

# Isomeria

Respostas e comentários deste Tema estão disponíveis nas **Orientações para o professor**.

Você já pensou em como as substâncias com a mesma fórmula molecular podem ter comportamentos diferentes? No mundo da Química, isso é mais comum do que parece. Considere duas moléculas que parecem idênticas. Elas têm a mesma quantidade e os mesmos tipos de átomos, mas algo sutil as diferencia, fazendo com que suas propriedades e até suas aplicações sejam distintas. Esse fenômeno é chamado de isomeria.

A isomeria revela um dos aspectos mais intrigantes da Química Molecular, mostrando que pequenas mudanças na disposição dos átomos podem gerar grandes variações no comportamento de uma substância. Isso se reflete em muitos processos naturais e em produtos usados no dia a dia, como medicamentos e materiais sintéticos.

Neste Tema, serão abordados os diversos tipos de isomeria, considerando a estrutura tridimensional das moléculas e a maneira como os átomos estão ligados.

## Isomeria plana

Por volta do ano de 1820, o químico alemão Justus von Liebig (1803-1873) investigou o fulminato de prata, uma substância explosiva, e determinou sua fórmula molecular ( $\text{AgCNO}$ ). Nessa mesma época, Friedrich Wöhler, seu compatriota, estudava outra substância, o cianato de prata, que tem a mesma fórmula molecular ( $\text{AgCNO}$ ), mas não apresentava comportamento explosivo.

A Ciência da época considerava que as propriedades de uma substância estavam diretamente ligadas à sua composição química. Portanto, a ideia de que duas substâncias tão diferentes tivessem a mesma fórmula parecia absurda, levando a crer que um dos dois cientistas estivesse equivocado.

Foi o químico sueco Jöns Jacob Berzelius quem ajudou a esclarecer essa questão. Ao analisar os dados de Liebig e Wöhler, assim como de outros cientistas que também haviam obtido resultados intrigantes do mesmo tipo, Berzelius concluiu que as substâncias com a mesma fórmula molecular poderiam ter estruturas diferentes. Para explicar essa descoberta, ele cunhou o termo **isomeria**, que em grego significa “mesma composição” (*iso*) e “partes” (*meros*).

Assim, a isomeria ocorre quando duas ou mais substâncias têm os mesmos átomos em suas fórmulas, mas eles estão organizados de maneiras distintas. Essas substâncias, chamadas **isômeros**, apresentam propriedades diferentes justamente por causa dessas variações na disposição dos átomos, ainda que suas fórmulas moleculares sejam idênticas.

A isomeria pode ser dividida em dois grupos principais: a plana e a espacial. Esses tipos de isomeria, por sua vez, são divididos em subgrupos.

A isomeria plana, também chamada de constitucional, é dividida em cinco classes: isomeria de função; isomeria de cadeia; isomeria de posição; isomeria de compensação; e tautomeria.

REFLITA

Não  
escreva  
no livro.

Com base no que estudou até agora, sugira uma maneira de distinguir moléculas que apresentam a mesma fórmula molecular, mas são diferentes.

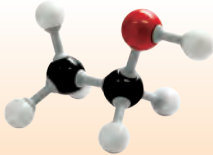
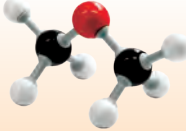
- ▶ Na indústria farmacêutica, a existência de isômeros é um fator que influencia na produção de um medicamento.

## ● Isomeria de função

Na **isomeria de função**, as substâncias apresentam a mesma fórmula molecular, mas pertencem a funções orgânicas diferentes.

Para exemplificá-la, analise os isômeros a seguir.

### Exemplo de isômeros de função

	Substância 1	Substância 2
<b>Fórmula molecular</b>	$C_2H_6O$	$C_2H_6O$
<b>Fórmula condensada</b>	$H_3CCH_2OH$	$H_3COCH_3$
<b>Função orgânica</b>	Álcool	Éter
<b>Nome</b>	Etanol	Dimetil éter
<b>Fórmula estrutural tridimensional (imagens sem escala; cores fantasia).</b>		

CHARLES KNOWLES/SHUTTERSTOCK.COM

As esferas pretas representam átomos de carbono, as esferas brancas, átomos de hidrogênio, e as esferas vermelhas, átomos de oxigênio.

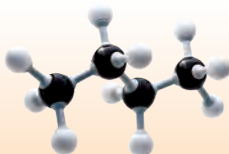
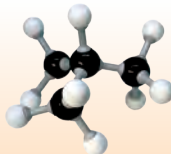
Um dos isômeros é um álcool, e o outro é um éter. As diferenças estruturais de cada molécula, que resultam em diferentes interações intermoleculares, conferem propriedades físico-químicas distintas às substâncias.

## ● Isomeria de cadeia

Na **isomeria de cadeia**, as substâncias têm a mesma fórmula molecular e a mesma função orgânica, mas apresentam cadeias carbônicas diferentes.

Para exemplificá-la, analise os isômeros a seguir.

### Exemplo de isômeros de cadeia

	Substância 1	Substância 2
<b>Fórmula molecular</b>	$C_4H_{10}$	$C_4H_{10}$
<b>Fórmula condensada</b>	$H_3CCH_2CH_2CH_3$	$H_3CCH(CH_3)CH_3$
<b>Função orgânica</b>	Hidrocarboneto	Hidrocarboneto
<b>Nome</b>	Butano	Metilpropano
<b>Fórmula estrutural tridimensional (imagens sem escala; cores fantasia).</b>		

JEFFREY RASMUSSEN/SHUTTERSTOCK.COM;  
ALEXANDER CZARNIOBA/SHUTTERSTOCK.COM

As esferas pretas representam átomos de carbono, e as esferas brancas, átomos de hidrogênio.

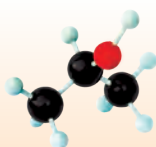
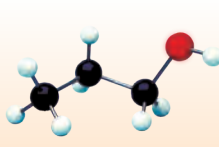
Ambos os isômeros são hidrocarbonetos que diferem em relação à cadeia carbônica. O butano é uma substância de cadeia aberta e normal, enquanto o metilpropano é um hidrocarboneto de cadeia aberta e ramificada. Essas diferenças na cadeia carbônica conferem diferentes propriedades físico-químicas aos isômeros.

## ● Isomeria de posição

Na **isomeria de posição**, as substâncias apresentam a mesma fórmula molecular e a mesma função orgânica, mas diferem na posição em que o grupo funcional está ligado à cadeia carbônica.

Para exemplificá-la, analise os isômeros a seguir.

### Exemplo de isômeros de posição

	Substância 1	Substância 2
Fórmula molecular	$C_3H_8O$	$C_3H_8O$
Fórmula condensada	$H_3CCH(OH)CH_3$	$H_3CCH_2CH_2OH$
Função orgânica	Álcool	Álcool
Nome	Propan-2-ol	Propan-1-ol
Fórmula estrutural tridimensional (imagens sem escala; cores fantasia).		

JURIAAN WOSSINK/LAMY/FOTORENA;  
SCIENCEPHOTOS/ALAMY/FOTORENA

As esferas pretas representam átomos de carbono, as esferas brancas, átomos de hidrogênio, e as esferas vermelhas, átomos de oxigênio.

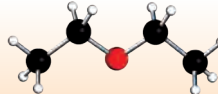

Ambas as substâncias apresentadas são álcoois. Porém, note que o propan-1-ol apresenta o grupo funcional ligado a um carbono primário (carbono que se liga somente a outro átomo de carbono), enquanto no propan-2-ol a hidroxila está ligada a um carbono secundário (carbono que se liga a dois outros átomos de carbono).

## ● Isomeria de compensação

Na **isomeria de compensação**, também chamada de **metameria**, os isômeros diferem em relação à posição do heteroátomo, ou seja, do átomo diferente de carbono presente na cadeia carbônica. Essa situação pode ser interpretada como um caso específico de isomeria de posição.

Para exemplificá-la, analise os isômeros de fórmula molecular  $C_4H_{10}O$  a seguir.

### Exemplo de isômeros de compensação

	Substância 1	Substância 2
Fórmula molecular	$C_4H_{10}O$	$C_4H_{10}O$
Fórmula condensada	$H_3CCH_2OCH_2CH_3$	$H_3COCH_2CH_2CH_3$
Função orgânica	Éter	Éter
Nome	Dietil éter	Metil propil éter
Fórmula estrutural tridimensional (imagens sem escala; cores fantasia).		

LUIS MOURA

As esferas pretas representam átomos de carbono, as esferas brancas, átomos de hidrogênio, e as esferas vermelhas, átomos de oxigênio.

Note que ambas as substâncias são éteres de mesma fórmula molecular. Porém, analisando as fórmulas estruturais tridimensionais, pode-se verificar que o heteroátomo – átomo de oxigênio – está localizado em posições diferentes em cada molécula.

## ● Tautomeria

A **tautomeria** pode ser considerada um caso particular de isomeria de função, na qual os isômeros coexistem em equilíbrio dinâmico. No Tema anterior, foi estudado um exemplo, o equilíbrio entre enóis e cetonas ou entre enóis e aldeídos.

Na tautomeria, diferentemente do que ocorre na isomeria de função, as substâncias diferentes existem em equilíbrio.

## ● Isomeria espacial

Na isomeria espacial, a diferença entre os isômeros não está na ligação entre os átomos, como ocorre na isomeria plana, e sim na disposição espacial desses átomos na estrutura das moléculas.

Há dois tipos de isomeria espacial: isomeria geométrica e isomeria óptica.

### REFLITA

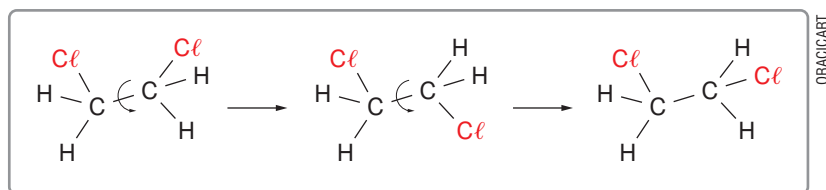
2

Como é possível diferenciar um objeto simétrico de um objeto assimétrico?

Não escreva no livro.

## ● Isomeria geométrica

Considere a fórmula estrutural da substância 1,2-dicloroetano representada a seguir.

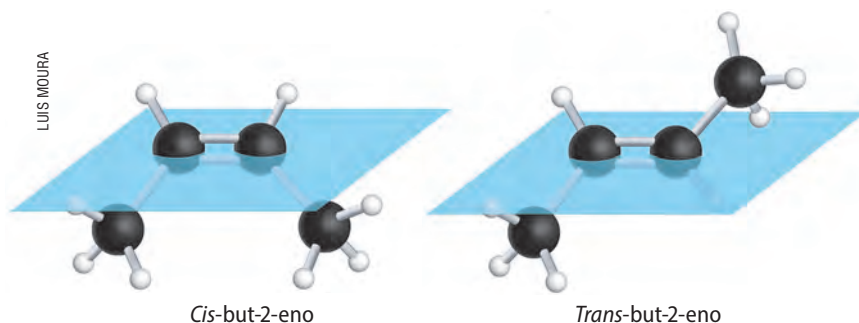


Note que a ligação simples entre os átomos de carbono permite a livre rotação da molécula no eixo da ligação. A energia necessária para que ocorra uma rotação em torno do eixo de uma ligação simples carbono-carbono é relativamente pequena, portanto os carbonos dessas ligações podem rotar livremente, mesmo à temperatura ambiente. Nesse caso, as diferentes fórmulas estruturais representam a mesma substância.

Esses arranjos tridimensionais possíveis, que se convertem um no outro, de modo contínuo e espontâneo, são denominados **isômeros conformacionais** ou **rotâmeros** e apresentam energias potenciais diferentes entre si.

Quando há uma ligação dupla entre os átomos de carbono, no entanto, essa rotação livre no eixo da ligação não é mais permitida. A energia necessária para que ocorra uma rotação em torno do eixo de uma ligação dupla  $C = C$  é alta, logo não é possível o intercâmbio entre uma configuração e outra.

Para facilitar a compreensão desse impedimento de rotação causado pela ligação dupla, analise a seguir duas representações da molécula do but-2-eno. Note como a ligação dupla entre os carbonos possibilita dois arranjos possíveis para os grupos metil ( $—CH_3$ ). Essas duas estruturas representadas, uma denominada *cis*, e a outra, *trans*, por não poderem ser convertidas uma na outra de modo espontâneo, constituem substâncias diferentes, com propriedades físico-químicas distintas. Esse é um exemplo de isomeria geométrica.



Cis-but-2-eno

Trans-but-2-eno

► Representação das moléculas de *cis*-but-2-eno e de *trans*-but-2-eno, nas quais as esferas pretas representam átomos de carbono, e as esferas brancas, átomos de hidrogênio. Os paralelogramos azuis representam planos imaginários que auxiliam na compreensão da diferença entre os arranjos tridimensionais dos dois isômeros (imagens sem escala; cores fantasia).

Os termos *cis* e *trans* são utilizados como prefixos na nomenclatura de isômeros geométricos que se diferenciam pela posição de átomos ou grupos de átomos em relação a um plano imaginário. *Cis* vem do latim e significa “deste lado”. É utilizado quando os átomos ou os grupos de átomos iguais se encontram de um mesmo lado do plano. *Trans* também vem do latim e significa “através”. É utilizado quando os átomos ou os grupos de átomos iguais se encontram em lados opostos do plano.

A isomeria *cis-trans* acíclica é característica dos alcenos ou de seus derivados e ocorre apenas quando cada átomo de carbono está ligado a um átomo de hidrogênio e a um substituinte R.

De forma geral, as diferenças de propriedades físicas, como temperatura de ebulição, são pequenas entre esses isômeros, podendo aumentar com a presença de grupos polares.

## FORMAÇÃO CIDADÃ

### A Química na alimentação saudável

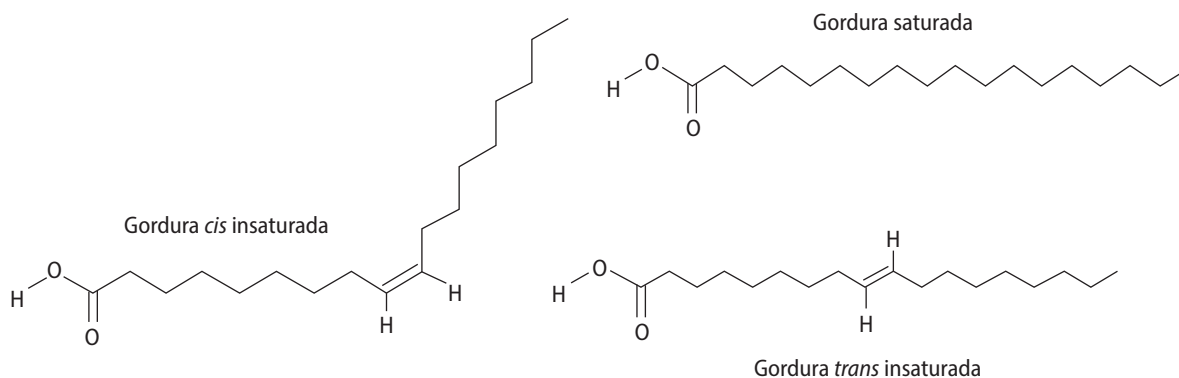
Leia as informações a seguir e responda às atividades.

#### Gorduras *trans*

Você já se perguntou o que realmente são as gorduras *trans*? Para entender essa questão, é preciso saber que as gorduras podem ser classificadas em dois tipos principais: saturadas, com ligações simples entre os átomos de carbono, e insaturadas, com uma ligação dupla ou mais entre os carbonos. No caso das gorduras insaturadas, há duas configurações distintas de isomeria geométrica: *cis* e *trans*.

Quando as gorduras são do tipo *cis*, as moléculas têm uma forma não linear, o que facilita sua degradação no organismo. Já as gorduras *trans* têm uma estrutura linear e rígida, que as torna mais difíceis de serem processadas pelo corpo e favorece seu acúmulo nos vasos sanguíneos.

De modo geral, quanto maior for o número de insaturações, menor será a superfície de contato, e mais fracas serão as interações intermoleculares entre as cadeias, reduzindo assim a chance de acúmulo de gordura nos vasos sanguíneos.



ALEX SILVA



Apesar de as gorduras *trans* serem raras na natureza, elas são amplamente produzidas pela indústria alimentícia para modificar a textura e a durabilidade de alimentos industrializados, como margarinas, biscoitos, salgadinhos e *fast foods*. O consumo dessas gorduras é bastante associado a problemas de saúde, como o aumento do colesterol ruim (LDL), a redução do colesterol bom (HDL) e o aumento do risco de doenças cardiovasculares e de diabetes.

Por isso, é sempre uma boa prática verificar os rótulos dos alimentos quando for comprá-los. Aqueles que indicam 0% de gorduras *trans* e não apresentam o aviso de alto teor de gorduras saturadas podem ser opções mais saudáveis para o dia a dia.

### Alimentos orgânicos

[...]

O produtor orgânico se dedica muito para poder entregar produtos com grande valor nutricional e livres de contaminação por agrotóxicos, medicamentos veterinários, transgênicos e tudo mais que possa pôr em risco a saúde das pessoas, dos animais e do meio ambiente.

Ao adquirir produtos orgânicos, o consumidor leva para casa alimentos saudáveis, cultivados em sistemas produtivos livres de agrotóxicos e materiais sintéticos e contribui para o fortalecimento de um novo modelo de produção agropecuária e agroindustrial, em que se leva em conta diversas questões fundamentais à sobrevivência do planeta, como, por exemplo, a manutenção da quantidade e qualidade da água e a manutenção da biodiversidade. A sobrevivência e a qualidade de vida das gerações futuras dependem fundamentalmente de nossas práticas produtivas e de nossos hábitos de consumo.

[...]

BRASIL. Ministério da Saúde. **O que são alimentos orgânicos**. Brasília, DF: MS, 26 jan. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-brasil/eu-que-ro-me-alimentar-melhor/noticias/2017/o-que-sao-alimentos-organicos>. Acesso em: 14 out. 2024.

Informação Nutricional		
Porção 50 g (2 fatias)		
Quantidade por Porção		% VD (*)
Valor energético	120 kcal = 504 kJ	6
Carboidratos	19 g	6
Proteínas	6,1 g	8
Gorduras totais	2,1 g, das quais:	4
gorduras saturadas	0,6 g	3
gorduras <i>trans</i>	0 g	(**)
gorduras monoinsaturadas	0,6 g	(**)
gorduras poliinsaturadas	0,9 g	(**)
colesterol	0 mg	(**)
Fibra alimentar	2,3 g	9
Sódio	144 mg	6

(\*) % Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8.400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas. (\*\*) VD não estabelecido.

► Desde 2006, os fabricantes precisam especificar na embalagem a quantidade de gordura *trans* contida nos alimentos, aqueles com alto teor devem conter aviso.



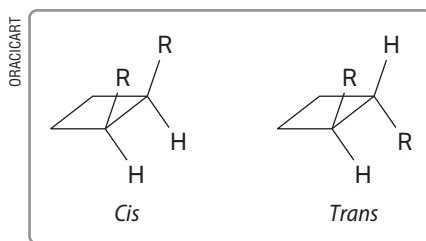
► Horta agroecológica de produtos orgânicos em Quatro Barras (PR), 2023.

### Atividades

Não escreva no livro.

1. Pesquise quais alimentos contêm gorduras saturadas, insaturadas *trans* e insaturadas *cis*.
2. Você sabe o que é um alimento orgânico? Já comeu algum?
3. Como é possível identificar um alimento orgânico?
4. Pesquise locais de venda de alimentos orgânicos em sua cidade e converse com seus familiares ou responsáveis sobre a possibilidade de substituir os alimentos não orgânicos consumidos em sua residência por alimentos orgânicos, além de evitar comprar alimentos ricos em gorduras saturadas e gorduras *trans*.

A isomeria *cis-trans* também ocorre quando a ligação simples entre dois carbonos não pode girar livremente, pois esses carbonos fazem parte de uma cadeia cíclica. Nesse caso, há isomeria *cis-trans* cíclica. Acompanhe um exemplo de um derivado genérico do ciclobutano cujas moléculas estão representadas a seguir.

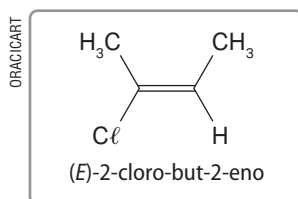


Analisando as duas representações, nota-se que a posição das ligações do ciclobutano com os grupos substituintes R em relação aos outros átomos da molécula não pode ser alterada, resultando em duas substâncias distintas. Nesse caso também, quando os substituintes R estão do mesmo lado, o isômero é denominado *cis*; quando estão em lados opostos, o isômero é denominado *trans*.

## Isomeria E/Z

As regras utilizadas na isomeria *cis-trans* não são suficientes para contemplar casos em que há mais de um substituinte em pelo menos um dos carbonos da ligação dupla.

Acompanhe o exemplo a seguir.

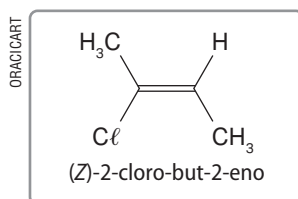


Na molécula representada, cada átomo de carbono da ligação dupla apresenta dois substituintes. Nesse caso, não é possível definir se um isômero apresenta a configuração *cis* ou *trans*, pois os substituintes são diferentes. Para isso, uma nova classificação foi estabelecida, utilizando os prefixos **E**- (do termo em alemão *entgegen*, que significa "opostos") e **Z**- (do termo em alemão *zusammen*, que significa "juntos").

Para definir qual prefixo será atribuído a cada isômero deve-se identificar os grupos substituintes de maior prioridade. Isso é feito com base nos números atômicos dos átomos ligados a cada átomo de carbono da ligação dupla. Caso os substituintes com maior número atômico estejam do mesmo lado, é atribuído o prefixo **Z**- ao isômero. Caso estejam em lados opostos, é atribuído o prefixo **E**-.

Na representação anterior, para o carbono do lado esquerdo da ligação dupla, os substituintes são o grupo metil e o cloro. Entre eles, define-se como substituinte principal o cloro, pois seu número atômico ( $Z = 17$ ) é maior do que o do carbono ( $Z = 6$ ). No carbono do lado direito da ligação dupla, estão ligados um átomo de hidrogênio e um grupo metil. Nesse caso, o carbono é prioridade em relação ao hidrogênio. Logo, os substituintes com maior número atômico, ou seja, maior prioridade, estão em lados opostos, e o isômero representado é o **E**.

De maneira análoga, o isômero **Z** pode ser representado pela seguinte fórmula estrutural.

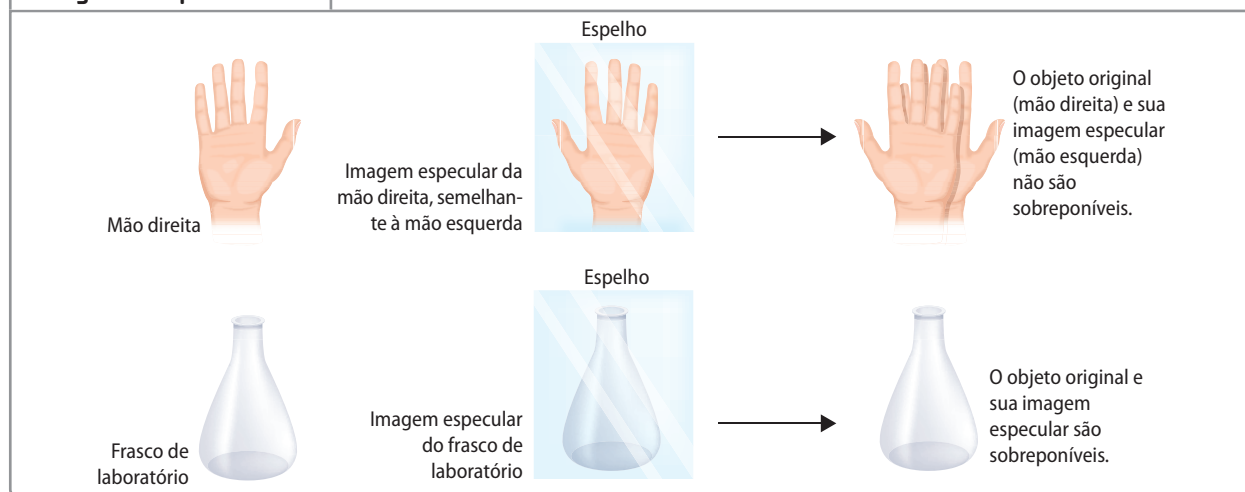


## ● Isomeria óptica

Ao analisar as mãos, pode-se verificar que uma é a imagem especular da outra. No entanto, as mãos não são simétricas, ou seja, não existe um plano imaginário capaz de dividi-las em duas partes iguais. Além disso, elas não são sobreponíveis.

Por outro lado, quando é possível existir um plano imaginário que divida um objeto em duas partes iguais, diz-se que ele é simétrico.

### Imagens especulares

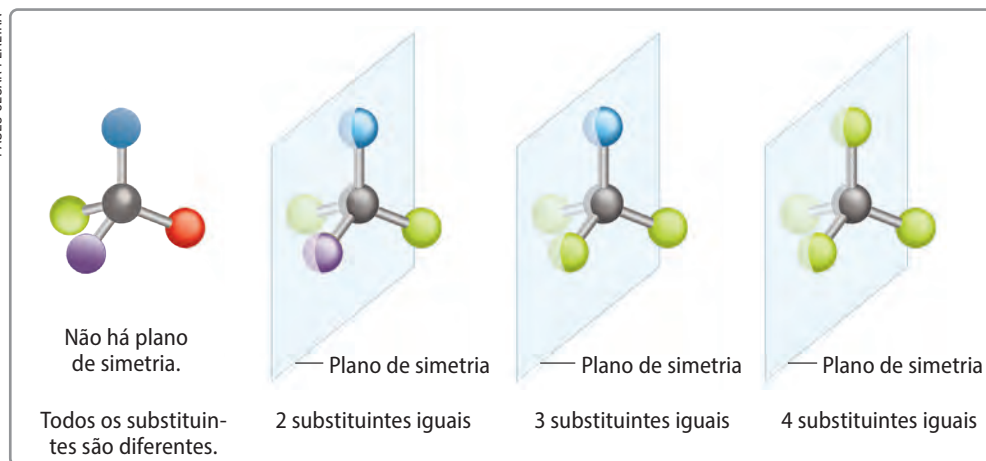


ALEX ARGÖZINO

► Representação de imagens especulares e plano de simetria (imagens sem escala; cores fantasia).

Esses conceitos de simetria e assimetria podem ser utilizados para verificar se uma molécula apresenta isômeros ópticos. Se uma molécula for simétrica, ela e sua imagem especular serão sobreponíveis. Caso contrário, elas não serão sobreponíveis.

Considere uma molécula simples, formada por um átomo de carbono e quatro substituintes, e um plano imaginário que a atravesse, dividindo-a em duas partes, como mostra a representação a seguir.



► Representação de quatro moléculas simples, formadas por um átomo de carbono (esfera preta) e quatro substituintes genéricos (demais esferas coloridas), e de planos imaginários que as atravessam (imagens sem escala; cores fantasia).

Note que, quando os quatro substituintes são diferentes, não há plano de simetria, pois a molécula não é dividida em duas partes iguais. Pode-se concluir, portanto, que essa molécula não é sobreponível à sua imagem especular e deve apresentar, por isso, isômero óptico.

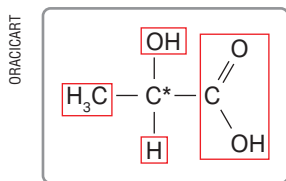
Os isômeros que são imagem especular um do outro, mas não são sobreponíveis, são denominados **enantiômeros**, ou **isômeros ópticos**.



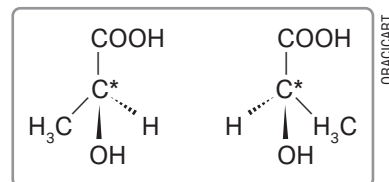
## Quiralidade

A propriedade que permite a ocorrência de isomeria óptica é a **quiralidade** do átomo de carbono. Um carbono assimétrico ou quiral apresenta quatro ligantes diferentes entre si. Em representações de moléculas orgânicas, é indicado por meio de um asterisco.

O carbono quiral do ácido 2-hidroxiopropanoico (ácido láctico) está representado a seguir.



Note que o carbono quiral (C\*) apresenta quatro ligantes diferentes. Por existir um carbono quiral na estrutura da molécula, existirá um par de enantiômeros que são imagens especulares um do outro e não são sobreponíveis.



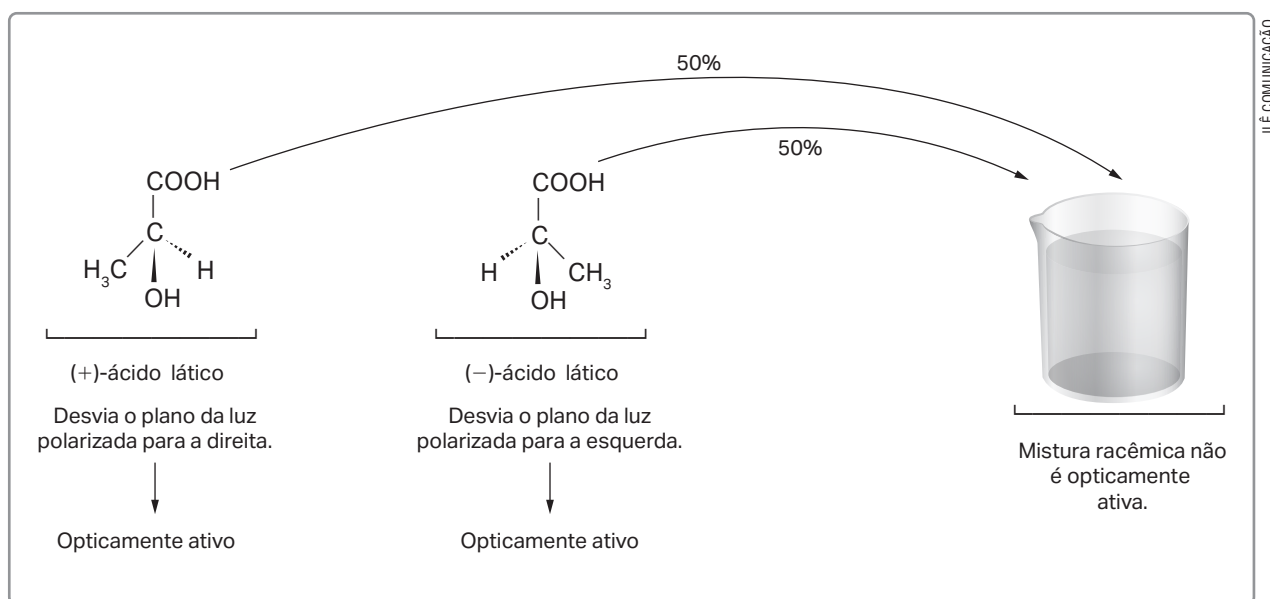
► Representação do ácido 2-hidroxiopropanoico e de sua imagem especular.

## Propriedade dos enantiômeros

Os isômeros ópticos são substâncias diferentes que apresentam as mesmas propriedades físico-químicas, não sendo possível diferenciá-las, por exemplo, por temperatura de fusão, ebulição ou densidade. A única propriedade que diferencia os enantiômeros é a capacidade de desviar o plano de luz polarizada.

Enquanto um isômero óptico desvia a luz polarizada para a direita (sentido horário; usa-se o sinal de positivo entre parênteses), sendo denominado dextrogiro, o outro a desvia para o lado esquerdo (sentido anti-horário; usa-se o sinal de negativo entre parênteses), denominado levogiro. Esses enantiômeros são classificados como **ópticamente ativos**. A mistura formada por quantidades equimolares de dois isômeros ópticos é chamada de **mistura racêmica** e não apresenta atividade óptica, sendo, portanto, opticamente inativa.

Analise as informações de uma possível mistura racêmica de ácido láctico.



► Representação de formação de mistura racêmica de ácido láctico (imagem sem escala; cores fantasia).

## ALGO A +

## A isomeria óptica e a atividade biológica

Além de desviar a luz polarizada, os enantiômeros geralmente exibem propriedades biológicas diferentes, interagindo de forma distinta com as moléculas em organismos vivos, como as enzimas. Isso é particularmente relevante em fármacos que têm enantiômeros, pois há casos em que um deles é responsável pelo efeito terapêutico, enquanto o outro pode ser biologicamente inativo ou, em alguns casos, causar efeitos adversos prejudiciais ao organismo.

Um exemplo notório desse fenômeno ocorreu na década de 1950 com o medicamento talidomida, administrado a mulheres grávidas para aliviar o enjoo matinal. Na época, não se sabia que apenas um dos enantiômeros da talidomida tinha efeito terapêutico, enquanto o outro era teratogênico, ou seja, causava malformações nos fetos.

Esse episódio destacou a importância de compreender as ações individuais de cada enantiômero em fármacos, garantindo que apenas o isômero com o efeito desejado seja administrado, evitando potenciais danos à saúde.

STIRNBERG, Bonifatius. [Vítimas da talidomida]. 2012. 2 esculturas, bronze.

► As esculturas em memória das vítimas estão expostas em Stolberg (Alemanha).

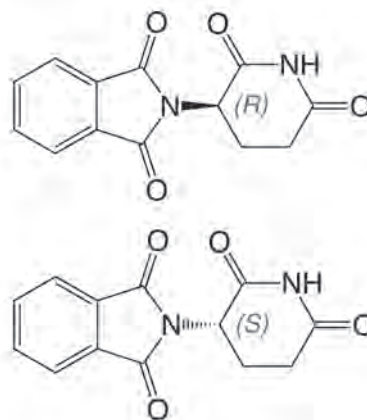


DPA PICTURE ALLIANCE ARCHIVE/ALAMY/FOTOARENA

## Atividades

Não escreva no livro.

1. A princípio, a isomeria pode parecer um conceito puramente teórico, restrito ao campo da Química. No entanto, para entender melhor sua importância prática, faça uma pesquisa na internet usando as palavras-chave: enantiômeros e talidomida.
2. A talidomida é uma substância orgânica que foi inicialmente desenvolvida para ser usada como sedativo e anti-inflamatório. Ela foi administrada a mulheres gestantes, porém a talidomida tem isômeros com diferentes efeitos: a (R)-talidomida tem efeito calmante, enquanto a (S)-talidomida é teratogênica.
  - a) Faça uma pesquisa sobre efeitos teratogênicos e a história da talidomida. Em seguida, junte-se a um ou dois colegas para produzir um folheto informativo do assunto, mostrando como o conhecimento científico, em particular em isomeria, poderia ter evitado as más-formações ocorridas nas vítimas da talidomida.
  - b) Com base nas estruturas dos dois isômeros da talidomida, indique qual é o tipo de isomeria que há entre eles.



DR. PIERRE-ALAIN BURNOUF/SHUTTERSTOCK.COM

3. Durante a prática intensa de atividade física, o corpo pode produzir ácido láctico, que, em quantidades elevadas, pode causar dores e fadiga muscular. O ácido láctico existe em duas formas isoméricas: (+)-ácido láctico e o (–)-ácido láctico.
  - a) Qual deve ser o comportamento de um feixe de luz polarizada ao interagir com cada um desses isômeros?
  - b) Pesquise por que a prática de musculação pode levar à formação de ácido láctico no organismo.

# Polímeros

Respostas e comentários deste Tema estão disponíveis nas **Orientações para o professor**.

Você já se perguntou sobre como materiais tão distintos, como plásticos, borrachas e fibras, podem ter algo em comum? Eles fazem parte de um grupo de materiais chamados polímeros, que estão presentes em muitos objetos do dia a dia, desde os mais simples até os mais complexos. A descoberta e o desenvolvimento dos polímeros transformaram a sociedade moderna, e eles se tornaram essenciais em diversos setores, como na indústria, na medicina e na tecnologia.

Os polímeros são usados em embalagens, roupas, componentes de automóveis e até em dispositivos médicos, mostrando sua versatilidade e importância. Eles podem ser naturais, como a celulose e a borracha, ou sintéticos, como o náilon e o polietileno, encontrados em objetos comuns, como sacolas plásticas e roupas esportivas. Esses materiais são fundamentais para a fabricação de produtos leves, duráveis e de baixo custo.

Ao longo deste Tema, serão abordados os polímeros e algumas de suas aplicações.

► Os polímeros revolucionaram a sociedade moderna. Em pouco menos de um século, tornaram-se matéria-prima indispensável para uma série de indústrias e, ao mesmo tempo, um problema ambiental sistêmico.

## REFLITA

Não escreva no livro.

- 1 Existe um tamanho máximo que as moléculas podem ter?

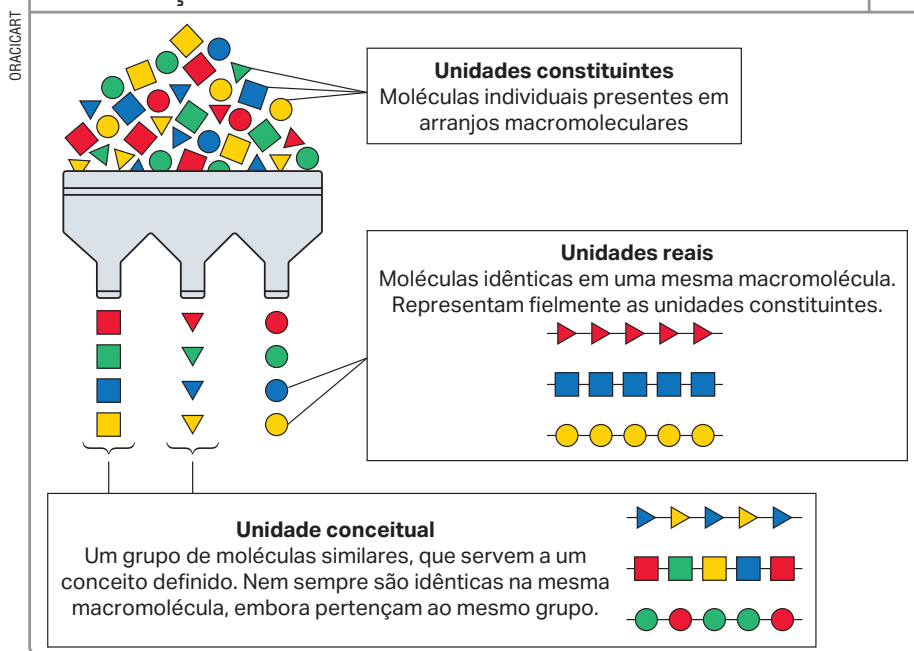
## Unidades constituintes

Na década de 1920, o químico alemão Hermann Staudinger (1881-1965) sugeriu, com base nos postulados apresentados por August Kekulé no século anterior, que deveria haver moléculas formadas por milhares de átomos ligados uns aos outros. Essa hipótese não foi prontamente aceita pela comunidade científica da época. No entanto, com as evidências experimentais obtidas por ele e outros cientistas, comprovou-se que essas moléculas de fato existiam.

A partir dessa época, desenvolveu-se um ramo de estudo da Química que hoje é essencial para a sociedade: a química das **macromoléculas**.

Essa classificação compreende grandes estruturas, de alta massa molecular, formada pela repetição de unidades constituintes menores, de baixa massa molecular. De acordo com a IUPAC, essas unidades podem ser **conceituais** ou **reais**.

## Classificação de unidades constituintes de macromoléculas



A definição apresentada neste livro para polímeros é a utilizada pela IUPAC. Apesar disso, a classificação dos polímeros como substâncias é discutível. Isso porque as moléculas de um polímero não têm uma quantidade fixa de unidades; logo, também não têm massa atômica e fórmula química exatas. Assim, é comum considerar os polímeros como materiais, já que são formados por misturas de macromoléculas muito parecidas, mas que diferem em tamanho.

► Representação esquemática de unidades constituintes de macromoléculas (imagem sem escala; cores fantasia).

Assim, pode-se dizer que os **polímeros** são macromoléculas formadas de unidades reais. Já os **biopolímeros** são macromoléculas formadas de unidades conceituais.

A repetição de unidades reais nas macromoléculas confere aos polímeros propriedades que se mantêm estáveis, mesmo com algumas variações ou remoções de unidades estruturais. Em outras palavras, a repetição de unidades reais nos polímeros garante que suas características não sejam facilmente alteradas por pequenas modificações na estrutura.

Nos biopolímeros, no entanto, a lógica é diferente. Mesmo pequenas alterações nas unidades conceituais, determinadas por sequências específicas, podem interferir em suas funções. Isso ocorre porque o arranjo exato das unidades conceituais define características essenciais para suas funções biológicas.

## Materiais poliméricos

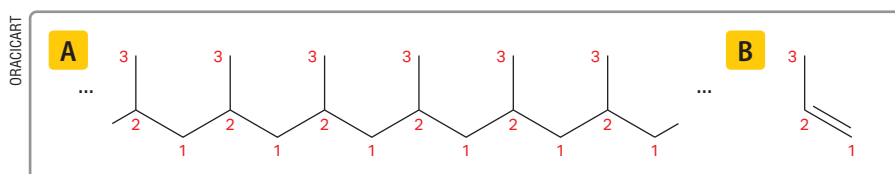
Os polímeros não são definidos pelo tamanho de suas moléculas, já que ele nem sempre é conhecido. Uma das dificuldades de conhecê-lo está relacionado ao fato de que o tamanho da molécula não é constante nos materiais. Dessa forma, para descrever a estrutura de um polímero, é preciso, primeiramente, saber de qual substância ele é formado. Essa substância é chamada de **monômero**.

O polipropileno, um dos polímeros produzidos em maior quantidade no mundo, é formado de monômeros de propileno (nomenclatura alternativa do propeno) e tem a seguinte estrutura.

## REFLITA

Não escreva no livro.

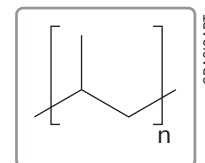
- 2 Se os plásticos são tão necessários, como utilizá-los de modo a minimizar os danos causados ao ambiente?



► Representação estrutural do polipropileno (A), um polímero formado por monômeros de propileno (B).

A utilização das reticências em ambos os extremos da cadeia polimérica, como a ilustrada anteriormente, indica que existem outras ligações nesses átomos, seguindo o padrão apresentado. Essa representação pode ser simplificada, como indicado a seguir.

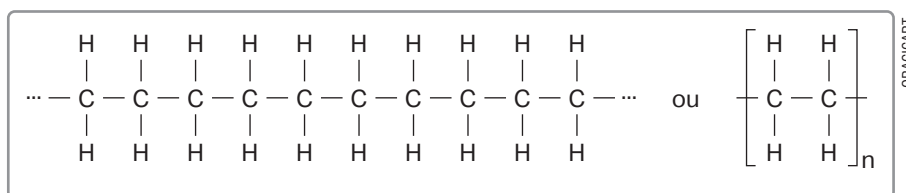
Na representação,  $n$  indica que há uma repetição de  $n$  vezes desse monômero.



## ● Estrutura de materiais poliméricos

Os materiais poliméricos podem ter diferentes estruturas moleculares. Essas estruturas são tão importantes para as propriedades dos materiais quanto os monômeros que lhes dão origem. Os polímeros mais simples são formados por macromoléculas que têm monômeros ligados uns aos outros apenas em uma direção, sendo chamados de **lineares**.

O exemplo mais simples de polímero linear é o polietileno (PE), cuja estrutura é representada a seguir.



As cadeias poliméricas podem ser **ramificadas**, como no polipropileno, apresentado anteriormente.

Outras arquiteturas possíveis são os **polímeros bidimensionais** ou **tridimensionais**, em que a própria cadeia cresce em diferentes direções.

Além da variada arquitetura das macromoléculas, sua organização em um material polimérico pode ocorrer de maneiras distintas. A mais simples é um **alinhamento paralelo** entre as cadeias, que não cruzam umas com as outras. Já um **alinhamento entrelaçado** entre as cadeias resulta em polímeros menos flexíveis quando comparados àqueles cujas cadeias têm alinhamento paralelo.

As estruturas entrelaçadas são mantidas pelas interações de Van der Waals entre as cadeias, que, além de afetarem a flexibilidade, influenciam outras propriedades, como a viscosidade do polímero no estado líquido.

Além de cadeias poliméricas entrelaçadas, existem polímeros em que as cadeias se ligam covalentemente, processo denominado **vulcanização** e utilizado principalmente na produção de borrachas para conferir a elas maior resistência e elasticidade. Esse processo será estudado mais adiante neste Tema.

## ● Nomenclatura dos polímeros

Os polímeros podem ser nomeados segundo três critérios: o nome tradicional, a denominação com base nos monômeros de origem e a designação de acordo com a estrutura da macromolécula. No primeiro caso, utilizam-se os nomes comuns dos monômeros, e não os nomes sistemáticos (por exemplo, vinil, e não etenil). A atribuição dos nomes com base nos monômeros ou na macromolécula segue a regra fundamental de nomenclatura: não pode haver ambiguidade.



Todos os nomes começam com o prefixo **poli-**, que indica a repetição de várias unidades. Se necessário, o nome após o prefixo é colocado entre parênteses para indicar claramente a unidade repetidora. Muitas vezes, é utilizada apenas a sigla do polímero, derivada da designação tradicional em inglês.

Como os nomes sistemáticos são relativamente complicados, mesmo para os polímeros mais simples, neste livro, serão usados os tradicionais, que também são os mais empregados.

#### Nomes de alguns polímeros comuns

Sigla	Nome tradicional	Nome com base na macromolécula	Nome com base nos monômeros
PE	Polietileno	Poli(metileno)	Polieteno
PP	Polipropileno	Poli(1-metiletano-1,2-di-il)	Polipropeno
PS	Poliestireno	Poli(1-feniletano-1,2-di-il)	Poli(etnilbenzeno) ou poli(vinilbenzeno)
PVC	Policloreto de vinila	Poli(1-cloroetano-1,2-di-il)	Poli(cloroeteno)
PVAc	Poliacetato de vinila	Poli(1-acetoxietano-1,2-di-il)	Poli(etanoato de etenila)
PTFE	Politetrafluoretileno	Poli(difluormetileno)	Poli(tetrafluoroeteno)

Fonte: INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. **Compendium of polymer terminology and nomenclature:** IUPAC recommendations 2008. Cambridge: RSC Publishing, 2009. p. 260, 405. Tradução nossa.

## ● Propriedades mecânicas dos polímeros

A ampla variedade de polímeros possibilita a disponibilidade de adesivos específicos que se adéquam a vários materiais diferentes, como papéis, madeiras, tecidos, metais, plásticos e outros polímeros.

A maioria das colas utilizadas é à base de polímeros. Nas colas brancas, a adesão entre duas superfícies ocorre após a evaporação do solvente, a água. Nas colas instantâneas, a polimerização dos monômeros acontece quando eles entram em contato com a umidade do ar. As colas epóxi funcionam pela aplicação de duas substâncias, vendidas separadamente, uma contém o monômero, e a outra promove a polimerização. As colas quentes, por outro lado, são vendidas previamente polimerizadas, porém são fundidas durante a aplicação e se solidificam em sua nova forma.

Uma das revoluções tecnológicas pela qual a sociedade passou no século passado foi a expansão da utilização de moldes para objetos de diversos tamanhos e de várias formas. Assim, muitos objetos e ferramentas que eram feitos artesanalmente, utilizando-se madeira e metal, passaram a ser feitos de polímeros, entre os quais os plásticos.

Os plásticos são materiais que podem ser moldados por calor ou por compressão. A maioria deles é feita de polímeros sintéticos, embora haja também alguns feitos de substâncias naturais.

## SOBRE

Em Química, o termo **plasticidade** se refere à capacidade de um material sólido se deformar irreversivelmente sob pressão, sem se romper.

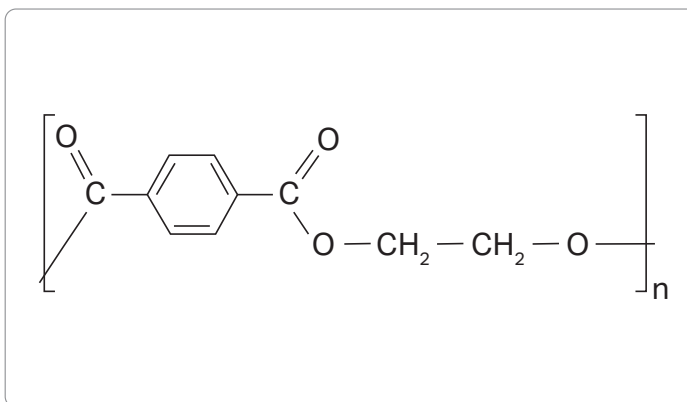
A produção de objetos utilizando plásticos pode ser feita em escala maior e em tempo menor se comparada aos processos que não utilizam esse tipo de material, o que diminui os custos de fabricação. A característica fundamental dos plásticos é a **plasticidade**.

No entanto, nem todos os plásticos têm alta plasticidade. Muitos só são moldáveis quando fundidos, possibilitando sua distribuição em um molde.

Quando a natureza do polímero só permite que ele passe por esse processo uma única vez, ele é classificado como **termofixo**. Esses materiais se decompõem quando se fundem uma segunda vez. Em contrapartida, aqueles que podem ser aquecidos e moldados mais vezes são classificados como **termoplásticos**.



- Na fabricação de garrafas PET, pequenos tubos espessos são colocados em um molde e preenchidos com ar quente. No destaque, a fórmula estrutural simplificada do politereftalato de etileno, o polímero conhecido por PET.



## Elasticidade

A **elasticidade** consiste na capacidade de um material sólido se deformar e retornar posteriormente à sua forma inicial. Essa é uma propriedade que caracteriza muitos materiais conhecidos, em especial os **elastômeros**, popularmente chamados de borrachas. Esses polímeros são utilizados nos mais diversos objetos, e, muitas vezes, sua presença na constituição de determinado material nem é percebida.

Existem diversos tipos de elastômero. Os primeiros elastômeros desenvolvidos eram de origem natural, sintetizados do látex, extraído de plantas como a seringueira (*Hevea brasiliensis*). O látex, por ser um produto natural, é uma mistura de várias substâncias diferentes e de moléculas que podem ser polimerizadas para a produção da borracha.

Já os elastômeros sintéticos geralmente são fabricados de monômeros derivados do petróleo.

- O neoprene é um elastômero sintético, utilizado em roupas confeccionadas para esportes, como o surfe. Na imagem, a surfista brasileira Tatiana Webb durante os Jogos Olímpicos de Paris. Teahupo'o (Polinésia Francesa), 2024.

## FORMAÇÃO CIDADÃ

### Chico Mendes e a luta pela preservação de seringueiras nativas

No Brasil, o assunto da extração de látex de seringueiras está associado ao nome de Chico Mendes, como ficou conhecido o ativista e ambientalista brasileiro Francisco Alves Mendes Filho (1944-1988), nascido na cidade de Xapuri (AC).

O reconhecimento internacional pelo seu ativismo ambiental, calcado na luta pela preservação das seringueiras nativas, provocou o descontentamento daqueles que praticavam o desmatamento em busca de maiores lucros.

Chico Mendes foi alfabetizado aos 19 anos. Na década de 1970, começou a ficar conhecido por sua luta em defesa da posse de terra pelos nativos da região e contra o desmatamento da floresta, que era a fonte de subsistência de muitos seringueiros da Bacia Amazônica. Foi eleito vereador de Xapuri em 1977, quando passou a receber ameaças de morte. Sua liderança pela preservação da floresta atingiu fama internacional, atraindo a visita de uma comissão da ONU a Xapuri e levando-o a receber o Prêmio Global 500 da ONU para iniciativas ambientais.

Em 22 de dezembro de 1988, Chico Mendes foi assassinado na casa dele.

Em 2007 foi criado, pela lei nº 11.516, de 28 de agosto de 2007, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), uma autarquia em regime especial, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, que integra o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama). O instituto tem como principal objetivo elaborar e implementar políticas públicas que protejam o ambiente e que promovam o desenvolvimento sustentável, tanto social como economicamente.



RICARDO AZOURY/PULSAR IMAGENS

► A extração do látex é um processo manual, que deve ser feito de forma sustentável.



RICARDO AZOURY/PULSAR IMAGENS

► A casa de Chico Mendes é um local aberto à visita. Xapuri (AC), 2022.

#### ATIVIDADES

Não escreva no livro.

1. Por que Chico Mendes recebeu fama internacional ao realizar algo aparentemente tão simples e pontual? Pesquise sobre essa questão em reportagens atuais.
2. Pesquise sobre o uso do látex da Amazônia na produção de luvas cirúrgicas hipoalergênicas, busque projetos desenvolvidos em universidades a respeito desse tema e escreva, no caderno, um pequeno texto resumindo as informações que encontrou.
3. Pesquise sobre o ciclo da borracha na Amazônia e escreva um conto que explore aspectos históricos e sociais desse processo.





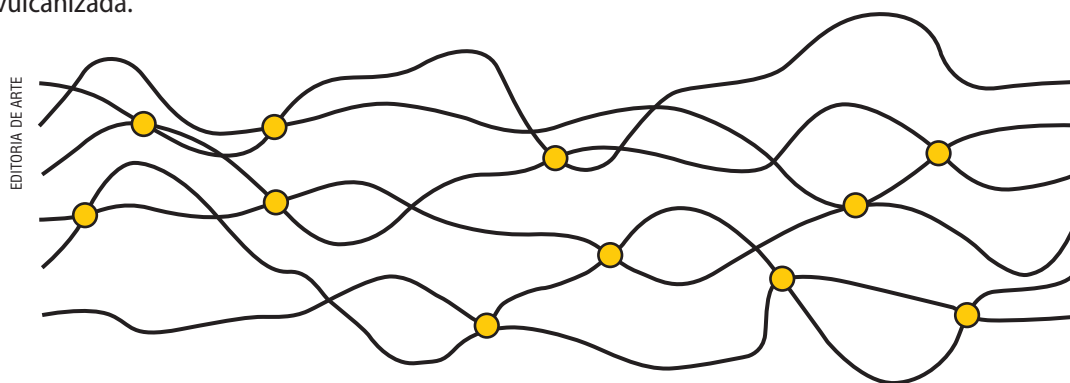
## Vulcanização

Em virtude da vulcanização, muitas borrachas podem ser consideradas uma única molécula, pois todos os átomos estão unidos a uma mesma estrutura por ligações covalentes. A vulcanização torna o polímero muito mais estável e resistente, sendo essencial, por exemplo, se a borracha for utilizada na fabricação de objetos que serão submetidos a esforços mecânicos e térmicos consideráveis, como os pneus de automóveis.

Normalmente, a vulcanização é realizada pela adição de enxofre às macromoléculas. Na presença de um catalisador, alguns átomos de hidrogênio dessas macromoléculas são substituídos por átomos de enxofre. Como os átomos de enxofre podem fazer duas ligações covalentes, eles fazem ligações entre si, conhecidas por **pontes de enxofre** ou **ligações dissulfeto**. Em geral, esses processos são irreversíveis, pois as ligações entre o carbono e o enxofre não se desfazem com facilidade.

Assim, as borrachas são consideradas materiais termofixos, o que dificulta consideravelmente a reciclagem desses materiais, já que não podem ser derretidos e moldados novamente, como acontece com os materiais termoplásticos.

- ▶ Os pneus de automóveis precisam resistir ao constante atrito com o asfalto e às altas temperaturas desse contato com o próprio pavimento. Por isso, a borracha utilizada nesses objetos é vulcanizada.

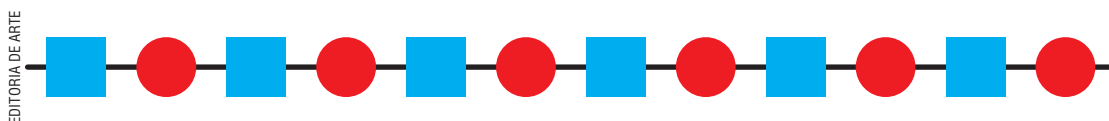


- ▶ Representação de ligações covalentes (pontos amarelos) estabelecidas entre as cadeias poliméricas no processo de vulcanização. A representação mostra as cadeias apenas em duas dimensões, mas o processo químico ocorre de forma tridimensional (imagem sem escala; cores fantasia).

## Copolímeros

As macromoléculas podem ser formadas por dois ou mais tipos de unidade real que não fazem parte de um mesmo grupo conceitual. Os materiais formados desse modo são chamados **copolímeros**.

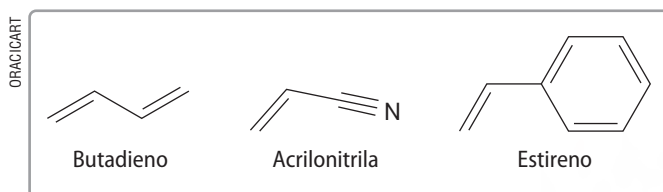
Acompanhe a seguir uma representação de copolímero alternado. Os símbolos diferentes indicam unidades derivadas de monômeros que não fazem parte do mesmo grupo conceitual.



Os copolímeros desse tipo têm um padrão claro de repetição; por isso, muitas vezes, eles são tratados como polímeros comuns, nos quais a unidade de repetição é derivada da ligação entre os dois monômeros diferentes.

Um exemplo de copolímero é a borracha de nitrila-butadieno, também chamada de **buna-N** ou simplesmente nitrila.

Os copolímeros também podem ter mais de duas unidades. Um exemplo é o acrilonitrila-butadieno-estireno, comumente chamado de ABS (sigla originada do nome em inglês, Acrylonitrile-Butadiene-Styrene), produzido de três monômeros. Acompanhe as fórmulas estruturais dos monômeros utilizados na produção de plástico ABS.



O plástico ABS tem ampla aplicação na indústria, como na produção de peças de acabamento interno e externo de automóveis, brinquedos, carcaças de eletroeletrônicos (como celulares, telefones e equipamentos de informática) e muitos outros objetos.

- ▶ Boa parte dos brinquedos feitos de plástico utilizam o ABS como matéria-prima.



MENOV BROTHERS IMAGES/SHUTTERSTOCK.COM

## Reações de polimerização

Na produção de polímeros sintéticos, são realizadas **reações de polimerização**, nas quais as moléculas de monômero se ligam umas às outras, formando as macromoléculas.

Em razão do mecanismo da reação de polimerização, das condições do meio e da presença de catalisadores e de aditivos, as cadeias podem crescer de duas maneiras.

A **polimerização em cadeia** ocorre quando os monômeros são adicionados um a um à macromolécula. Esse tipo de polimerização é mais comum quando os monômeros se unem por reação de adição (abordada a seguir). Quando ocorre a **polimerização em etapas**, os monômeros reagem uns com os outros, formando moléculas com pequenos números de unidades, como dímeros, trímeros e tetrâmeros (também chamados de oligômeros). Essas moléculas, por sua vez, reagem entre si, formando blocos cada vez maiores. Esse tipo de crescimento é característico dos monômeros que reagem por condensação (abordada mais adiante).

### REFLITA

Não escreva no livro.

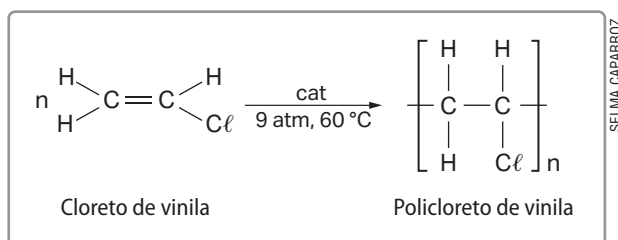
- 3 O crescimento de uma planta tem alguma relação com a polimerização?



## ● Reações de adição

A **reação de adição** ocorre quando o monômero tem pelo menos uma ligação dupla ou tripla que, durante a reação química, torna-se simples ou dupla, respectivamente, disponibilizando um par de elétrons para que ele possa se unir a outro monômero.

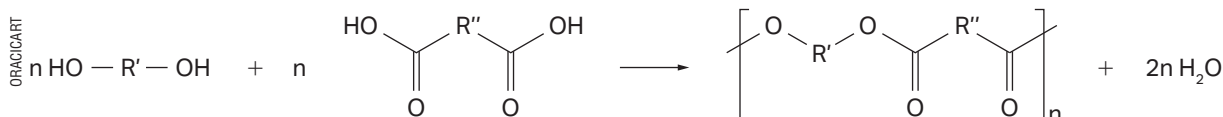
A reação de produção do policloreto de vinila (PVC), plástico muito empregado na fabricação de encanamentos, tubos e utensílios diversos, é de adição. Nela, as moléculas do monômero cloreto de vinila reagem umas com as outras. Nesse caso, as ligações duplas são convertidas em ligações simples pela junção a outros monômeros iguais, como representado a seguir.



## ● Reações de condensação

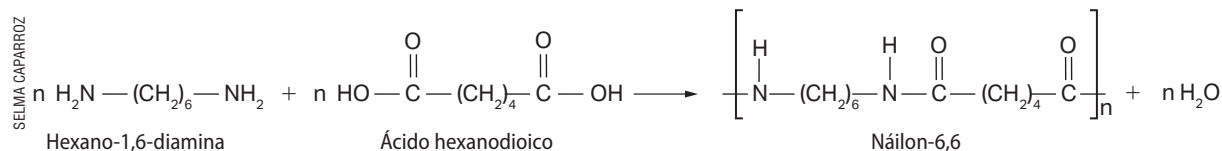
A **reação de condensação** resulta na liberação de uma molécula menor, geralmente de água.

A maioria dos polímeros de condensação é formada pela reação entre dois monômeros diferentes, e cada um deles tem duas unidades de um dos grupos necessários para iniciar o processo. Nos poliésteres, por exemplo, os grupos hidroxila reagem com os grupos ácido carboxílico, produzindo ésteres e liberando moléculas de água. Acompanhe a representação estrutural da reação de produção de um poliéster genérico.



Nessa reação genérica, pode-se observar que ambos os grupos R' e R'', característicos de cada monômero, são mantidos na estrutura do polímero.

Um exemplo de polímero de condensação é o náilon-6,6, produzido pela polimerização de dois monômeros: o hexano-1,6-diamina e o ácido hexanodioico. Acompanhe a representação da reação de polimerização para formação do náilon-6,6, uma poliamida.



O nome náilon é dado a diversos polímeros de poliamida, e não a um único material. Por isso, foi criada uma nomenclatura específica para eles, que indica o número de carbonos em cada monômero, ou seja, seis para ambos os monômeros do náilon-6,6.

- O náilon é utilizado na confecção de barracas de acampamento.



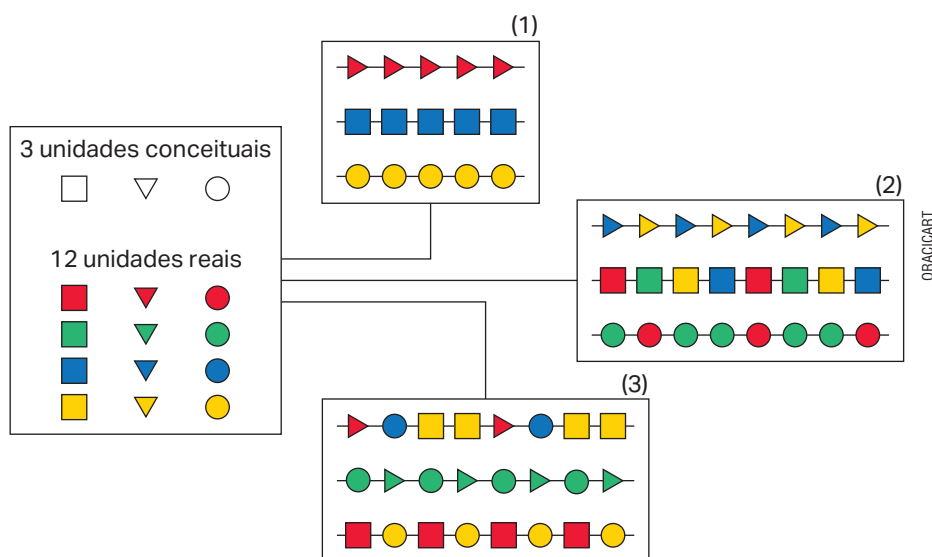
MUT HARDMAN/  
SHUTTERSTOCK.COM

Essas reações de polimerização ocorrem em condições de equilíbrio. Na produção industrial, busca-se favorecer a formação do produto para aumentar o rendimento dos processos. Por isso, durante a produção de polímeros de condensação, um procedimento importante é a remoção de subprodutos, como a água. Quando essas substâncias são retiradas do sistema, o equilíbrio químico é deslocado para favorecer a polimerização, aumentando o rendimento do processo.

## ATIVIDADES

Não escreva no livro.

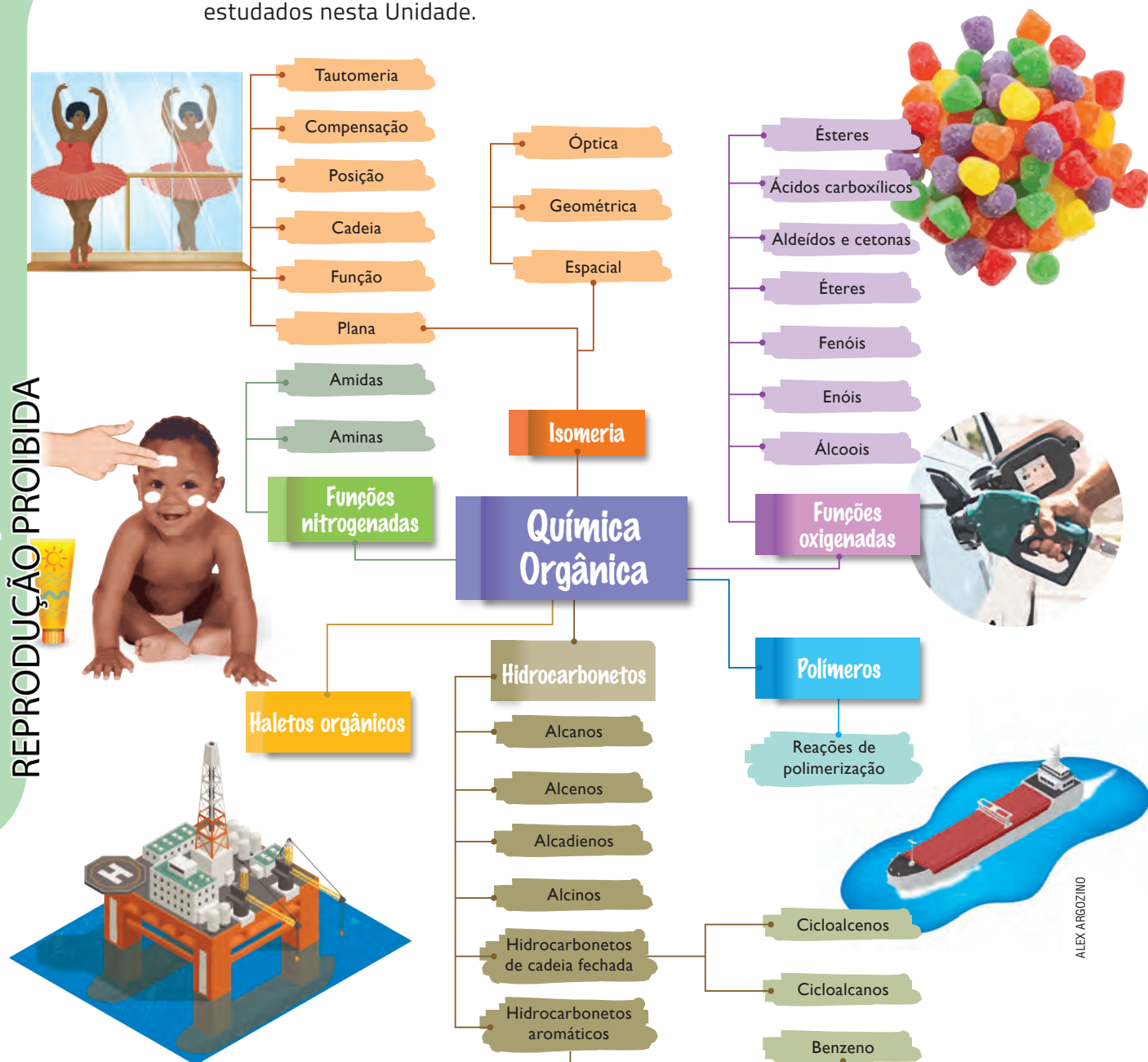
- Com base no esquema a seguir, indique, no caderno, o tipo de macromolécula formado em (1), (2) e (3).



- Análise seu material escolar e outros objetos ao seu redor que sejam feitos de materiais poliméricos. Caracterize-os quanto à plasticidade e à elasticidade, realizando testes de deformação com as próprias mãos.
- O nome tradicional do polímero ABS é derivado dos nomes dos seus monômeros. Com base nas suas estruturas moleculares, escreva, em seu caderno, o nome sistemático de acordo com as regras da IUPAC para cada um desses monômeros.
- O ácido polilático, conhecido como PLA, tem sido muito utilizado no processo de impressão 3D no lugar do ABS, que é um derivado do petróleo. Por ser um material mais fácil de manipular, seu uso possibilita que várias pessoas se iniciem no universo da impressão 3D sem tanta dificuldade. Além disso, é um polímero produzido a partir de vegetais, como o milho e a cana-de-açúcar.
  - Comparando as características dos dois polímeros apresentados, explique qual deles é mais adequado para o uso sustentável.
  - Sabendo que a fórmula molecular do poli(ácido láctico) (PLA) é  $(C_3H_4O_2)_n$ , represente a estrutura desse polímero.
- Com base no que estudou sobre os polímeros, escreva um parágrafo, em seu caderno, apresentando a importância deles para o desenvolvimento dos transportes, da área médica e da indústria.

# ORGANIZANDO AS IDEIAS

Analise o esquema a seguir, que apresenta e relaciona os principais conceitos estudados nesta Unidade.



► Imagens ilustrativas e sem escala; cores fantasia.

Não escreva no livro.

A relação entre os conceitos é uma característica do conhecimento formal, científico e escolar. Aqui, apresenta-se uma síntese esquemática dos principais conceitos trabalhados nesta Unidade. No caderno, elabore seu próprio esquema, organizando os principais conceitos da Unidade, incluindo nele outros termos e outras ideias que se relacionam ao que foi estudado e realizando as associações que considerar importantes. Por fim, elabore um pequeno texto conectando os conceitos e as ideias presentes no esquema. Essa é uma boa forma de estudar e compreender melhor os conceitos.

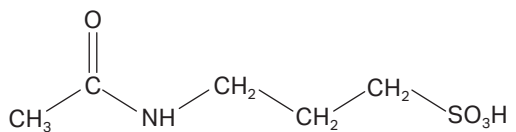
# ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Respostas e comentários estão disponíveis nas **Orientações para o professor**.

Não escreva no livro

## Tema 25 – Introdução à Química Orgânica

1. (Fatec-SP) Um dos medicamentos mais utilizados para o tratamento do alcoolismo é o acamprotrato, cuja estrutura está representada na figura.



EDITORIA DE ARTE

Observando a fórmula estrutural do acamprotrato, é correto afirmar que esse composto é:

- a) inorgânico, formado por 3 elementos químicos.
  - b) inorgânico, formado por 4 elementos químicos.
  - c) inorgânico, formado por 5 elementos químicos.
  - d) orgânico, formado por 4 elementos químicos.
  - e) orgânico, formado por 5 elementos químicos.**
2. (UFGD-MS) A partir de 1956, a “Doença de Minamata”, nome derivado de uma cidade costeira do Japão, passou a ser referência para estudos sobre contaminação por mercúrio (Hg). Diferentes espécies de Hg estão presentes na natureza, mas ações antrópicas como desmatamentos, queimadas e, principalmente, garimpos aumentam a concentração dessas espécies no meio ambiente. Esses contaminantes têm efeito biocumulativo e costumam causar alterações graves e permanentes no sistema nervoso central, além de implicações renais, cardíacas, dentre outras. No que se refere ao metilmercúrio  $[\text{MeHg}]^+$ , essa espécie química pode ser classificada como:
- a) molécula orgânica.
  - b) composto com dois átomos de carbono.
  - c) metal de transição.
  - d) uma amálgama.
  - e) organometálica.**

## Tema 26 – Os hidrocarbonetos

3. (Fuvest-SP) Na obra O poço do Visconde, de Monteiro Lobato, há o seguinte diálogo entre o Visconde de Sabugosa e a boneca Emília:

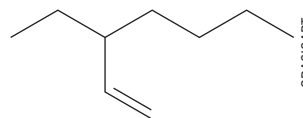
— Senhora Emília, explique-me o que é hidrocarboneto.

A atrapalhadeira não se atrapalhou e respondeu:

— São misturinhas de uma coisa chamada hidrogênio com outra coisa chamada carbono. Os carocinhos de um se ligam aos carocinhos de outro.

Nesse trecho, a personagem Emília usa o vocabulário informal que a caracteriza. Buscando-se uma terminologia mais adequada ao vocabulário utilizado em Química, devem-se substituir as expressões “misturinhas”, “coisa” e “carocinhos”, respectivamente, por:

- a) compostos, elemento, átomos.**
  - b) misturas, substância, moléculas.
  - c) substâncias compostas, molécula, íons.
  - d) misturas, substância, átomos.
  - e) compostos, íon, moléculas.
4. (UFG-GO) A fórmula de um alcano é  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ , onde  $n$  é um inteiro positivo. Neste caso, a massa molecular do alcano, em função de  $n$ , é, aproximadamente:
- a)  $12n$ .
  - b)  $14n$ .
  - c)  $12n + 2$ .
  - d)  $14n + 2$ .**
  - e)  $14n + 4$ .
5. (PUC-RJ)

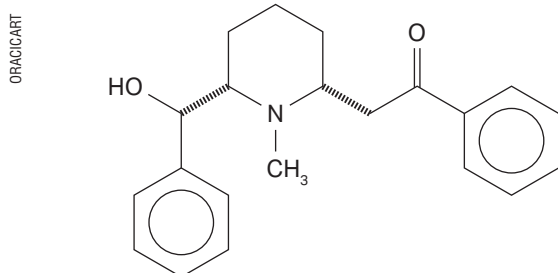


Segundo as regras da IUPAC, a nomenclatura do composto representado anteriormente é:

- a) 2-etil-hex-1-ano.
- b) 3-metil-heptano.
- c) 2-etil-hept-1-eno.
- d) 3-metil-hept-1-eno.
- e) 3-etil-hept-1-eno.**

## Tema 27 – Grupos funcionais, funções nitrogenadas e haletos orgânicos

6. (UEPA) A imensa flora das Américas deu significativas contribuições à terapêutica, como a descoberta da lobelina (figura a seguir), molécula polifuncionalizada isolada da planta *Lobelia nicotinaefolia* e usada por tribos indígenas que fumavam suas folhas secas para aliviar os sintomas da asma.



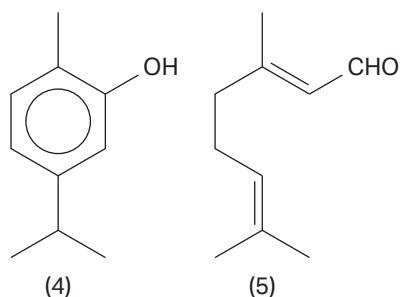
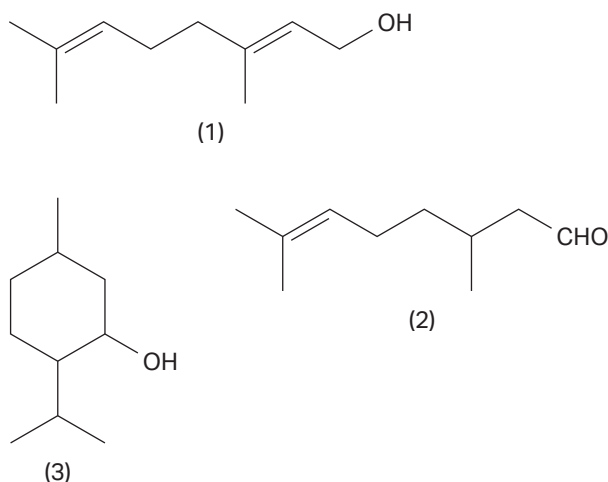
Lobelina

Sobre a estrutura química da lobelina, é correto afirmar que:

- ☒ a) possui uma amina terciária.
- ☐ b) possui um aldeído.
- ☐ c) possui um carbono primário.
- ☐ d) possui uma amida.
- ☐ e) possui um fenol.

## Tema 28 – Funções oxigenadas

7. (Enem/MEC) Um microempresário do ramo de cosméticos utiliza óleos essenciais e quer produzir um creme com fragrância de rosas. O principal componente do óleo de rosas tem cadeia poli-insaturada e hidroxila em carbono terminal. O catálogo dos óleos essenciais apresenta, para escolha da essência, estas estruturas químicas:



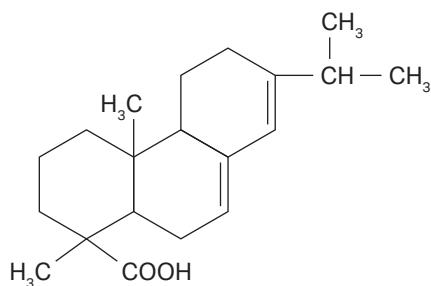
ORACIART

Qual substância o empresário deverá utilizar?

- ☒ a) 1.
  - ☐ b) 2.
  - ☐ c) 3.
  - ☐ d) 4.
  - ☐ e) 5.
8. (UEMA) A bactéria anaeróbia *Clostridium botulinum* é um habitante natural do solo que se introduz nos alimentos enlatados mal preparados e provoca o botulismo. Ela é absorvida no aparelho digestivo e, cerca de 24 horas, após a ingestão do alimento contaminado, começa a agir sobre o sistema nervoso periférico causando vômitos, constipação intestinal, paralisia ocular e afonia. Uma medida preventiva contra esse tipo de intoxicação é não consumir conservas alimentícias que apresentem a lata estufada e odor de ranço, devido à formação da substância  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ . O composto químico identificado, no texto, é classificado como:
- ☐ a) cetona.
  - ☐ b) aldeído.
  - ☒ c) ácido carboxílico.
  - ☐ d) éster.
  - ☐ e) éter.

## Tema 29 – Isomeria

9. (FMP-RJ) Quando um talho é feito na casca de uma árvore, algumas plantas produzem uma secreção chamada resina, que é de muita importância para a cicatrização das feridas da planta, para matar insetos e fungos, permitindo a eliminação de acetatos desnecessários. Um dos exemplos mais importantes de resina é o ácido abiético, cuja fórmula estrutural é apresentada a seguir.



ORACIART



Um isômero de função mais provável desse composto pertence à função denominada:

- a) amina. d) éter.  
**b) éster.** e) cetona.  
 c) aldeído.

10. (Enem/MEC) O estudo de compostos orgânicos permite aos analistas definir propriedades físicas e químicas responsáveis pelas características de cada substância descoberta. Um laboratório investiga moléculas quirais cuja cadeia carbônica seja insaturada, heterogênea e ramificada. A fórmula que se enquadra nas características da molécula investigada é:

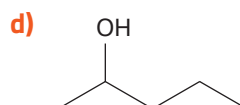
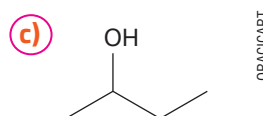
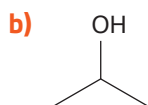
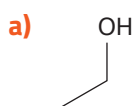
- a)  $\text{CH}_3 - (\text{CH})_2 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$ .  
**b)  $\text{CH}_3 - (\text{CH})_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$ .**  
 c)  $\text{CH}_3 - (\text{CH})_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CO} - \text{NH}_2$ .  
 d)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$ .  
 e)  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$ .

11. (Cefet-MG) O ácido butanoico é um composto orgânico que apresenta vários isômeros, entre eles substâncias de funções orgânicas diferentes. Considerando ésteres e ácidos carboxílicos, o número de isômeros que esse ácido possui é:

- a) 3. d) 7.  
 b) 4. e) 8.  
**c) 5.**

12. (UERJ) Em um experimento, foi analisado o efeito do número de átomos de carbono sobre a solubilidade de álcoois em água, bem como sobre a quiralidade das moléculas desses álcoois. Todas as moléculas de álcoois testadas tinham número de átomos de carbono variando de 2 a 5, e cadeias carbônicas abertas e não ramificadas.

Entre os álcoois utilizados contendo um centro quiral, aquele de maior solubilidade em água possui fórmula estrutural correspondente a:



### Tema 30 – Polímeros

13. (PUC-PR) O poliestireno (PS) é um polímero muito utilizado na fabricação de recipientes de plásticos, tais como: copos e pratos descartáveis, pentes, equipamentos de laboratório, partes internas de geladeiras, além do isopor (poliestireno expandido). Este polímero é obtido na polimerização por adição do estireno (vinilbenzeno). A cadeia carbônica deste monômero é classificada como sendo:

- a) Normal, insaturada, homogênea e aromática.  
 b) Ramificada, insaturada, homogênea e aromática.  
 c) Ramificada, saturada, homogênea e aromática.  
**d) Ramificada, insaturada, heterogênea e aromática.**  
 e) Normal, saturada, heterogênea e alifática.