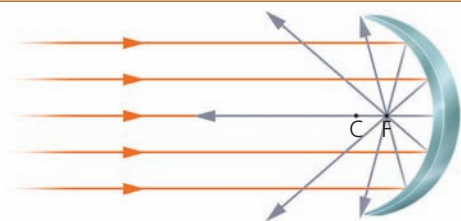
1. O que acontece ao feixe de raios paralelos quando incide na superfície côncava do espelho?
2. O que acontece ao feixe de raios paralelos quando incide na superfície convexa do espelho?



Convergência e divergência de feixes de raios paralelos em espelhos côncavos e convexos

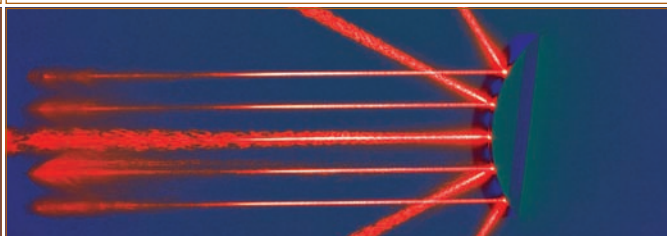
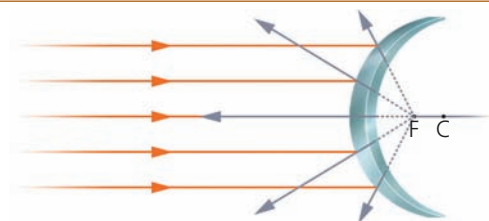
Nos espelhos **côncavos**, os raios incidentes **paralelos** ao **eixo principal**, quando são refletidos, **convergem** para um ponto, que se designa por **foco principal** do espelho.

Os raios luminosos que convergem para este foco transportam energia, por isso, este é um **foco real**. A sua imagem pode ser projetada num alvo.



Nos espelhos **convexos**, os raios incidentes **paralelos** ao **eixo principal**, quando são refletidos, divergem. Os **prolongamentos** dos raios refletidos **encontram-se** num ponto, o **foco principal** do espelho.

Para este foco convergem os prolongamentos dos raios luminosos. Estes prolongamentos não transportam energia, por isso este é um **foco virtual**. Não é possível obter a sua imagem projetada num alvo.



■ Características das imagens obtidas com espelhos esféricos e suas utilizações

ATIVIDADE PRÁTICA

IMAGENS EM ESPELHO ESFÉRICO

MATERIAL:

- Colher de sopa em inox brilhante

PROCEDIMENTO:

1. Pega na colher com a parte de fora virada para ti e observa-te.
2. Afasta e aproxima a colher.
3. Repete os passos 1 e 2 mas agora com a parte de dentro da colher virada para ti.

OBSERVAÇÕES:

1. Regista as características da imagem que observaste quando viraste a parte de fora da colher para ti.
2. Regista as características da imagem que observaste quando viraste a parte de dentro da colher para ti.

CONCLUSÕES:

1. Que tipo de espelho constitui a parte de fora da colher?
2. Que tipo de espelho constitui a parte de dentro da colher?
3. Com a parte de dentro da colher, conseguiste observar as características das várias espécies de imagens que se podem obter com este tipo de espelhos? Procura explicar.



Em algumas situações do quotidiano usam-se espelhos convexos e côncavos.

Espelho convexo	Espelho côncavo
	
Características da imagem	
Permite obter imagens virtuais, direitas e menores do que o objeto , qualquer que seja a distância entre o objeto e o espelho.	Quando o objeto está bastante próximo do espelho (colocado entre o foco e o vértice do espelho), a imagem obtida é virtual, direita e maior do que o objeto .
Utilizações	
São utilizados nos cruzamentos de estradas, vigilância em lojas e nos retrovisores dos veículos automóveis.	São utilizados pelos dentistas para observar a boca dos pacientes, nos faróis dos automóveis e como espelhos de <i>toilette</i> .

Quando a distância entre o objeto e o espelho côncavo varia, as características das imagens alteram-se. Com este tipo de espelhos podem obter-se imagens reais. As imagens reais podem ser projetadas num alvo, o que não acontece com as imagens virtuais.

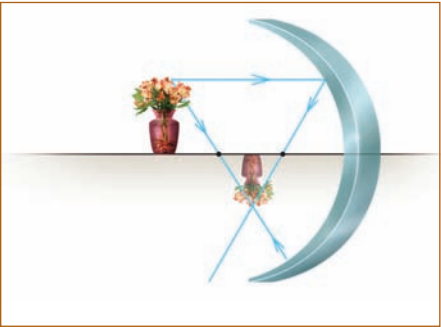
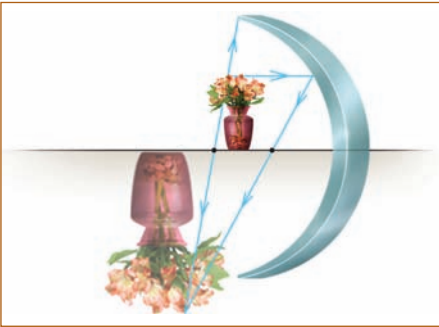
Espelhos côncavos	
	
Distância entre o objeto e o espelho	
Objeto colocado para lá do centro de curvatura do espelho.	Objeto colocado entre o centro de curvatura e o foco.
Características das imagens	
A imagem é real, invertida e menor do que o objeto.	A imagem é real, invertida e maior do que o objeto.



Fig. 3 Telescópio refletor.

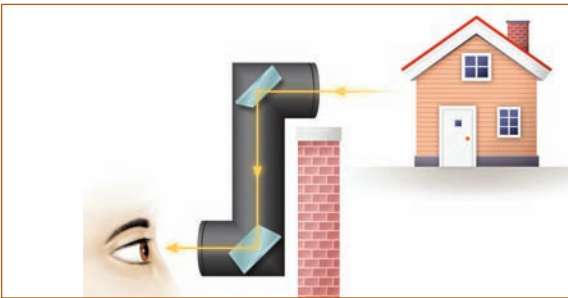
Além das utilizações já referidas para os espelhos côncavos, estes podem ainda ser usados em diferentes instrumentos óticos em conjunto com lentes: é o que acontece no telescópio refletor (**Fig. 3**).

Tal como acontece nos espelhos planos, as imagens obtidas com espelhos esféricos côncavos ou convexas aparentam ser lateralmente invertidas, devido à posição do observador (**Fig. 4**).



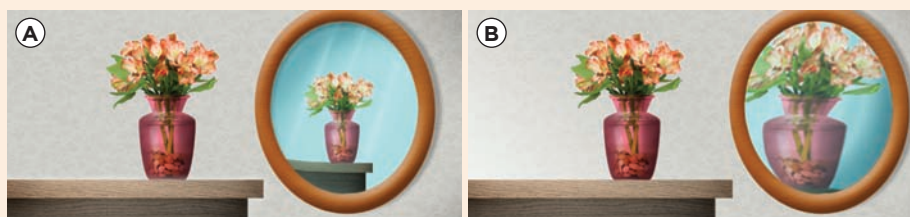
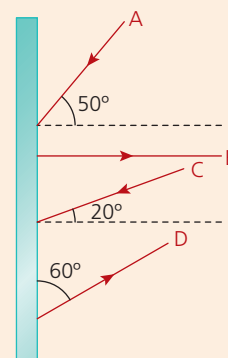
Fig. 4 Numa ambulância, a palavra «AMBULÂNCIA», à frente, está escrita da direita para a esquerda para que possa ser lida normalmente nos espelhos retrovisores dos veículos, já que o observador estará de costas voltadas para a ambulância (rotação de 180°).

As superfícies espelhadas e a reflexão constituem a base de funcionamento de certos instrumentos.

Periscópio		Um periscópio é um instrumento que permite observar objetos situados acima da linha de visão do observador. Encontra grande aplicação em submarinos e carros de combate. Os mais simples são constituídos por dois espelhos colocados junto de cada uma das extremidades de um tubo.
Caleidoscópio		Um caleidoscópio é um instrumento recreativo. Pode ser constituído por três espelhos, formando ângulos de 60° entre si, colocados dentro de um tubo onde se juntam fragmentos coloridos. As extremidades do tubo são de material transparente ou translúcido. Assim, ao olhar para o interior do tubo observa-se um padrão simétrico de imagens coloridas devido às sucessivas reflexões.
Radar		Um radar é um equipamento que emite luz não visível. Ao incidirem num certo objeto, estas radiações são refletidas. Dado que a velocidade de propagação das ondas e o intervalo de tempo que demoram até chegar novamente ao equipamento são conhecidos, é possível determinar a distância ao objeto e também a sua velocidade. Os radares têm diversas aplicações, da aeronáutica à meteorologia.

ATIVIDADES

- Completa os esquemas ao lado, depois de os passares para o caderno, desenhando o raio refletido ou incidente e indicando a amplitude do ângulo de reflexão.
- Distingue reflexão regular de reflexão difusa.
- Considera a seguinte situação e identifica os elementos do triângulo de visão.
Num estúdio iluminado com projetores, uma câmara filma os olhos azuis de uma modelo.
- Observa as figuras e responde às questões.



- Identifica o tipo de espelho utilizado na figura A e justifica a tua resposta.
- Caracteriza a imagem que se obtém na figura B.
- Que outros tipos de imagens se poderiam obter com um espelho como o da figura B?



Fig. 5 A palhinha aparenta estar partida na zona de separação do ar e do líquido, devido à refração da luz.

■ Refração da luz

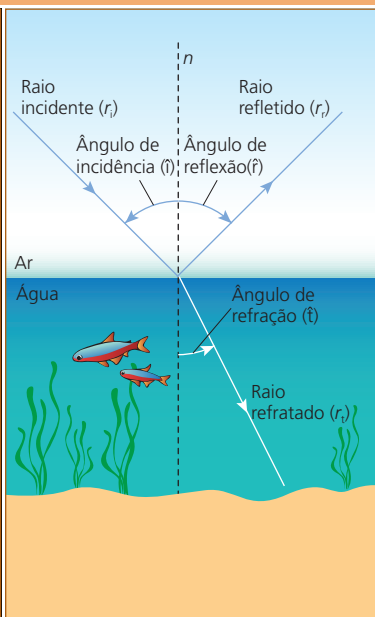
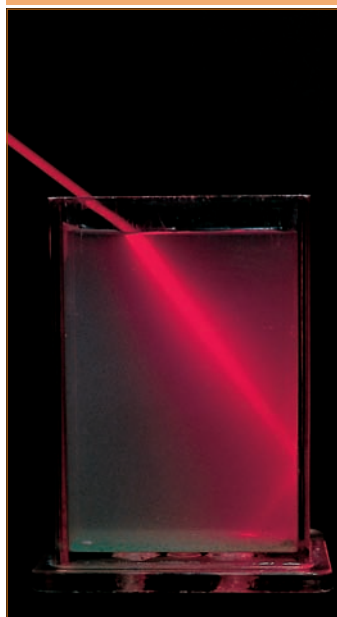
Ao observar uma palhinha num copo com refrigerante, esta parece estar partida na zona que corresponde à superfície de separação entre o ar e o líquido (**Fig. 5**).

Quando se olha para a água de uma piscina, a profundidade parece menor do que é realmente.

Estas situações podem ser explicadas pela refração da luz.

A **refração** da luz é um fenómeno que ocorre quando a luz passa de um meio ótico para outro, em que a velocidade de propagação é diferente. Em geral, quando a luz é refratada, sofre mudança de direção.

Refração da luz



r_i — raio incidente	Raio luminoso que incide sobre a superfície de separação dos meios.
r_r — raio refletido	Raio luminoso refletido pela superfície de separação dos meios.
r_t — raio refratado ou transmitido	Raio luminoso que se propaga no segundo meio.
n — normal	Linha imaginária perpendicular à superfície no ponto de incidência.
$\hat{i}$ — ângulo de incidência	Ângulo definido pela normal e pelo raio incidente.
$\hat{r}$ — ângulo de reflexão	Ângulo definido pela normal e pelo raio refletido.
$\hat{t}$ — ângulo de refração	Ângulo definido pela normal e pelo raio refratado (transmitido).

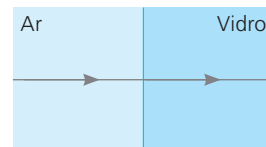
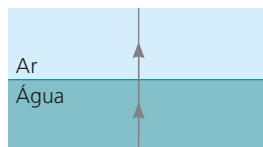
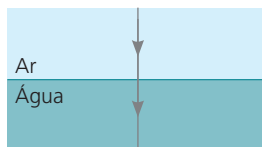
Meio	Velocidade de propagação da luz (m/s)
Ar	$3,0 \times 10^8$
Água	$2,2 \times 10^8$
Vidro	$2,0 \times 10^8$

Verifica-se que:

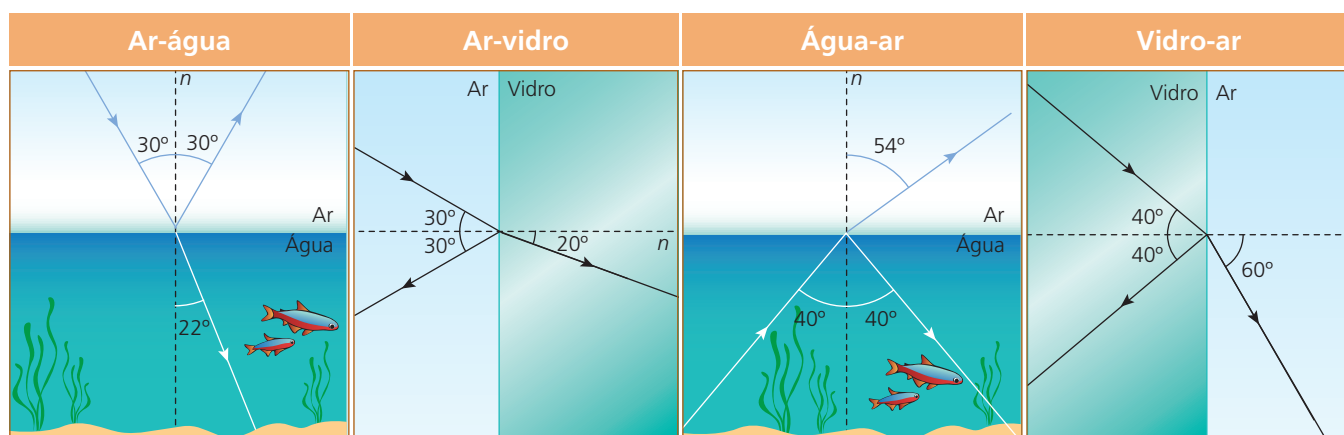
- o raio incidente, a normal e o raio refratado estão no mesmo plano.
- o raio refratado se aproxima da normal quando a velocidade no segundo meio é inferior à velocidade no primeiro meio; caso contrário, afasta-se da normal.
- não há mudança de direção quando o ângulo de incidência é de 0° , ou seja, quando o raio incide perpendicularmente à superfície de separação dos meios.

Exemplos:

- Ângulo de incidência 0° .



- Ângulos de incidência diferentes de 0° .



Em simultâneo com a refração, ocorre também absorção e reflexão na superfície de separação dos meios.

Quando a luz do Sol, por exemplo, incide num vidro de uma janela, propaga-se no interior do vidro, aquece o vidro e permite-nos ver a nossa imagem refletida. Assim, a refração é acompanhada de absorção e de reflexão, pelo que a **luz refratada é menos intensa** do que a **luz incidente** (Fig. 6).

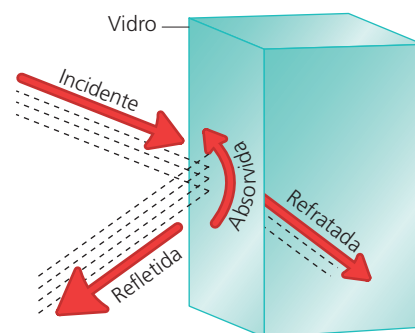


Fig. 6 Comparação da intensidade da luz incidente, refratada e refletida.

■ Lentes

As **lentes** tradicionais são corpos transparentes, geralmente de vidro ou de plástico tratado, limitados por uma ou duas superfícies curvas. Sendo um meio ótico diferente do ar, a luz, ao passar do ar para a lente sofre refração e, ao passar da lente para o ar, volta a sofrer refração.

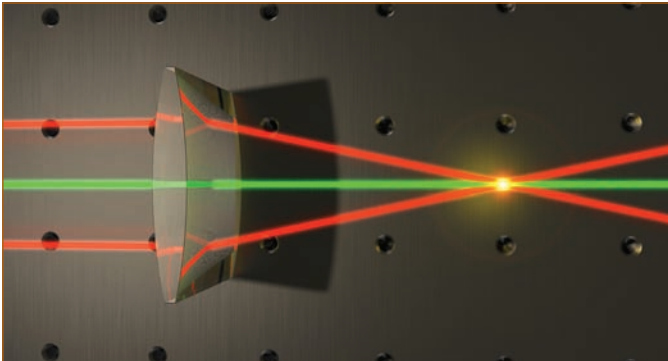
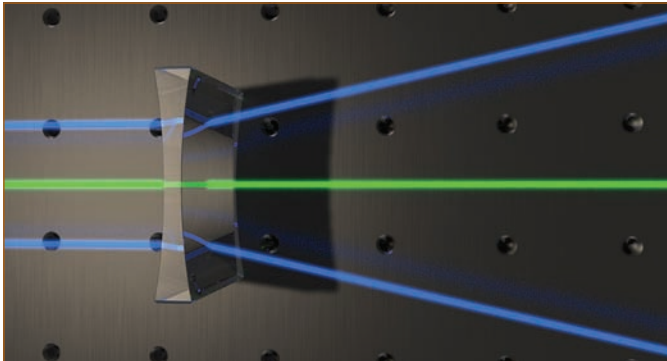
Tipos de lentes	
Lentes de bordos delgados, convexas ou convergentes	Lentes de bordos largos, côncavas ou divergentes
Possuem bordos delgados e têm maior espessura no centro, fazendo convergir os raios de luz paralelos ao eixo principal para um ponto: o foco principal — real.	Possuem bordos mais espessos do que o centro, fazendo divergir os raios de luz paralelos ao eixo principal, de modo que os prolongamentos dos raios refratados para trás da lente se encontram num ponto: o foco principal — virtual.
	



Fig. 7 Imagem da letra A obtida com uma lupa: virtual, direita e maior do que o objeto.

Representação esquemática e elementos das lentes	
Lentes convexas	Lentes côncavas
C e C' são os centros das duas esferas a que pertencem as faces das lentes. Eixo principal — reta que passa pelos centros das esferas a que pertencem as faces das lentes. F é o foco; na lente convergente, o foco é o ponto para onde convergem os raios paralelos ao eixo principal e na lente divergente é o ponto onde se encontram os prolongamentos dos raios refratados. f representa a distância focal que corresponde à distância entre o foco e a lente.	

■ Características das imagens obtidas com lentes convergentes e divergentes

Colocando uma lente convergente junto de um objeto e afastando-a progressivamente, pode verificar-se que o tamanho da imagem aumenta, até desaparecer a imagem virtual (**Fig. 7**).

ATIVIDADE PRÁTICA

CARACTERÍSTICAS DAS IMAGENS OBTIDAS COM LENTES CONVERGENTES E DIVERGENTES

MATERIAL:

- Banco de ótica
- Lente divergente
- Ecrã
- Lente convergente
- Vela

PROCEDIMENTO:

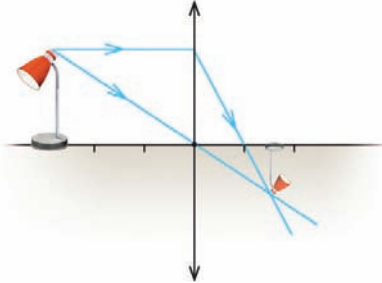
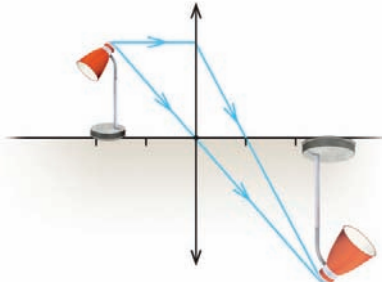
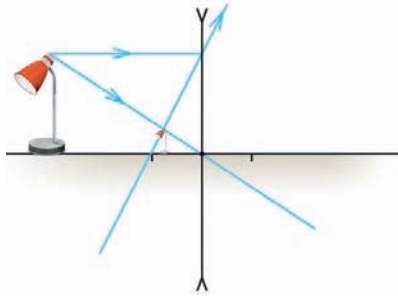
1. Faz uma montagem semelhante à da figura.
2. Acende a vela e escurece a sala.
3. Observa as características da imagem obtida no ecrã com a lente convergente quando a vela se encontra bastante afastada da lente (se do mesmo tamanho, se é maior ou menor do que o objeto, se é direita ou invertida).
4. Aproxima progressivamente a vela da lente convergente e observa o que acontece às características da imagem. Para tal, procura obter uma imagem projetada no ecrã (imagem real); caso não consigas, retira-o e observa diretamente a vela através da lente (imagem virtual).
5. Substitui a lente convergente pela lente divergente e repete o procedimento.

ANÁLISE:

1. Enumera as características das imagens obtidas com a lente convergente quando a lente e a vela estão muito próximas, um pouco afastadas e bastante afastadas.
2. Indica as características das imagens obtidas com a lente divergente quando a lente e a vela estão muito próximas, um pouco afastadas e bastante afastadas.



Na tabela seguinte apresentam-se as características das imagens obtidas com este tipo de lentes e as suas aplicações.

Características das imagens obtidas por refração para cada tipo de lente em função da posição do objeto em relação à lente			
Tipo de lente	Posição do objeto em relação à lente	Características da imagem	Aplicações
Convergente		• Real • Invertida • Menor do que o objeto	Máquina fotográfica, cristalino do olho.
	Objeto para lá da dupla distância focal		 Máquina fotográfica
Convergente		• Real • Invertida • Maior do que o objeto	Projetores de filmes e de diapositivos.
	Objeto entre o foco e a dupla distância focal		 Projetor de diapositivos
Convergente		• Virtual • Direita • Maior do que o objeto	Lupa, microscópio, telescópio.
	Objeto entre a lente e o foco.		 Lupa
Divergente		• Virtual • Direita • Menor do que o objeto	Lente do óculo de porta exterior.
	Objeto em qualquer posição.		 Óculo (olho mágico)

■ Potência focal de uma lente

A distância entre a lente e o foco (F) chama-se **distância focal** (f). Por convenção, a distância focal é positiva nas lentes convergentes e negativa nas lentes divergentes. A sua unidade de base no Sistema Internacional é o metro (m).

Uma lente pode caracterizar-se pela sua **potência focal** (P) ou **vergência**. A potência focal define-se como o inverso da distância focal.

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

No Sistema Internacional de unidades, a potência focal exprime-se em **dioptrias** (D). A potência focal é positiva nas lentes convergentes e é negativa nas lentes divergentes.

Quanto menor for o valor absoluto da distância focal, maior é a sua potência focal e consequentemente maior é o seu poder convergente ou divergente. A distância focal absoluta é tanto maior quanto menor for a curvatura da lente (**Fig. 8**).

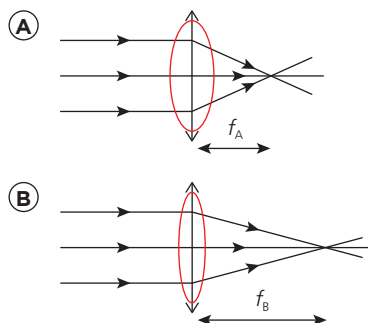


Fig. 8 A lente A tem o foco mais próximo da lente do que a lente B. A distância focal é menor e o poder de convergência é maior, ou seja, a potência focal da lente A é maior do que a lente B.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

1. A lente de uma lupa faz convergir um feixe de raios paralelos ao eixo principal para um ponto situado a 40 cm da lente. Determina a potência focal desta lente.

DADOS:

$$f = 40 \text{ cm} = 0,40 \text{ m}$$

CÁLCULO:

$$P = \frac{1}{f} \Rightarrow P = \frac{1}{0,40} \Leftrightarrow P = 2,5 \text{ D}$$

RESPOSTA:

A potência focal ou vergência desta lente é 2,5 D.

2. A Joana usa lentes de contacto e a potência focal da lente do olho direito é $-4,5 \text{ D}$. Responde às questões.

2.1 O foco da lente da Joana é virtual ou real?

RESPOSTA:

O foco da lente da Joana é virtual, pois como a vergência é negativa, a lente é divergente e estas lentes têm focos virtuais.

2.2 Calcula a distância focal da lente de contacto da Joana.

DADOS:

$$P = -4,5 \text{ D}$$

CÁLCULO:

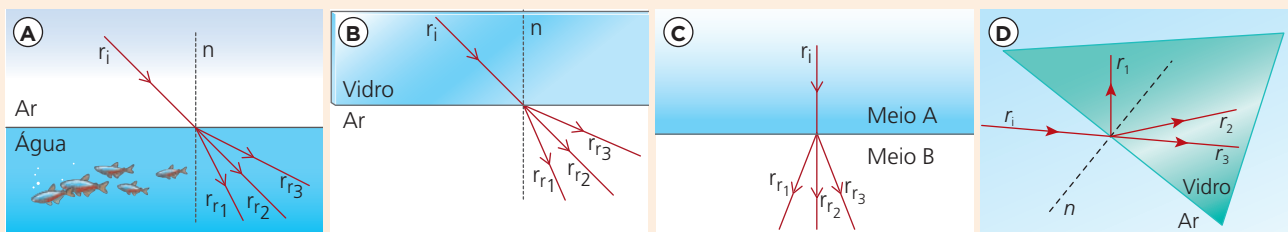
$$P = \frac{1}{f} \Rightarrow -4,5 = \frac{1}{f} \Leftrightarrow f = \frac{1}{-4,5} \Leftrightarrow f = -0,22 \text{ m}$$

RESPOSTA:

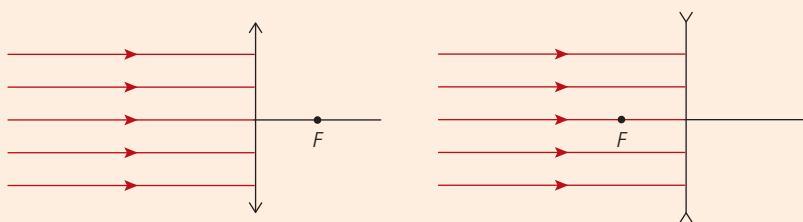
A distância focal da lente de contacto da Joana é de $-0,22 \text{ m}$.

ATIVIDADES

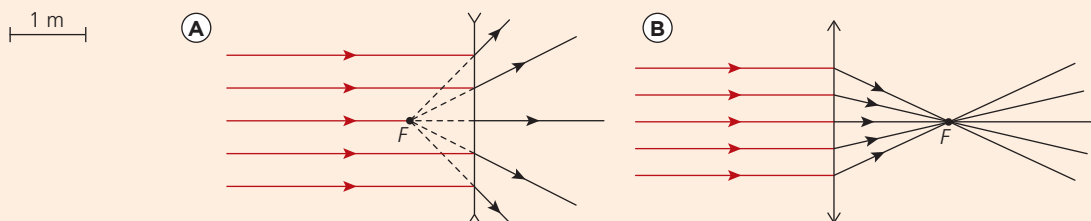
1. Observa as figuras e seleciona, em cada caso, o trajeto do raio refratado.



2. Copia os seguintes esquemas para o teu caderno e completa-os, traçando o trajeto dos raios emergentes de cada uma das lentes.



3. Numa caixa de ótica existem três lentes convergentes que têm a seguinte inscrição no seu caixilho: 2 D, 6 D e 10 D. Identifica, justificando, a lente que:
- tem maior poder convergente;
 - tem menor distância focal.
4. Uma das lentes da caixa de ótica tinha a inscrição da sua potência focal danificada, mas um estudante percebeu que as imagens que obtinha com ela eram sempre menores do que o objeto. Seleciona a afirmação que está correta de acordo com a informação.
- A lente tem distância focal positiva.
 - A lente tem potência focal positiva.
 - A lente é convergente.
 - A lente tem bordos espessos.
5. Refere por que razão vemos as pessoas muito pequenas quando olhamos através dos óculos de porta.
6. Calcula a potência focal das lentes esquematizadas nas figuras A e B.



7. Das lentes do exercício anterior, indica qual poderia ser usada para construir uma lupa.
8. A Susana está com dificuldade em focar objetos próximos. O optometrista receitou-lhe uns óculos cujas lentes tinham a seguinte referência: +2,0 D. Responde às questões.
- Classifica as lentes que lhe foram receitadas.
 - Calcula a distância focal das lentes recomendadas para a Susana.
9. Na construção de um projetor de diapositivos, que cuidado é necessário ter em relação à distância entre o sítio onde está a lente e o sítio onde se vai colocar o diapositivo?

■ O olho humano

O olho encontra-se alojado numa cavidade óssea — **órbita**. Possui uma forma aproximadamente esférica, cujo interior se encontra cheio de dois tipos de fluidos: **humor aquoso** e **humor vítreo**.

O globo ocular está revestido por duas membranas protetoras: **esclerótica**, de aspeto branco, opaco e duro, que se localiza na parte interna do olho, e a **córnea**, de aspeto transparente, que se encontra situada na parede externa do olho.

A **íris** é uma membrana que se situa na parte mais externa do olho e a sua cor varia de pessoa para pessoa. É constituída por um anel de músculos que controlam a abertura da pupila.

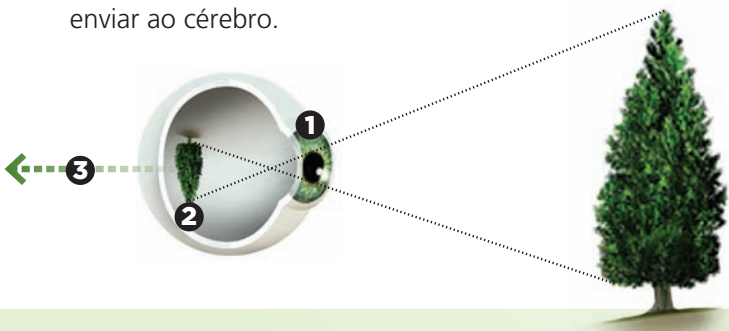
Músculo ciliar

Cristalino

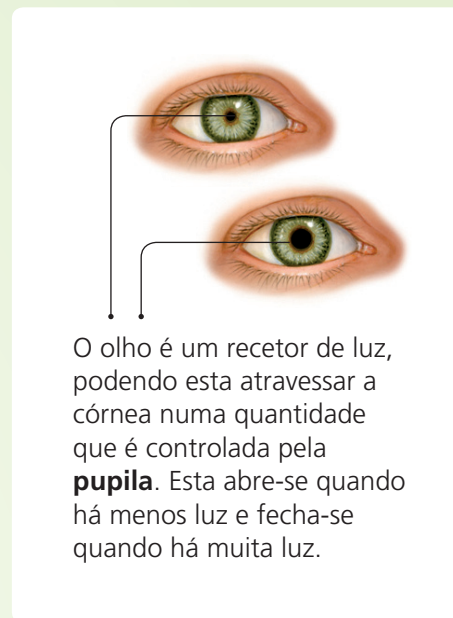
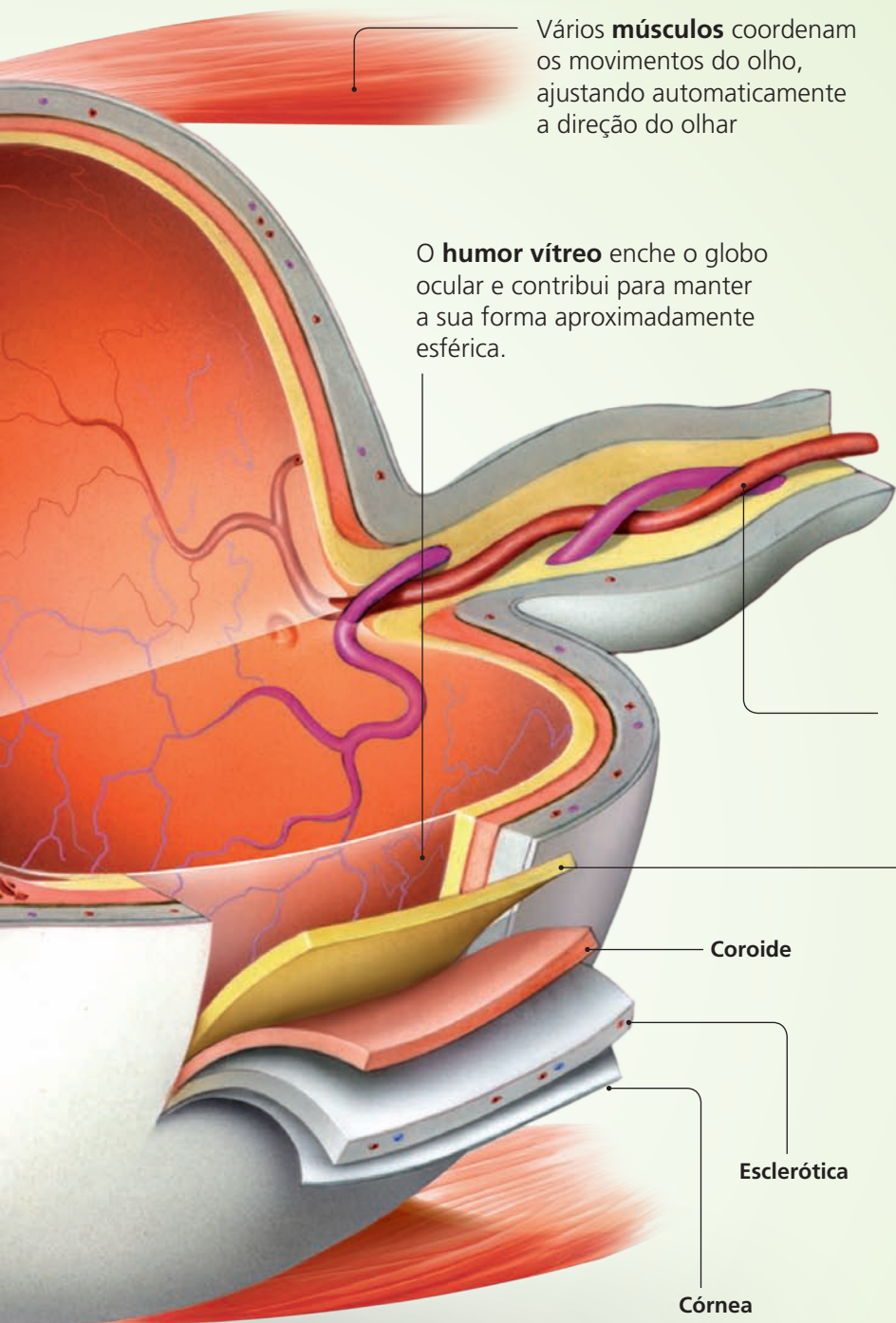
Humor aquoso

Formação das imagens

- 1 A luz atravessa diversos meios transparentes (córnea, humor aquoso, cristalino e humor vítreo) que funcionam como **lentes convergentes**, sendo o **cristalino** particularmente importante, por permitir a focagem.
- 2 Esta focagem, mediada pela ação dos músculos ciliares, possibilita a projeção das imagens dos objetos numa certa zona da retina. A imagem que se obtém é invertida e menor do que o objeto.
- 3 Na retina, a imagem é parcialmente processada e transformada em impulsos elétricos, que o nervo ótico envia para o cérebro e este descodifica-os. Além de funcionar como película recetora de luz, a retina também seleciona as informações a enviar ao cérebro.



A **pupila** é uma abertura circular que se localiza atrás da córnea e que se apresenta negra. Logo atrás da pupila encontra-se o **cristalino**, que se pode tornar mais delgado ou mais espesso por ação dos músculos ciliares, permitindo a focagem dos objetos.



O olho é um recetor de luz, podendo esta atravessar a córnea numa quantidade que é controlada pela **pupila**. Esta abre-se quando há menos luz e fecha-se quando há muita luz.

Na visão normal, as imagens formam-se sobre a retina e são transformadas em impulsos elétricos que, através do **nervo óptico**, são enviados para o cérebro, onde são decodificados.

A **retina** é uma membrana que se situa na parte interna do globo ocular. Na retina existem células, designadas por **bastonetes**, que não distinguem cor, mas são sensíveis a baixos níveis de iluminação, e células especialmente sensíveis à cor, designadas por **cones**. Existem três tipos de cones, uns são sensíveis ao vermelho, outros ao azul e outros ao verde.

ATIVIDADE

1. Estabelece a associação correta entre cada constituinte do olho (coluna I) e a sua função (coluna II).

Coluna I	Coluna II
A. Retina	1. Regular a entrada de luz.
B. Pupila	2. Membrana onde se projetam as imagens.
C. Cristalino	3. Lente que permite fazer a focagem da imagem.

A maioria dos problemas de visão deve-se a anomalias de focagem da luz na retina, sendo consideradas **anomalias refrativas**. Os problemas de visão mais comuns são a **miopia**, a **hipermetropia**, o **astigmatismo** e a **presbiopia**.

■ Miopia

Na **miopia**, a imagem dos objetos distantes é focada à frente da retina e não sobre ela (**Fig. 9**). A miopia é consequência de um globo ocular demasiado longo ou de um cristalino demasiado convergente.

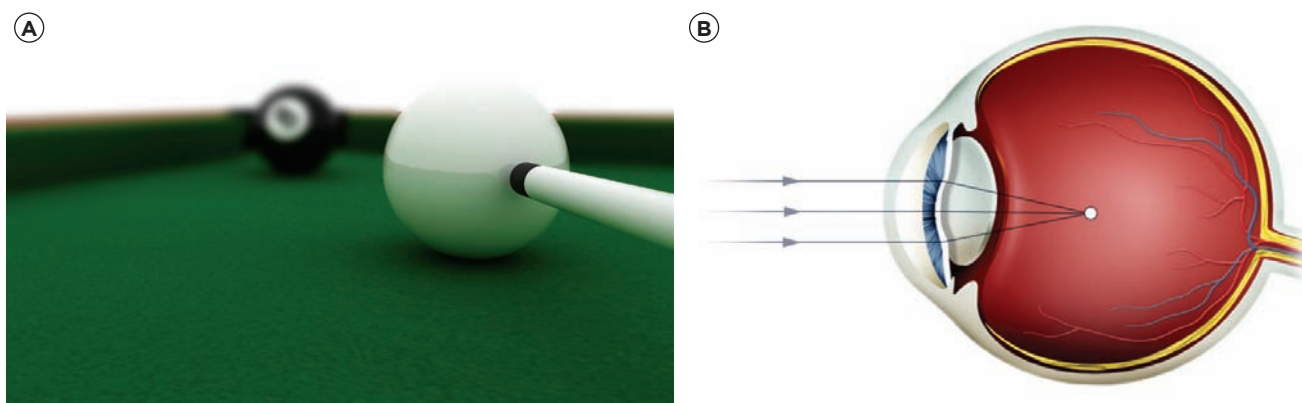


Fig. 9 O míope vê mal ao longe e vê bem ao perto [A]. Na miopia, a imagem é focada à frente da retina [B].

■ Hipermetropia

Na **hipermetropia**, a focagem da imagem dos objetos é feita atrás da retina (**Fig. 10**), devido a uma deficiência no globo ocular ou devido a um cristalino pouco convergente.

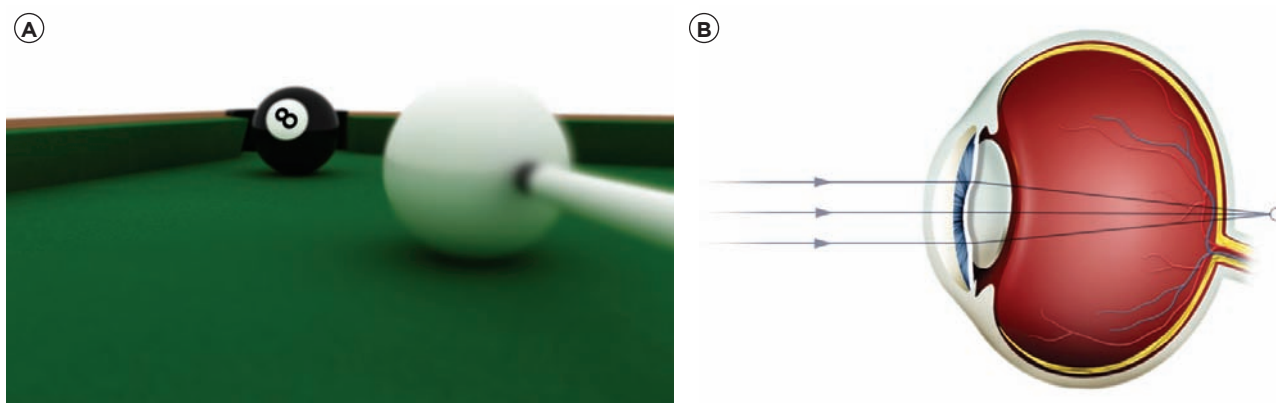


Fig. 10 O hipermetrope vê mal ao perto e vê bem ao longe [A]. Na hipermetropia, a imagem é focada atrás da retina [B].

■ Astigmatismo

Normalmente, o astigmatismo está associado a uma curvatura irregular da córnea. A forma da córnea é mais ovalada do que esférica. Este desajuste faz com que a luz se refrate em vários pontos da retina, em vez de se focar apenas num, originando uma focagem deficiente.

■ Presbiopia

A presbiopia, ou «vista cansada», surge quando o cristalino perde a capacidade de focar os objetos devido à rigidez dos músculos. Manifesta-se numa dificuldade em realizar tarefas que exijam uma visão próxima, como, por exemplo, ler, escrever, trabalhar no computador, enfiar uma linha numa agulha, etc.

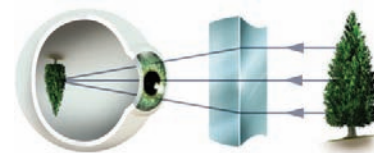
■ Correção dos defeitos de visão

A correção dos defeitos de visão pode ser feita com lentes.



SABER

Uma lente cilíndrica é aquela que tem um perfil cilíndrico em pelo menos uma das suas faces.



Correção dos defeitos de visão com lentes

Miopia	Hipermetropia
A miopia é corrigida com lentes divergentes . Os raios de luz divergem depois de passar a lente e, assim, a convergência feita pelo olho permite obter a imagem exatamente sobre a retina.	A hipermetropia é corrigida com lentes convergentes . A convergência dos raios de luz inicia-se assim que estes encontram a lente e, desta forma, a focagem da imagem é conseguida exatamente sobre a retina.

O astigmatismo é corrigido com lentes cilíndricas e a presbiopia com lentes convergentes. Na presbiopia, também podem ser usadas lentes bifocais ou progressivas.

ATIVIDADES

1. Faz a correspondência correta entre os defeitos de visão da coluna I e as anomalias correspondentes na coluna II.

Coluna I	Coluna II
1. Miopia	A. Focagem atrás da retina.
2. Presbiopia	B. Focagem deficiente.
3. Astigmatismo	C. Focagem à frente da retina.
4. Hipermetropia	D. Músculos rígidos.

2. Indica o tipo de lente que pode ser usado para corrigir cada um dos defeitos de visão referidos na questão anterior.

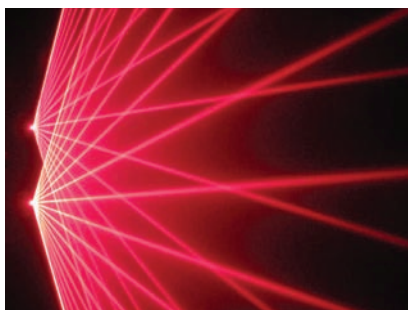


Fig. 11 Laser hélio-néon.

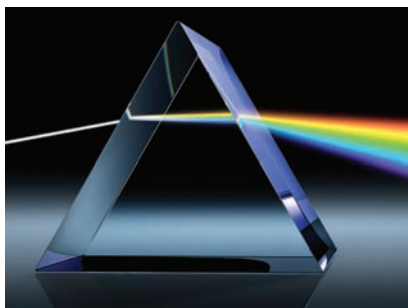


Fig. 12 Dispersão da luz branca num prisma.

SABER

No vácuo e no ar, as radiações eletromagnéticas propagam-se todas à mesma velocidade.

Em outros meios, cada radiação propaga-se com uma velocidade diferente das outras.

■ Espectro da luz branca

Muitas fontes luminosas, como, por exemplo, o Sol, emitem luz branca, que é uma mistura de radiações eletromagnéticas visíveis de diferentes frequências. Assim, a luz branca é **policromática**. Uma luz **monocromática** caracteriza-se por ter uma frequência bem definida.

A essa frequência bem definida corresponde um certo comprimento de onda num dado meio. As fontes de luz laser emitem radiação monocromática. Por exemplo, um laser hélio-néon (**Fig. 11**) emite radiação na região do vermelho com um comprimento de onda de 632,8 nm, no ar.

Quando um feixe de luz branca passa do ar para outro meio transparente, como, por exemplo, um prisma (**Fig. 12**), um diamante ou uma gota de água, refrata-se. Cada uma das radiações propaga-se com velocidade diferente no interior do material e, conseqüentemente, cada radiação refrata-se segundo um ângulo diferente, acabando por se separar das outras. Forma-se, então, uma banda contínua com setes cores: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta. Este fenómeno chama-se **dispersão da luz branca**. Ao emergir novamente desse meio para o ar, as radiações voltam a refratar-se e a sofrer novos desvios, tornando possível distinguir melhor as cores das radiações que compõem a luz branca.

O conjunto destas cores forma o **espectro de luz branca** (**Fig. 13**), que pode também ser denominado **espectro da luz visível**.



Fig. 13 Espectro da luz branca.

A luz branca pode ser novamente obtida se todas as radiações que constituem o seu espectro forem sobrepostas.

■ Arco-íris

Quando a luz branca do Sol incide numa gota de água, refrata-se e muda de direção no seu interior (**Fig. 14A**).

A luz branca do Sol é constituída por várias radiações, todas com características diferentes, pelo que dentro da gota da água cada radiação vai propagar-se a uma velocidade diferente (dispersão), vai sofrer uma reflexão e nova refração (quando sai da gota de água) (**Fig. 14B**).

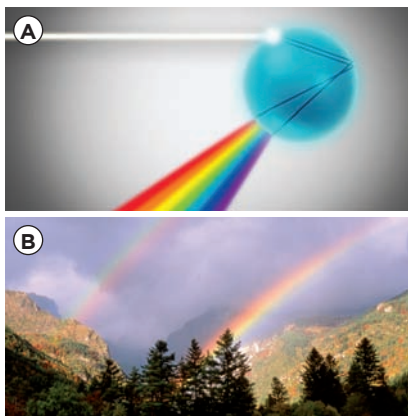


Fig. 14 Esquema da formação de um arco-íris.

ATIVIDADE PRÁTICA

COR DOS OBJETOS

MATERIAL:

- Filtros aproximadamente monocromáticos — vermelho, verde e azul
- Três lanternas iguais
- Elásticos
- Cartões de diferentes cores (branco, amarelo, vermelho, magenta, verde e azul).



PROCEDIMENTO:

1. Usa um elástico para prender o filtro à lanterna, de modo a obteres luzes de cor diferente.
2. Ilumina cada um dos cartões com cada uma das lanternas.

OBSERVAÇÕES:

1. Regista numa tabela semelhante à que se apresenta a cor de cada cartão quando iluminado com cada uma das lanternas.

CONCLUSÕES:

1. A cor de um mesmo cartão foi sempre a mesma?
2. Refere se a cor de um objeto é uma característica própria desse objeto ou depende da radiação com que o mesmo é iluminado. Justifica a tua resposta.

Cartão	Luz da lanterna		
	Vermelha	Verde	Azul
Branco			
Amarelo			
Vermelho			
Magenta			
Verde			
Azul			

■ A cor e a luz

A cor é um fenómeno ótico que se verifica quando sobre um objeto incide luz e varia com o tipo de radiação que sobre ele incide (**Fig. 15**).

Um corpo **absorve**, **reflete** ou **transmite** determinadas radiações de entre aquelas que recebe. Assim, a cor que um corpo apresenta depende do tipo de radiação que sobre ele incide e da sua natureza.



Fig. 15 O mesmo material iluminado com radiações visíveis diferentes apresenta cores diferentes.



Fig. 16 Esquema das cores primárias da luz.

■ Cores primárias da luz

Pode obter-se luz de qualquer cor a partir da sobreposição das três **cores primárias da luz** — **vermelho, verde e azul**.

A sobreposição das luzes vermelha, verde e azul de igual intensidade origina luz branca (**Fig. 16**). A sobreposição de duas cores primárias da luz origina uma cor secundária:

- **vermelho + verde** → **amarelo**
- **vermelho + azul** → **magenta**
- **verde + azul** → **ciano**

Uma cor secundária e a primária que não esteja na sua origem são cores complementares; por exemplo, o amarelo e o azul são cores complementares. Ou seja, sobrepondo luzes de duas cores complementares obtém-se branco.

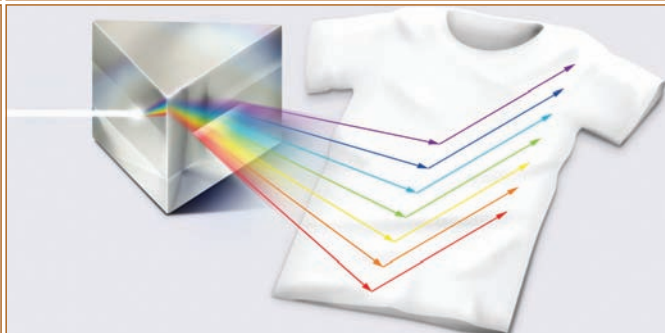
■ Cor dos objetos opacos

Os corpos opacos absorvem ou refletem total ou parcialmente as radiações que nele incidem.

Os objetos pretos absorvem todas as radiações do espectro visível.



Os objetos brancos refletem todas as radiações do espectro visível.



A cor que um corpo mostra é a que se obtém quando ao espectro da luz branca se retiram as radiações que são preferencialmente absorvidas. De um modo simplificado, um corpo apresenta-se da cor complementar daquela que é preferencialmente absorvida. Por exemplo, para iluminação com luz branca:



Uma chávena vermelha absorve preferencialmente luz verde e luz azul.



Um capacete amarelo absorve preferencialmente luz azul.

Como se pode ver na figura (**Fig. 17**), o capacete é amarelo porque reflete essencialmente luz vermelha e luz verde. Assim, se o capacete for iluminado com radiação verde, ele apresenta-se verde, pois, não existindo radiação vermelha, só a verde poderá ser refletida. Do mesmo modo, se o capacete for iluminado com radiação vermelha, ele apresentar-se-á vermelho. Já iluminando o capacete com luz azul, toda a radiação que nele incide será absorvida e o capacete apresentar-se-á preto.



Fig. 17 Capacete «amarelo» iluminado com luz verde [A], vermelha [B] e azul [C].

EXERCÍCIO RESOLVIDO

1. Sabendo que um vestido se apresenta ciano quando iluminado com luz branca, refere a cor que apresentará se for iluminado com luz amarela. Justifica a tua resposta.

RESPOSTA:

Se o vestido se apresenta ciano quando iluminado com luz branca é porque reflete as radiações azuis e verdes e absorve a vermelha.

A radiação amarela é formada pela sobreposição das radiações vermelha e verde. Isto significa que são apenas estas duas radiações que incidem sobre o vestido. Como a radiação vermelha é absorvida, só resta a verde para ser refletida. Assim, o vestido apresentar-se-á verde quando iluminado com radiação amarela.

ATIVIDADES

1. Explica o que é a dispersão da luz.
2. Que fenómenos óticos ocorrem quando a luz entra numa gota de água?
3. Planeia uma atividade experimental que permita observar a recomposição da luz branca.
4. Diz quais são as cores primárias da luz.
5. Indica a cor da radiação que se obtém por sobreposição de radiações com as seguintes cores primárias:
 - a) vermelho e verde;
 - b) vermelho e azul;
 - c) azul e verde.
6. O mesmo objeto opaco é iluminado com radiações de cores diferentes, como se mostra a seguir. Justifica a cor apresentada pelo objeto nas diferentes situações.

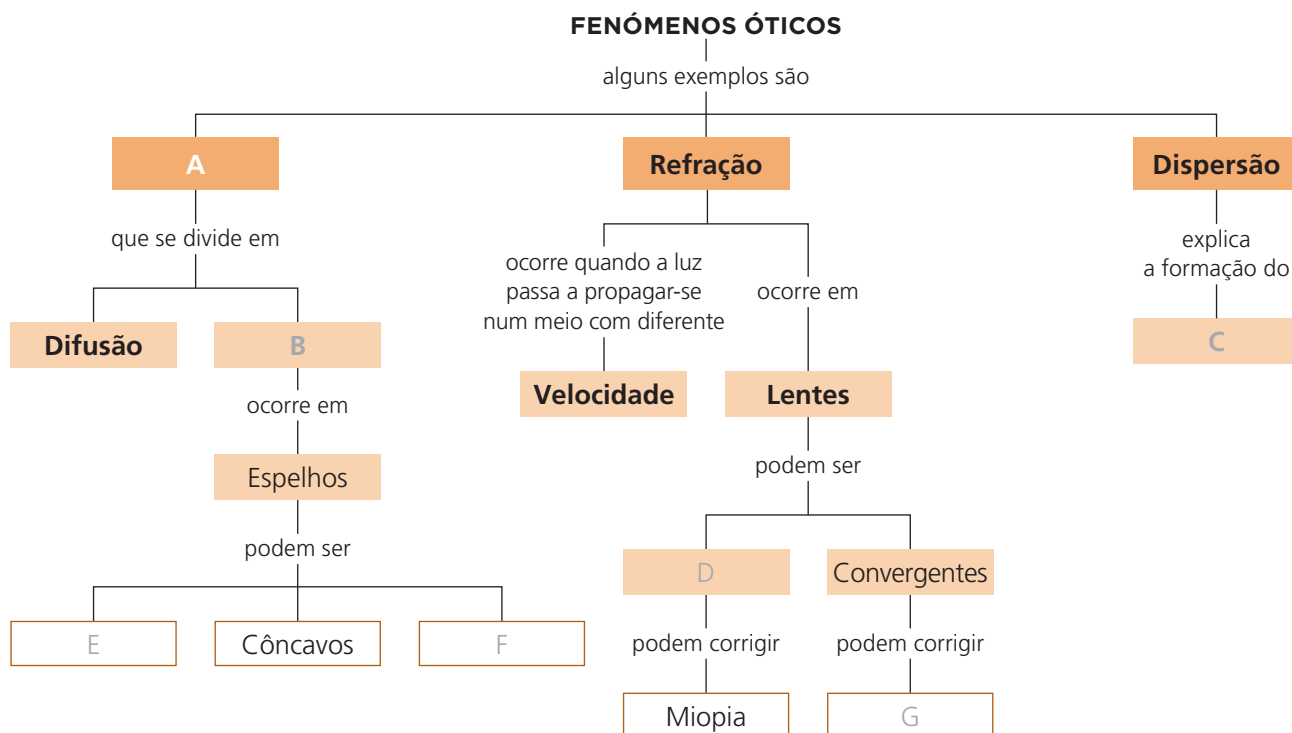


IDEIAS-CHAVE

- A mudança de direção ou de sentido que ocorre quando a luz incide em certas superfícies, continuando a propagar-se no mesmo meio, chama-se **reflexão**. Em superfícies polidas, ocorre a **reflexão regular** e em superfícies rugosas ocorre a **difusão**.
- O **triângulo de visão** descreve os três elementos necessários à visão: o **objeto**, reflete luz visível, proveniente de uma **fonte luminosa**, para um **detetor de luz**.
- Os **espelhos** são superfícies polidas em que a luz sofre **reflexão regular**, o que permite obter imagens de objetos.
- Os espelhos podem ser planos ou curvos, entre os quais os esféricos. Nos espelhos esféricos podem distinguir-se os **côncavos**, em que a superfície polida é a parte interior de uma calota esférica, e os **convexos**, em que a superfície polida é a parte exterior de uma calota esférica.
- As **imagens** obtidas com **espelhos convexos** são **virtuais, direitas e menores do que o objeto**.
- As características das **imagens** obtidas com **espelhos côncavos** **dependem da distância a que o objeto** se encontra deles.
- A **refração** é um fenómeno que ocorre quando a luz passa de um meio para outro em que a velocidade de propagação é diferente, havendo geralmente alteração na direção de propagação da luz.
- Quando a luz incide na superfície de separação de dois meios transparentes sofre reflexão, refração e absorção. Assim, quer a **luz refletida** quer a **luz refratada** são **menos intensas** do que a **luz incidente**.
- As **lentes de bordos delgados** — **convexas** ou **convergentes** — fazem convergir para o foco os raios de luz paralelos ao eixo principal. As **lentes de bordos espessos** — **côncavas** ou **divergentes** — fazem divergir um feixe de raios de luz paralelos ao eixo principal, de modo que os prolongamentos dos raios divergentes se encontrem no foco virtual da lente.
- As **lentes divergentes** permitem obter **imagens virtuais, direitas e menores do que o objeto**.
- As características das **imagens** obtidas com **lentes convergentes** **dependem da distância do objeto** a estas.
- A **potência focal** (P) ou **vergência** de uma lente define-se como o inverso da distância focal (f) da lente $\left(P = \frac{1}{f}\right)$ e mede-se no Sistema Internacional de unidades em **dioptrias (D)**.
- Um dos constituintes do olho é o **crystalino**, que funciona como uma lente, focando as imagens dos objetos sobre a **retina** na visão normal.
- As imagens formadas na retina são invertidas e menores do que o objeto.
- A **miopia** é um defeito de visão cuja consequência é ver mal ao longe e pode ser corrigido com **lentes divergentes**.
- A **hipermetropia** é um defeito de visão cuja consequência é ver mal ao perto e pode ser corrigido com **lentes convergentes**.
- É possível obter o **espectro da luz branca** fazendo-a atravessar um prisma de vidro.
- As **cores primárias da luz**, cuja sobreposição permite obter luz de outras cores, são: **vermelho, verde e azul**.
- A cor que um **objeto opaco** exhibe corresponde à **radiação visível** que, não sendo absorvida, é **refletida** por este.

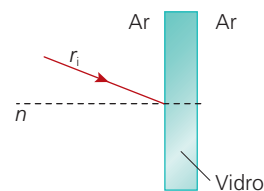
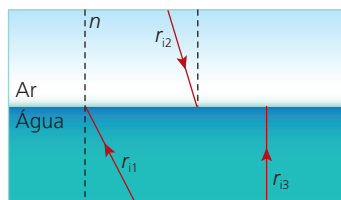
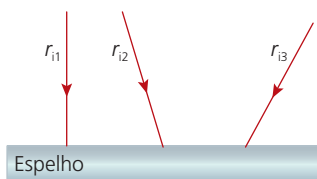
ESQUEMATIZAR

1. Completa o esquema substituindo as letras pelos termos corretos.



VERIFICAR

- Descreve um triângulo de visão onde a fonte luminosa seja o Sol.
- Descreve resumidamente como se forma um arco-íris.
- Observa as figuras seguintes e completa os esquemas, depois de os teres passado para o teu caderno.



5. Estabelece a associação correta entre cada um dos espelhos (coluna I) e o tipo de imagem obtida (coluna II).

Coluna I	Coluna II
1. Espelho plano	A. A imagem é sempre direita.
2. Espelho esférico côncavo	B. A imagem pode ser virtual e maior que o objeto.
3. Espelho esférico convexo	C. A imagem tem sempre o mesmo tamanho que o objeto.
	D. A imagem é sempre virtual.
	E. A imagem pode ser invertida e maior do que o objeto.
	F. A imagem é sempre menor do que o objeto.
	G. A imagem é simétrica do objeto em relação ao plano do espelho.

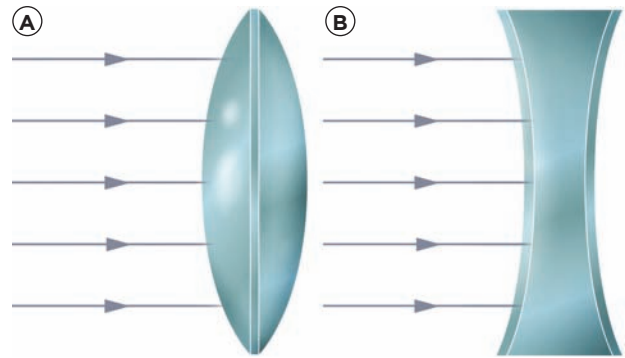
6. Nas figuras, estão representados dois tipos de lentes. Observa e responde às questões.

6.1 Identifica os tipos de lentes representados.

6.2 Desenha o trajeto dos raios luminosos depois de estes terem atravessado as lentes.

6.3 Associa cada uma das frases seguintes a um dos tipos de lentes.

- A. A imagem é sempre virtual, direita e menor do que o objeto.
- B. A imagem é real, invertida e menor do que o objeto se este estiver para lá da dupla distância focal.



7. De entre as afirmações seguintes seleciona as verdadeiras (V) e corrige as falsas (F).

- A. A luz branca é monocromática.
- B. A luz monocromática caracteriza-se por ser uma mistura de radiações de diferentes frequências.
- C. As cores primárias da luz são: azul, vermelho e verde.
- D. A sobreposição de duas radiações com cores primárias origina luz branca.
- E. A sobreposição de duas radiações com cores complementares origina luz branca.
- F. Uma cor secundária e a cor primária que não lhe deu origem são cores complementares.
- G. A cor que um objeto mostra é a complementar daquela que ele absorve preferencialmente.
- H. Um objeto negro reflete todas as radiações visíveis.

APLICAR

8. Responde às questões, sabendo que a pessoa representada na figura está a 3 m de um espelho plano.

- 8.1 Quais são as principais características da imagem formada?
- 8.2 A que distância do espelho se formará a imagem?



9. É possível ver imagens refletidas nas águas calmas de um lago, tal como na figura.

- 9.1 Classifica a superfície do lago, quando a água está calma, como polida ou rugosa.
- 9.2 Refere o nome do fenómeno que ocorre quando se vê a imagem na água do lago.
- 9.3 Explica por que razão, depois de se atirar uma pedra para o lago, a imagem deixa de ser nítida.



10. Observa o instrumento representado na figura à direita.

- 10.1 Identifica o instrumento representado.
- 10.2 Refere o nome do fenómeno ótico em que se baseia o seu funcionamento.
- 10.3 Esquematiza a figura no teu caderno e representa o trajeto dos raios luminosos que permitem ver o objeto.
- 10.4 Dá exemplo de um instrumento recreativo, cujo funcionamento se baseie no mesmo fenómeno ótico.



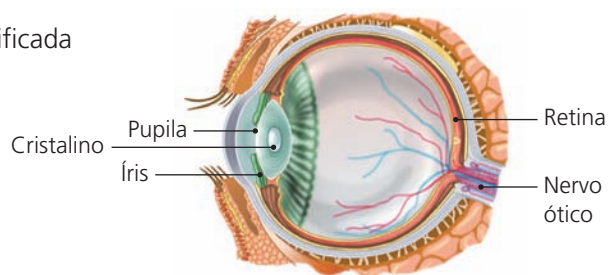
11. Observa as figuras, onde se apresenta a imagem de um rapaz em diferentes espelhos — plano, côncavo e convexo.



11.1 Identifica, justificando, cada um dos espelhos.

11.2 Dá dois exemplos de utilização de cada um dos tipos de espelhos.

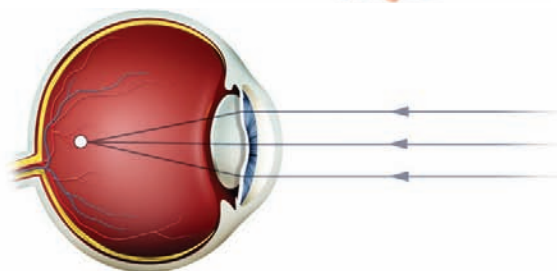
12. Observa o esquema em que se representa de forma simplificada a constituição do olho humano. Refere a função dos constituintes assinalados.



13. Observa a imagem e responde às questões.

13.1 Refere que tipo de anomalia se verifica.

13.2 Desenha o tipo de lente que pode corrigir esta anomalia.



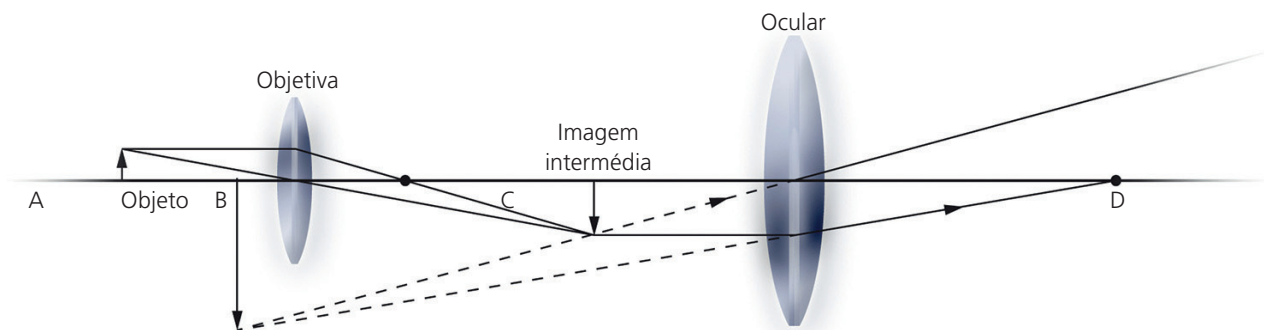
CHEGO ÀS METAS

- Enuncio as leis da reflexão da luz e aplico-as à construção de imagens em espelhos planos. *pp. 158 a 160*
- Distingo espelhos côncavos de espelhos convexos e dou exemplos das suas aplicações. *pp. 161 a 164*
- Caracterizo as imagens obtidas com espelhos côncavos e espelhos convexos. *pp. 163 e 164*
- Concluo que quando a luz passa de meio transparente para outro sofre absorção, reflexão e refração. *p. 166*
- Defino refração e associo-a à alteração da velocidade de propagação. *p. 166*
- Distingo lentes convergentes de lentes divergentes. *pp. 167 e 168*
- Caracterizo as imagens obtidas com lentes convergentes e com lentes divergentes. *pp. 168 e 169*
- Concluo que o olho humano é um recetor de luz que possui meios transparentes que funcionam como lentes convergentes. *pp. 172 e 173*
- Caracterizo alguns defeitos de visão comuns. *pp. 173 e 174*
- Justifico a cor de um objeto opaco com o tipo de luz incidente e com a luz visível que ele reflete. *pp. 177 a 179*

SIM	PRECISO DE REVER	TENHO DE ESTUDAR
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0
2	1	0

ATIVIDADES DE INTEGRAÇÃO

1. Observa a figura, que representa de modo simplificado o funcionamento do microscópio ótico, e responde às questões.



- 1.1 Entre as posições A, B, C e D, indica onde poderá estar situada a fonte luminosa.
- 1.2 Classifica como opaco, transparente ou translúcido o material que constitui a objetiva.
- 1.3 Identifica, justificando, o tipo de lente que constitui a ocular.
2. Observa a imagem e responde às questões.
- 2.1 Classifica o feixe luminoso que incide na lente.
- 2.2 Indica, justificando, o tipo de lente representada.
- 2.3 Refere aplicações deste tipo de lentes.
- 2.4 Em que fenómeno ótico se baseia o funcionamento das lentes?
- 2.5 Sabendo que a distância focal da lente é 15 cm, determina a potência focal da lente.
3. Nas figuras que se seguem estão representados três esquemas em que a luz do Sol atravessa um prisma. Observa com atenção e responde às questões.



- 3.1 Seleciona o esquema correto.
- 3.2 Que fenómeno está representado nas figuras?
- 3.3 O Sol também emite radiação infravermelha e radiação ultravioleta. Indica onde se situam cada uma destas radiações relativamente às radiações visíveis.
- 3.4 Descreve o procedimento para recuperar o feixe de luz branca.
- 3.5 Indica qual é a radiação representada que tem maior frequência.
4. Durante um concerto, uma cantora com um vestido ciano (sob luz branca) foi iluminada com luzes de várias cores. Os projetores existentes na sala do espetáculo eram de cor vermelha, verde e azul. Responde às questões.
- 4.1 Refere quais os projetores que estão ligados quando a luz incidente tem a cor:
- a) magenta;
- b) amarela.
- 4.2 Indica a cor que o vestido apresenta quando é iluminado com luz verde.
- 4.3 Refere por que motivo a cantora tem dificuldade em ver o público.

4.4 Seleciona a opção que contém os termos que devem substituir os números 1 e 2, de modo que a afirmação seguinte fique correta:

A luz que ilumina a cantora propaga-se como uma (1), enquanto o som da sua voz se propaga como uma (2).

- A.** Onda mecânica/onda eletromagnética.
- B.** Onda eletromagnética/onda mecânica.
- C.** Onda de rádio/onda sonora.
- D.** Onda sonora/onda de rádio.

4.5 No final do espetáculo, a cantora dirigiu-se ao camarim e, ao entrar, ficou uns segundos a observar a sua imagem refletida num espelho plano. Seleciona a opção que indica as características dessa imagem.

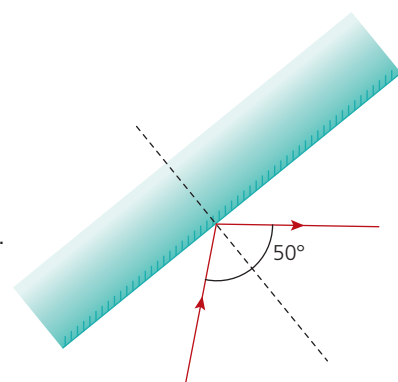
- A.** Real, invertida e do mesmo tamanho que o objeto.
- B.** Virtual, invertida e menor do que o objeto.
- C.** Virtual, direita e do mesmo tamanho que o objeto.
- D.** Real, direita e do mesmo tamanho que o objeto.

5. Um feixe de luz *laser* de frequência $5,6 \times 10^{14}$ Hz incide num espelho plano, como se representa na figura ao lado.

5.1 Calcula o período desta radiação.

5.2 Indica a amplitude do ângulo formado entre o raio refletido e o espelho.

5.3 Refere os tipos de espelhos esféricos que estudaste, mencionando para cada um duas aplicações.



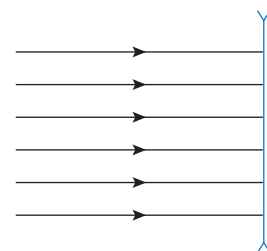
6. Observa a lente representada na figura e responde às questões.

6.1 Identifica o tipo de lente representado.

6.2 Indica o fenómeno que ocorre quando a luz passa do ar para a lente.

6.3 Classifica o feixe de luz que emerge da lente.

6.4 Refere um defeito de visão que possa ser corrigido com este tipo de lente.



7. Sabendo que um sofá, quando iluminado com luz branca, se apresenta amarelo, responde às questões.

7.1 Identifica a(s) radiação(ões) que o sofá reflete.

7.2 Identifica a(s) radiação(ões) preferencialmente absorvida(s) pelo sofá.

7.3 Indica a cor que o sofá exibirá se for iluminado com luz verde.

8. Os televisores têm nos seus ecrãs milhares de pontos verdes, azuis e vermelhos que podem emitir luz. Diz quais são os pontos que estão a emitir luz quando aparecem as seguintes cores no ecrã:

- a)** amarelo;
- b)** ciano;
- c)** branco.

9. Se um astro situado a um ano-luz da terra explodir, ver-se-á o clarão um ano depois.

9.1 Determina a distância a que se encontra o astro, em quilómetros, admitindo que a velocidade de propagação é 300 000 km/s.

9.2 Escolhe a opção que completa corretamente a frase.

O som...

- A.** ... será ouvido no momento da explosão.
- B.** ... será ouvido antes de se ver o clarão.
- C.** ... será ouvido depois de se ver o clarão.
- D.** ... não será ouvido.

9.3 Justifica a resposta da questão 9.2.

Faróis

Os faróis funcionam piscando ritmadamente uma luz rotativa de forma a transmitir um sinal visual para os barcos circundantes. A operação destina-se a compensar a falta de visibilidade, permitindo que os marinheiros que se aproximem possam navegar em segurança perto da costa. O padrão individual da iluminação, chamado «caracteres de luz», determina a mensagem transmitida, que pode variar entre avisos de colisão, relatórios meteorológicos, orientação direcional ou informação relativa à posição de outros barcos e estruturas. A amplitude e o tipo de caracteres que um farol pode usar é determinado pela International Association of Lighthouse Authorities, em Paris.

A construção de faróis emanou da prática de atear fogos de referência no topo de falésias, algo que foi referido pela primeira vez na *Iliada* e na *Odisseia* de Homero, cerca do século VIII a. C. No entanto, só em 280 a. C., quando o arquitecto Sostratus construiu o Grande Farol de Alexandria, na ilha de Pharos, Egito, é que o Homem começou a construir estruturas dedicadas à função de farol. Desde essa altura que o estilo e a complexidade da estrutura, da fonte de luz e o combustível se alteraram enormemente, com o surgimento de *designs* complicados destinados ao avanço da tecnologia de poupança de luz.

Lente Fresnel

A lente Fresnel permite a ampliação de uma fonte de luz para lá da sua capacidade imitável normal numa certa direção, e fá-lo com menos materiais do que a lente esférica convencional. Isto é possível com o redirecionamento das ondas de luz através de uma série de prismas dispostos em círculo, com prismas mais altos nas margens e mais achatados no centro.

Fonte de luz

Nos primeiros faróis, utilizavam-se fogueiras e velas enormes para criar luz. Durante o período clássico dos faróis, eram usados candeeiros que queimavam óleos animais. Também foram usados candeeiros a gás no início do século XX. Os faróis modernos utilizam lâmpadas elétricas.

Manivela ou maquinaria de rotação

A capacidade rotacional da luz era gerada, antigamente, por uma manivela manual, que o faroleiro girava a cada duas horas. Em faróis mais modernos, as luzes são movidas por geradores elétricos a gasóleo.



Sala de luz

A componente mais importante de um farol é uma estrutura rodeada de vidro no alto da torre. Normalmente tem janelas resistentes e barras de metal capazes de suportar as duras condições meteorológicas a que estão expostas.

Varanda

Plataforma circular externa que pode ter a forma de caracol ao longo de um ou dois andares. É usada para fazer observações e como plataforma de manutenção, para lavar as janelas da sala de luz.

Torre

Pode ser construída na costa ou diretamente no fundo do mar, nomeadamente através da técnica de ensecadeira, em que um cilindro é afundado e recheado de betão para formar uma base sólida. Mas este tipo de construção é menos comum devido à erosão das ondas. As torres têm uma forma e cor distintivas — normalmente são brancas com o topo afunilado — para que os marinheiros as identifiquem facilmente. No interior, é comum encontrar a sala de manutenção, onde está o combustível/gerador.

Quero Saber,
fevereiro de 2011 (adaptado)

1. Que tipo de mensagens pode um farol transmitir?
2. De acordo com o texto, quando e onde foi construído o primeiro farol?
3. Tradicionalmente, como era obtida a rotação da luz do farol?

Telescópios espaciais

Alguns corpos no espaço irradiam calor sob a forma de radiação infravermelha, mas os telescópios terrestres não conseguem detetá-la, devido à atmosfera da Terra. Alguns telescópios espaciais, orbitando o Sol, conseguem captar esta radiação, sob a forma de imagens, usando instrumentos adequados.

Para funcionar devidamente, os telescópios de infravermelhos, como o *Sptizer* ou o *Herschel*, têm de ser mantidos a temperaturas extremamente baixas, próximo dos 270 °C negativos. Para manter estas temperaturas, são refrigerados com hélio líquido, cujo reservatório tem uma provisão para cerca de três anos.



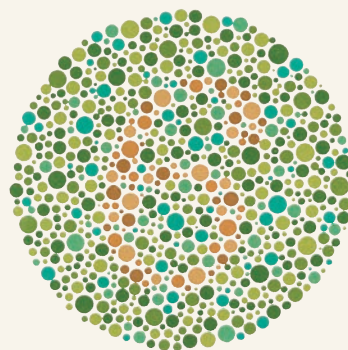
Telescópio espacial *Herschel*.

1. Classifica, justificando, a atmosfera terrestre como opaca ou transparente, relativamente à radiação infravermelha.
2. Enquadra a radiação infravermelha no espectro eletromagnético.
3. Qual é a temperatura aproximada a que devem ser mantidos os telescópios de infravermelhos?

Cores únicas

Os bastonetes e os cones dos nossos olhos são únicos, por isso, cada pessoa vê as cores de forma ligeiramente diferente. No entanto, há pessoas que não conseguem distinguir certas cores. Os três tipos de cones — vermelho, verde e azul — criam as cores que vemos, enquanto os bastonetes registam o brilho. As pessoas com daltonismo têm menos cones de um tipo e mais de outro. Isto quer dizer que são mais recetivas a certas cores do que outras, e não são capazes de distinguir entre algumas cores. A confusão mais comum é normalmente entre o vermelho e o verde.

Quero Saber,
abril de 2011 (adaptado)



1. Explica o que é o daltonismo e a que se deve.
2. Quais são as células do olho humano responsáveis por detetar o brilho?

Laser

O termo «**LASER**» é um acrónimo das palavras inglesas *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, o que significa «**Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação**». A luz *laser* caracteriza-se por ser monocromática e concentrar muita energia. É uma das mais importantes invenções do século xx, com imensas utilizações.

Na indústria, para cortes de elevada precisão em metais, diamante, vidro ou para medição de distâncias.

Na medicina, em operações cirúrgicas delicadas, como as oftalmológicas e em tratamentos dermatológicos.

No comércio, para leitura de códigos de barras e comunicações com fibra ótica.

Nos espetáculos e concertos, para criação de efeitos visuais.

Também encontra aplicações no campo militar, nas pesquisas científicas e no nosso quotidiano, como apontador em apresentações projetadas, por exemplo.



1. Refere, justificando, se a luz *laser* pode ser branca.
2. Pesquisa outras aplicações específicas da radiação *laser*.

Anexo I

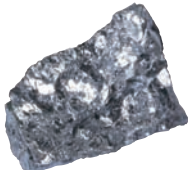
Elementos Químicos

Elemento químico	Aspeto	Símbolo químico	n.º de protões no núcleo	Ano da descoberta	Autor da descoberta
Alumínio		Al	13	1827	Friedrich Wöhler
Árgon		Ar	18	1884	Sir William Ramsay e Sir Walter Rayleigh
Arsénio		As	33	1250	Albertus Magnus
Nitrogénio		N	7	1772	Daniel Rutherford
Bário		Ba	56	1808	Humphry Davy
Berílio		Be	4	1798	Louis-Nicolas Vauquelin
Bismuto		Bi	83	1450	Basílio Valentim
Boro		B	5	1808	Joseph Louis Gay-Lussac
Bromo		Br	35	1826	Antoine J. Balard

Elemento químico	Aspeto	Símbolo químico	n.º de prótons no núcleo	Ano da descoberta	Autor da descoberta
Cádmio		Cd	48	1817	Friedrich Strohmeyer
Cálcio		Ca	20	1808	Humphry Davy
Carbono		C	6	Antes de Cristo	-----
Césio		Cs	55	1860	Robert Bunsen e Gustav R. Kirchhoff
Chumbo		Pb	82	Antes de Cristo	-----
Cloro		Cl	17	1774	Carl Wilhelm Scheele
Cobalto		Co	27	1735	Georg Brandt
Cobre		Cu	29	Antes de Cristo	-----
Crípton		Kr	36	1898	Sir William Ramsay e Morris William Travers

Anexo I

Elementos Químicos

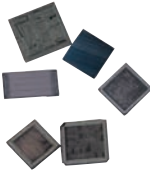
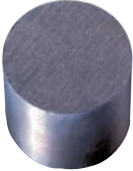
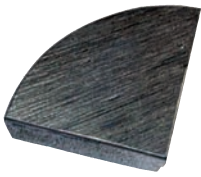
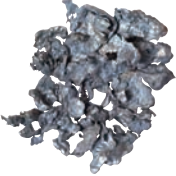
Elemento químico	Aspeto da substância elementar	Símbolo químico	n.º de prótons no núcleo	Ano da descoberta	Autor da descoberta
Cromo		Cr	24	1797	Louis-Nicolas Vauquelin
Enxofre		S	16	Antes de Cristo	-----
Escândio		Sc	21	1879	Lars Frederik Nilson
Estanho		Sn	50	Antes de Cristo	-----
Estrôncio		Sr	38	1808	Humphry Davy
Ferro		Fe	26	Antes de Cristo	-----
Flúor		F	9	1886	Henry Moissan
Fósforo		P	15	1669	Hennig Brand
Frâncio		F	87	1939	Marguerite Perey

Elemento químico	Aspetto da substância elementar	Símbolo químico	n.º de prótons no núcleo	Ano da descoberta	Autor da descoberta
Germânio		Ge	32	1886	Clemens Alexander Winkler
Hélio		He	2	1868	Sir Norman Lockyer e Júlio Janssen
Hidrogénio		H	1	1671	Robert Boyle
Iodo		I	53	1811	Bernard Courtois
Lítio		Li	3	1881	August Arfvedson
Magnésio		Mg	12	1808	Humphry Davy
Manganês		Mn	25	1774	Johan Gottlieb Gahn
Mercúrio		Hg	80	Antes de Cristo	-----
Molibdénio		Mo	41	1778	Carl Wilhelm Scheele

Anexo I

Elementos Químicos

Elemento químico	Aspeto da substância elementar	Símbolo químico	n.º de protões no núcleo	Ano da descoberta	Autor da descoberta
Néon		Ne	10	1898	Sir William Ramsay e Morris William Travers
Níquel		Ni	28	1751	Axel Fredrik Cronstedt
Ouro		Au	79	Antes de Cristo	-----
Oxigénio		O	8	1771	Carl Wilhelm Scheele
Platina		Pt	78	1735	Antonio de Ulloa
Plutónio		Pu	94	1940	Glenn Seaborg
Potássio		K	19	1807	Humphry Davy
Prata		Ag	47	Antes de Cristo	-----
Rádio		Ra	88	1898	Pierre Curie e Marie Curie

Elemento químico	Aspetto da substância elementar	Símbolo químico	n.º de prótons no núcleo	Ano da descoberta	Autor da descoberta
Rubídio		Rb	37	1861	Robert Bunsen e Gustav Kirchhoff
Silício		Si	14	1823	Jöns Berzelius
Sódio		Na	11	1807	Humphry Davy
Tungsténio		W	74	1783	Fausto e Juan José
Urânio		U	92	1789	Martin Heinrich Klaproth
Vanádio		V	23	1801	Andrés Manuel del Rio
Xénon		Xe	54	1898	Sir William Ramsay e Morris William Travers
Zinco		Zn	30	Antes de Cristo	-----

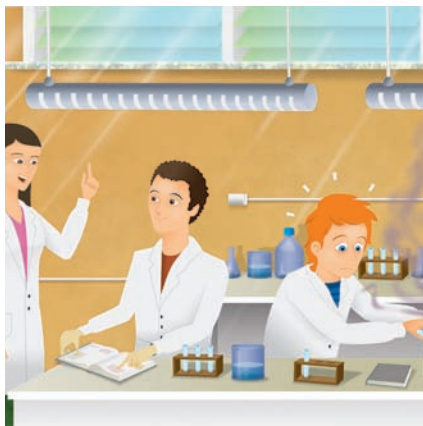
Anexo II

Regras de segurança no laboratório de Química

O QUE SE DEVE FAZER NO LABORATÓRIO



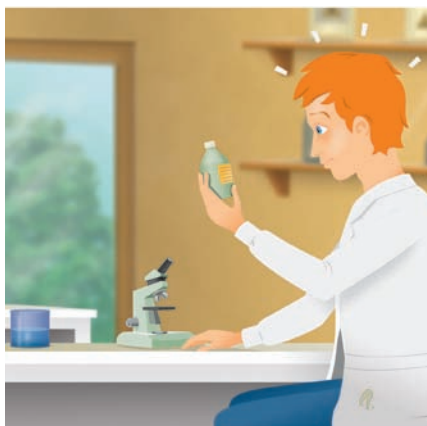
Manter a bancada limpa e organizada.



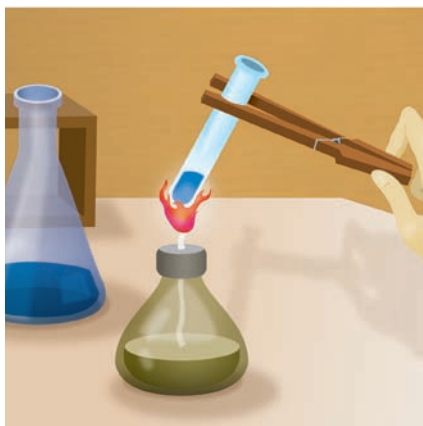
Cumprir sempre as indicações do professor.



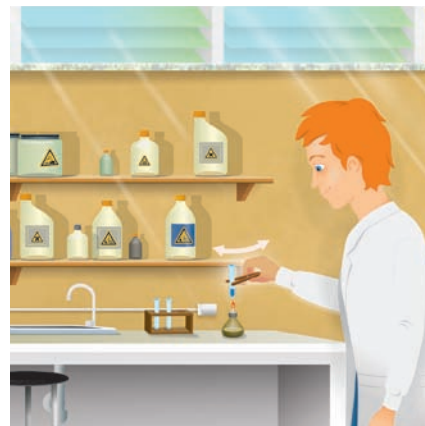
Colocar o material no centro da bancada.



Ler sempre o rótulo de qualquer material antes de o utilizar.



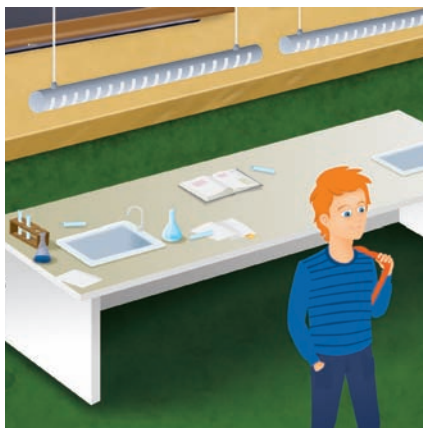
Durante o aquecimento, usar um volume de líquido inferior a um terço da capacidade do tubo de ensaio e manusear o material aquecido com uma pinça.



Durante o aquecimento, deslocar, com movimentos suaves e circulares, o tubo de ensaio, que deve estar ligeiramente inclinado na direção oposta à do operador.



Trabalhar na hotte sempre que se utilizem substâncias que produzam vapores tóxicos.



Arrumar o material no fim de cada trabalho.

O QUE NÃO SE DEVE FAZER NO LABORATÓRIO



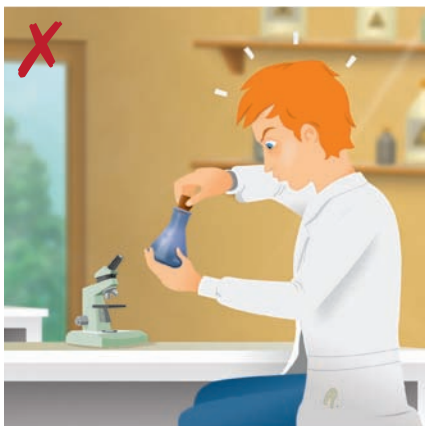
Não comer nem beber no laboratório.



Não provar, não cheirar nem tocar diretamente numa substância química.



Não mexer em aparelhos elétricos com as mãos molhadas.



Não forçar a entrada de uma rolha no material de vidro.



Não trocar as tampas dos frascos.



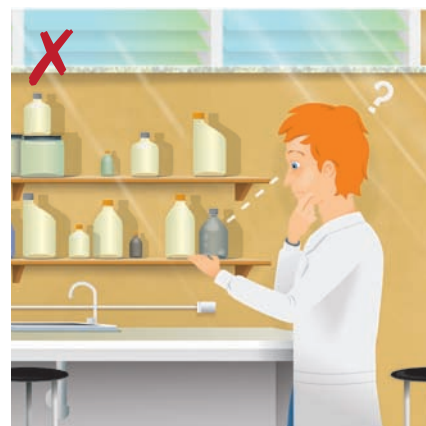
Não levar à chama recipientes que não sejam próprios para o efeito.



Não virar a boca de um tubo de ensaio que está a ser aquecido na direção de alguém.



Nunca deitar água sobre um ácido. Para diluir um ácido, pôr alguma água num recipiente e juntar depois o ácido.



Não guardar nenhuma substância sem rótulo.

Anexo III

Materiais utilizados no laboratório de Química

Medição de volumes			Medição de massas	
①		②	④	⑤
		③		
A proveta (1) mede volumes com precisões da ordem do mililitro.		A pipeta graduada (2) e a bureta (3) permitem medir volumes com maior precisão do que a proveta.	Balança analítica (4).	Balança semianalítica (5).
Preparação de soluções			Aquecimento de soluções	
			⑪	
			⑫	
Funil (6); vareta (7); copo de precipitação (8); balão volumétrico (9); garrafa de esguicho (10).			Manta de aquecimento (11); placa de aquecimento (12); lamparina (13); tubo de ensaio (14); pinça de madeira (15).	
Material diverso				
⑬	⑭		⑮	
Ampola de decantação (16); suporte universal (17); almofariz (18).				

A

Ácido — Substância que em solução aquosa produz iões H^+ e que avermelha a tintura azul de tornesol.

Acústica — Ramo da Física que se dedica ao estudo do som.

Água dura — Água com elevada concentração de iões cálcio e de iões magnésio.

Água macia — Água com baixa concentração de iões cálcio e de iões magnésio.

Altura — Propriedade do som que permite distinguir sons agudos, altos ou finos de sons graves, baixos ou grossos. Está relacionada com a frequência da onda sonora.

Amplitude — Diferença entre os valores máximo e de equilíbrio de uma perturbação ondulatória.

Anião — Ião com carga negativa.

Átomo — Unidade básica de uma espécie química que pode ligar-se a outros átomos.

Audiogramas — Gráficos onde se representa o limiar da audibilidade em função da frequência e do nível de intensidade sonora.

B

Base — Substância que em solução aquosa produz iões hidróxido (OH^-) e que torna a fenolftaleína carmim.

C

Catalisador — Substância cuja presença numa reação química provoca um aumento (catalisador de ação positiva) ou diminuição (catalisador de ação negativa) da sua velocidade sem se consumir nela.

Catião — Ião com carga positiva.

Coesão — Atração intermolecular entre moléculas iguais.

Combustão — Reação de combinação com o oxigénio, normalmente acompanhada de libertação de energia.

Composto — Substância composta por átomos de dois ou mais elementos.

Composto iónico — Composto neutro formado por iões.

Comprimento de onda — Distância mínima entre dois pontos consecutivos de uma perturbação que se encontram numa mesma fase.

Corpo iluminado — Corpo que reflete a luz de um corpo luminoso.

Corpo luminoso — Corpo que tem luz própria.

Corrosão — Deterioração de metais através de um processo eletroquímico.

D

Difusão da luz — Fenómeno que ocorre sempre que os raios luminosos incidem numa superfície rugosa e mudam de direção de forma irregular.

Dispersão da luz — Decomposição da luz branca quando atravessa um prisma.

E

Eco — Repetição de um som devido à sua reflexão por um corpo.

Elétrão — Partícula subatômica de massa muito pequena e que apresenta uma carga elétrica negativa.

Energia radiante — Energia transmitida sob a forma de ondas eletromagnéticas.

Enzima — Proteína produzida por células vivas e cuja função é catalisar certas reações químicas (catalisador de origem biológica).

Equação química — Equação que utiliza símbolos químicos para descrever o que ocorre durante uma reação química e que, utilizando coeficientes estequiométricos, está de acordo com a Lei de Lavoisier.

Espelho — Superfície polida que reflete a luz.

Espetro eletromagnético — Conjunto de todas as radiações eletromagnéticas.

Espetro solar — Conjunto das radiações visíveis, de diferentes cores.

Espetro sonoro — Conjunto de todas as frequências de vibração que podem ser reproduzidas pelas diversas fontes sonoras.

F

Feixe luminoso — Conjunto de raios luminosos.

Fórmula química — Representação simbólica que evidencia a composição química de uma substância.

Fotão — Uma partícula de luz.

Frequência — Número de ciclos (fenómeno ondulatório) que se realiza numa dada unidade de tempo.

H

Hidrocarboneto — Composto constituído apenas por átomos de carbono e hidrogénio.

I

Ião — Espécie química com carga, formada quando um átomo ou um conjunto de átomos ganha ou cede eletrões.

Indicador — Substância que muda de cor para certos valores de pH.

Infrassom — Som com frequência inferior a 20 Hz e que não é captado pelo ouvido humano.

Inibidor — Substância cuja presença numa reação química provoca uma diminuição da sua velocidade.

Intensidade de um som — Propriedade do som que permite distinguir sons fortes de sons fracos. Está relacionada com a amplitude de uma onda sonora.

L

Laser — Aparelho capaz de produzir um feixe de luz fino e potente com um único comprimento de onda.

Lente — Corpo transparente geralmente de vidro ou de plástico tratado, limitado por uma ou duas superfícies curvas.

M

Miopia — Defeito de visão que se caracteriza pela dificuldade em ver ao longe.

Mistura — Junção de duas ou mais substâncias.

Molécula — Conjunto de dois ou mais átomos, ligados entre si quimicamente.

N

Nível de intensidade sonora

— Escala que avalia a intensidade dos sons por comparação da intensidade de um som com a intensidade do som mais fraco que pode ser detetado pelo ouvido humano.

O

Onda — Propagação de perturbação através da qual é transmitida energia.

Onda eletromagnética — Onda que tem como componentes um campo elétrico e um campo magnético perpendiculares entre si.

Onda longitudinal — Onda cuja direção de propagação coincide com a direção da perturbação.

Onda transversal — Onda cuja direção de propagação é perpendicular à direção da perturbação.

Opaco — Material que não se deixa atravessar pela luz.

Ótica — Ramo da Física que estuda a luz e os fenômenos que com ela estão relacionados.

P

Período — Intervalo de tempo mínimo em que se completa um ciclo (de um fenômeno ondulatório).

pH — Medida que permite avaliar a menor ou maior acidez ou basicidade de uma solução.

Presbiopia — Vista cansada.

Produto de reação — Substância que se forma durante uma reação química.

R

Radiação — Emissão ou transmissão de energia através do espaço sob a forma de partículas e/ou ondas.

Raio luminoso — Direção retilínea segundo a qual se propaga a luz.

Reagente — Substância inicial numa reação química.

Reflexão — Situação que ocorre com os fenômenos ondulatórios e que consiste no retorno da onda quando encontra um obstáculo; traduz-se num desvio da direção de propagação da onda que continua no mesmo meio.

Refração — Situação que ocorre com os fenômenos ondulatórios e que consiste na alteração da velocidade, com consequente desvio da direção da onda, ao passar para um meio diferente do inicial.

Ressonância — Fenômeno que ocorre quando uma fonte sonora causa a vibração de uma segunda fonte sonora com a mesma frequência ou frequência múltipla e ocorre o aumento da amplitude da vibração.

Reverberação — Sensação de prolongamento da duração de um som causada pela reflexão do som em obstáculos suficientemente próximos.

Ruído — Som indesejável, com frequências diversas, sem harmonia.

S

Sonómetro — Aparelho para medir o nível de intensidade sonora.

T

Timbre — Propriedade do som que permite distinguir sons provenientes de fontes sonoras diferentes.

Tímpano — Membrana elástica que separa o ouvido médio do ouvido interno e que vibra quando é atingida por uma onda sonora.

Translúcido — Material que se deixa atravessar parcialmente pela luz.

Transparente — Material que se deixa atravessar pela luz.

U

Ultrassom — Som com frequência superior a 20 000 Hz e que não é captado pelo ouvido humano.

Unidade 1

Página 34

2. 2.1 $m_Y = 11 \text{ g}$
2.2 $m_X = 38,5 \text{ g}$
3. $m_{H_2O} = 36 \text{ g}$

Unidade 3

Página 87

5. 5.1 Ensaio A: $2,3 \text{ cm}^3/\text{s}$
Ensaio B: $1,7 \text{ cm}^3/\text{s}$

Página 90

9. 9.2 $63,6 \text{ g}$

Unidade 4

Página 102

3. 3.1 $\Delta t \approx 4,5 \text{ s}$
3.2 $d = 1566 \text{ m}$

Página 107

2. a) $T = 0,05 \text{ s}$
b) $f = 20 \text{ Hz}$
c) $\lambda = 17 \text{ m}$

Página 109

6. 6.1 $v = 340 \text{ m/s}$
6.2 $\lambda = 11,6 \text{ m}$
7. $d = 204 \text{ m}$

Unidade 5

Página 119

1. 1.2 $T \approx 0,0023 \text{ s}$

Página 131

3. $\Delta t \approx 1,5 \text{ s}$
4. 4.3 $d = 750 \text{ m}$

Página 135

11. 11.2 $f = 3 \text{ Hz}$; $T = 0,33 \text{ s}$
12. $\lambda = 0,0165 \text{ m}$
13. 13.2 $f_A = 1 \text{ Hz}$; $f_B = 2 \text{ Hz}$

Página 136

1. 1.1 $\lambda = 3,4 \text{ m}$
1.2 $f = 100 \text{ Hz}$
1.3 $v = 340 \text{ m/s}$
1.4 $d = 3400 \text{ m}$
2. 2.1 $f \approx 193 \text{ Hz}$
2.2 $\lambda \approx 7,7 \text{ m}$
4. $d = 130 \text{ m}$

Página 137

6. 6.2 6.2.3 $T = 0,16 \text{ s}$
6.2.4 $f = 6,25 \text{ Hz}$
6.2.5 $\lambda = 54,4 \text{ m}$
8. 8.1 $\lambda_A = 0,20 \text{ m}$;
 $\lambda_B = 0,20 \text{ m}$
8.2 $f = 1700 \text{ m}$

Página 138

9. a) $f = 400 \text{ Hz}$
b) $\lambda = 0,85 \text{ m}$

Página 139

13. 13.2 $v = 346 \text{ m/s}$
13.3 $3\lambda_i = \lambda_{ij}$
14. $d_{\text{obs}} = 680 \text{ m}$
15. $\Delta t \approx 2,3 \text{ s}$

Unidade 6

Página 148

2. 2.1
2.2
2.4

Página 153

7. 7.1 $300\,000 \text{ km/s}$
7.2 $T = 1,0 \times 10^6 \text{ s}$
7.3 $f = 1,0 \times 10^{-6} \text{ Hz}$

Página 154

9. 9.2 $6,15 \times 10^{14} \text{ Hz}$

Unidade 7

Página 171

6. $P_A = -2 \text{ D}$
 $P_B = 5 \text{ D}$
8. 8.3 $f = 0,5 \text{ m}$

Página 182

8. 8.2 3 m

Página 184

2. 2.5 $P = 6,7 \text{ D}$

Página 185

5. 5.1 $T = 1,8 \times 10^{-15} \text{ s}$
9. 9.1 $9,5 \times 10^{12} \text{ km}$

Fontes fotográficas

CASA DA IMAGEM

P. 74 Precipitação do iodeto de chumbo
PP. 110-111 Câmara anecoica

CORBIS

PP. 44-45 Gruta calcária
PP. 72-73 Fogo de artifício
P. 150 Quarto
P. 165 Caleidoscópio

GETTY IMAGES

P. 17 Cama de pregos
P. 74 Estalactites
PP. 92-93 Orquestra
P. 112 Cantora soprano; cantor tenor
P. 123 Carpinteiro
P. 128 Sonar; morcegos
PP. 140-141 Farol iluminado
P. 153 Laser
PP. 156-157 Balões de ar quente
P. 161 Jovem com lanterna

ISTOCKPHOTO

PP. 6-7 Jovem a segurar modelo molecular
P. 10 Balões; cascata
P. 17 Rafting
P. 47 Velas
P. 48 Ponte 25 de Abril
P. 56 Indicador universal; aparelho
medidor de pH
P. 64 Gruta; corais
P. 66 Sais de banho
P. 74 Ferrugem; explosão
P. 91 Alimentos e objetos do dia a dia
P. 94 Trânsito; cantora; pássaro; grupo
de jovens; carrossel; ondas a bater
nas rochas
P. 96 Morcegos; gato; cão
P. 102 Relâmpagos
P. 103 Ondas num lago
P. 113 Motocicleta; flautista
P. 125 Cantina de escola
P. 128 Sonar; morcegos; golfinho
P. 129 Búzio; violinistas; percussionistas
P. 139 Morcego
P. 142 Sol; candeeiro
P. 143 Sol e Lua
P. 144 Rádio; satélite; óculos de visão
noturna; câmara de esterilização;
raios X; tratamento oncológico
P. 145 Mola; onda num lago
P. 150 Janela; sala
P. 153 Vela; planeta Júpiter
P. 159 Montanhas com neve
P. 161 Bola de Natal; espelho
P. 163 Espelhos
P. 164 Telescópio
P. 165 Radar
P. 166 Palhinhas num copo
P. 169 Fotógrafo; lupa; olho de porta
P. 174 Jogo de *snooker*
P. 177 Guggenheim em Bilbao
P. 187 Utilizações de *laser*

Agradecimentos

À Escola Secundária de Mem Martins,
pelas facilidades amavelmente concedidas,
no que diz respeito à utilização do laboratório
e equipamentos para as fotografias
das atividades práticas e laboratoriais.

O Projeto **Desafios** de Ciências Físico-Químicas destinado ao 8.º ano de escolaridade,
3.º Ciclo do Ensino Básico, é uma obra coletiva, concebida e criada pelo Departamento
de Investigações e Edições Educativas da Santillana, sob a direção de Sílvia Vasconcelos.

EQUIPA TÉCNICA

Chefe de Equipa Técnica: Patrícia Boleto
Modelo Gráfico e Capa: Carla Julião
Ilustrações: Ana Mesquita, Paulo Oliveira e Sérgio Veterano
Paginação: Patrícia Boleto, Sérgio Pires e Teresa Santos
Documentalista: Luísa Rocha
Revisão: Ana Abranches e Catarina Pereira

EDITORA

Paula Inácio

CONSULTORES CIENTÍFICOS

Adriano Sampaio e Sousa — Licenciado em Engenharia Química pela Faculdade
de Engenharia da Universidade do Porto e Mestre em Física para o Ensino pela
Faculdade de Ciências da mesma universidade. Professor do Ensino Secundário,
atualmente aposentado. Assistente Convidado do Departamento de Física da Faculdade
de Ciências da Universidade do Porto durante uma década, responsável pelas cadeiras
de Didática da Física e História e Filosofia da Ciência.
Coautor de manuais escolares e do livro Ensino Experimental das Ciências — Um Guia
para Professores do Ensino Secundário. Física e Química.

Maria Filomena G. F. C. Camões — Professora Associada com Agregação
em Química da Universidade de Lisboa; Presidente da Divisão de Química Analítica
da SPQ (1999-2001); Presidente da Divisão de Química Analítica e Delegada
do «Comité on Chemical Education» da IUPAC (2012-2013).

Maria Manuela G. S. Rocha — Doutora na área de Química-Física pela Universidade
de Lisboa. Professora Auxiliar do Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade
de Ciências da Universidade de Lisboa. Membro do Conselho de Garantia da Qualidade
da UL (até 2013) e da Comissão de Avaliação Interna e de Garantia da Qualidade
da FCUL. Membro do Conselho Científico dos Mestrados em Ensino da ULisboa.

Vladimir V. Konotop — Doutor na área da Física pelo Instituto Politécnico de Kharkov
(1986). Professor Catedrático da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa desde
1999. Membro do Centro de Física Teórica e Computacional da Universidade de Lisboa
desde a sua fundação, em 2002.



© 2014

Rua Mário Castelhana, 40 – Queluz de Baixo
2734-502 Barcarena, Portugal

APOIO AO PROFESSOR

Tel.: 214 246 901
apoioaoprofessor@santillana.com

APOIO AO LIVREIRO

Tel.: 214 246 906
apoioaolivreiro@santillana.com

Internet: www.santillana.pt

Impressão e acabamento: Lidergraf

ISBN: 978-989-708-567-3

C. Produto: 411 010 604

1.ª Edição

4.ª Tiragem

Depósito Legal: 378293/14



A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.
Os prejudicados somos todos nós.