



Martha Reis

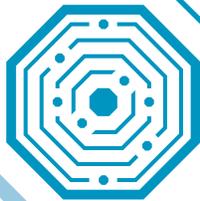
# Química

Manual do  
Professor

# 3

**ea**  
editora ática

Química - Ensino Médio



Martha Reis

# Química

Manual do  
Professor

## Martha Reis

Bacharela e licenciada em Química pela Faculdade de Ciências Exatas, Filosóficas e Experimentais da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

Foi professora dos colégios Mackenzie e Objetivo e do curso preparatório para vestibulares Universitário, tendo atuado também como editora de livros didáticos.

2ª EDIÇÃO  
SÃO PAULO • 2016

*ea*  
editora ática

# 3

Química - Ensino Médio



**editora ática**

**Diretoria editorial**

Lidiane Vivaldini Olo

**Gerência editorial**

Luiz Tonolli

**Editoria de Biologia e Química**

Isabel Rebelo Roque

**Edição**

Daniela Teves Nardi

**Gerência de produção editorial**

Ricardo de Gan Braga

**Arte**

Andréa Dellamagna (coord. de criação),

Erik TS (progr. visual de capa e miolo),

André Gomes Vitale (coord. e edição)

e Casa de Tipos (diagram.)

**Revisão**

Hélia de Jesus Gonsaga (ger.),

Rosângela Muricy (coord.), Ana Paula Chabaribery Malfa,

Gabriela Macedo de Andrade, Heloísa Schiavo,

Vanessa de Paula Santos,

Brenda Morais e Gabriela Miragaia (estagiárias)

**Iconografia**

Sílvio Kligin (superv.), Denise Durand Kremer (coord.),

Monica de Souza (pesquisa), Cesar Wolf e

Fernanda Crevin (tratamento de imagem)

**Ilustrações**

Luis Moura e Paulo Manzi

**Cartografia**

Eric Fuzii, Márcio Souza

**Foto da capa:** Mandy Disher Photography/Getty Images

**Protótipos**

Magali Prado

Direitos desta edição cedidos à Editora Ática S.A.

Avenida das Nações Unidas, 7221, 3ª andar, Setor A

Pinheiros – São Paulo – SP – CEP 05425-902

Tel.: 4003-3061

[www.atica.com.br](http://www.atica.com.br) / [editora@atica.com.br](mailto:editora@atica.com.br)

**2016**

ISBN 9788508 17947 3 (AL)

ISBN 9788508 17948 0 (PR)

Cód. da obra CL 713351

CAE 566085 (AL) / 566086 (PR)

2ª edição

1ª impressão

Impressão e acabamento



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Fonseca, Martha Reis Marques da  
Química : ensino médio / Martha Reis. --  
2. ed. -- São Paulo : Ática, 2016.

Obra em 3 v.  
Bibliografia.

1. Química (Ensino médio) I. Título.

16-01899

CDD-540.7

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Química : Ensino médio 540.7

# APRESENTAÇÃO

**E**ste é o último ano do Ensino Médio, e é também um ano de grandes decisões sobre o seu futuro, o que é uma grande responsabilidade.

Nesta coleção reservamos o último volume para estudar Química orgânica, a “Química da vida”. E, como estamos em um ano de grandes decisões no qual vamos estudar, dentre outros, os compostos que desencadeiam nossas emoções, podemos aproveitar para refletir sobre um valor crucial para a nossa felicidade e a de todos que nos rodeiam: a tolerância.

Ser tolerante é admitir que não existe uma verdade absoluta, e que o certo para mim pode ser errado para você (e vice-versa), mas que apesar disso podemos conviver bem, porque uma pessoa não se resume a um partido político, uma orientação sexual, uma cor de pele, uma religião, um time de futebol, um problema físico, uma aparência incomum ou uma situação financeira.

Cada pessoa é um ser único, com sua carga genética e história de vida forjada pelas oportunidades, sonhos, crenças, pensamentos, frustrações e conquistas. Isso faz com que toda pessoa tenha um mundo de possibilidades a oferecer, um mundo que pode ser ofuscado por um rótulo ou um carimbo depreciativo, se deixarmos que nossa visão se fixe em um ponto, impedida de ver o todo.

Cabe a cada um de nós praticar a tolerância, procurando ver além da primeira impressão, além daquilo que nos disseram ser “o certo”, aprendendo a questionar sempre: – Por que não?

É urgente entender que todo ser humano tem o direito de ocupar seu espaço, de ser aceito do jeito que é, e de ser feliz à sua maneira, sem se sentir julgado ou ameaçado por isso.

Vou torcer para que você tome as melhores decisões para o seu futuro.

A autora



Aksenova Natalya/Shutterstock

# Conheça seu Livro

UNIDADE

## Consumismo

Consumismo significa comprar sem pensar, comprar por comprar, sem precisar, acumular coisas. O "comprador compulsivo" experimenta muito semelhantes às do usuário de drogas, o prazer na hora da compra, a euforia de possuir algo que de fato ele nem precisava, a extrema alegria que em pouco tempo se transforma em vazio, em angústia e mal-estar que só passa quando o indivíduo volta a comprar e então o ciclo se repete.

Mas que os leva a agir desse modo? Por que fazem isso? Com certeza a resposta não é simples mas, sem dúvida, a força da propaganda se não é a causa é no mínimo o alicerce dessa situação. A propaganda cria necessidades, impõe atitudes, fragiliza nosso bom senso, nos torna reféns do consumismo. Você pode pensar: "eu gosto de comprar e tenho dinheiro para isso, então, qual é o problema?". O problema é que isso está acabando com nosso planeta, esgotando nossos recursos naturais, saturando os ateros sanitários e lixões, está se tornando insustentável. Não vale a pena refletir a respeito e mudar de atitude?

## Abertura da Unidade

Cada volume da coleção é dividido em cinco Unidades temáticas. O tema de cada Unidade é apresentado com um breve texto de introdução.

## Foi notícia!

Esta seção abre todos os capítulos da coleção e apresenta um texto jornalístico relacionado ao tema da Unidade, do qual são extraídas questões.

### Reações de adição e reações orgânicas

#### FOI NOTÍCIA!

##### Amar as coisas e usar as pessoas

A sociedade atual está muito baseada nos valores das coisas e não nos valores das pessoas. Isso é criado pela propaganda e tem que mudar, para que possamos ser mais felizes. Quem vai mudar isso é cada um de nós, quando passarmos a nos valorizar pelo que cada um de nós é e não pelo que possuímos, e sabemos a mesma medida para qualificarmos as outras pessoas. Há que se ter coragem para não ser levado pelos padrões impostos pela sociedade. Mas se confiamos em nós mesmos, podemos superar a pressão da sociedade e começar a viver com muito mais simplicidade.

Não é preciso ter o "tênis da moda", o "sim aquilo" que foi confortável no passado. Não é preciso ter o carro da moda, e nem deveria ser preciso ter carro. No lugar de querermos todos ter um carro, podemos exigir transporte digno e de qualidade aos órgãos competentes. Muito mais linhas de metrô e principalmente a implantação de linhas de trem que possam nos levar com qualidade de tempo e economia de recursos naturais, para todos os lugares do Brasil. Essa sistema foi aprovado e implantado em países da Europa e Estados Unidos, entre outros.

Podemos criar um estilo de vida mais simples, que não apenas requiera muito menos dinheiro, como também nos proporcione tempo para as tarefas que realmente importam.

Faça um acatado familiar de não comprar presentes uns para os outros nos aniversários e feriados. Que viver é acreditar no, seus amigos também sobre o mundo das coisas se você acreditar nisso através de ações. Faça planos para encontrarem-se e fazerem algo juntos, em vez de correr atrás as lojas para comprar presentes sem sentido. Confeccione algo por conta própria, ou preparar uma comida favorita ou sobremesa especial, ser para um presente ou nada, ver um filme juntos pode ser mais significativo.

Quando compramos um presente para oferecer, não é em dada especial, é apenas algo que sabemos que será perfeito para aquela pessoa, ou que já sabemos que ela precisa.

Celebre relações especiais com refeições improvisadas, pijamas e outros eventos alegres, de estilo comunitário. Deixe amigos e família trabalharem juntos, como uma exposição de seus amigos competentes. Muito mais linhas de metrô e principalmente a implantação de linhas de trem que possam nos levar com qualidade de tempo e economia de recursos naturais, para todos os lugares do Brasil. Essa sistema foi aprovado e implantado em países da Europa e Estados Unidos, entre outros.

Podemos criar um estilo de vida mais simples, que não apenas requiera muito menos dinheiro, como também nos proporcione tempo para as tarefas que realmente importam.

Wesley Lourenço - Autor do livro de Física para o Ensino Médio, publicado pela Editora da UFPA.

Ano em pessoa a sua saúde.

Você tem um tempo que diz que a sociedade atual não permite, por exemplo, que o consumo exagerado de carne aumente o sofrimento dos animais, a degradação do meio ambiente e o aquecimento global. Você sabe por quê?

## RETOMANDO A NOTÍCIA

A reportagem da página 261 fala sobre a falta de segurança de usinas nucleares e sobre o destino incerto do lixo atômico. Você sabe quais os consequências de um acidente nuclear como os de Chernobyl e Fukushima?

O acidente nuclear de Chernobyl ocorreu em 26 de abril de 1986, no reator 4 durante um teste de rotina. Vários níveis de segurança foram superados, e a reação em cadeia atingiu níveis incontroláveis. O sistema de circulação de água do sistema primário, responsável pelo resfriamento do núcleo do reator, foi interrompido, gerando um superaquecimento do reator, que criou uma vesícula de vapor de água dentro do edifício da planta, resultando em uma explosão que destruiu sua cobertura (estrutura externa e não nuclear), instando 31 pessoas e provocando a evasão de mais de 100.000 habitantes da região. Depois do acidente surgiram vários casos de câncer, principalmente na glândula tireóide de crianças. Chernobyl liberou para a atmosfera 100 vezes mais material radioativo do que a bomba atômica de Hiroshima.

O acidente de Fukushima ocorreu em 11 de março de 2011. Quando a usina foi atingida por um terremoto de magnitude 9,0 na escala Richter, seguido de um tsunami com ondas acima de 10 metros.

Os reatores de Fukushima são do tipo BWR (Boiling Water Reactor, ou reator de água pressurizada). Nos reatores BWR a água é aquecida e vaporizada e também moderador, mas não está sob pressão e flui no reator. O vapor gerado aquece diretamente a parte superior do reator para turbinas elétricas.

O terremoto destruiu a usina de Fukushima, destruindo a estrutura de contenção e liberando uma quantidade de energia elétrica que mantinham o

## Experimento

### Construção de modelos – emantómeros

**Materiais necessários**

- 2 xícaras de chá de farinha de trigo
- 1 xícara de chá de sal
- 1 xícara de chá de água (pode ser necessário um pouco mais)
- 1 colher de chá de óleo (preferencialmente vegetal)
- 1 colher de chá de corante alimentar em pó (cores diferentes ou pigmentos naturais em pó, como açafrão, cúrcuma, laranja, morango, por exemplo)
- 1 colher de chá de bicarbonato de sódio
- 1 colher de chá de dente
- 1 colher de chá de óleo vegetal para maquiagem

### Como fazer

Coloque a farinha e o sal na tigela. Misture bem (pode usar os dedos, mas não muito, para não limpar). Adicione o restante da água aos poucos e mexendo com as mãos até que a mistura adquira a consistência de massa de pão.

5. Separe a massa em 5 partes iguais. Dê uma bola de cada e enrole-as com as mãos até que se tornem pequenas. Anote e observe a cor de cada uma das bolas diferentes. Anote bem cada uma delas para homogeneizar.

Para reconstruir, você pode utilizar qualquer dos corantes diferentes, por exemplo, amarelo e azul. Misturando os dois, você obtém uma terceira cor, no caso, verde. Ao outro lado, da parte da massa podem ser de tonalidades diferentes de uma mesma cor. Por exemplo, em uma das partes da massa você acrescenta mais corante em pó do outro para obter uma tonalidade intensa e na outra acrescenta pouco para obter uma tonalidade clara.

**Observação:** Os corantes alimentares muitas vezes são vendidos como anilina. Trata-se de um nome fantasia. A anilina mesmo liberada no meio ambiente é tóxica e não pode ser ingerida.

6. Pegue uma cor de massa já mais intensa para ser o carbono último central. Faça uma bolinha com ela. Quebre dois pedrinhos de terra no meio e espere-os em quatro pontos da



bolinha para formar um tetraedro (conforme mostra a foto da página 136).

7. Faça bolinhas de 4 cores diferentes (Razão) e enrole-as com as mãos até que se tornem pequenas. Anote e observe a cor de cada pedrinha.

8. Realize o movimento a operação a partir do item II, invertendo a posição das bolinhas coloridas ligadas à bolinha central (tome de cuidado em relação à posição que você escolheu anteriormente. Chamaremos esse outro modelo de B).

**Investiga**

1. Tente posicionar os modelos A, um acima e outro, de modo que as bolinhas de cores iguais fiquem exatamente na mesma direção. O que você observou?

2. Pegue agora um modelo A e um modelo B. Tente posicionar um sobre o outro, de modo que as bolinhas de cores iguais fiquem exatamente na mesma direção. Diga você observou?

3. Coloque um modelo A em frente ao espelho. Tente agora posicionar o outro modelo A ao lado do espelho, de modo que ele fique na mesma posição da imagem do modelo A. O que você observou?

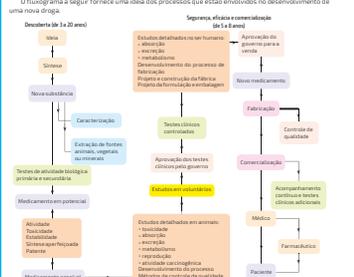
4. Faça o mesmo com o modelo B ao lado do espelho, de modo que ele fique na mesma posição da imagem do modelo B. O que você observou?

## Cotidiano do Químico

### Desenvolvimento de fármacos

Os fármacos, porém, são os produtos que mais demandam investimentos, pesquisas e cuidados ao longo de seu desenvolvimento, principalmente em relação ao aspecto biológico, antes de serem colocados no mercado.

O fluxograma a seguir fornece uma visão dos processos que estão envolvidos no desenvolvimento de uma nova droga.



No decorrer do processo, as prioridades físicas e químicas do princípio ativo são estabelecidas. Ao mesmo tempo, a farmacologia (campo de ação e efeitos) procura determinar a dose apropriada aos diversos níveis de administração e a melhor forma de administração.

Um pesquisador químico não consegue realizar nada de prático no campo Farmacológico. O trabalho nessa área exige equipes integradas de especialistas altamente qualificados de diversas áreas. A participação, descoberta e teste farmacológico exigem Alexander Fleming (1881-1955), por exemplo, só pôde ser disponibilizada após o trabalho de 17 países ingleses e 22 países norte-americanos que resultou em um processo de fermentação, usado até hoje para obter a substância da cura.

## Retomando a notícia

As respostas para as questões levantadas na seção Foi notícia! são discutidas com base na teoria apresentada no capítulo.

## Experimento

Experimentos investigativos que introduzem um assunto e despertam questionamentos e a vontade de continuar aprendendo.

Os experimentos são interessantes e acessíveis, norteados pela preocupação com a segurança e com o meio ambiente.

## Cotidiano do Químico

O objetivo desta seção é apresentar processos químicos realizados em laboratório e um pouco do cotidiano do profissional da área química.



# Sumário

## Unidade 1: Petróleo

### CAPÍTULO 1

#### Conceitos básicos e nomenclatura..... 9

1	A síntese da ureia.....	10
2	Postulados de Kekulé.....	12
3	Simplificação de fórmulas estruturais.....	14
4	Ressonância.....	15
5	Classificação de carbonos e de cadeias carbônicas.....	18
6	Nomenclatura de compostos com cadeia normal.....	23
7	Nomenclatura de compostos com cadeia ramificada.....	28

### CAPÍTULO 2

#### Hidrocarbonetos e haletos orgânicos..... 35

1	Propriedades gerais dos hidrocarbonetos.....	36
2	O grupo dos alifáticos.....	39
<b>Experimento:</b> Sachês perfumados.....		39
3	O grupo dos aromáticos.....	47
4	Haletos orgânicos.....	51

### CAPÍTULO 3

#### Petróleo, hulha e madeira..... 57

1	Petróleo.....	58
2	Hulha.....	71
3	Madeira.....	73

## Unidade 2: Drogas lícitas e ilícitas

### CAPÍTULO 4

#### Funções oxigenadas e nitrogenadas..... 79

1	Funções oxigenadas.....	80
2	Funções nitrogenadas.....	105

### CAPÍTULO 5

#### Isomeria constitucional e estereoisomeria..... 119

1	Isomeria constitucional.....	120
2	Estereoisomeria.....	129

<b>Experimento:</b> Construção de modelos – enantiômeros.....		135
---	--	-----



## Unidade 3: Consumismo

### CAPÍTULO 6

#### Reações de substituição ..... 149

- 1 Substituição em alcanos ..... 150
- 2 Consumo e produção de substâncias perigosas ... 153
- 3 Substituição em aromáticos ..... 156
- 4 Substituição em derivados do benzeno ..... 159
- 5 Substituição em haletos orgânicos ..... 163

### CAPÍTULO 7

#### Reações de adição e reações orgânicas ..... 165

- 1 Reações de adição em alcenos ..... 166
- 2 Outras reações de adição ..... 171

- 3 Reações de eliminação ..... 178
- 4 Reações de oxirredução ..... 184
- 5 Oxidação de álcoois ..... 190
- 6 Reações de redução ..... 194

### CAPÍTULO 8

#### Polímeros sintéticos ..... 197

- 1 Polímeros ..... 198

#### Experimento: Modificando a estrutura do polímero ..... 199

- 2 Polímeros de adição 1,4 ..... 205
- 3 Copolímeros ..... 209
- 4 Polímeros de condensação ..... 213

## Unidade 4: Alimentos e aditivos para alimentos

### CAPÍTULO 9

#### Introdução à Bioquímica ..... 221

- 1 Compostos bioquímicos ..... 222
- 2 Lipídios ..... 229

### CAPÍTULO 10

#### Carboidratos e proteínas ..... 238

- 1 A função dos carboidratos ..... 239
- 2 Proteínas e  $\alpha$ -aminoácidos ..... 247
- 3 Ácidos nucleicos ..... 256

## Unidade 5: Atividade nuclear

### CAPÍTULO 11

#### Leis da radioatividade e energia nuclear ..... 261

- 1 Emissões nucleares naturais ..... 262
- 2 Leis de Soddy ..... 264
- 3 Período de meia-vida ..... 267
- 4 Séries ou famílias radioativas ..... 270
- 5 Aceleradores de partículas ..... 274
- 6 Radioatividade artificial ..... 275
- 7 Fissão nuclear ..... 278
- 8 Fusão nuclear ..... 283

#### Sugestões de leitura, filmes e sites ..... 286

#### Bibliografia ..... 287

#### Tabela periódica dos elementos ..... 288



Andrey Pavlov/Shutterstock/  
Glow Images

# Petróleo

Quando ouvimos falar que o petróleo é um recurso não renovável, que está se esgotando e que “a era do petróleo” logo chegará ao fim, geralmente imaginamos que a única mudança em nossa vida será a substituição dos veículos de transporte movidos a *diesel*, querosene ou gasolina por veículos elétricos ou movidos a hidrogênio ou outro combustível alternativo. Mas não é só isso.

Se o petróleo realmente se tornasse escasso (a ponto de não compensar a sua extração), teríamos de mudar totalmente nossa maneira de viver, transformar nossos hábitos, nossa concepção de mundo e até mesmo a forma como a sociedade se organiza.

O petróleo não fornece apenas combustíveis, mas também matéria-prima para a produção de quase todos os nossos bens de consumo.

Praticamente tudo o que temos e utilizamos é fruto da indústria petroquímica ou de seus produtos.

O problema é que a extração e a utilização intensiva do petróleo está se tornando uma ameaça cada vez maior ao meio ambiente.

Existe saída para essa situação?

## FOI NOTÍCIA!



## Espuma de poluição do rio Tietê invade ruas de Pirapora do Bom Jesus (SP)

A espuma da poluição do rio Tietê avança, desde a segunda-feira [22/06/2015], sobre áreas urbanas de Pirapora do Bom Jesus (54 km de São Paulo). O tráfego de veículos chegou a ser prejudicado. Outras cidades da região de Itu também registraram casos semelhantes. A espuma, além de detergente, tem produtos químicos e pode ser prejudicial à saúde.

A espuma se forma quando a água passa pelos vertedouros de uma usina hidrelétrica, localizada a poucos quilômetros de Pirapora do Bom Jesus. De acordo com a Secretaria Estadual do Meio Ambiente, a formação da espuma está relacionada principalmente à baixa vazão da água e à presença de esgotos domésticos não tratados, que dificultam a decomposição de detergentes domésticos.

Como o rio Tietê corta o centro da cidade, com pouco espaço entre as margens e as construções, a situação fica ainda mais grave, com a espuma atingindo construções e, em alguns casos, invadindo ruas.

Nesta terça-feira [23/06/2015], a espuma chegou a encobrir uma ponte nas proximidades do centro da cidade. O tráfego teve que ser controlado por

agentes municipais, mas, segundo a prefeitura, não houve nenhum incidente de gravidade no local.

Moradores de Pirapora do Bom Jesus relatam ainda que a espuma deixa manchas em roupas e chega até a causar danos à pintura de carros. Também é recorrente a reclamação de mau cheiro. [...]

O problema na região não é novo e já foi reconhecido pela Cetesb (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), ligada à Secretaria do Meio Ambiente.

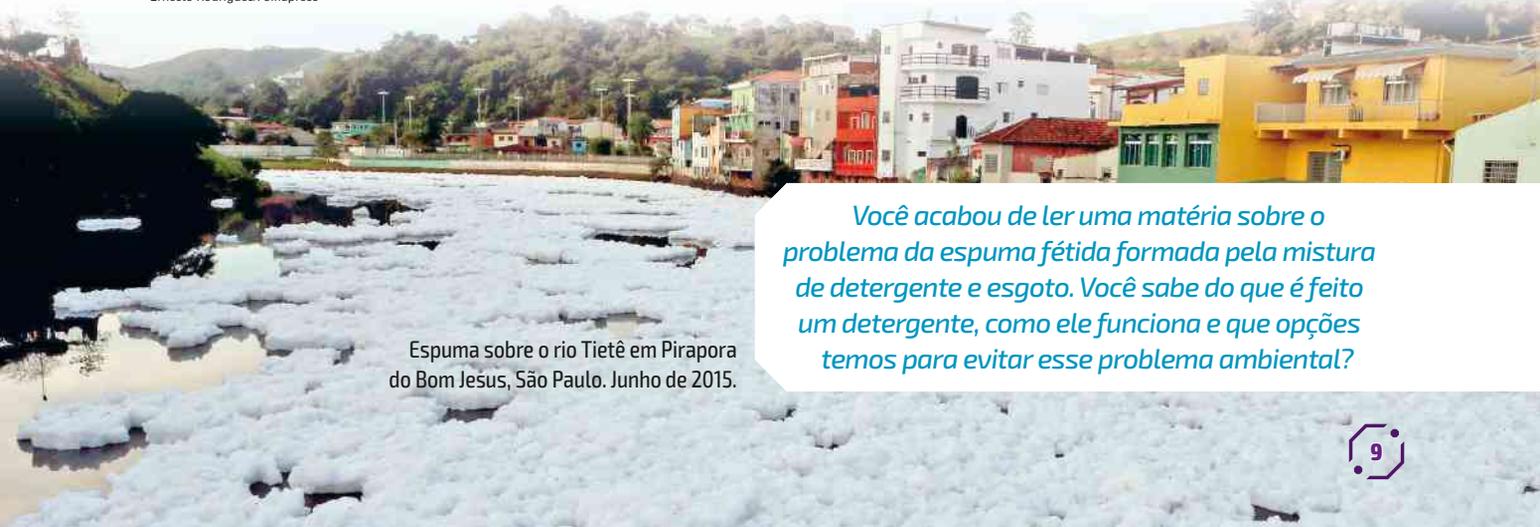
Segundo relatório da instituição, as descargas indiscriminadas de detergentes nas águas levam à formação de espumas, como ocorre no rio Tietê ao longo das cidades de Santana do Parnaíba, Salto e Pirapora do Bom Jesus.

[...]

Procurada, a Secretaria Estadual de Meio Ambiente informou que o problema é recorrente na região e que só poderá ser resolvido com a implantação dos sistemas adequados de coleta e tratamento de esgoto. [...]"

Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/06/23/espuma-de-poluicao-do-tiete-invade-ruas-de-pirapora-do-bom-jesus-sp.htm#fotoNav=1>>. Acesso em: 3 dez. 2015.

Ernesto Rodrigues/Folhapress



Espuma sobre o rio Tietê em Pirapora do Bom Jesus, São Paulo. Junho de 2015.

*Você acabou de ler uma matéria sobre o problema da espuma fétida formada pela mistura de detergente e esgoto. Você sabe do que é feito um detergente, como ele funciona e que opções temos para evitar esse problema ambiental?*

## 1) A síntese da ureia



Sheila Terry/SPL/Armatock

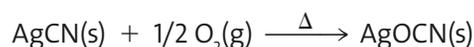
Friedrich Wöhler formou-se médico em 1823, aos 23 anos, mas não chegou a exercer a profissão, voltando-se para a pesquisa científica. Em 1827, desenvolveu um método para obter alumínio metálico; porém, esse método era caro e muito complexo, de modo que o alumínio chegou a ser vendido na época por 220 dólares o quilograma.

No Volume 1 desta coleção tivemos uma introdução à Química orgânica, conhecemos alguns grupos funcionais e suas propriedades. Mas como já faz tempo, você pode ter esquecido alguns detalhes. Vamos então recordar o que estudamos antes de ver conceitos novos?

A Química orgânica, como a conhecemos hoje, começou com a síntese da ureia.

Em 1825, o médico alemão Friedrich Wöhler (1800-1882) procurava preparar o cianato de amônio,  $\text{NH}_4\text{OCN}(s)$ , a partir do cianeto de prata,  $\text{AgCN}(s)$ , e do cloreto de amônio,  $\text{NH}_4\text{Cl}(s)$  – dois sais tipicamente inorgânicos –, de acordo com o seguinte procedimento:

- 1) O cianeto de prata,  $\text{AgCN}(s)$ , era aquecido na presença de oxigênio do ar,  $\text{O}_2(g)$ , formando o cianato de prata,  $\text{AgOCN}(s)$ .



- 2) Em seguida, o cianato de prata,  $\text{AgOCN}(s)$ , era tratado com solução de cloreto de amônio,  $\text{NH}_4\text{Cl}(aq)$ , produzindo precipitado de cloreto de prata,  $\text{AgCl}(ppt)$ , e cianato de amônio em solução,  $\text{NH}_4\text{OCN}(aq)$ .

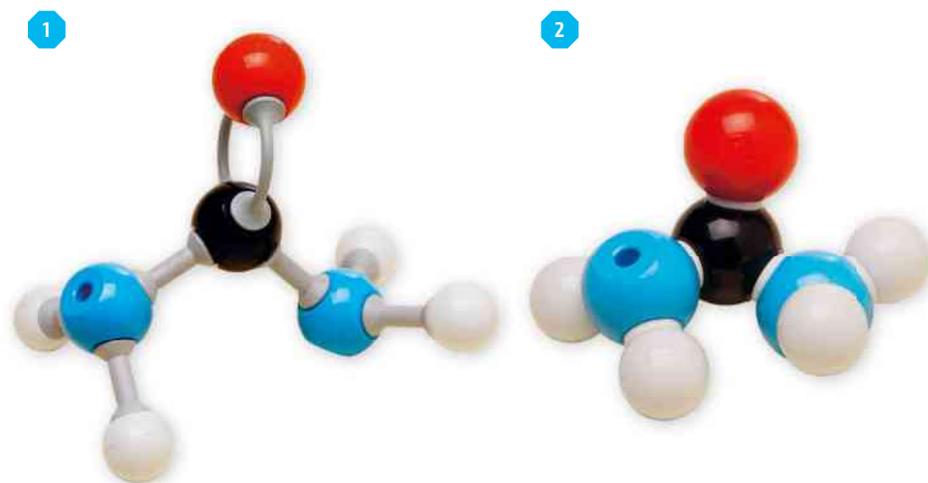


- 3) A solução era filtrada e evaporada, restando apenas o cianato de amônio sólido. Porém, ao ser aquecido, o cianato de amônio se transformou em cristais brancos que Wöhler logo reconheceu como ureia, a mesma substância que ele extraía com frequência da urina (de cachorro e humana) para utilizar em seus experimentos.



Wöhler descreveu o resultado inesperado como: “Um fato notável, uma vez que representa um exemplo da produção artificial de uma substância orgânica de origem animal a partir de substâncias inorgânicas”, o que ia diretamente contra a **teoria do vitalismo** que imperava na época. Segundo essa teoria, formulada por Jöns Jacob Berzelius (1779-1848), os compostos orgânicos só podiam ser sintetizados por organismos vivos.

Ao lado, os dois modelos da molécula de ureia. O modelo 1: bolas e varetas, enfatiza o tipo de ligação covalente entre os átomos (simples, dupla ou tripla). O modelo 2: Stuart, é o mais próximo do real. Nesse modelo, o raio atômico dos elementos tem medidas proporcionais às obtidas experimentalmente, e as esferas são “cortadas” de modo que o encaixe entre elas obedeça ao ângulo e ao comprimento das valências envolvidas. As cores para a representação dos átomos seguem um padrão internacional: carbono, preto; hidrogênio, branco; oxigênio, vermelho; e nitrogênio, azul.



Fotos: Sérgio Dotta/Arquivo da editora

Um outro aspecto desse “fato notável” chamou ainda mais a atenção de Wöhler e do próprio Berzelius, que logo soube da descoberta: o cianato de amônio e a ureia apresentam os mesmos elementos na mesma quantidade:  $N_2H_4CO$ .

As propriedades químicas e físicas dessas substâncias, contudo, eram absolutamente diferentes. A explicação proposta para explicar esse fenômeno era que os compostos apresentavam o mesmo número e tipo de átomos, mas a disposição dos átomos em cada composto era diferente.

Esses compostos ficaram conhecidos como **isômeros** – do grego *iso*, ‘mesmo’, e *méros*, ‘parte’, significando, portanto, ‘partes iguais’ –, palavra inventada por Berzelius para descrever a isomeria, fenômeno que havia acabado de ser descoberto. Atualmente define-se:

Isomeria é o fenômeno em que dois ou mais compostos possuem mesma fórmula molecular e diferente fórmula estrutural.

Wöhler e os cientistas da época deram mais importância à descoberta da isomeria do que ao impacto que a síntese da ureia causaria sobre a teoria do vitalismo. Ainda assim, a teoria do vitalismo, que “emperrava” o desenvolvimento da Química orgânica, começou a declinar.

Atualmente, a Química orgânica é conhecida como a parte da Química que estuda a maioria dos compostos formados pelo elemento carbono.

O carbono é um ametal que faz quatro ligações covalentes para adquirir estabilidade; desse modo, os compostos orgânicos sempre apresentam muitas ligações covalentes. O que caracteriza esse tipo de ligação é o **compartilhamento de pares de elétrons**.

A fórmula estrutural é a mais utilizada na Química orgânica. Nessa fórmula, cada traço representa um par de elétrons compartilhado entre os átomos ou um par de elétrons disponível na camada de valência (que em Química orgânica geralmente não é representado).

Por exemplo, a fórmula  $\bar{N} \equiv \bar{N}$  indica que há 3 pares de elétrons compartilhados entre os 2 átomos de nitrogênio (ligação tripla) e que cada átomo de nitrogênio possui ainda um par de elétrons na camada de valência que não está sendo compartilhado (par de elétrons disponível).

Hoje são conhecidos mais de 19 milhões de compostos orgânicos, muitos dos quais presentes em inúmeros produtos que utilizamos diariamente, como gasolina, querosene, álcoois, plásticos, borrachas, tintas, remédios, fibras têxteis, papéis, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de higiene, pesticidas e fertilizantes agrícolas. Isso ocorre devido à versatilidade única do elemento carbono, que é capaz de formar compostos com milhares de átomos ligados, arranjados entre si das mais diferentes maneiras.

Além do carbono, o hidrogênio, o oxigênio e o nitrogênio – denominados elementos organógenos – formam a maioria dos compostos orgânicos conhecidos.

#### Cianato de amônio,

$NH_4OCN(s)$ : 2 átomos de nitrogênio, 4 átomos de hidrogênio, 1 átomo de carbono e 1 átomo de oxigênio.

**Ureia**,  $CO(NH_2)_2(s)$ : 2 átomos de nitrogênio, 4 átomos de hidrogênio, 1 átomo de carbono e 1 átomo de oxigênio.

Alguns poucos compostos do elemento carbono são denominados **compostos de transição**, ou seja, são compostos que possuem o carbono, porém se assemelham mais aos compostos inorgânicos. Entre eles podemos citar o gás carbônico,  $CO_2(g)$ , o monóxido de carbono,  $CO(g)$ , o cianeto de hidrogênio,  $HCN(g)$  e o isocianeto de hidrogênio,  $HNCO(g)$ .

Lembre-se: postulados são uma série de afirmações ou proposições que não podem ser comprovadas, mas que são admitidas como verdadeiras, servindo de ponto de partida para a dedução ou conclusão de outras afirmações.

## 2 Postulados de Kekulé

Entre 1858 e 1861, o químico alemão Friedrich August Kekulé (1829-1896), o químico escocês Archibald Scott Couper (1831-1892) e o químico russo Alexander M. Betherov (1828-1886) lançaram independentemente os três postulados que constituem as bases fundamentais da Química orgânica.

### 1º postulado

O carbono é tetravalente, ou seja, faz 4 ligações covalentes que podem ser estabelecidas de uma das seguintes formas esquematizadas abaixo:

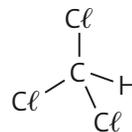
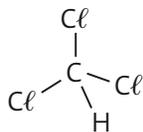
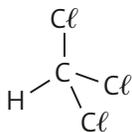
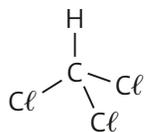
Ligações do carbono	Esquema estrutural	Exemplo: nome e fórmulas molecular e estrutural
4 ligações simples		metano, CH <sub>4</sub> : 
2 ligações simples e 1 ligação dupla		eteno, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> : 
1 ligação simples e 1 ligação tripla		acetileno, C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> : H—C≡C—H
2 ligações duplas		propadieno, C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> : 

Os demais elementos organógenos fazem as seguintes ligações:

Elemento	Ligação	Esquema estrutural	Exemplo
Hidrogênio	1 ligação covalente simples	H —	gás hidrogênio: H—H
Oxigênio	2 ligações covalentes simples		metanol: H <sub>3</sub> C—O—H
	1 ligação covalente dupla		gás carbônico: O=C=O
Nitrogênio	3 ligações covalentes simples		amônia:
	1 ligação covalente simples e 1 ligação covalente dupla		dimetilnitrosamina: 
	1 ligação covalente tripla		gás nitrogênio: N≡N

## 2º postulado

As 4 ligações simples do carbono são iguais (em comprimento e energia). Assim, as quatro fórmulas estruturais esquematizadas abaixo, por exemplo, representam a mesma molécula, o clorofórmio,  $\text{CHCl}_3$ .

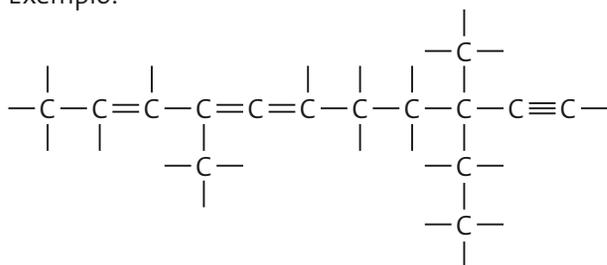


## 3º postulado

O carbono é capaz de formar cadeias (ligações químicas sucessivas) com outros átomos de carbono.

As cadeias carbônicas podem conter milhares de átomos de carbono, ligados sucessivamente, formando compostos estáveis. É isso que justifica o grande número de compostos orgânicos conhecidos.

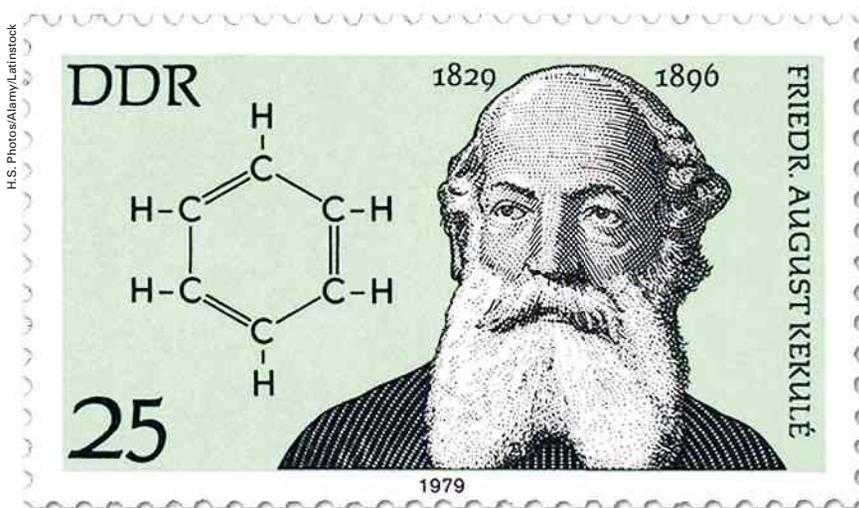
Exemplo:



Observe que no exemplo acima desconsideramos as ligações entre o carbono e outros átomos, enfatizando apenas a cadeia carbônica.

A importância da Química orgânica se torna proporcionalmente maior se considerarmos que nosso organismo e o de todos os seres vivos são constituídos de compostos orgânicos (bioquímicos), e todos os produtos que utilizamos (alimentos, medicamentos, cosméticos, etc.) devem ser desenvolvidos para reagir de forma adequada com esses compostos orgânicos constituídos basicamente de carbono.

Além do carbono, o hidrogênio, o oxigênio e o nitrogênio – denominados elementos organógenos – estão presentes na maioria dos compostos orgânicos conhecidos.



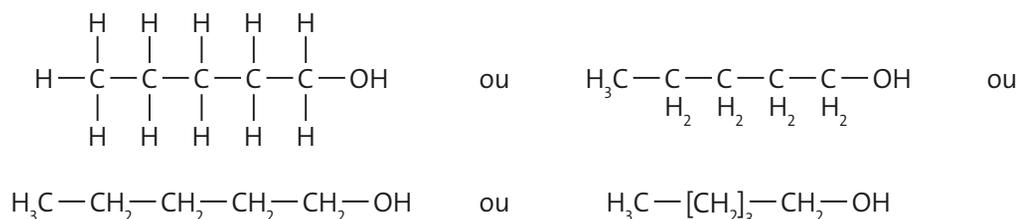
Selo alemão em homenagem a Friedrich August Kekulé.

## 3) Simplificação de fórmulas estruturais

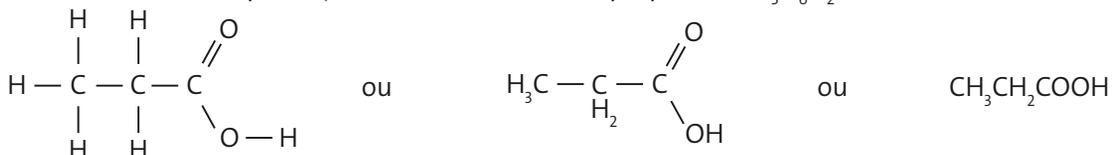
Como vimos, de acordo com o 3º postulado de Kekulé, os átomos de carbono são capazes de formar cadeias, às vezes muito longas. Por essa razão, é comum simplificarmos a fórmula estrutural dos compostos orgânicos, condensando algumas ligações.

Veja a seguir alguns exemplos de simplificação da fórmula estrutural.

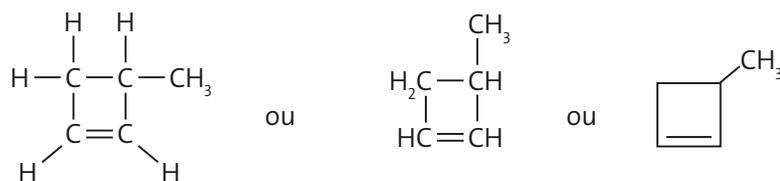
- Simplificação da fórmula do pentan-1-ol,  $C_5H_{11}OH$ :



- Simplificação da fórmula do ácido propanoico,  $C_3H_6O_2$ :

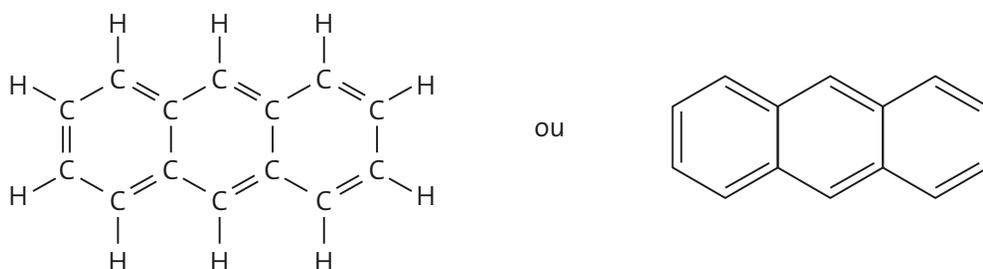


- Simplificação do 3-metilciclobuteno,  $C_5H_8$ :



Note que na simplificação da fórmula dos compostos cíclicos, cada vértice da figura geométrica representa um átomo de carbono. As ligações entre o carbono e o hidrogênio não precisam ser representadas, pois fica implícito que todas as ligações que estão faltando (o carbono faz 4 ligações) estão sendo feitas com o hidrogênio. As ligações do carbono com outros elementos devem ser representadas.

- Simplificação do antraceno,  $C_{14}H_{10}$ :



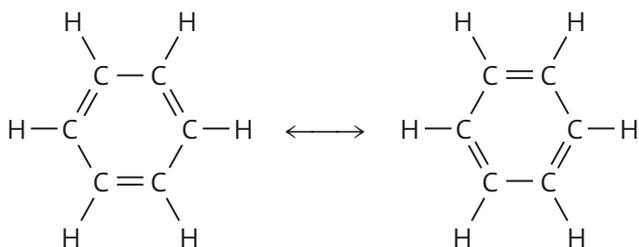
O antraceno possui 3 anéis ou núcleos aromáticos. Cada um é formado por um ciclo plano com 6 átomos de carbono que estabelecem entre si ligações ressonantes (intermediárias entre a simples e a dupla).

## 4 Ressonância

Em algumas moléculas, os elétrons da ligação dupla mudam constantemente de lugar (sem que a posição dos átomos na molécula se modifique). Esse fenômeno é conhecido por ressonância.

As moléculas que sofrem ressonância podem ser representadas por duas ou mais fórmulas estruturais (ou eletrônicas) diferentes, denominadas **fórmulas canônicas**.

A molécula de benzeno é formada por um núcleo aromático e pode ser representada por uma das seguintes fórmulas estruturais:



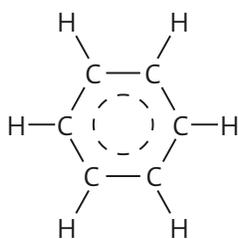
Nenhuma das fórmulas canônicas do benzeno (ou de qualquer outra molécula que sofra ressonância) tem existência física real.

Experimentalmente, verifica-se que a distância entre dois átomos de carbono que estabelecem uma ligação covalente é maior na ligação simples e menor na ligação dupla (como mostra o quadro abaixo); porém, na molécula de benzeno todas as ligações entre os átomos de carbono possuem o mesmo comprimento, e seu valor é intermediário entre o comprimento da ligação simples e da ligação dupla.

Ligação	Comprimento de ligação/nm
Simples, C—C	0,154
Entre carbonos no benzeno	0,139
Dupla, C=C	0,134

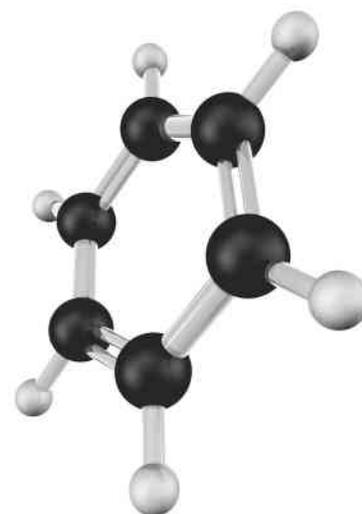
O benzeno é um exemplo clássico de molécula que sofre ressonância. Entretanto há diversos outros compostos orgânicos, derivados ou não do benzeno, cujas moléculas também sofrem esse fenômeno.

Assim, a representação mais próxima do real para a molécula de benzeno é uma “média” das estruturas de ressonância ou um híbrido de ressonância, como mostramos abaixo:



Atualmente a IUPAC recomenda que se utilize uma das formas de ressonância para representar a molécula de benzeno e seus derivados, evitando representar tais compostos pelo seu híbrido de ressonância.

O termo aromático foi utilizado pela primeira vez na literatura em 1855 pelo químico alemão August Wilhelm von Hofmann (1818-1892), em referência a um grupo de substâncias isoladas a partir do carvão, caracterizadas por exalar um forte odor. Mais tarde, percebeu-se que muitas dessas substâncias tinham em comum a presença do anel benzênico em sua estrutura, assim o termo aromático passou a ser usado para designar os compostos derivados do benzeno.



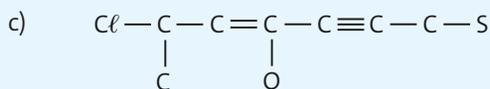
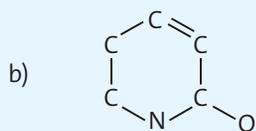
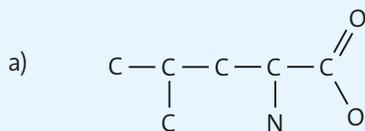
Modelo de bolas e varetas da molécula de benzeno.

Este modelo da molécula de benzeno foi proposto por Kekulé para explicar o conceito de cadeia e de anéis para seus alunos.

O benzeno,  $C_6H_6$ , é um líquido incolor, inflamável e altamente tóxico por ingestão, inalação e absorção através da pele. É utilizado na fabricação de diversos compostos, como solventes, inseticidas, fumigantes, removedores de tintas, etc.

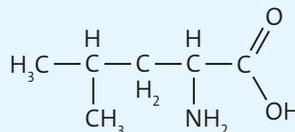
## Exercício resolvido

**1** Identifique quantos átomos de hidrogênio estão faltando para completar as ligações nos compostos a seguir:

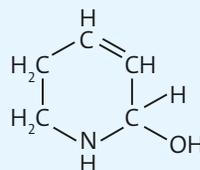


## Resolução

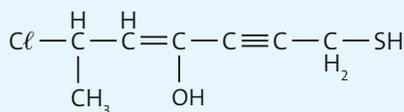
a) Faltam 13 átomos de hidrogênio.



b) Faltam 9 átomos de hidrogênio.



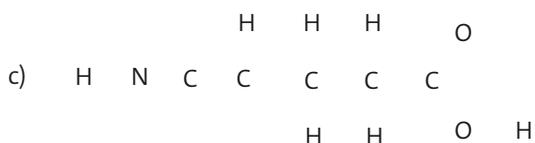
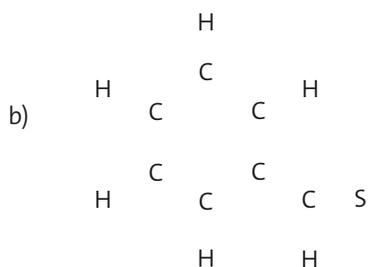
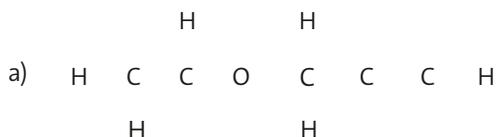
c) Faltam 9 átomos de hidrogênio.



## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

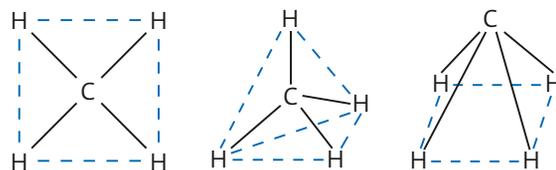
**1** Copie as fórmulas a seguir no caderno e indique as ligações (simples, dupla ou tripla) que estão faltando para que as valências dos átomos envolvidos sejam satisfeitas.



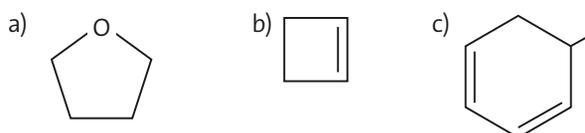
**2** (Fuvest-SP) Explique as informações do conjunto A usando as do conjunto B.

- A1. Existe somente uma substância de fórmula  $\text{CHCl}_3$ .  
 A2. Existe somente uma substância de fórmula  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ .  
 B1. O átomo de carbono ocupa o centro (centro de gravidade ou lugar geométrico) de um tetraedro regular, com as valências dirigidas para os vértices.  
 B2. As quatro valências do carbono são equivalentes.

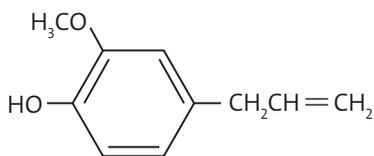
**3** (UFPR) Dadas as representações abaixo, indique qual é a correta para o metano,  $\text{CH}_4$ . Justifique sua escolha.



**4** Escreva a fórmula estrutural completa (com o símbolo dos átomos e as ligações) dos compostos a seguir:



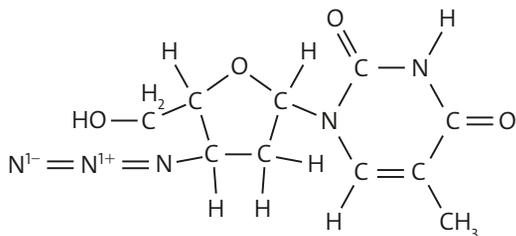
**5** (Uneb-BA) O eugenol, um composto orgânico extraído do cravo-da-índia, pode ser representado pela fórmula estrutural:



Com base nessa informação, pode-se concluir que a fórmula molecular do eugenol é:

- a)  $C_{10}H_{11}O$ .      c)  $C_{10}H_{11}O_2$ .      e)  $C_{10}H_{12}O_2$ .  
 b)  $C_{10}H_{11}O_3$ .      d)  $C_{10}H_{12}O$ .

**6** (UFRJ) O AZT, que possui a capacidade de inibir a infecção e os efeitos citopáticos do vírus da imunodeficiência humana do tipo HIV-I, o agente causador da Aids, apresenta a seguinte estrutura:



- a) Quantos átomos de carbono estão presentes em uma molécula de AZT?  
 b) Quantos átomos de oxigênio estão contidos em um mol de AZT?

**7** No ambiente marinho, as espécies que se reproduzem por fecundação externa desenvolvem mecanismos químicos para que os gametas masculinos (espermatozoides) e os gametas femininos (oogônios) se reconheçam e se atraiam mutuamente.

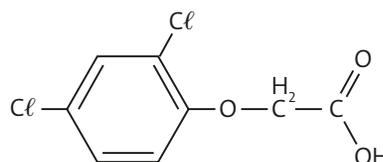
No caso das algas pardas do gênero *Fucus*, a liberação do oogônio na água é acompanhada da produção de um hidrocarboneto denominado fucosserratenol, que, além de induzir a liberação dos espermatozoides, orienta aqueles que estão nadando sem rumo a nadarem em espiral na direção do oogônio, promovendo a fecundação.

Ocorre que o fucosserratenol pode ter seu efeito imitado pelo hexano, um hidrocarboneto derivado do petróleo. Quando há um vazamento de petróleo no mar, a concentração de hexano aumenta muito na região, estimulando a emissão de espermatozoides na ausência de oogônios a serem fecundados, o que provoca uma queda significativa na população dessas algas. Esse fato foi observado pela primeira vez em 1960, quando a *Fucus* desapareceu quase completamente da costa sudoeste da Inglaterra, após o naufrágio de um navio petroleiro.

Dada a fórmula simplificada do fucosserratenol, indique sua fórmula molecular.

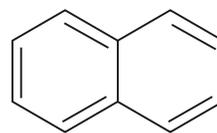


**8** Durante a Guerra do Vietnã constatou-se que as florestas densas daquele local protegiam os nativos que se ocultavam sob as árvores durante os bombardeios, dificultando o avanço dos americanos. Para resolver esse problema, o governo americano decidiu pulverizar as árvores com um desfolhante e utilizou o agente laranja, uma substância altamente cancerígena, esquecendo que seus soldados também combatiam naquela área. Dada a fórmula estrutural do agente laranja, indique sua fórmula molecular.

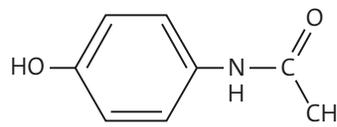


**9** Dadas as seguintes fórmulas estruturais simplificadas abaixo, indique a fórmula molecular do respectivo composto orgânico.

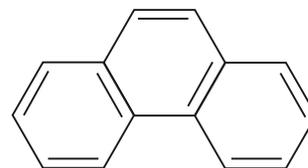
- a) Naftaleno: usado como inseticida, como aditivo da gasolina, na fabricação de plásticos flexíveis, revestimentos, acabamento têxtil, tintas.



- b) Paracetamol: usado como analgésico, encontrado no comércio na composição de vários remédios de venda livre. Não deve ser utilizado no período pré-operatório, pois pode causar hemorragia.



- c) Antraceno: é incolor sob luz comum, mas se torna azul fluorescente sob luz ultravioleta. É usado na fabricação de corantes, como a alizarina.



**10** (UEL-PR) Na fórmula  $H_2C \dots x \dots CH - CH_2 - C \dots y \dots$ , N, x e y representam, respectivamente, ligações:

- a) simples e dupla.      d) tripla e tripla.  
 b) dupla e dupla.      **X** e) dupla e tripla.  
 c) tripla e simples.

## 5) Classificação de carbonos e de cadeias carbônicas

O modo como as cadeias carbônicas estão estruturadas pode explicar muitas propriedades físicas e químicas dos compostos orgânicos; por isso, é importante conhecer os diferentes tipos de cadeia carbônica e entender a forma como são classificadas.

Antes, porém, vamos classificar os átomos de carbono que as formam.

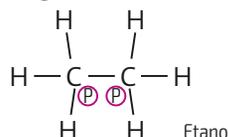
### Classificação de carbonos

A classificação de determinado átomo de carbono em uma cadeia carbônica apresenta como único critério o número de carbonos que estão diretamente ligados a ele.

Assim, temos:

- **Carbono primário (P)**

É o átomo de carbono que está ligado a apenas 1 outro átomo de carbono, como mostra o exemplo a seguir:



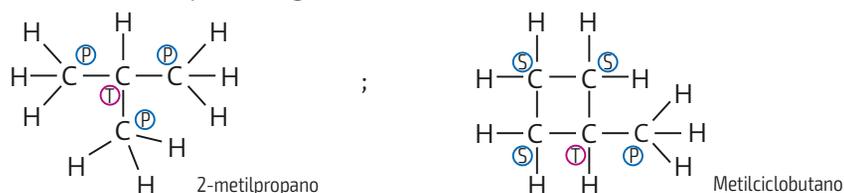
- **Carbono secundário (S)**

É o átomo de carbono que está ligado a 2 outros átomos de carbono, como mostram os exemplos a seguir:



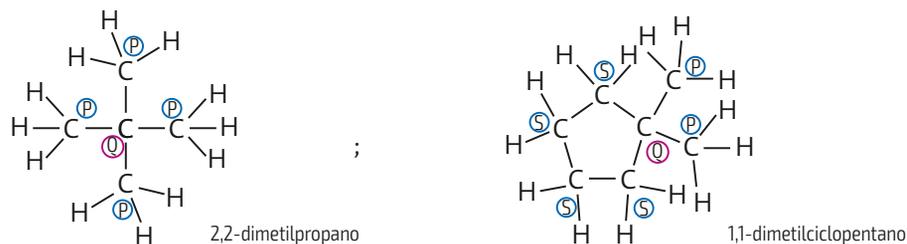
- **Carbono terciário (T)**

É o átomo de carbono que está ligado a 3 outros átomos de carbono, como mostram os exemplos a seguir:

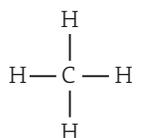


- **Carbono quaternário (Q)**

É o átomo de carbono que está ligado a 4 outros átomos de carbono, como mostram os exemplos a seguir:



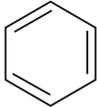
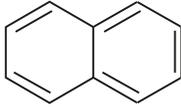
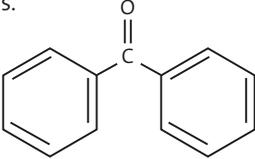
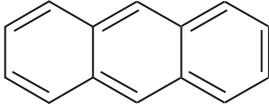
Na molécula de metano,  $\text{CH}_4$ , o carbono não está ligado a nenhum outro átomo de carbono, portanto, a rigor, ele não pode ser classificado segundo esse critério.



molécula de metano

Lembre-se sempre de que nessa classificação estamos considerando apenas a cadeia carbônica e não o composto orgânico em si.

Os quadros a seguir apresentam a classificação das cadeias carbônicas.

Abertas ou acíclicas (possuem no mínimo duas extremidades)		
Quanto ao tipo de ligação entre carbonos (simples, dupla, tripla).	<b>Saturadas:</b> possuem apenas ligações simples entre carbonos. Exemplo: $\text{N} \equiv \text{C} - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \overset{\text{O}}{\text{C}} = \text{H}$	<b>Insaturadas:</b> possuem pelo menos uma ligação dupla ou tripla entre carbonos. Exemplo: $\text{H}_3\text{C} - \underset{\text{H}}{\text{C}} = \text{CH}_2$
Quanto à presença de heteroátomo (átomo diferente de carbono <b>entre dois carbonos</b> ).	<b>Homogêneas:</b> não possuem heteroátomo. Exemplo: $\text{H}_3\text{C} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \text{NH}_2$	<b>Heterogêneas:</b> possuem heteroátomo. Exemplo: $\text{H}_3\text{C} - \text{O} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \text{CH}_3$
Quanto à classificação dos carbonos (primário, secundário, terciário ou quaternário).	<b>Normais:</b> possuem apenas carbonos primários e secundários. Exemplo: $\text{H}_3\text{C} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \text{CH}_3$	<b>Ramificadas:</b> possuem pelo menos um carbono terciário ou quaternário. Exemplo: $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H}_2 \\   \quad   \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Aromáticas (possuem pelo menos um núcleo aromático)		
Quanto ao número de núcleos aromáticos (ou anéis de benzeno).	<b>Mononucleares:</b> possuem apenas um núcleo aromático. Exemplo: 	<b>Polinucleares:</b> possuem mais de um núcleo aromático. Exemplo: 
Quanto à disposição dos núcleos aromáticos	<b>Isolados e polinucleares:</b> os núcleos aromáticos não possuem átomos de carbono comuns. Exemplo: 	<b>Condensados e polinucleares:</b> os núcleos aromáticos possuem átomos de carbono comuns. Exemplo: 
Alicíclicas (cadeias fechadas que não possuem núcleo aromático)		
Quanto ao tipo de ligação entre carbonos (simples, dupla, tripla).	<b>Saturadas:</b> possuem apenas ligações simples entre carbonos. Exemplo: $\begin{array}{c} \text{H}_2 \\   \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{C} = \text{O} \end{array}$	<b>Insaturadas:</b> possuem pelo menos uma ligação dupla ou tripla entre carbonos. Exemplo: $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{C} \\ // \quad \backslash \\ \text{HC} \quad \text{CH}_2 \end{array}$
Quanto à presença de heteroátomo (átomo diferente de carbono <b>entre dois carbonos</b> ).	<b>Homocíclicas:</b> Não possuem heteroátomo. Exemplo: $\begin{array}{c} \text{H}_2 \\   \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \end{array}$	<b>Heterocíclicas:</b> possuem pelo menos um heteroátomo. Exemplo: $\begin{array}{c} \text{S} - \text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$
Quanto à classificação dos carbonos (primário, secundário, terciário ou quaternário).	<b>Normais:</b> possuem apenas carbono primário e secundário. Exemplo: $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$	<b>Ramificadas:</b> possuem pelo menos um carbono terciário ou quaternário. Exemplo: $\begin{array}{c} \text{H} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \end{array}$

# RETOMANDO A NOTÍCIA

*A reportagem da página 9 fala sobre o problema da espuma fétida, formada pela mistura de detergente e esgoto, que invade constantemente as ruas de algumas cidades do interior de SP. Você sabe do que é feito um detergente, como ele funciona e que opções temos para evitar esse problema ambiental?*

Uma substância orgânica é considerada biodegradável quando pode ser decomposta pela ação de microrganismos. A degradação biológica é um processo aeróbio que necessita de quantidades razoáveis de oxigênio para ocorrer.

Se uma substância é biodegradável, os microrganismos conseguem transformá-la em íons inorgânicos, como nitrato,  $\text{NO}_3^-$ (aq), nitrito,  $\text{NO}_2^-$ (aq), fosfato,  $\text{PO}_4^{3-}$ (aq), e sulfato,  $\text{SO}_4^{2-}$ (aq), ou em moléculas simples, como dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ (g), e água,  $\text{H}_2\text{O}$ (l). Todos esses íons e moléculas são usados como nutrientes pelas plantas.

Se uma substância é não biodegradável, sua decomposição não pode ser feita por microrganismos. Substâncias assim só podem ser degradadas por processos químicos ou físicos.

Se uma substância não biodegradável é lançada ao ambiente, seus efeitos tóxicos ou poluentes vão persistir por muito tempo, causando danos que vão se acumulando e se agravando ao longo da cadeia alimentar.

Verifica-se que a propriedade de ser ou não biodegradável está relacionada ao tipo de cadeia carbônica que a substância possui.

## ● Detergentes não biodegradáveis

Possuem cadeia muito ramificada como, por exemplo, a do *p*-1,3,5,7-tetrametiloctil-benzenossulfonato de sódio (veja fórmula estrutural abaixo). Cadeias ramificadas não são digeridas pelos microrganismos existentes na água e acabam causando sérios problemas ao meio ambiente.

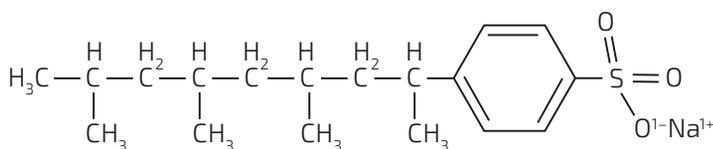
## ● Detergentes biodegradáveis

Possuem cadeia normal ou linear, como o *p*-dodecilbenzenossulfonato de sódio (veja fórmula abaixo).

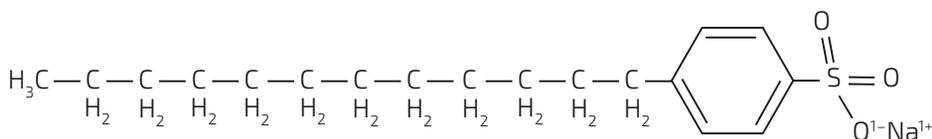
Os detergentes de uso doméstico utilizam matéria-prima biodegradável em sua formulação.

## ● Sabão em barra (biodegradável)

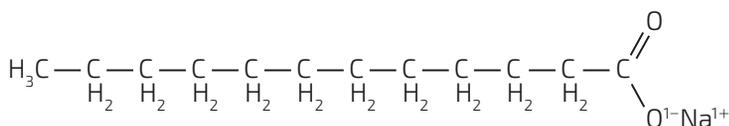
O chamado sabão em barra, apesar de ter uma formulação diferente da do detergente, como o dodecanoato de sódio (fórmula a seguir), atua da mesma maneira.



*p*-1,3,5,7-tetrametiloctil-benzenossulfonato de sódio; detergente (não biodegradável)



*p*-dodecilbenzenossulfonato de sódio; detergente (biodegradável)



dodecanoato de sódio: constituinte do sabão em barra (biodegradável)

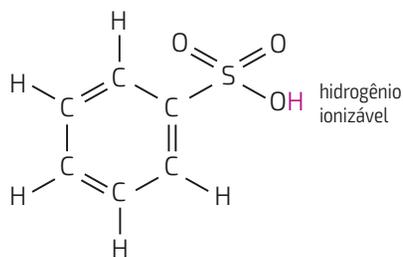


E qual produto é menos prejudicial ao meio ambiente? Vamos analisar a constituição do sabão e do detergente.

As matérias-primas utilizadas para fabricar sabão são os óleos e as gorduras que, reagindo com uma base forte como o hidróxido de sódio, NaOH(aq), produzem um sal de ácido carboxílico (os ácidos carboxílicos são ácidos fracos) de cadeia longa, não ramificada. Por serem derivados de óleos e gorduras, todos os sabões são biodegradáveis.

A desvantagem dos sabões é que, se a água tiver íons  $\text{Ca}^{2+}$  ou  $\text{Mg}^{2+}$  (água dura), os sabões vão reagir formando sais insolúveis (sais de ácido carboxílico de cadeia longa de cálcio ou de magnésio) que precipitam, interrompendo o processo de limpeza.

Já as matérias-primas utilizadas para fabricar os detergentes são o petróleo e o ácido sulfúrico (um ácido forte). Os detergentes são sais de ácido sulfônico (derivados de ácido sulfúrico) de cadeia longa.



Ácido sulfônico

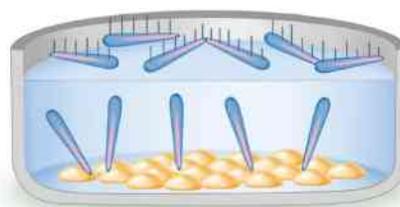
A utilização de matérias-primas potencialmente perigosas na fabricação de detergentes pode gerar resíduos prejudiciais ao ambiente.

Os sabões, em geral, fazem menos espuma que os detergentes, o que é bom para o meio ambiente e, em questão de limpeza, não faz diferença, já que não é a espuma que limpa, mas o mecanismo esquematizado a seguir, que é igual para ambos.

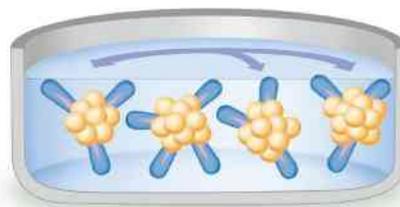


1. Depósito de gordura sobre uma superfície qualquer.

Ilustrações: Paulo Manzini/  
Arquivo da editora



2. O sabão ou o detergente é adicionado e orienta sua extremidade apolar para a gordura e sua extremidade polar para a água.



3. A agitação faz a gordura se desprender na forma de pequenos aglomerados que são levados pela água corrente.

Mas usar um produto biodegradável é garantia de proteção ao meio ambiente? Não.

O uso de produtos biodegradáveis não resolve nesse caso, porque as águas do rio já estão saturadas com o esgoto doméstico que é lançado sem tratamento.

Como a oferta de matéria biodegradável – esgoto e detergentes de uso doméstico – é muito grande, o consumo de oxigênio da água necessário para que as bactérias possam fazer o seu trabalho é igualmente grande.

O consumo excessivo de oxigênio das águas dos rios pode causar a morte das demais espécies de vida que habitam o ecossistema, evoluindo para um processo denominado eutrofização.

Por isso, o uso de detergentes industriais (não biodegradáveis) e a não decomposição dos detergentes biodegradáveis, aliados à baixa vazão do rio e à correnteza que se forma nos vertedouros da usina hidrelétrica próxima a Pirapora do Bom Jesus, causam a formação da espuma que invade periodicamente as ruas dessa cidade.

O que podemos fazer é cobrar dos órgãos responsáveis para que todo o esgoto seja tratado antes de ser lançado ao rio. Em casa podemos utilizar produtos biodegradáveis, de preferência sabão em barra, na quantidade mínima necessária para obter a limpeza desejada.

## Exercício resolvido

**2** (UFV-MG) Considerando os compostos a seguir:

- I.  $\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_3$
- II.  $\text{C}(\text{CH}_3)_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- III.  $\text{H}_3\text{CCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$
- IV.  $\text{H}_3\text{CCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$
- V.  $\text{H}_3\text{CCHBrCHBrCH}_3$

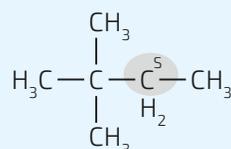
- a) Quais deles apresentam cadeias carbônicas ramificadas?
- b) Indique o número de carbonos secundários existentes nas cadeias ramificadas.

### Resolução

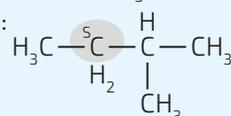
a) Apenas os compostos II e III.

b) Composto I:  $\text{H}_3\text{C} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \text{CH}_3$

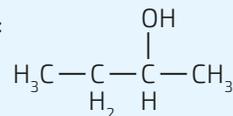
Composto II:



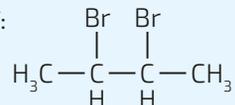
Composto III:



Composto IV:

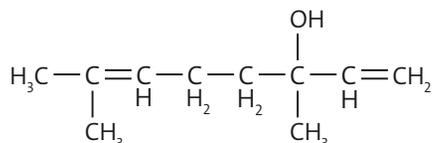


Composto V:



## Exercícios

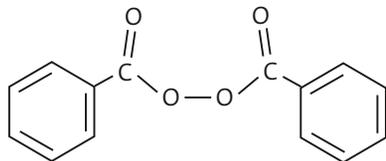
**11** (Ufam) O pau-rosa, típico da região amazônica, é uma rica fonte natural do óleo essencial conhecido por linalol, o qual também pode ser isolado do óleo de alfazema. Esse óleo apresenta a seguinte fórmula estrutural.



Sua cadeia carbônica deve ser classificada como:

- a) acíclica, ramificada, saturada e heterogênea.
- b) acíclica, normal, insaturada e homogênea.
- c) alicíclica, ramificada, insaturada e homogênea.
- d) acíclica, ramificada, insaturada e homogênea.
- e) alicíclica, normal, saturada e heterogênea.

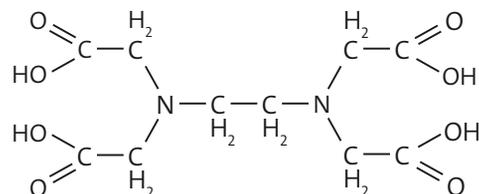
**12** (Acafe-SC) O peróxido de benzoíla é um catalisador de polimerização de plásticos. Sua temperatura de autoignição é igual a 80 °C, podendo causar inúmeras explosões.



Sua cadeia é:

- a) alicíclica.
- b) aromática.
- c) alifática.
- d) homocíclica.
- e) saturada.

**13** (PUC-RS) O ácido etilendiaminotetracético, conhecido como EDTA, utilizado como antioxidante em margarinas, de fórmula



apresenta cadeia carbônica:

- a) acíclica, insaturada e homogênea.
- b) acíclica, saturada e heterogênea.
- c) acíclica, saturada e homogênea.
- d) cíclica, saturada e heterogênea.
- e) cíclica, insaturada e homogênea.

**14** (Unifoa-RJ) Indivíduos em jejum prolongado ou que realizam exercícios físicos intensos liberam para a corrente sanguínea compostos denominados corpos cetônicos,  $\text{H}_3\text{C} - \text{CO} - \text{CH}_3$  e  $\text{H}_3\text{C} - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ . Ambas as cadeias são classificadas como:

- a) cíclica, heterogênea, insaturada.
- b) acíclica, homogênea, insaturada.
- c) acíclica, heterogênea, insaturada.
- d) cíclica, homogênea, saturada.
- e) acíclica, homogênea, saturada.

**15** Sabendo que os quatro elementos organógenos – C, H, O e N – fazem, respectivamente, 4, 1, 2 e 3 ligações covalentes comuns, forneça a fórmula estrutural dos seguintes compostos:

- a)  $\text{CH}_3\text{ON}$ .
- b)  $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$ , em que todos os átomos de carbono estão ligados a no máximo um outro átomo de carbono.
- c)  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ , cuja cadeia carbônica é heterogênea.
- d)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{ON}$ , cuja cadeia carbônica é homogênea.

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

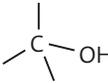
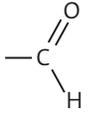
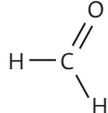
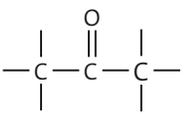
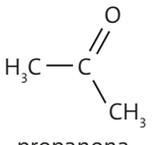
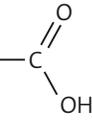
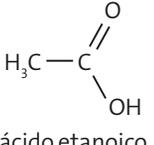
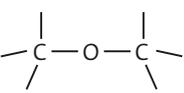
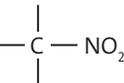
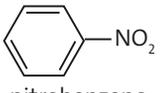
## 6) Nomenclatura de compostos com cadeia normal

Os compostos orgânicos são divididos em grupos ou funções de acordo com o comportamento químico que apresentam.

Ter um comportamento químico semelhante significa reagir de maneira semelhante diante de determinada substância, nas mesmas condições, ou seja, possuir o mesmo grupo funcional.

O grupo funcional é um agrupamento de átomos responsável pela semelhança no comportamento químico de uma série de compostos diferentes.

O quadro a seguir fornece exemplos de grupos funcionais orgânicos.

Função química: definição	Grupo funcional	Sufixo do nome	Exemplo e nome IUPAC	Nome usual
<b>Hidrocarboneto:</b> todo composto que possui apenas carbono e hidrogênio.	$C_xH_y$	sufixo: <b>o</b>	$H_2C=CH_2$ eteno	Etileno
<b>Álcool:</b> possui o grupo hidroxila, —OH, ligado (especificamente) a um carbono saturado.		sufixo: <b>ol</b>	$H_3C-C-OH$ $H_2$ etanol	Álcool etílico
<b>Aldeído:</b> possui o grupo carbonila ligado ao hidrogênio.  carbonila	 aldoxila	sufixo: <b>al</b>	 metanal	Aldeído fórmico ou formaldeído
<b>Cetona:</b> possui o grupo carbonila entre dois carbonos.		sufixo: <b>ona</b>	 propanona	Acetona ou dimetil-cetona
<b>Ácido carboxílico:</b> possui o grupo carbonila ligado a um grupo —OH.	 carboxila	sufixo: <b>oico</b>	 ácido etanoico	Ácido acético ou ácido acético glacial
<b>Haleto orgânico:</b> derivado de hidrocarboneto pela substituição de um ou mais hidrogênios por átomos de halogênios (X = F, Cl, Br ou I).		quantidade de X + + nome de X + + nome do hidrocarboneto	$H_3C-Cl$ monoclorometano	Cloreto de metila
<b>Éter:</b> possui o oxigênio como heteroátomo, isto é, entre dois carbonos.		prefixo + <b>oxi</b> + + prefixo + infixo + + sufixo <b>o</b>	$H_3C-O-CH_3$ metoximetano	metacarbinol
<b>Nitrocomposto:</b> possui o grupo nitro, —NO <sub>2</sub> , ligado a uma cadeia carbônica.		<b>nitro</b> + prefixo + + infixo + sufixo <b>o</b>	 nitrobenzeno	—

Vamos rever neste livro, com mais detalhes, os grupos funcionais que estudamos no Volume 1 e conhecer alguns novos.

No quadro da página anterior é possível observar que muitos compostos apresentam um nome usual ou popular, pelo qual se tornaram conhecidos. Muitas vezes o nome usual é o mais utilizado no comércio e até na indústria – e, por isso, vamos sempre mencioná-lo –, mas não é um nome oficial da IUPAC e geralmente não traz em si nenhuma informação sobre as propriedades dos respectivos compostos.

A IUPAC vem aperfeiçoando um sistema de nomenclatura para compostos orgânicos desde 1892, sempre com o mesmo princípio básico:

- Cada composto orgânico deve ter um nome diferente.
- A partir do nome, deve ser possível esquematizar a fórmula estrutural do composto orgânico e vice-versa.

A IUPAC é o órgão internacional responsável pela normatização das regras utilizadas na Química. A sigla IUPAC significa International Union of Pure and Applied Chemistry (União Internacional de Química Pura e Aplicada), cujo endereço na internet é: <[www.iupac.org/](http://www.iupac.org/)>. Acesso em: 3 dez. 2015.

Assim, visando atingir esses objetivos, criou-se uma série de regras simples, de fácil memorização e mais abrangentes possível. Seguindo essas regras podemos dar um nome a grande parte dos compostos orgânicos, e assim obter muitas informações sobre suas propriedades.

Vamos observar, porém, que chegará determinado ponto em que, em razão da complexidade da estrutura dos compostos, essas regras se tornarão insuficientes para relacionarmos a estrutura com um nome.

No entanto, se fôssemos criar novas regras para resolver cada problema, elas seriam tantas e tão específicas que deixariam de ser funcionais.

Com isso, queremos dizer que as regras que veremos a seguir, embora extremamente úteis, abrangem um número limitado de compostos. Entretanto, tudo o que estudaremos a respeito de nomenclatura estará dentro desse limite.

O nome dos compostos orgânicos de cadeia normal e não aromáticos é fornecido pelo esquema:

prefixo + infixo + sufixo



Logotipo da IUPAC

Cada uma dessas partes do nome traz alguma informação sobre o composto.

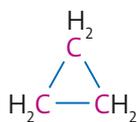
- O **prefixo** indica o número de átomos de carbono na cadeia principal (maior sequência de átomos de carbono);
- O **infixo** indica o tipo de ligação existente **entre carbonos** (apenas simples, pelo menos uma dupla ou pelo menos uma tripla);
- O **sufixo** indica o grupo funcional a que pertence o composto. Por exemplo, o sufixo **o** (todo nome de composto orgânico que termina em **o**) indica que se trata de um **hidrocarboneto** (composto que possui apenas carbono e hidrogênio na fórmula).

Observe os exemplos no quadro a seguir para hidrocarbonetos:

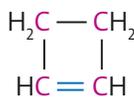
Prefixos	Infixos	Exemplos
1 carbono: <b>met</b>	só ligações simples entre carbonos: <b>an</b>	<b>Butano</b> $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{H}_2}{\text{C}}-\underset{\text{H}_2}{\text{C}}-\text{CH}_3$
2 carbonos: <b>et</b>		
3 carbonos: <b>prop</b>	1 ligação dupla entre carbonos: <b>en</b>	<b>Propeno</b> $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{H}}{\text{C}}=\text{CH}_2$
4 carbonos: <b>but</b>		
5 carbonos: <b>pent</b>	2 ligações duplas entre carbonos: <b>dien</b>	<b>Propadieno</b> $\text{H}_2\text{C}=\text{C}=\text{CH}_2$
6 carbonos: <b>hex</b>		
7 carbonos: <b>hept</b>	1 ligação tripla entre carbonos: <b>in</b>	<b>Etino</b> $\text{HC}\equiv\text{CH}$
8 carbonos: <b>oct</b>		
9 carbonos: <b>non</b>		

Nos compostos orgânicos cíclicos o nome do composto é precedido pela palavra **ciclo**.

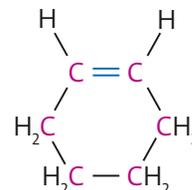
Exemplos:



ciclo + **prop** + **an** + o =  
= ciclo**pro**pano



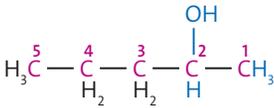
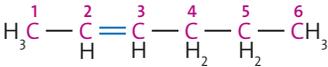
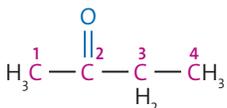
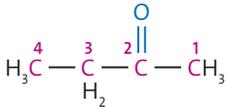
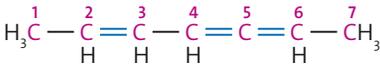
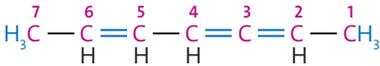
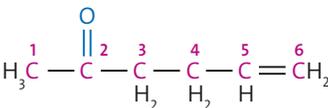
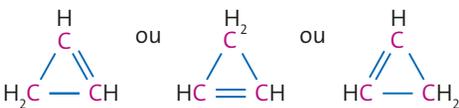
ciclo + **but** + **en** + o =  
= ciclo**but**eno



ciclo + **hex** + **en** + o =  
= ciclo**hex**eno

Sempre que a cadeia carbônica permitir mais de uma possibilidade para a localização do grupo funcional e/ou das insaturações, será necessário numerar os carbonos da cadeia para indicar a posição exata de cada característica do composto.

O quadro a seguir fornece um resumo das regras mais importantes para a nomenclatura de compostos de cadeia normal.

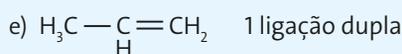
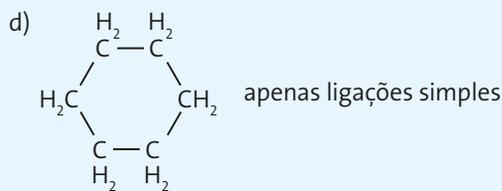
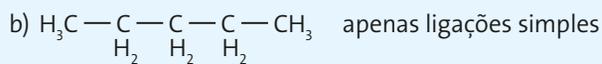
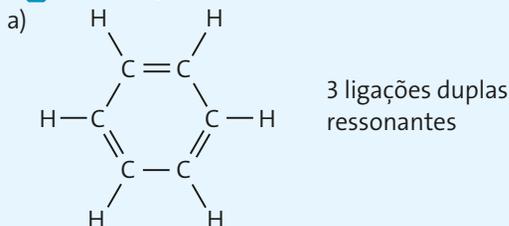
Regras	Exemplos	Observações
<p>Numerar a cadeia carbônica a partir da extremidade mais próxima ao grupo funcional.</p> <p>No caso de um hidrocarboneto, a partir da extremidade mais próxima da insaturação (se houver).</p>	 <p>pentan-2-ol</p>  <p>hex-2-eno</p>	<p>De acordo com a IUPAC, o número deve ser escrito imediatamente antes do que ele indica, como mostram os exemplos ao lado. Porém, como a pronúncia do nome <b>pentan-2-ol</b> não soa familiar, é comum encontrar em livros e em enunciados de vestibulares (até nos mais rigorosos) o nome <b>2-pentanol</b> ou <b>pentanol-2</b>.</p> <p>Não é correto (oficial), mas é usual.</p>
<p>Se não houver outra possibilidade de numeração para a indicação do grupo funcional e/ou da insaturação, não é necessário numerar a cadeia.</p>	 <p>ou</p>  <p>butanona</p>	<p>O nome do composto ao lado é apenas butanona. Não é necessário escrever butan-2-ona para indicar a localização do grupo funcional porque não há outra possibilidade de localização do grupo funcional.</p> <p>Lembre-se de que, por definição, nas cetonas o grupo carbonila (C=O) deve estar localizado entre dois carbonos (se estiver na extremidade da cadeia é um aldeído).</p>
<p>Se houver mais de uma possibilidade, escolher aquela cuja soma dos números dos carbonos que indicam a localização do grupo funcional e/ou das insaturações seja a menor possível.</p>	 <p><del>hept-2,4,5-trieno (2 + 4 + 5 = 11)</del></p> <p>ou</p>  <p>hept-2,3,5-trieno (2 + 3 + 5 = 10)</p>	<p>O nome do composto ao lado é hept-2,3,5-trieno, pois a cadeia é numerada pela extremidade que localiza as ligações duplas com os menores números possíveis (soma 10).</p> <p>Note que, quando há mais de um número, eles devem ser separados entre si por vírgulas e separados das letras por hífens.</p>
<p>Se na cadeia carbônica houver uma insaturação e um grupo funcional, deve-se numerar a cadeia a partir da extremidade mais próxima do grupo funcional.</p>	 <p>hex-5-en-2-ona</p>	<p>Ordem de importância: <b>grupo funcional &gt; insaturação</b></p>
<p>Se um hidrocarboneto de cadeia cíclica tiver uma única insaturação, não é preciso numerar a cadeia.</p>		<p>Nesse caso, não é necessário indicar a localização da ligação dupla, pois ela sempre estará entre os carbonos 1 e 2 (as 3 representações ao lado são do ciclopropeno).</p>

## Exercício resolvido

3 (Vunesp-SP) Existe somente uma dupla ligação na cadeia carbônica da molécula de:

- a) benzeno. d) ciclo-hexano.  
b) n-pentano. e) propeno (propileno).  
c) etino (acetileno).

### Resolução



Alternativa e.

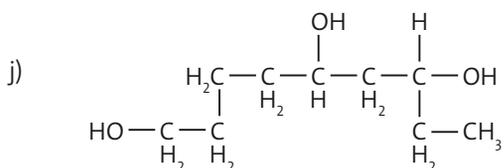
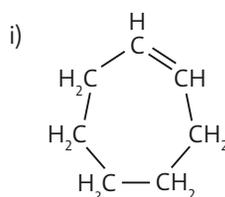
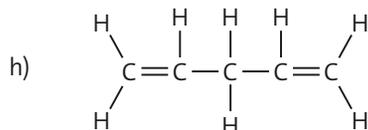
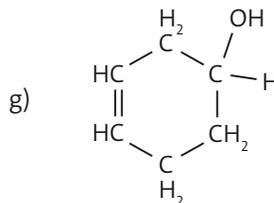
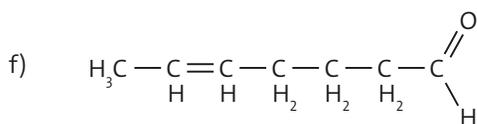
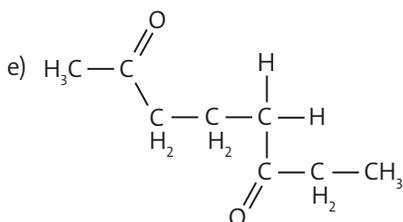
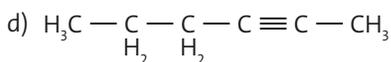
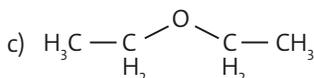
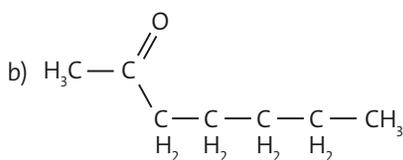
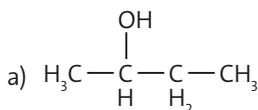
## Exercícios

ATENÇÃO!  
Não escreva no seu livro!

16 Forneça a fórmula estrutural dos compostos orgânicos a seguir a partir de seus nomes.

- a) hexano d) pentan-3-ona  
b) propan-1-ol e) propanal  
c) ciclopentanol f) ácido butanoico

17 Forneça o nome dos compostos orgânicos abaixo a partir de suas fórmulas estruturais.



## 7 Nomenclatura de compostos com cadeia ramificada

Se a cadeia carbônica possuir pelo menos um carbono terciário ou quaternário, ela será ramificada, isto é, haverá uma cadeia principal e uma ou mais cadeias secundárias.

Nesse caso, para dar nome ao composto orgânico, é preciso primeiro escolher a **cadeia principal**.

### A escolha da cadeia principal

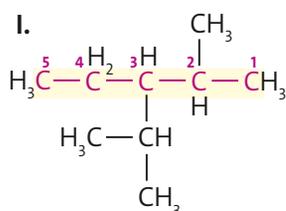
A cadeia principal é aquela que apresenta as seguintes características, em ordem decrescente de importância:

- possui o grupo funcional;
- engloba o maior número de insaturações;
- possui a sequência mais longa de átomos de carbono ligados entre si.

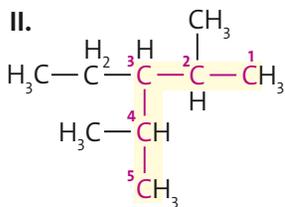
E quando há mais de uma possibilidade de cadeia com o mesmo número de carbonos?

Caso no composto orgânico haja duas ou mais possibilidades de escolha de cadeia principal com o mesmo número de átomos de carbono, devemos optar pela cadeia que tiver o **maior número de ramificações**.

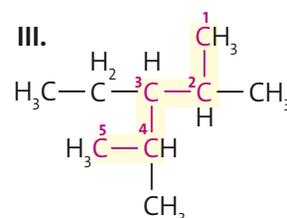
Exemplo:



ou



ou

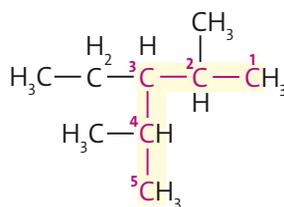


Note que a cadeia principal assinalada em cada estrutura possui 5 átomos de carbono. A primeira estrutura (I), no entanto, possui duas ramificações (nos carbonos 2 e 3), enquanto as demais apresentam três ramificações (nos carbonos 2, 3 e 4). Logo, a cadeia principal escolhida corretamente para esse composto é destacada na estrutura II ou na estrutura III (que representam a mesma molécula).

O nome da cadeia principal é montado da mesma maneira que o nome dos compostos de cadeia normal.

prefixo (número de carbonos)	+	infixo (ligação entre carbonos)	+	sufixo (grupo funcional)
---------------------------------	---	------------------------------------	---	-----------------------------

Assim, o nome da **cadeia principal** do composto do exemplo será:



pentano

## Nomenclatura das ramificações

Como a cadeia principal é a que possui o grupo funcional, excetuando-se os casos de compostos de função mista (com mais de um grupo funcional), as ramificações geralmente são formadas apenas de carbono e hidrogênio e por isso são derivadas de hidrocarbonetos.

Uma vez escolhida a cadeia principal, as cadeias restantes são consideradas ramificações.

O nome das ramificações deve vir antes do nome da cadeia principal e vai depender de dois fatores: do tipo de ligação entre carbonos e do tipo de carbono (primário, secundário ou terciário).

### Tipo de ligação entre carbonos

Se a ramificação for saturada, ou seja, se tiver só ligações simples entre carbonos, o nome da ramificação será:

Prefixo que indica o número de carbonos + il (ou ila)

### Tipo de carbono em que se encontra a valência que liga a ramificação à cadeia principal

Neste livro estudaremos somente as ramificações **monovalentes**, ou seja, aquelas que estão ligadas à cadeia principal por apenas uma ligação simples.

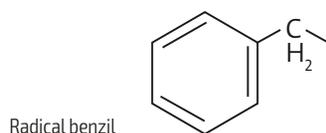
Ramificações que se encontram isoladas da cadeia principal, como estruturas que apresentam uma valência livre, são denominadas radicais.

Os radicais são espécies químicas altamente instáveis e reativas.

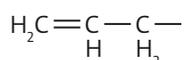
Quando nos referirmos a uma ramificação como parte de uma cadeia carbônica, isto é, como parte de uma estrutura estável, passaremos a chamá-la **substituinte**. O quadro da página seguinte mostra os tipos mais comuns de **ramificações isoladas**, portanto, de radicais.

#### Observação:

O radical **benzil** (7 carbonos), que possui a valência livre localizada em um carbono ligado a um núcleo aromático do benzeno, não se enquadra em nenhuma classificação descrita no quadro da página 30, embora seja bastante comum trabalharmos com ele.

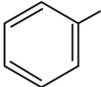


Também há diversos substituintes que apresentam insaturações, como o etenil (vinil), que consta no quadro da página seguinte, ou o alil (prop-2-enil), abaixo:



No Ensino Médio, porém, trabalhamos a maior parte do tempo com substituintes saturados (que apresentam apenas ligações simples).

A valência de um elemento químico é o número de ligações, iônicas ou covalentes, que o átomo desse elemento faz para adquirir estabilidade. Valência livre, portanto, é a ligação que “está faltando”, ou seja, que o átomo precisa fazer para ficar estável.

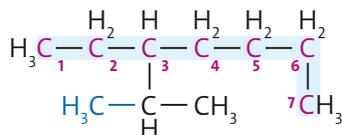
Principais radicais orgânicos			
Classificação	Nome	Estrutura	Localização da valência livre
Alquila (1 carbono)	metil	$\text{H}_3\text{C}-$	_____
Alquila (2 carbonos)	etil	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}-$ $\text{H}_2$	Ambos os carbonos são primários. Nesse caso não importa em qual deles se localiza a valência livre.
Alquila (3 carbonos)	propil	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-$ $\text{H}_2 \quad \text{H}_2$	Valência livre localizada no carbono primário.
Alquila (3 carbonos)	s-propil ou isopropil ou (metiletil)	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3$ $\quad \quad  $ $\quad \quad \text{H}$	Valência livre localizada no carbono secundário. A letra <b>s</b> significa carbono secundário.
Alquila (4 carbonos)	butil	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-$ $\quad \quad \text{H}_2 \quad \text{H}_2 \quad \text{H}_2$	Valência livre localizada no carbono primário de uma cadeia normal.
Alquila (4 carbonos)	s-butil ou (metilpropil)	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3$ $\quad \quad \text{H}_2 \quad \quad  $ $\quad \quad \quad \quad \text{H}$	Valência livre localizada no carbono secundário de uma cadeia normal.
Alquila (4 carbonos)	t-butil ou (1,1-dimetil)	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3$ $\quad \quad  $ $\quad \quad \text{CH}_3$	Valência livre localizada no carbono terciário. A letra <b>t</b> significa carbono terciário.
Alquila (4 carbonos)	isobutil	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-$ $\quad \quad   \quad \quad \text{H}_2$ $\quad \quad \text{CH}_3$	Valência livre localizada no carbono primário de uma cadeia ramificada.
Alquila (5 carbonos)	pentil	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-$ $\quad \quad \text{H}_2 \quad \text{H}_2 \quad \text{H}_2 \quad \text{H}_2$	Valência livre localizada no carbono primário do radical com cadeia normal.
Alquila (5 carbonos)	isoamil ou isopentil	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-$ $\quad \quad   \quad \quad \text{H}_2 \quad \text{H}_2$ $\quad \quad \text{CH}_3$	Valência livre localizada no carbono primário do radical que tem uma ramificação no carbono 3.
Alquila (5 carbonos)	s-amil ou (etil-isopropil)	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3$ $\quad \quad   \quad \quad  $ $\quad \quad \text{CH}_3 \quad \quad \text{H}$	Valência livre localizada no carbono secundário do radical com cadeia ramificada.
Alquila (5 carbonos)	t-pentil ou (1,1-dimetilpropil)	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3$ $\quad \quad   \quad \quad \text{H}_2$ $\quad \quad \text{CH}_3$	Valência livre localizada no carbono terciário.
Alquila (5 carbonos)	neopentil ou (2,2-dimetilpropil)	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-$ $\quad \quad   \quad \quad \text{H}_2$ $\quad \quad \text{CH}_3$ $\quad \quad \quad \quad  $ $\quad \quad \quad \quad \text{CH}_3$	Valência livre localizada no carbono primário.
Alquenila (2 carbonos)	etenil ou vinil	$\text{H}_2\text{C}=\text{C}-$ $\quad \quad \quad \quad \text{H}$	_____
Arila (6 carbonos)	fenil		Valência livre localizada em um dos carbonos do núcleo aromático (fenil deriva de feno, benzeno em alemão).

Sobre os nomes dos radicais, há uma regra da IUPAC que diz:

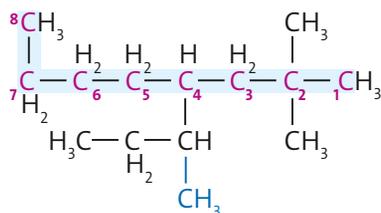
Os substituintes ou ligantes com valência livre em carbono secundário ou terciário (considerados ramificados) podem ser nomeados como cadeias secundárias, desde que o nome esteja entre parênteses.

Esse tipo de nomenclatura aprovada pela IUPAC ainda não é muito utilizada no Ensino Médio, mas, como é oficial, é só uma questão de tempo para que seja amplamente adotada.

Exemplos:



3-isopropil-**heptano** ou 3-(metiletil)-**heptano**  
Substituição: (metiletil) no lugar de isopropil



2,2-dimetil-4-**s-butil-octano** ou 2,2-dimetil-4-(1-metilpropil)-**octano**  
Substituição: (1-metilpropil) no lugar de s-butil

## Localização das ramificações

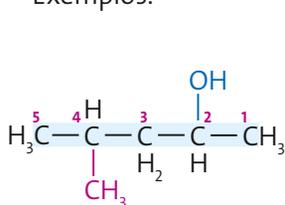
A localização das ramificações deve ser informada pela numeração dos carbonos da cadeia principal, que é feita segundo as regras que vimos.

A cadeia carbônica deve ser numerada a partir da extremidade mais próxima da característica mais importante do composto, na ordem:

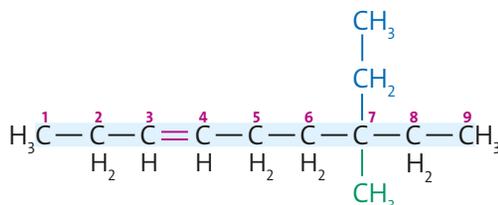
grupo funcional > insaturação > ramificação

Obedecendo a esse critério, a numeração da cadeia principal deve seguir a regra dos menores números possíveis.

Exemplos:



4-metilpentan-2-ol

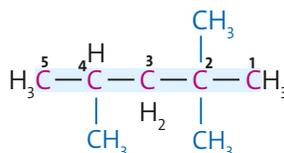


7-etil-7-metilnon-3-eno

Se a cadeia carbônica apresentar duas ou mais **ramificações iguais**, devem-se usar os prefixos di, tri, tetra, penta, etc. para indicar a **quantidade** de ramificações. A localização de cada ramificação é indicada pelo número do carbono da cadeia principal. O prefixo adequado é ligado diretamente ao nome do radical.

Novamente não se preocupe em memorizar nada do quadro de radicais. Você poderá consultá-lo durante a resolução de exercícios e sempre que julgar necessário.

Exemplo:

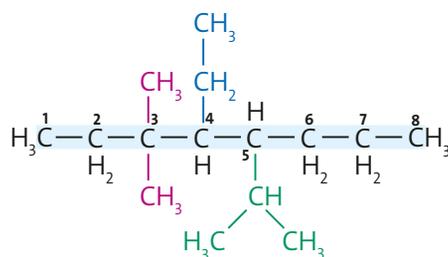


2,2,4-trimetilpentano

Observe que os números que indicam a localização das ramificações são escritos em ordem crescente e separados por vírgulas. Veja também que esses números são separados do nome por um hífen.

Se a cadeia carbônica apresentar duas ou mais **ramificações diferentes**, elas devem ser indicadas em **ordem alfabética**.

Exemplo:



4-etil-5-isopropil-3,3-dimetiloctano

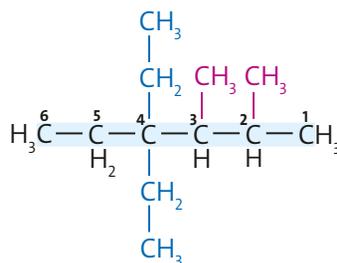
Note que:

Os prefixos multiplicativos – que indicam a quantidade de uma mesma ramificação –, como di, tri, tetra, não são considerados quando se estabelece a ordem alfabética.

Dessa forma, dimetil é indicado depois de etil e de isopropil, ou seja, o que conta é a letra **m** (do nome do radical metil), e não a letra **d** (do prefixo di, que indica quantidade de radicais metil na molécula).

É importante lembrar que o nome da última ramificação mencionada deve vir ligado sem hífen ao nome da cadeia principal, exceto nos casos em que o nome da cadeia principal começar com a letra **h** (hex, hept), quando deve vir precedido de hífen.

Exemplo:

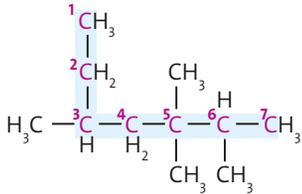
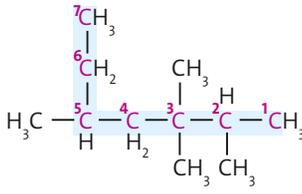
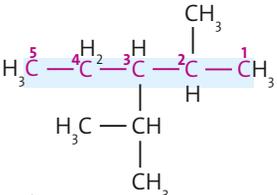
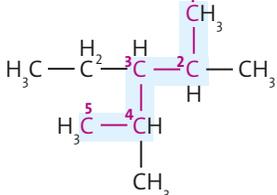
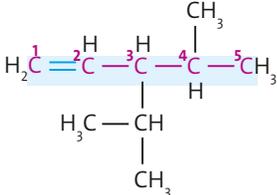
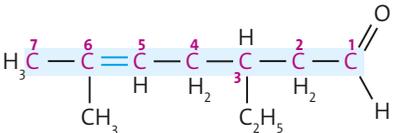
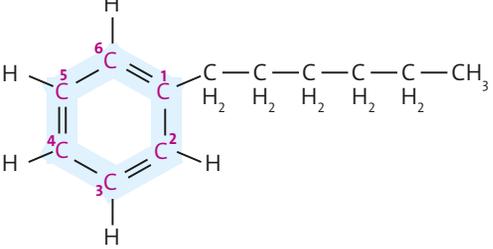


4,4-dietil-2,3-dimetil-hexano

Resumindo, para dar nome a um composto com cadeia ramificada, devemos:

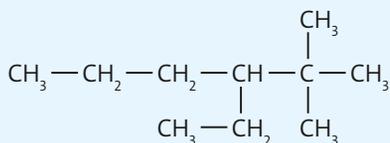
- determinar a cadeia principal e seu nome (que deve ser a maior sequência de carbonos ou a mais ramificada);
- numerar os carbonos da cadeia principal (regra dos menores números);
- identificar a(s) ramificação(ões) e indicar sua(s) respectiva(s) localização(ões), escrevendo seu(s) nome(s) em ordem alfabética.

O quadro a seguir fornece um resumo das regras mais importantes para a nomenclatura de compostos de cadeia ramificada.

Regras e observações	Exemplos
<p>Determinar a cadeia principal — que deve ser a maior sequência de carbonos possível. O nome da cadeia principal é dado da mesma forma que o nome dos compostos de cadeia normal.</p> <p>Numerar os carbonos da cadeia principal seguindo a regra dos menores números possíveis.</p> <p>Indicar a localização dos substituintes na cadeia principal por números separados entre si por vírgulas e das letras, por hifens.</p> <p>Indicar a quantidade de grupos funcionais que se repetem pelos prefixos: di, tri, tetra, etc.</p>	 <p><del>3,5,5,6-tetrametil-heptano (3 + 5 + 5 + 6 = 19)</del> ou</p>  <p>2,3,3,5-tetrametil-heptano (2 + 3 + 3 + 5 = 13)</p>
<p>Se houver duas ou mais possibilidades de escolha, a cadeia principal deve ser a mais ramificada.</p>	 <p><del>2-metil-3-isopropil-pentano (2 ramificações)</del></p>  <p>3-etil-2,4-dimetil-pentano (3 ramificações)</p>
<p>Se na cadeia carbônica houver uma insaturação e/ou um grupo funcional diferente de hidrocarboneto, deve-se numerar a cadeia a partir da extremidade mais próxima da característica mais importante do composto.</p> <p><b>1. grupo funcional</b> <b>2. insaturação</b> <b>3. ramificação</b></p> <p>No composto ao lado não indicamos a localização do grupo funcional porque, por definição, o grupo aldeído sempre se localiza na extremidade da cadeia.</p>	 <p>4-metil-3-isopropil-pent-1-eno</p>  <p>3-etil-6-metil-hept-5-enal</p>
<p>Em hidrocarbonetos de cadeia mista, com igual número de carbonos nas duas cadeias, a parte cíclica ou aromática é considerada a principal. Para outros grupos funcionais, prevalece a ordem de importância: grupo funcional &gt; insaturação &gt; ramificação.</p> <p>No composto ao lado não indicamos a localização do radical hexil porque só existe a possibilidade de ele estar no carbono 1.</p>	 <p>hexilbenzeno</p>

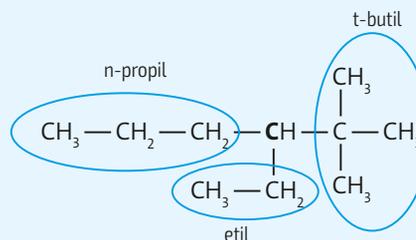
## Exercício resolvido

4 (UFSC) Com relação ao composto a seguir, os nomes dos grupos ligados ao carbono terciário são:



- a) etil, n-propil e t-butil.      d) metil, 3-hexil.  
b) etil, n-propil e s-butil.      e) etil, n-propil e isobutil.  
c) metil, etil, n-propil.

## Resolução

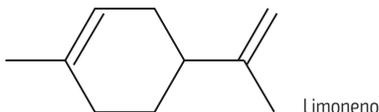


Alternativa a.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

18 (UFF-RJ) O limoneno, um hidrocarboneto cíclico insaturado, principal componente volátil existente na casca da laranja e na do limão, é um dos responsáveis pelo odor característico dessas frutas. Observando-se a fórmula estrutural a seguir e com base na nomenclatura oficial dos compostos orgânicos (IUPAC), o limoneno é denominado:



- x a) 1-metil-4-(isopropenil)cicloexeno.  
b) 1-metil-2-(4-propenil)cicloexeno.  
c) 1-(isopropenil)-4-metil-cicloexeno.  
d) 1-metil-4-(1-propenil)cicloexeno.  
e) 1-(isopropenil)-4-metil-3-cicloexeno.

19 A chamada Medicina ortomolecular preconiza a ingestão de suplementos de vitaminas (antioxidantes) e de oligoelementos (sais minerais) para combater os radicais livres. Linus Pauling, que adotou o hábito polêmico de tomar grandes quantidades diárias de vitamina C para combater os radicais livres responsáveis pela “ferugem” do organismo, morreu de câncer de próstata, mas aos 94 anos, lúcido e em atividade.

Considere os radicais relacionados a seguir:

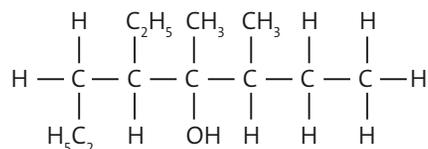
- I. metil                                      IV. isopentil  
II. propil                                     V. etil  
III. s-butil

- a) Dê a fórmula estrutural desses radicais.  
b) Indique o nome do composto obtido pela união dos radicais: I e V, II e IV, III e II.

20 (Unifor-CE) O composto 2-metilpent-2-eno tem fórmula molecular:

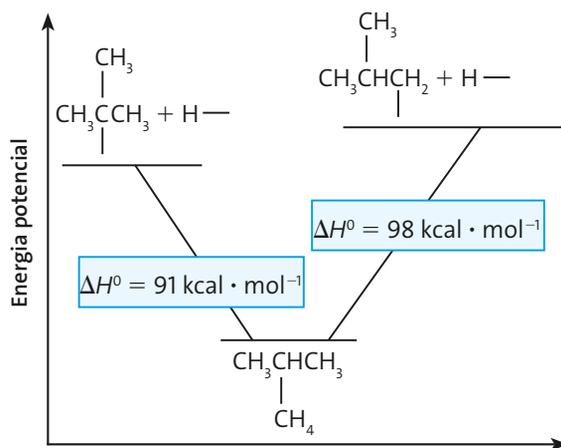
- x a)  $\text{C}_6\text{H}_{12}$ .                                  c)  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ .                                  e)  $\text{C}_5\text{H}_8$ .  
b)  $\text{C}_6\text{H}_{10}$ .                                  d)  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ .

21 (UFRGS-RS) Observe a fórmula do composto a seguir:



Identifique a função e dê o nome do composto.

22 (UFRJ) Os radicais livres, grandes inimigos da pele, são formados quando há exposição excessiva ao sol. A formação desses radicais envolve um diferente ganho de energia e, por isso, eles apresentam estabilidades diferentes. O gráfico esquematizado a seguir apresenta a comparação da energia potencial dos radicais t-butila e isobutila formados a partir do isobutano.



- a) Qual dos dois radicais é o mais estável? Justifique sua resposta.  
b) Quais são a fórmula estrutural e o nome do composto resultante da união dos radicais t-butila e isobutila?

## FOI NOTÍCIA!



## Longe do Golfo, vazamento de petróleo na Nigéria dura cinquenta anos

Grandes vazamentos de petróleo deixaram de ser notícia em Bodo, na Nigéria. O delta do Níger, onde a riqueza subterrânea contrasta com a pobreza existente na superfície, tem sofrido o equivalente ao vazamento de 40 mil toneladas a cada ano nos últimos cinquenta anos, segundo algumas estimativas. O petróleo vaza quase todas as semanas e alguns pântanos já não têm vida há muito tempo.

Talvez nenhum outro lugar na Terra tenha sido tão maltratado pelos vazamentos de petróleo, dizem os especialistas, o que deixa os moradores de Bodo espantados com a atenção ininterrupta dada ao vazamento a meio mundo de distância, no Golfo do México.

Apenas há algumas semanas, dizem os moradores de Bodo, finalmente um cano que estourou nos manguezais foi fechado, após dois meses de vazamento contínuo: agora nenhum ser vivo se move numa área tomada pelo petróleo e que antes era repleta de camarões e caranguejos.

Não muito distante dali, ainda há petróleo cru no riacho Gio decorrente de um vazamento ocorrido em abril. Do outro lado da fronteira do estado, em Akwa Ibom, os pescadores amaldiçoam suas

redes enegrecidas pelo petróleo, inúteis em um mar estéril por causa do vazamento de um oleoduto marítimo em maio, que durou semanas.

O petróleo vaza de tubulações enferrujadas e envelhecidas, não controladas pelo que os especialistas dizem ser uma regulamentação ineficaz ou corrupta. Além disso, uma manutenção deficiente e sabotagens constantes agravam essa situação. [...]

As crianças pequenas nadam no estuário poluído, os pescadores levam seus esquifes cada vez mais longe – 'Não há nada que possamos pescar aqui', disse Pio Doron, em seu barco.

Que o acidente no Golfo do México tenha paralisado um país e um presidente que tanto admiram é algo que espanta as pessoas aqui, que vivem entre os estuários em condições tão abjetas quanto em qualquer outra região da Nigéria, de acordo com as Nações Unidas. Apesar de sua região contribuir com cerca de 80% da receita do governo, eles pouco se beneficiam disso: a expectativa de vida é a menor do país."

Adaptado de: *The New York Times*, 17 jun. 2010.

Disponível em: <<http://ultimosegundo.ig.com.br/mundo/nytl/longe-do-golfo-vazamento-de-petroleo-na-nigeria-dura-50-anos/n1237670227825.html>>. Acesso em: 4 dez. 2015.

Jane Hahn/Gorbis/Lutmsobk

Kegbara Dere, Nigéria (2010), um mês após um derramamento de petróleo que poluiu a terra e o suprimento de água dos vilarejos vizinhos.

*Você leu uma matéria que denuncia o vazamento de petróleo no delta do rio Níger que ocorre há mais de cinquenta anos sem que nenhuma providência tenha sido tomada. Você sabe quais os danos reais que um vazamento de petróleo causa ao meio ambiente?*

# 1) Propriedades gerais dos hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos são a classe de compostos orgânicos mais utilizada comercialmente. Sua principal fonte de obtenção é o petróleo.

Hidrocarbonetos são compostos que possuem apenas os elementos carbono e hidrogênio ( $C_xH_y$ ).

Esses compostos podem ser divididos em dois grupos:

- Aromáticos: possuem pelo menos um anel ou núcleo aromático.
- Alifáticos: todos os demais. O termo alifático vem do grego *áleiphar*, que significa 'que serve para ungi; óleo', e foi atribuído em razão do aspecto oleoso de muitos compostos dessa classe.

Os hidrocarbonetos apresentam as propriedades citadas a seguir.

## Forças de interação molecular

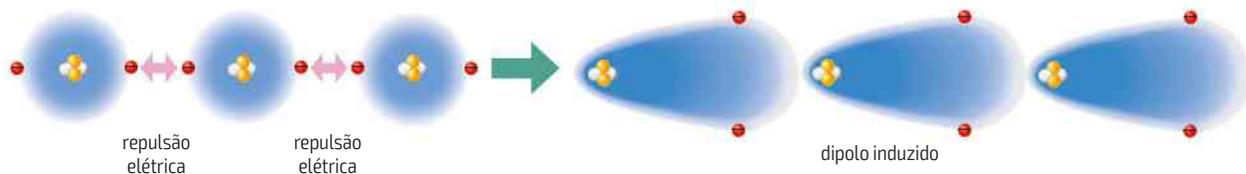
Os hidrocarbonetos são considerados compostos apolares, logo suas moléculas se mantêm unidas por forças de dipolo induzido.

As forças de dipolo induzido ocorrem quando a aproximação entre duas moléculas apolares provoca uma assimetria em suas “nuvens eletrônicas”, dando origem a um dipolo que induz as demais moléculas a também formarem dipolo.

Podemos considerar o seguinte **modelo**: quando duas moléculas apolares se aproximam, ocorre uma repulsão entre suas nuvens eletrônicas. Essa repulsão provoca um movimento dos elétrons, e estes se acumulam em determinada região da molécula (que fica com caráter negativo), deixando a região oposta com deficiência de elétrons (e com caráter positivo).

Cria-se, então, um dipolo que orienta as duas moléculas no espaço, de modo que a região com “excesso de elétrons” de uma molécula fique voltada para a região com “deficiência de elétrons” da outra. Esse fenômeno prossegue até que cada molécula apolar, na qual se formou um dipolo, induza outras moléculas a também formarem dipolos, dando origem a uma pequena força de atração elétrica que sustenta os chamados **cristais moleculares**.

Para ilustrar o fenômeno de maneira simples, podemos utilizar o gás nobre hélio, He. Observe abaixo a formação de dipolo induzido em moléculas (monoatômicas) de hélio:



Luís Moura/Arquivo da editora

Em razão dos diversos ângulos de ligações existentes nas moléculas de hidrocarbonetos (que frequentemente acabam gerando um vetor resultante) e da força de dipolo induzido que se estabelece entre as moléculas, não podemos afirmar que os hidrocarbonetos são compostos 100% apolares. Sendo assim, é melhor dizer que são praticamente apolares ou que a polaridade é tão pequena que pode ser considerada desprezível.

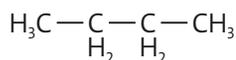
O **modelo** é uma imagem mental que o cientista utiliza para explicar uma teoria a respeito de um fenômeno que não pode ser observado diretamente. Os modelos ilustram a teoria, mas não possuem necessariamente uma existência física real.

As ilustrações estão fora de escala. Cores fantasia.

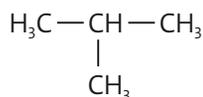
## Temperaturas de fusão e de ebulição

Por serem praticamente apolares, os hidrocarbonetos possuem **temperaturas de fusão e de ebulição baixas** em relação aos compostos polares.

Comparando hidrocarbonetos de cadeia normal, de uma mesma classe, observamos que as **temperaturas de fusão e de ebulição aumentam com o aumento da massa molar** do composto. Por outro lado, se compararmos hidrocarbonetos de cadeia normal e de cadeia ramificada com a mesma massa molar (isômeros), por exemplo butano e metilpropano, ambos com fórmula molecular  $C_4H_{10}$  e massa molar 58 g/mol, vamos observar que os compostos de **cadeia normal** têm temperaturas de fusão e de ebulição **mais elevadas** que as dos compostos de **cadeia ramificada**.



**butano:** temperatura de fusão =  $-138^\circ\text{C}$   
temperatura de ebulição =  $-0,5^\circ\text{C}$



**metilpropano:** temperatura de fusão =  $-159^\circ\text{C}$   
temperatura de ebulição =  $-12^\circ\text{C}$

Comparando dois compostos isômeros quaisquer, o que possuir cadeia normal ou for menos ramificado apresentará temperaturas de fusão e de ebulição maiores que as dos compostos de cadeia mais ramificada.

## Estados de agregação

Em condições de temperatura e pressão ambientes, podemos fazer a seguinte generalização: os hidrocarbonetos que possuem de 1 a 4 átomos de carbono são gasosos, os de 5 a 17 átomos de carbono são líquidos e os que têm acima de 17 átomos de carbono são sólidos.

## Densidade

Os hidrocarbonetos apresentam densidade menor que a da água ( $1\text{ g/cm}^3$ ), principalmente porque suas moléculas, praticamente apolares, tendem a ficar mais distantes umas das outras, o que implica menos moléculas por unidade de volume.

## Solubilidade

De acordo com a regra “semelhante dissolve semelhante”, os hidrocarbonetos dissolvem-se apenas em substâncias apolares ou de baixa polaridade. Logo, são insolúveis em água (substância polar).

## Reatividade

A reatividade dos hidrocarbonetos é considerada baixa nos compostos saturados de cadeia acíclica, nos compostos cíclicos com 6 ou mais carbonos e nos aromáticos. Compostos insaturados de cadeia acíclica apresentam reatividade média, e os compostos cíclicos que têm de 3 a 5 carbonos possuem reatividade alta.

## Aplicações práticas

Os hidrocarbonetos são derivados do petróleo utilizados principalmente como combustíveis e como matéria-prima para a produção de plásticos, fibras têxteis, borrachas sintéticas, tintas, detergentes e fertilizantes agrícolas.

## Propriedades organolépticas

Por formarem uma classe muito extensa de compostos, não é possível generalizar suas propriedades organolépticas – cor, cheiro, aspecto, textura.

As moléculas de cadeia normal apresentam maior área superficial e, portanto, forças de dipolo induzido mais intensas, que precisam de maior quantidade de energia (temperaturas de fusão e de ebulição mais elevadas) para serem rompidas. Já as moléculas de cadeia ramificada são mais “compactas”, a área superficial é menor, gerando forças de dipolo induzido mais fracas, que podem ser rompidas com menos energia (menores temperaturas de fusão e de ebulição).



Alexandra Natalia/Shutterstock

A parafina da vela é uma mistura de hidrocarbonetos saturados (em que o carbono faz apenas ligações simples), de massa molar elevada, por exemplo,  $506\text{ g/mol}$  para o componente  $C_{36}H_{74}$ . O baixo valor da faixa de fusão dos compostos presentes na parafina, que varia entre  $47^\circ\text{C}$  e  $65^\circ\text{C}$ , pode ser explicado pela fraca interação (do tipo dipolo induzido) existente entre as moléculas.

Massas molares:  
H =  $1\text{ g/mol}$  e  
C =  $12\text{ g/mol}$

## Exercício resolvido

**1** (PUC-RS) A tabela a seguir apresenta os pontos de ebulição de alguns alcanos (hidrocarbonetos saturados).

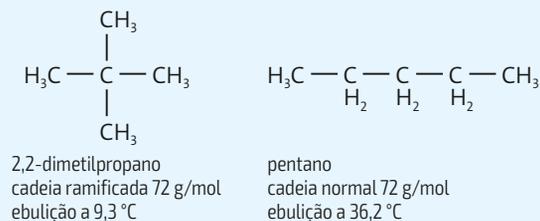
Alcano	Ebulição (°C)
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	9,3
$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{H}_2 \end{array}$	28,0
$\text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \quad \quad   \quad   \quad   \\ \quad \quad \text{H}_2 \quad \text{H}_2 \quad \text{H}_2$	36,2

Com base na tabela, conclui-se que os pontos de ebulição dos alcanos apresentados aumentam com:

- o aumento de suas massas moleculares.
- a diminuição do número de ramificações.
- o aumento do número de grupamentos metila.
- a diminuição da cadeia principal.
- o aumento de interações por pontes de hidrogênio.

### Resolução

Se compararmos hidrocarbonetos de cadeia normal e de cadeia ramificada com a mesma massa molar (como é o caso dos exemplos na tabela), iremos observar que os compostos de cadeia normal apresentam temperaturas de fusão e de ebulição mais elevadas que os compostos de cadeia ramificada.



Isso ocorre porque as moléculas de cadeia normal apresentam maior área superficial e, portanto, forças de dipolo induzido mais intensas, que necessitam de maior quantidade de energia (temperaturas de fusão e de ebulição mais elevadas) para serem rompidas.

Por sua vez as moléculas de cadeia ramificada são mais “compactas”, a área superficial é menor, gerando forças de dipolo induzido mais fracas, que necessitam de menor quantidade de energia para serem rompidas (temperaturas de fusão e de ebulição mais baixas).

Alternativa **b**.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**1** (UFRGS-RS) Em vazamentos ocorridos em refinarias de petróleo, que extravasam para rios, lagos e oceanos, verifica-se a utilização de barreiras de contenção para evitar a dispersão do óleo. Nesses casos, observa-se a formação de um sistema heterogêneo onde o petróleo fica na superfície desses recursos hídricos. Sobre o sistema acima descrito é correto afirmar que a água e o petróleo não se misturam porque:

- se apresentam em fases de agregação diferentes.
- apresentam densidades diferentes, e o petróleo fica na superfície devido a sua maior densidade.
- apresentam moléculas com polaridades diferentes, e o petróleo fica na superfície devido a sua menor densidade.
- a viscosidade da água é maior que a do petróleo.
- a elevada volatilidade do petróleo faz com que este fique na superfície.

**2** (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 na Química, devem-se substituir as expressões “misturinhas”, “coisa” e “carocinhos”, respectivamente, por:

- compostos, elementos, átomos.
- misturas, substância, moléculas.
- substâncias compostas, molécula, íons.
- misturas, substância, átomos.
- compostos, íon, moléculas.

## 2 O grupo dos alifáticos

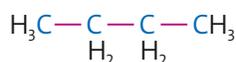
Os hidrocarbonetos alifáticos são divididos em vários subgrupos que apresentam características particulares, de acordo com o tipo de cadeia (aberta ou fechada) e o tipo de ligação entre carbonos, como veremos a seguir.

### Alcanos

São hidrocarbonetos de cadeia aberta que apresentam apenas ligações simples entre carbonos. Também são chamados de **parafinas** (do latim *parum affinis*, que significa 'pouca afinidade'), porque, de fato, os alcanos são muito pouco reativos.

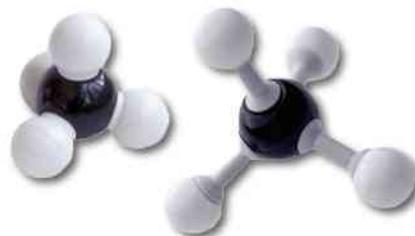
Possuem fórmula geral  $C_nH_{2n+2}$

Exemplo: alcano com 4 carbonos,  $C_4H_{2 \cdot 4 + 2} \therefore C_4H_{10}$ , **butano**



Esses compostos são encontrados na natureza em emissões gasosas naturais (do metano ao butano) e no petróleo. Dois tipos de petróleo rico em alcanos são o da Bahia (Brasil) e o da Pensilvânia (Estados Unidos). Ambos são constituídos de uma mistura de hidrocarbonetos nos quais o número de átomos de carbono varia de um a quarenta.

O alcano mais simples e um dos mais importantes é o metano,  $CH_4$ , conhecido também por gás do lixo, gás dos pântanos ou gás grisú.



Modelos da molécula de metano: À direita, modelo "bolas e varetas", que enfatiza o tipo de ligação covalente entre os átomos (simples, dupla ou tripla). À esquerda, o modelo de Stuart, mais próximo do real.

## Experimento



### Sachês perfumados

Experimentos envolvendo hidrocarbonetos são sempre perigosos porque esses compostos são inflamáveis. Mas se na sua escola houver um laboratório, é possível fazer, tomando os cuidados necessários, sachês perfumados de parafina e observar, na prática, algumas propriedades dessa mistura de hidrocarbonetos.

A parafina sólida é uma mistura de hidrocarbonetos – principalmente alcanos – de massa molar elevada (acima de 20 carbonos), possui densidade entre  $0,880 \text{ g/cm}^3$  e  $0,915 \text{ g/cm}^3$ , e sua temperatura de fusão fica entre  $47^\circ\text{C}$  e  $65^\circ\text{C}$ .

Quando pura, apresenta-se geralmente na cor branco-translúcida. É inodora, insípida, solúvel em solventes apolares e insolúvel em água e em ácidos.

Alguns tipos de parafina contêm substâncias cancerígenas e, por isso, o limite de tolerância estabelecido é de  $2 \text{ mg/m}^3$  de ar.

A parafina pode ser utilizada para fazer sachês para perfumar armários de roupas, sapatos e gavetas com objetos pessoais.

#### Material necessário

##### 1ª etapa

- 300 gramas de parafina sólida
- 10 g de corante (lápiz de cera) da cor que quiser
- 15 g de ácido esteárico (ácido octadecanoico)

##### 2ª etapa

- 10 mL de essência (solúvel em óleos) de sua escolha
- 5 mL de fixador de essências (vendido em lojas especializadas)
- forminhas para sachês ou para chocolates
- fôrma de bolo para banho-maria
- panela esmaltada (ágata) ou de vidro (evite usar panela feita de alumínio)
- colher de pau



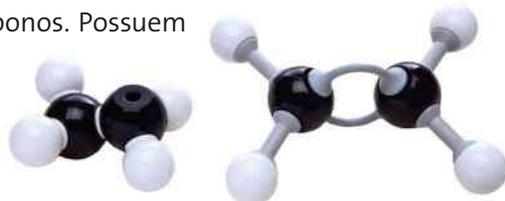
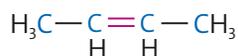
## Alcenos ou alquenos

São hidrocarbonetos de cadeia aberta que possuem uma ligação dupla entre carbonos, o que faz os compostos dessa classe serem mais reativos do que os alcanos.

Comparando compostos de mesmo grupo funcional, a reatividade de compostos com ligação dupla (insaturados) é sempre maior que a reatividade de compostos que possuem apenas ligações simples (saturados).

Os alcenos são chamados de **olefinas**, palavra que significa ‘gerador de óleos’, por causa do aspecto oleoso dos alcenos com mais de 5 carbonos. Possuem fórmula geral  $C_nH_{2n}$ .

Exemplo: alceno com 4 carbonos,  $C_4H_{2 \cdot 4}$  ∴  $C_4H_8$ : **but-2-eno**



Modelo Stuart e modelo de bolas e varetas do eteno,  $C_2H_4$ .

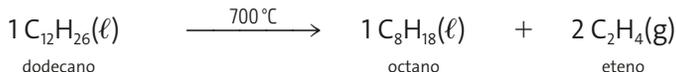
Sérgio Dotta/Arquivo da editora

O alceno mais simples e importante é o eteno ou etileno, que é um gás incolor e de sabor adocicado, encontrado principalmente em poços petrolíferos. O eteno é usado como combustível, como substância que ajuda no amadurecimento artificial de frutos, como narcótico e na fabricação de plásticos como o polietileno.

Industrialmente, os alcenos são obtidos do craqueamento de alcanos encontrados no petróleo.

O craqueamento ou *cracking* é um processo de cisão térmica no qual uma molécula é quebrada em dois ou mais fragmentos.

Exemplo: craqueamento do dodecano



Adem Altan/Agência France-Press

Unidade de processamento de derivados do petróleo.

# RETOMANDO A NOTÍCIA

*A reportagem da página 35 denuncia o vazamento de petróleo no delta do rio Níger que ocorre há mais de cinquenta anos sem que nenhuma providência tenha sido tomada. Você sabe quais os danos reais que um vazamento de petróleo causa ao meio ambiente?*

A existência de poços de petróleo no fundo do mar e o uso de superpetroleiros para o transporte desse produto têm dado origem a acidentes que espalham grandes quantidades de petróleo no oceano, o que acaba causando um impacto devastador e difícil de ser calculado sobre o ecossistema aquático, como a morte de plantas, peixes e aves marinhas.

Estima-se, porém, que esses grandes acidentes são responsáveis por apenas 5% dos danos ambientais causados pelo petróleo.

Cerca de 95% dos danos ambientais são causados por pequenos vazamentos de óleo, de motor de barcos e de carros, que são levados pela chuva e alcançam o mar.

Para se ter uma ideia, só no Canadá 243 mil toneladas de óleo de motor chegam anualmente até a costa. Isso representa por ano uma quantidade apenas de 2,6 vezes menor que a liberada no acidente do Golfo do México.

O petróleo é uma mistura de substâncias químicas (principalmente hidrocarbonetos) que atua de diferentes maneiras sobre os organismos que vivem no mar ou próximo a ele. Por isso, alguns organismos levam pouco tempo para se recuperar, enquanto outros levam dezenas ou centenas de anos, e alguns jamais se recuperam totalmente.

Quando ocorre um vazamento de petróleo, os problemas vão surgindo por etapas. Há a devastação

inicial quando a mancha de óleo se alastra na superfície, e muitos animais surgem mortos ou agonizantes. Mas o que acontece em seguida?

Alguns componentes do petróleo são solúveis em água e se dissipam nesse meio. Outros podem sofrer reações de oxidação, formando, por exemplo, derivados oxigenados do alcatrão (altamente tóxicos).

Estima-se, porém, que 30% do petróleo espalhado na superfície do mar evapore naturalmente em cerca de dois dias, e o que fica para trás forme uma camada espessa e praticamente insolúvel que impeça o fitoplâncton e outras plantas marinhas de realizar a fotossíntese.

Com o tempo, esse resíduo insolúvel, aderido ao fitoplâncton já sem vida e a outros sedimentos mais densos, começa a afundar. Enquanto afunda, vai matando algas, peixes, moluscos e corais, até se depositar no fundo do oceano como um "tapete" impermeável.

Felizmente existe a possibilidade da biodegradação natural, um processo capaz de remediar o estrago, mas que pode se alongar por muitos anos. Nesse processo, algumas bactérias e fungos degradam os hidrocarbonetos presentes no petróleo.

Veja a seguir um resumo do que acontece no ambiente marinho toda vez que ocorre um vazamento de petróleo.

**Primeiro o petróleo vaza e se espalha no mar ou no rio. A mancha recobre a superfície das águas e mata o plâncton, um conjunto de microrganismos vegetais (fitoplâncton) e animais (zooplâncton) que constitui a base da cadeia alimentar nos oceanos.**





John Gaps II/Associated Press/Glow Images



Sem a luz do Sol, que é bloqueada pela mancha, as algas param de fazer fotossíntese, a quantidade de oxigênio diminui e outras espécies marinhas acabam morrendo.



Benjamin Lowy/Getty Images

As substâncias tóxicas presentes no petróleo também se acumulam nos tecidos de peixes, tartarugas e mamíferos, causando distúrbios reprodutivos e cerebrais.

Ho/Reuters/Latinstock



Os peixes da superfície morrem por intoxicação e falta de oxigênio, e peixes como os bagres, que vivem no fundo do mar e se alimentam de resíduos, morrem envenenados.



Santiago Lyon/Associated Press/Glow Images

As aves marinhas ficam com o corpo impregnado de óleo. Deixam de reter o ar entre as penas e morrem afogadas ao mergulhar. O óleo também penetra no sistema olfatório das aves, causando intoxicação.

Plus Utomi Ekpe/Agência France-Presse



As árvores de mangue têm raízes que afloram do solo e são capazes de captar oxigênio do ar. O óleo impede a respiração da árvore, penetra na raiz e no caule e causa sua morte. Os crustáceos menores perdem seu principal alimento, as folhas decompostas. Além disso, o óleo superaquece a lama e causa asfixia nos crustáceos, fechando suas brânquias.



Renato Soares/Pulsar Imagens

Com o ecossistema comprometido, milhares de pessoas ficam sem trabalho, famílias de pescadores perdem sua fonte de sustento e o comércio local acaba falindo em decorrência do fim do turismo na região.

## Alcinos ou alquinos

São hidrocarbonetos de cadeia aberta que possuem uma ligação tripla entre carbonos, o que os torna bem mais reativos que os alcanos e os alcenos.

Reatividade dos alcinos > reatividade dos alcenos > reatividade dos alcanos

Possuem fórmula geral  $C_nH_{2n-2}$ .

Exemplo: alcino com 3 carbonos,  $C_3H_{2 \cdot 3 - 2} \therefore C_3H_4$ , **propino**

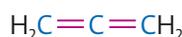


O alcino mais importante é o etino, conhecido também por acetileno, que é utilizado como gás de maçarico e como matéria-prima na fabricação de borracha sintética.

## Alcadienos

São hidrocarbonetos de cadeia aberta que apresentam duas ligações duplas entre carbonos. Possuem fórmula geral  $C_nH_{2n-2}$ .

Exemplo: alcadieno com 3 carbonos,  $C_3H_{2 \cdot 3 - 2} \therefore C_3H_4$ , **propadieno**

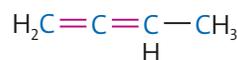


Note que a fórmula geral dos alcadienos é igual à dos alcinos e, conforme a localização das ligações duplas na cadeia, os alcadienos classificam-se em: acumulados, isolados e conjugados.

### Alcadienos acumulados

São os alcadienos que possuem as ligações duplas em carbonos vizinhos (carbonos vicinais).

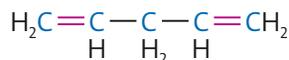
Exemplo: **but-1,2-dieno**



### Alcadienos isolados

São aqueles que possuem as ligações duplas separadas entre si por pelo menos um carbono saturado (ou duas ligações simples).

Exemplo: **pent-1,4-dieno**.



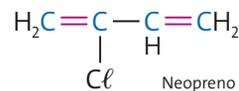
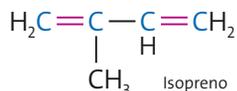
### Alcadienos conjugados

Possuem as ligações duplas alternadas, ou seja, separadas por apenas uma ligação simples entre carbonos.

Exemplo: **but-1,3-dieno**.



Alguns alcadienos conjugados são utilizados como matéria-prima na fabricação de borracha, como o metil**but-1,3-dieno** (isopreno ou borracha natural) e o clor**but-1,3-dieno** (neopreno ou borracha sintética).

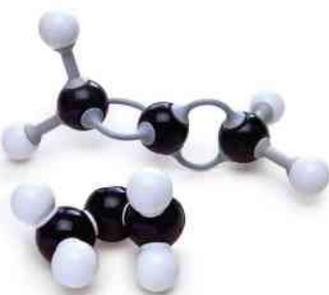


Sérgio Dotta/Arquivo da editora



Modelos Stuart e de bolas e varetas do etino,  $C_2H_2$ .

Sérgio Dotta/Arquivo da editora



Modelos Stuart e de bolas e varetas da molécula de propadieno,  $C_3H_4$ .



Shutterstock/Glow Images

A

Reprodução/Arquivo da editora



B

Em (A): luvas cirúrgicas, balões de aniversário, bicos de mamadeira, borrachas escolares e preservativos masculinos são exemplos de objetos feitos com látex (obtido do isopreno).

Em (B): roupa de mergulho feita de neopreno.

## Ciclanos e ciclenos

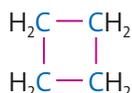
Veremos agora a formação de cadeias cíclicas e suas características.

### Ciclanos: $C_nH_{2n}$

Os **ciclanos** são hidrocarbonetos de cadeia fechada que apresentam apenas ligações simples (an) entre carbonos.

Possuem fórmula geral  $C_nH_{2n}$ .

Exemplo: ciclano com 4 carbonos,  $C_4H_{2 \cdot 4} \therefore C_4H_8$ : ciclo**but**ano



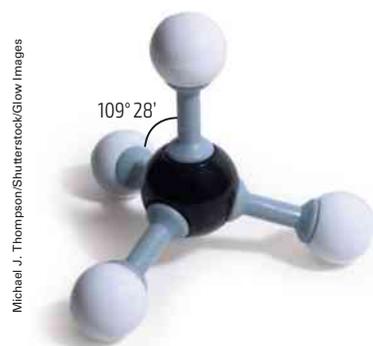
Os ciclanos que apresentam de 3 a 5 átomos de carbono na cadeia têm reatividade alta. Já aqueles cujo ciclo contém 6 ou mais átomos de carbono são muito estáveis e reagem com dificuldade.

Para explicar esse comportamento, o químico alemão Johann Friedrich Wilhelm Adolf von Baeyer (1835-1917) propôs, em 1885, a teoria das tensões.

Sabemos que quando o carbono faz 4 ligações simples a molécula adquire geometria tetraédrica, pois, em razão da repulsão eletrônica (cargas de mesmo sinal), **a estabilidade da molécula é máxima quando os elétrons da camada de valência estão o mais distante possível uns dos outros, o que ocorre com um ângulo de  $109^\circ 28'$**  justamente na direção dos vértices de um tetraedro regular, como mostra o modelo ao lado para as moléculas de metano,  $CH_4(g)$ .

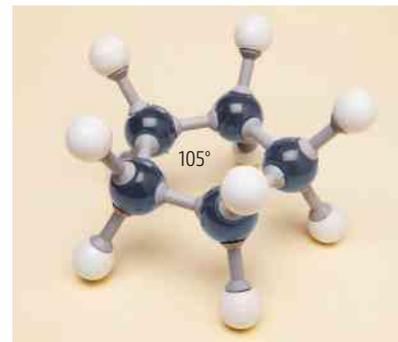
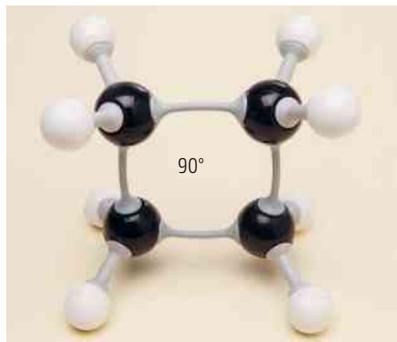
Segundo a teoria das tensões de Baeyer, nos ciclanos – que ele acreditava serem todos coplanares, isto é, com todos os átomos de carbono em um mesmo plano –, as valências estavam sujeitas às tensões porque os ângulos de ligação eram diferentes de  $109^\circ 28'$ .

Quanto mais o ângulo entre as ligações feitas entre dois átomos de carbono do ciclo se afasta de  $109^\circ 28'$ , maior é a tensão da ligação, maior é a instabilidade da molécula e maior é a reatividade da substância.



Modelo da molécula de metano,  $CH_4(g)$ , que apresenta geometria tetraédrica.

reatividade do ciclopropano > reatividade do ciclobutano > reatividade do ciclopentano



Fotos: Sérgio Dotta/Arquivo da editora

De fato, o ciclopentano é bem mais estável porque o ângulo de  $105^\circ$  entre os átomos de carbono nessa molécula está mais próximo de  $109^\circ 28'$ .

O problema com a teoria de Baeyer é que, seguindo esse raciocínio, a reatividade deveria ser alta para o ciclo-hexano, pois, se essa molécula fosse coplanar, os ângulos entre as ligações seriam de  $120^\circ$ . O ciclo-hexano, porém, é bastante estável e só reage em condições muito específicas.



Forma simétrica, denominada **cadeira** ou **Z**, com ângulos de  $109^{\circ} 28'$ . Forma mais estável.



Forma assimétrica, denominada **barco** ou **C**, com ângulos de  $109^{\circ} 28'$ . Forma menos estável.

Como os modelos cadeira e barco não são igualmente estáveis, espera-se que a forma de cadeira sempre predomine em uma mistura. Em 1926, a teoria de Sachse e Mohr foi confirmada experimentalmente.



Modelo do ciclobuteno,  $C_4H_6$ .

Essa contradição ficou sem explicação durante cinco anos, até que, em 1890, o químico alemão Hermann Sachse (1862-1893) propôs a seguinte hipótese:

“Os átomos de carbono no ciclo-hexano (e nos ciclanos com mais de 6 carbonos na cadeia) não estão todos em um mesmo plano, conforme dizia Baeyer, mas em planos diferentes, de forma que a molécula adquire uma configuração espacial capaz de anular as tensões entre as ligações”.

De acordo com essa teoria, é possível construir dois modelos, o modelo cadeira ou Z e o modelo barco ou C para o ciclo-hexano, ambos conservando os ângulos de  $109^{\circ} 28'$  entre as ligações, conforme os modelos ao lado.

A molécula do ciclo-hexano em forma de cadeira ou de Z é mais estável porque os átomos de hidrogênio ligados aos carbonos ficam mais distantes uns dos outros. A molécula em forma de barco ou de C permite maior proximidade entre os átomos e, por isso, é mais instável.

A hipótese de Sachse não foi aceita inicialmente porque os cientistas só conheciam uma forma do ciclo-hexano.

Somente em 1918 o químico alemão Ernst Mohr conseguiu provar que era possível a conversão de uma forma na outra, com apenas uma ligeira distorção dos ângulos de valência, e que tal operação exigia uma quantidade pequena de energia, podendo ocorrer até mesmo à temperatura ambiente.

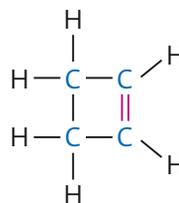
O ciclopentano é um gás que possui propriedades anestésicas. É muito usado em cirurgias, para adormecer o paciente.

O ciclo-hexano é usado como combustível e na produção de ácido adípico,  $COOH(CH_2)_4COOH$ ; matéria-prima para a fabricação do náilon.

### Ciclenos: $C_nH_{2n-2}$

Os **ciclenos** são hidrocarbonetos de cadeia fechada que possuem uma ligação dupla (en) entre carbonos e fórmula geral  $C_nH_{2n-2}$ .

Exemplo: cicleno com 4 carbonos,  $C_4H_{2 \cdot 4 - 2} \therefore C_4H_6$ , ciclobuteno

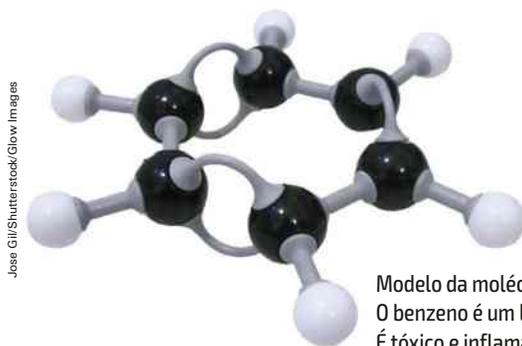


Os ciclenos de 3 a 5 carbonos são compostos instáveis em razão da elevada tensão no ângulo de ligação entre os átomos de carbono. No ciclopropeno, por exemplo, as ligações entre os átomos de carbono ocorrem em um ângulo de  $60^{\circ}$ . Sabemos, porém, que os átomos de carbono que estabelecem a ligação dupla o fazem em um ângulo de ligação ideal de  $120^{\circ}$ .

A diferença de  $60^{\circ}$  entre o real e o ideal explica a grande instabilidade da molécula, que só existe como produto intermediário em algumas reações químicas. Já os ciclenos com 6 ou mais átomos de carbono não possuem estrutura plana, mas espacial (como os ciclanos), de tal forma que o ângulo entre as ligações dos carbonos se aproxima do ideal, dando estabilidade à molécula.

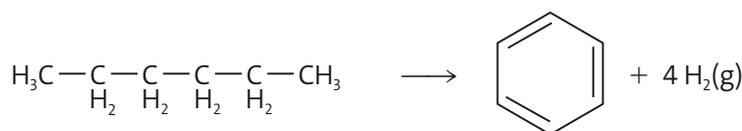
## 3) O grupo dos aromáticos

Os hidrocarbonetos aromáticos são aqueles que possuem pelo menos um anel ou núcleo aromático, isto é, um ciclo plano com 6 átomos de carbono que estabelecem entre si ligações ressonantes (representadas por ligações simples e duplas alternadas).

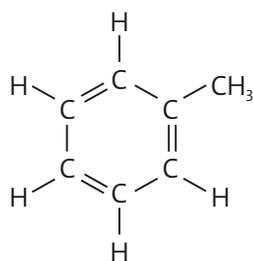


A nomenclatura dos aromáticos não segue as regras que vimos, porque eles são compostos atípicos (possuem apenas a terminação **eno** em comum). Por causa da ressonância das ligações duplas, os aromáticos são compostos bastante estáveis e só reagem em condições muito energéticas.

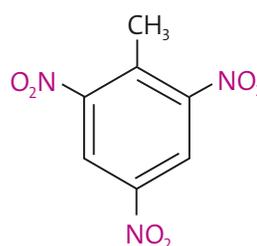
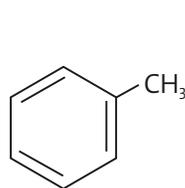
O benzeno é o mais importante dos aromáticos. É encontrado no alcatrão de hulha (carvão mineral resultante da fossilização da madeira) e também pode ser obtido pela ciclização do hexano:



Aromáticos derivados do benzeno também possuem aplicações importantes. Um deles é o metilbenzeno, conhecido comercialmente como tolueno, utilizado, entre outras coisas, na fabricação do explosivo trinitrotolueno ou TNT que, por sua vez, é usado como intermediário em produtos químicos de tinturaria e fotografia.



Representações para o tolueno



Trinitrotolueno

A troca simultânea de dois hidrogênios no benzeno por outro elemento dá origem a compostos substituídos na posição 1,2 (*orto* ou *o*), na posição 1,3 (*meta* ou *m*) ou na posição 1,4 (*para* ou *p*).

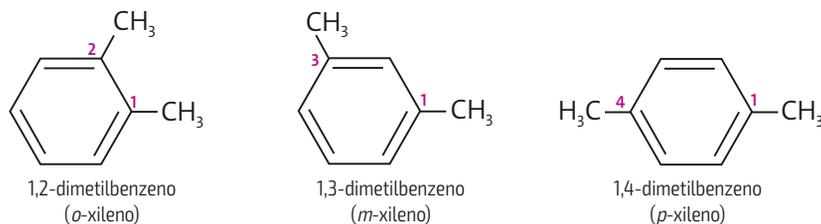
Esse tipo de nomenclatura ainda é muito comum, mas a IUPAC recomenda que se utilize preferencialmente a **numeração da cadeia** em vez dos prefixos *orto*, *meta* e *para*.

Benzina e benzeno são dois solventes orgânicos diferentes com nomes parecidos. A benzina, também chamada éter de petróleo, é um líquido obtido na destilação fracionada do petróleo, de baixa massa molar, constituído por hidrocarbonetos geralmente alifáticos, como pentano e heptano. O benzeno é um hidrocarboneto aromático, constituído por um anel aromático.



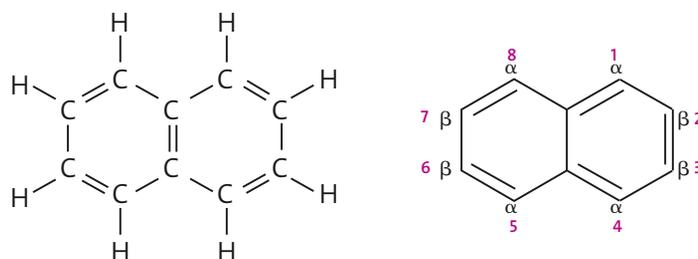
O tolueno, gás produzido no interior de veículos zero-quilômetro, é nocivo, pois afeta a função de transporte de oxigênio exercido pelas hemoglobinas do sangue, podendo provocar disfunções na respiração, como ofego (cansaço, ânsia, respiração ruidosa e difícil).

Por exemplo, a substituição de 2 hidrogênios do benzeno por dois substituintes metil forma os compostos: 1,2-dimetilbenzeno (*orto*-xileno ou *o*-xileno), 1,3-dimetilbenzeno (*meta*-xileno ou *m*-xileno) e 1,4-dimetilbenzeno (*para*-xileno ou *p*-xileno):



Os xilenos são usados como combustíveis de avião e como solventes para resinas, lacas e esmaltes.

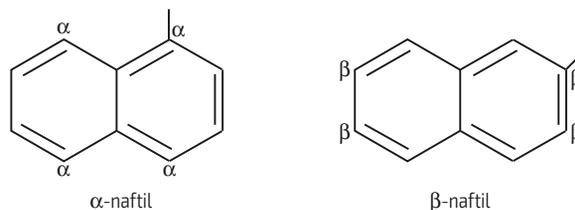
Muitos compostos da classe dos aromáticos possuem mais de um núcleo, como o naftaleno.



Diferentes formas de representar o naftaleno.

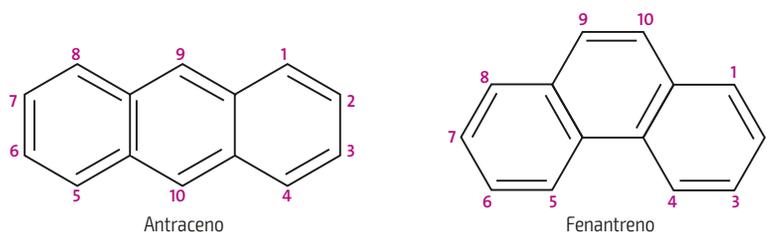
Observe que não há outra posição possível para a valência livre no naftaleno que não sejam as posições  $\alpha$  ou  $\beta$ .

O naftaleno pode dar origem a dois radicais diferentes pela substituição de um hidrogênio do anel aromático por uma valência livre.

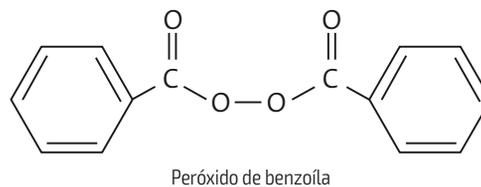


A seguir encontram-se outros exemplos de aromáticos que apresentam mais de um núcleo aromático. Note que esses núcleos podem ser condensados (com átomos de carbono em comum) ou isolados.

• Núcleos aromáticos condensados



• Núcleos aromáticos isolados

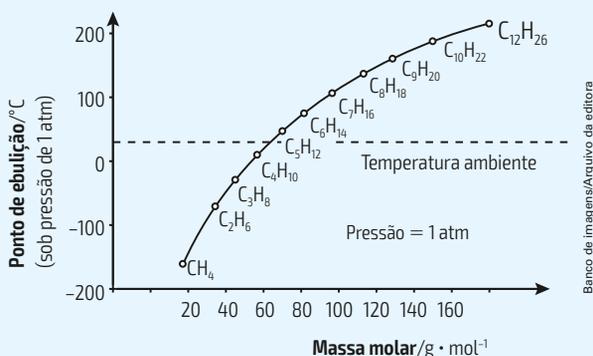


Christian Vines/Shutterstock/Glow Images

Churrasco: tanto a queima do carvão para assar a carne como a queima da própria carne produzem compostos com dois ou mais anéis aromáticos condensados, conhecidos por HPAs (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos).

## Exercício resolvido

**2** (UnB-DF) Analise o gráfico abaixo e julgue os itens em verdadeiros ou falsos. Justifique sua resposta.



- O hexano é líquido à temperatura ambiente.
- Os hidrocarbonetos com números pares de átomos de carbono são gases à temperatura ambiente.
- Pode-se afirmar com certeza que o ponto de ebulição dos alcanos aumenta com o aumento de suas massas molares, mantendo-se constante a pressão.
- O ponto de ebulição do heptano fica em torno de 100 °C quando a pressão é de 1 atm.

4. O butano é um gás à temperatura ambiente, sob pressão de 1 atm.

### Resolução

- Verdadeiro. O gráfico mostra que o hexano,  $C_6H_{14}$ , apresenta temperatura de ebulição acima de 50 °C, portanto é líquido à temperatura ambiente (entre 20 °C e 25 °C).
- Falso. Em condições ambientes, alcanos com 1 a 4 carbonos na molécula são gases, com 5 a 17 carbonos são líquidos e com mais de 17 carbonos são sólidos.
- Verdadeiro. O gráfico mostra justamente isso, com o aumento das massas molares (à pressão constante) a temperatura de ebulição dos alcanos aumenta.
- Verdadeiro. A temperatura de ebulição do heptano,  $C_7H_{16}$ , é ligeiramente maior do que 100 °C.
- Verdadeiro. O gráfico mostra que o butano,  $C_4H_{10}$ , apresenta temperatura de ebulição pouco acima de 0 °C, portanto é gasoso à temperatura ambiente, ou seja, entre 20 °C e 25 °C.

Itens verdadeiros: 0, 2, 3 e 4.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**3** (UFSC) Um alcano encontrado nas folhas de repolho contém em sua fórmula 64 átomos de hidrogênio. O número de átomos de carbono na fórmula é:

a) 29.    b) 32.    c) 30.    d) 33.    **x** e) 31.

**4** Em relação aos alcenos, indique:

- a fórmula estrutural e o nome do alceno que apresenta 12 hidrogênios na fórmula e a ligação dupla entre os dois carbonos centrais;
- a fórmula estrutural e o nome de todos os alcenos que apresentam 8 carbonos e cadeia normal;
- a fórmula molecular e a massa molar dos alcenos que apresentam 15 carbonos na molécula.

(Dados: H = 1 g/mol e C = 12 g/mol.)

**5** Escreva a fórmula estrutural dos hidrocarbonetos abaixo, classificando-os em alcanos, alcenos, alcinos ou alcadienos.

- |                   |                             |
|-------------------|-----------------------------|
| a) pent-2-eno     | g) hex-3-ino                |
| b) hex-1,3-dieno  | h) octano                   |
| c) pentano        | i) 3,3,4-trimetilpent-1-eno |
| d) but-2-ino      | j) 4,4-dimetil-hept-2-ino   |
| e) but-1-eno      | k) 2,2,3-trimetil-hexano    |
| f) hept-2,5-dieno | l) 2-metilpent-1,3-dieno    |

**6** (USF-SP) Dos hidrocarbonetos abaixo, são alcenos:

a)  $CH_4$  e  $C_5H_{10}$ .    **x** c)  $C_2H_4$  e  $C_3H_6$ .    e)  $C_6H_6$  e  $C_3H_8$ .  
 b)  $C_2H_4$  e  $C_2H_6$ .    d)  $C_5H_{10}$  e  $C_5H_{12}$ .

**7** Em relação aos alcenos, indique:

- o nome do alceno que apresenta 4 carbonos na cadeia e a dupla em carbono da extremidade;
- a fórmula estrutural e o nome de todos os alcenos que apresentam 5 carbonos e cadeia normal;
- a fórmula molecular e a massa molar do 8º composto da série dos alcenos.

(Dado: H = 1 g/mol e C = 12 g/mol.)

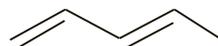
**8** (Unifor-CE) O 2,2,5-trimetil-hept-3-ino é um hidrocarboneto cujas moléculas têm cadeia carbônica:

I. insaturada    II. ramificada    III. aromática

Dessas afirmações, são corretas somente:

- a) I.    b) II.    c) III.    **x** d) I e II.    e) I e III.

**9** (Ufal) A fórmula molecular de um hidrocarboneto com a cadeia carbônica abaixo é:

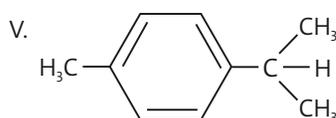
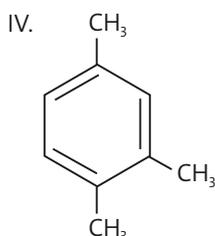
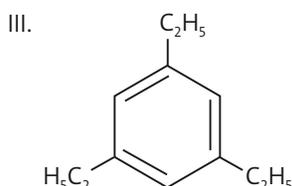
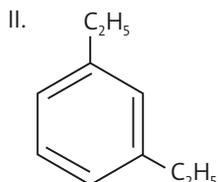
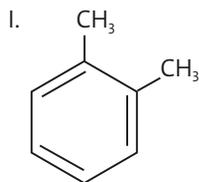


- a)  $C_5H_{12}$ .    b)  $C_5H_{10}$ .    **x** c)  $C_5H_8$ .    d)  $C_5H_6$ .    e)  $C_5H_5$ .

**10** (UPM-SP) Quantas estruturas diferentes podem ser obtidas quando se substitui 1 átomo de hidrogênio do naftaleno por 1 radical metila?

- X a) 2                      c) 6                      e) 10  
b) 4                      d) 8

**11** A alternativa que traz corretamente a relação entre o nome oficial e a fórmula estrutural dos compostos é:



A. 1-metil-4-isopropilbenzeno

B. 1,3,5-trietilbenzeno

C. 1,3-dietilbenzeno

D. 1,2-dimetilbenzeno

E. 1,2,4-trimetilbenzeno

a) I. A; II. B; III. C; IV. D; V. E.

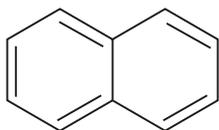
b) I. B; II. A; III. E; IV. D; V. C.

c) I. C; II. E; III. A; IV. D; V. B.

X d) I. D; II. C; III. B; IV. E; V. A.

e) I. E; II. C; III. A; IV. D; V. B.

**12** (UnB-DF) Entre as substâncias normalmente usadas na agricultura, encontram-se o nitrato de amônio (fertilizante), o naftaleno (fumigante de solo) e a água. A fórmula estrutural do naftaleno, nome científico da naptalina, é mostrada na figura abaixo.



Acerca dessas substâncias, julgue os itens a seguir.

- F 1. A fórmula molecular do naftaleno é  $C_{10}H_{10}$ .  
F 2. As substâncias citadas são moleculares.  
F 3. Em uma molécula de naftaleno, há dezesseis ligações covalentes simples entre os átomos de carbono.

**13** (Ufscar-SP) Considere as afirmações seguintes sobre os hidrocarbonetos.

I. Hidrocarbonetos são compostos orgânicos constituídos somente por carbono e hidrogênio.

II. São chamados alcenos somente os hidrocarbonetos insaturados de cadeia linear.

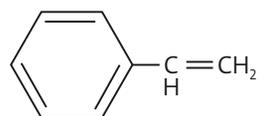
III. Cicloalcanos são hidrocarbonetos alifáticos saturados de fórmula geral  $C_nH_{2n}$ .

IV. São hidrocarbonetos aromáticos: bromobenzeno, p-nitrotolueno e naftaleno.

São corretas as afirmações:

- a) I e III. X b) I, III e IV. c) II e III. d) III e IV. e) I, II e IV.

**14** (Ufam) Na construção civil, o isopor tem sido utilizado ultimamente como isolante térmico. Sua obtenção se dá através do tratamento do poliestireno com gases, que por sua vez é obtido do estireno, cuja estrutura é:

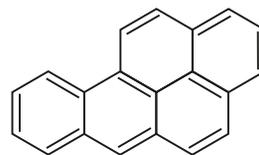


Outra denominação válida para este composto é:

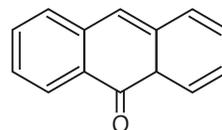
- a) metilbenzeno.                      d) antraceno.  
b) etilbenzeno.                      X e) vinilbenzeno.  
c) xileno.

**15** Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e seus derivados oxigenados e nitrogenados são potentes agentes carcinogênicos e mutagênicos, formados durante a combustão incompleta de material orgânico como queima da madeira, fumaça de cigarro, em fotocopiadoras, em churrascos e em frituras. Não existe um nível tolerável para a ingestão dos HPAs; por isso o desafio é manter a contaminação no menor patamar possível. Os compostos abaixo são exemplos de HPAs.

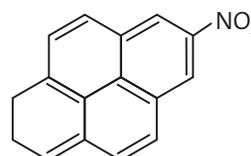
Benzopireno



9-antracenona



2-nitropireno



Forneça a fórmula molecular desses compostos.

## 4) Haletos orgânicos

Os haletos orgânicos, em especial os organoclorados, têm estado em evidência ultimamente em função de problemas ambientais causados pelo uso indiscriminado de certos compostos dessa classe.

Haletos orgânicos são compostos derivados de hidrocarbonetos, pela substituição de um ou mais hidrogênios da molécula por átomos de halogênios: flúor, cloro, bromo ou iodo.

Grupo funcional:



em que  $-X = -F, -Cl, -Br$  ou  $-I$ .

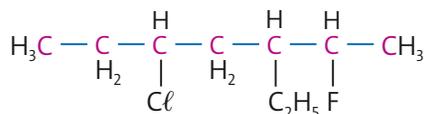
O nome oficial de um haleto orgânico segue o esquema:

quantidade do elemento X (mono, di, tri, tetra, etc.) + nome do elemento X (flúor, cloro, bromo, iodo) + nome do hidrocarboneto (prefixo + infixos + o)

No caso de cadeias ramificadas, o grupo funcional tem a mesma importância de um substituinte metil,  $-CH_3$ , e, para numerar uma cadeia em que ambos apareçam, deve-se usar a regra dos menores números. Observe ainda que ambos ( $-X$  e  $-CH_3$ ) têm importância menor que uma insaturação.

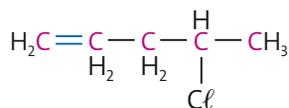
Veja os seguintes exemplos:

- 5-cloro-3-etil-2-flúor-heptano (substituintes em ordem alfabética)

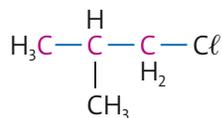


Note que em compostos que possuem apenas carbono e flúor usa-se “fluoro”, e não flúor.

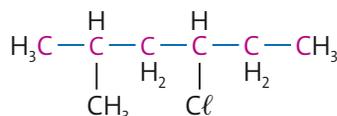
- 4-cloropent-1-eno



- 1-cloro-2-metilpropano

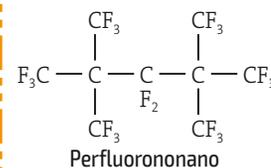


- 4-cloro-2-metil-hexano

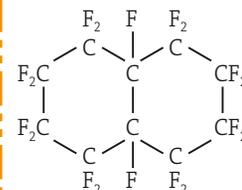


Os nomes acima foram construídos utilizando a regra dos menores números, já que os substituintes têm a mesma importância.

Os perfluoroquímicos, compostos da classe dos haletos orgânicos, foram utilizados em transfusões de sangue em humanos pela primeira vez em 1979, nos Estados Unidos.



Perfluorononano



Perfluorodecalina

Esses compostos:

- garantem a circulação;
- transportam o oxigênio;
- não apresentam efeitos adversos;
- não são tóxicos ou cancerígenos;
- são totalmente excretados pelo organismo;
- possuem baixo custo e alta durabilidade.

## Nomenclatura usual

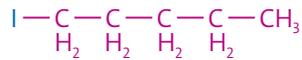
O sistema de nomenclatura usual utilizado para os mono-haletos orgânicos segue o esquema abaixo.

Tudo o que estiver ligado aos halogênios: —F (fluoreto), —Cl (cloreto), —Br (brometo) ou —I (iodeto) é considerado um substituinte, e o nome passa a ser:

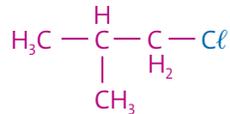
nome do haleto + de + nome do substituinte com terminação **ila**

Observe os exemplos a seguir:

- 1-iodopentano ou iodeto de pentila



- 1-cloro-2-metilpropano ou cloreto de isobutila



- bromobenzeno ou brometo de fenila



## Química e sociedade



### Insetos ou inseticidas?

O aumento da produção agrícola esbarra em vários obstáculos, como condições climáticas adversas, carência de determinadas substâncias no solo, doenças na lavoura e pragas de insetos, que talvez sejam o maior problema.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) calcula que, em âmbito mundial, cerca de um terço dos produtos agrícolas cultivados pela humanidade seja consumido pelos insetos.

Milhões de insetos podem se alimentar das plantações, consumindo em poucas semanas toda a safra de um ano e causando a perda de toneladas de produtos agrícolas.

Para combatê-los, os seres humanos têm usado substâncias tóxicas que são letais para os insetos, mas que, geralmente, também fazem muito mal à saúde humana.

O desenvolvimento da produção de substâncias orgânicas sintéticas destinadas à luta contra os insetos teve início há algumas décadas, com a descoberta do dicloro-difenil-tricloroetano ou DDT.

Seguiram-se intensas pesquisas sobre os derivados clorados, amplamente utilizados durante muito tempo.

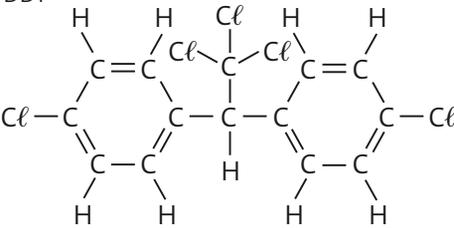
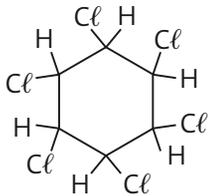
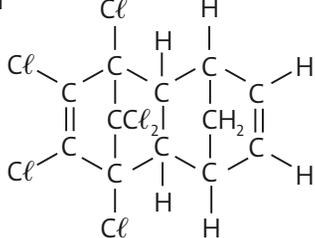
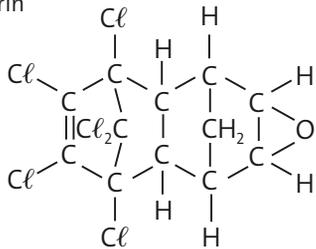
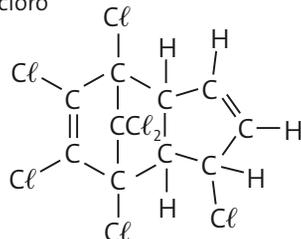
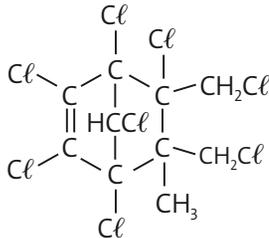
Atualmente a maioria desses compostos, como DDT, BHC (benzeno hexaclorado ou 1,2,3,4,5,6-hexacloro-cicloexano), aldrin, endrin, heptacloro, toxafeno, teve seu uso proibido em produtos agrícolas por apresentarem uma ação extremamente tóxica, persistente e acumulativa.

Infelizmente alguns países da América Central, como a Nicarágua e El Salvador, continuam utilizando essas substâncias proibidas na agricultura, o que tem causado uma verdadeira epidemia de doenças renais crônicas entre os trabalhadores rurais. Na Nicarágua, por exemplo, essa doença já matou mais homens do que o vírus HIV e a diabetes juntos.

Pesquisadores da Universidade de Boston, porém, afirmam que foi o calor em excesso que desencadeou essa epidemia.

O quadro a seguir apresenta mais informações sobre os POPs.

## Organoclorados: compostos orgânicos persistentes

Nome e fórmula	Indicações de uso	Ação no ambiente e no organismo humano
<p>DDT</p> 	<p>Utilizado no combate ao mosquito do gênero <i>Anopheles</i>, transmissor da malária, doença infectocontagiosa que provoca hemólise (rompimento das hemácias com liberação da hemoglobina no plasma sanguíneo). Pode levar à morte.</p>	<p>O DDT é um desregulador hormonal e afeta os sistemas genital, nervoso e imunitário. Acredita-se que possa causar câncer em seres humanos.</p>
<p>BHC</p> 	<p>Muitos países ainda utilizam o BHC como fungicida para proteger as sementes de cebola, trigo e sorgo. Além disso, é utilizado como solvente e aditivo na produção de borracha, plásticos e PVC.</p>	<p>O BHC pode prejudicar o fígado, a glândula tireoide e os rins e afetar de forma geral os sistemas endócrino, imunitário, genital e nervoso. Pode causar câncer.</p>
<p>Aldrin</p> 	<p>Muitos países ainda o utilizam no combate aos cupins. Foi muito empregado na agricultura no combate a vermes do solo e a escaravelhos e, na veterinária, no controle de vetores (transmissores de doenças).</p>	<p>Foi relacionado a disfunções hepáticas, nervosas, imunológicas e hormonais, além de ser teratogênico e carcinogênico.</p>
<p>Endrin</p> 	<p>Começou a ser utilizado em 1951 no controle de aves em edifícios e de insetos e roedores nos campos e pomares, principalmente na plantação de algodão, milho, cana-de-açúcar, maçãs e flores. Ainda há países que continuam a permitir sua utilização.</p>	<p>Seus efeitos tóxicos no organismo de animais e de seres humanos são bastante semelhantes aos do aldrin. Pode permanecer no solo por até quatorze anos e contaminar o lençol freático.</p>
<p>Heptacloro</p> 	<p>Controle de insetos de solo, cupins, pragas do algodoeiro, gafanhotos e também do mosquito do gênero <i>Anopheles</i>, transmissor da malária.</p>	<p>Provoca sérios danos aos sistemas endócrino e genital, além de causar câncer de bexiga em seres humanos.</p>
<p>Toxafeno</p> 	<p>Controle de pestes do algodoeiro, de cereais, de árvores frutíferas e de vegetais. Também já foi usado no combate a parasitas de gado e de aves.</p>	<p>Está relacionado com a diminuição da expectativa de vida, a interrupção da produção de hormônios, a diminuição da fertilidade e com alterações comportamentais. Pode causar disfunções renais e câncer.</p>

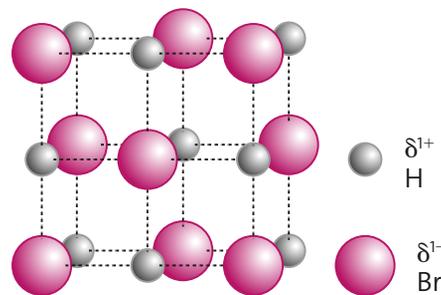
## Propriedades dos haletos orgânicos

As principais propriedades dos haletos orgânicos estão listadas a seguir.

### Forças de interação molecular

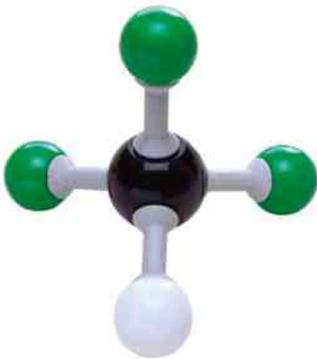
Os mono-haletos orgânicos são levemente polares e suas moléculas mantêm-se unidas por forças de atração do tipo dipolo permanente (ou forças de dipolo-dipolo). Essas forças se estabelecem de modo que a extremidade negativa do dipolo de uma molécula se oriente na direção da extremidade positiva do dipolo de outra molécula.

Um exemplo simples é o caso do brometo de hidrogênio, HBr, na fase sólida. Observe na ilustração a seguir como os dipolos se orientam de modo que cargas opostas se aproximem no cristal dipolar formado por moléculas de HBr.



As ilustrações estão fora de escala. Cores fantasia.

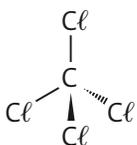
Fotos: Sérgio Datta/Arquivo da editora



Modelo de bolas e varetas da molécula de clorofórmio,  $\text{CHCl}_3$ . Note que o cloro é representado na cor verde.



Modelo Stuart da molécula de clorofórmio,  $\text{CHCl}_3$ .



A molécula de tetracloreto de carbono é apolar.

Os poli-haletos orgânicos podem ser levemente polares ou até mesmo apolares, dependendo da geometria molecular. Quando são apolares, suas moléculas mantêm-se unidas por forças de dipolo induzido.

### Temperaturas de fusão e de ebulição

As temperaturas de fusão e de ebulição dos haletos orgânicos são próximas às dos alcanos (comparando compostos de massa molar semelhante) e vão se tornando gradativamente mais altas à medida que os seguintes fatores começam a prevalecer:

- 1º) aumento da massa molar do composto por causa do aumento da cadeia orgânica;
- 2º) aumento do número de halogênios substituídos (di-haletos, tri-haletos, tetra-haletos...);
- 3º) aumento da massa molar do halogênio substituído

$$(F = 19 < Cl = 35,5 < Br = 80 < I = 127).$$

Assim, por exemplo, as temperaturas de fusão e de ebulição aumentam ao passarmos de um mono-haleto, com um mesmo número de carbonos na cadeia, para um di, um tri, um tetra, um poli-haleto.

Essas temperaturas aumentam também ao passarmos de fluoretos para cloretos, brometos e iodetos.

### Estados de agregação

A maioria dos mono-haletos orgânicos é líquida em condições ambientes ( $25^\circ\text{C}$  e  $1\text{ atm}$ ). Com poucas exceções, os que possuem até 3 átomos de carbono na molécula são gases ou líquidos voláteis.

Os poli-haletos geralmente são líquidos e, quando sua massa molar é elevada, apresentam-se na fase sólida.

## Densidade

Os monofluoretos e os monocloretos não aromáticos são menos densos que a água. Os monobrometos e os monoiodetos são mais densos. Um caso particular e importante é o do di-iodometano,  $\text{CH}_2\text{I}_2$ , que é o líquido de maior densidade conhecido na Química orgânica ( $d = 3,32 \text{ g/mL}$ ), usado como líquido de contraste no estudo de minerais ao microscópio.

## Solubilidade

Os haletos orgânicos são insolúveis em água, possivelmente por não formarem ligações de hidrogênio com as moléculas de água.

São solúveis em solventes orgânicos de baixa polaridade, como o benzeno, o éter e o clorofórmio (um haleto orgânico).

## Propriedades organolépticas

Os haletos orgânicos em geral possuem cheiro forte característico e muitos deles apresentam sabor doce (lembre-se, porém, de que são compostos extremamente tóxicos se ingeridos).

## Reatividade

A reatividade desses compostos não é muito acentuada, possivelmente em razão da fraca polaridade que possuem.

## Aplicações práticas

Os haletos orgânicos são utilizados na síntese de diversas substâncias e também como solvente de ceras, vernizes e borrachas, como é o caso do tetracloreto de carbono,  $\text{CCl}_4(\ell)$ , e do clorofórmio,  $\text{CHCl}_3(\ell)$ .

Atualmente, a indústria produz cerca de 11 000 organoclorados distintos, utilizados numa ampla gama de produtos, desde pesticidas até plásticos e produtos médico-hospitalares (PVCs).

Um problema que deve ser destacado nesse sentido é que os produtos médico-hospitalares, após o uso, são enviados ao incinerador por ser considerados produtos perigosos e potencialmente capazes de transmitir doenças (bactérias e vírus) se forem enviados ao aterro sanitário. É fato comprovado que a combustão de substâncias cloradas libera dioxinas no ambiente (que também são classificadas como POPs).

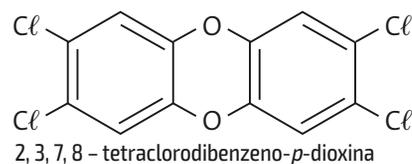
As dioxinas formam um grupo de 75 compostos com graus de toxicidade diferentes – a mais perigosa é a 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-dioxina (TCDD) – e surgem como resíduo de diversas reações químicas, principalmente as que envolvem a combustão de substâncias cloradas:

- resíduos hospitalares, domésticos e industriais e incineração de resíduos perigosos;
- fornos de fabricação de cimento, fundição de metais e refinarias;
- branqueamento de pasta de papel.

Não existe um nível de dioxinas que possa ser considerado seguro. Mesmo concentrações da ordem de ppt (partes por trilhão) são perigosas. De acordo com o relatório publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em 1998, o Brasil não produzia industrialmente nenhum poluente orgânico persistente, porém as dioxinas são produzidas de forma não intencional e sem controle legal.

Os haletos orgânicos de fórmula genérica  $\text{CHX}_3$ , na qual X é um halogênio, são denominados halofórmios:

- $\text{CHCl}_3(\ell)$ : o clorofórmio é um líquido incolor e volátil usado como solvente e anestésico (embora cause danos ao fígado).
- $\text{CHBr}_3(\ell)$ : o bromofórmio é um líquido denso, incolor e tóxico (tolerância de  $0,5 \text{ ppm/m}^3$  de ar). É usado como solvente e em estudos geológicos.
- $\text{CHI}_3(\ell)$ : o iodofórmio é um sólido que se apresenta na forma de pequenos cristais amarelos. É usado na Medicina como antisséptico de uso externo.



## Exercício resolvido

**3** (Esal-MG) Os alquenos são obtidos em quantidades industriais principalmente pelo craqueamento (degradação a altas temperaturas) do petróleo. Esses compostos apresentam grandes utilidades como intermediários químicos: “etileno”, na síntese do álcool etílico, do óxido de etileno e dos alquenos superiores; “propileno”, na síntese do óxido de propileno e 1,2-dicloropropano; e os alquenos ( $C_8-C_{12}$ ), na obtenção de detergentes. Tricloroetileno e tetracloroetileno são usados em grandes quantidades como solventes para limpeza.

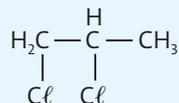
- a) Escreva a fórmula estrutural dos compostos: etileno; propileno; 1,2-dicloropropano e tetracloroetileno.  
b) Escreva a nomenclatura IUPAC para o etileno e para o propileno.

### Resolução

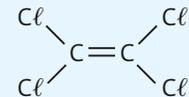
a) Etileno:  $H_2C=CH_2$

Propileno:  $H_2C=C-CH_3$   
                  H

1,2-dicloropropano:



Tetracloroetileno:



b) Etileno: eteno.

Propileno: propeno.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**16** (EsPCEX-SP) Tornou-se uma mania entre os alunos de diversas idades o hábito de carregar, no lugar da antiga borracha, o corretivo líquido. Muitos destes corretivos contêm diclorometano como solvente, que é prejudicial à saúde, por ser tóxico e muito volátil.

Sua fórmula molecular é:

- X a)  $(C_2H_2)Cl_2$ .                      d)  $C_2H_2Cl_2$ .  
b)  $CH_2Cl_2$ .                        e)  $CH_2CH_2Cl$ .  
c)  $C_2Cl_2$ .

(UPM-SP) As questões 17 e 18 a seguir referem-se ao texto abaixo.

### Organoclorados

Defensivos agrícolas para as indústrias. Agrotóxicos para os defensores da natureza. Pontos de vista diferentes sobre substâncias usadas para controlar ou matar determinadas pragas. Sua utilização pode oferecer ou não perigo para o homem, dependendo da toxicidade do composto, do tempo de contato com ele e do grau de contaminação que pode ocorrer. Insolúveis em água, possuem efeito cumulativo, chegando a permanecer por mais de trinta anos no solo. Um dos mais tóxicos e já há algum tempo proibido, o DDT, virou verbo: dedetizar.

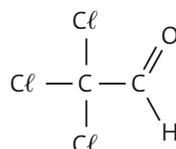
**17** Do texto, depreende-se que os defensivos agrícolas:

- a) nunca oferecem perigo para o homem.  
b) não contaminam o solo, pois são insolúveis em água.  
c) são substâncias totalmente diferentes daquelas chamadas de agrotóxicos.  
X d) se usados corretamente, trazem benefícios.  
e) têm vida residual curta.

**18** Em relação à equação abaixo, que representa a obtenção do DDT ( $C_{14}H_9Cl_5$ ), é INCORRETO afirmar que: (Consulte as massas atômicas na tabela periódica.)



- a) o coeficiente  $x$  que torna a equação corretamente balanceada é igual a 2.  
X b) o DDT é um composto orgânico oxigenado.  
c) se o  $C_2HCl_3O$  for um aldeído, sua fórmula estrutural será:



- d) cada molécula de DDT contém 5 átomos de cloro.  
e) a massa de 1 mol de moléculas de água é igual a 18 g.

**19** Dados os pares de haletos orgânicos abaixo, indique em cada par aquele que provavelmente apresenta o maior ponto de ebulição. Justifique sua resposta.

- a) I. 1-cloropropano                      e    II. 1-bromopropano  
b) I. 1,2-diclorobutano                  e    II. 1,3,3-triclorobutano  
c) I. iodeto de *t*-butila                    e    II. iodeto de isopropila  
d) I. 2-iodopropano                        e    II. 2-clorobutano  
e) I. tetraclorometano                    e    II. diclorodifluorometano  
f) I. cloreto de fenila                        e    II. cloreto de benzila

**20** (ITA-SP) A opção que contém a espécie, na fase gasosa, com maior momento de dipolo elétrico é:

- X a) *p*-fluortolueno.                      c) *p*-xileno.                      e) *m*-fluortolueno.  
b) *o*-fluortolueno.                        d) tolueno.

## FOI NOTÍCIA!



## Entenda a queda do preço do petróleo e seus efeitos

O [preço do] petróleo segue ladeira abaixo neste início de ano, negociado abaixo de US\$ 50 o barril, [são os] valores mais baixos em cerca de seis anos. Nos mercados internacionais, o barril acumula perdas de 60% desde o pico de junho de 2014, quando era negociado a US\$ 115.

É o pior tombo de preços desde 2008, quando os preços do petróleo perderam mais da metade de seu valor em plena crise financeira internacional.

Os principais apontados como 'culpados' pela queda dos preços são o aumento de produção, em especial nas áreas de xisto dos EUA, e uma demanda menor que a esperada na Europa e na Ásia.

Em novembro do ano passado, essa queda se acentuou, diante do excesso de oferta e da recusa dos países da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep) em reduzir seu teto de produção, independentemente do preço no mercado internacional.

A Opep culpa a grande produção de óleo de xisto pelas baixas cotações da *commodity* [qualquer bem ou recurso natural, proveniente de extração mineral ou vegetal ou da agropecuária produzido em larga escala e destinado ao comércio externo] e, segundo alguns analistas, estaria disposta a aceitar um preço ainda mais baixo para tirar do mercado outros produtores ou inviabilizar a exploração de rivais como os produtores norte-americanos.

Com o *boom* do xisto nos últimos anos, a produção norte-americana disparou e se situa em níveis recordes em 30 anos, com mais de 9 milhões de barris por dia.

Desde que começaram as perfurações do xisto, nos Estados Unidos e outros países, como o Canadá, os sauditas fazem de tudo para não perder mercado.

'Temos vivido uma superprodução, oriunda sobretudo do petróleo de xisto, e isso deve ser corrigido', afirmou o ministro de Energia dos Emirados Árabes Unidos, Suhail Mazrui. 'O petróleo de xisto acrescenta 4 milhões de barris diários (mbd) procedentes dos Estados Unidos no mercado e são previstos mais 4 mbd em 2020. Mas essa produção não poderia se sustentar com os preços atuais', completou. [...]

Alguns países sofrem particularmente com a redução dos preços do petróleo, sobretudo Venezuela, Rússia e Irã, em razão do grande peso das exportações da *commodity* em suas economias.

A Venezuela, por exemplo, teve a sua classificação de risco rebaixada pelas agências Moody's e Fitch para a categoria de risco de calote em razão do impacto da queda dos preços do petróleo sobre a balança de pagamentos e as reservas de divisas do país. [...]

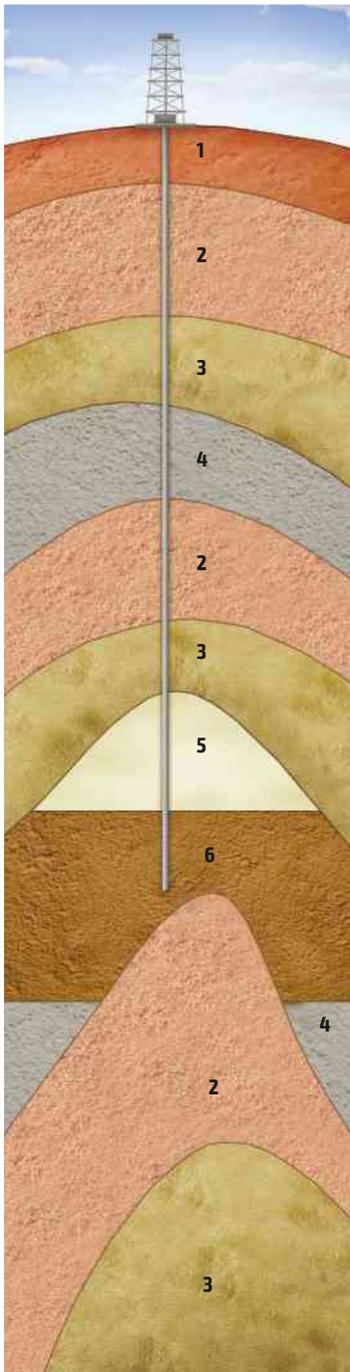
A Rússia, que obtém metade de suas receitas públicas do petróleo, também tem sido fortemente atingida. Depois de ter sofrido uma desvalorização de 41% em 2014, a moeda russa continua caindo em relação ao dólar, abalada pelos efeitos da queda dos preços do petróleo sobre a economia do país e pelas sanções internacionais. [...]"

Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2015/01/entenda-queda-do-preco-do-petroleo-e-seus-efeitos.html>>. Acesso em: 3 dez. 2015.

**Você leu uma matéria que aponta a superprodução de petróleo de xisto nos Estados Unidos e no Canadá como a causa do problema econômico vivido pelos países produtores de petróleo. Você sabe o que é xisto e que problemas sua extração pode causar ao meio ambiente?**

A ilustração está fora de escala. Cores fantasia.

Paulo Manz/Arquivo da editora



#### Camadas de rocha

1. Argila
2. Calcário
3. Folhelho
4. Arenito impregnado de água salgada
5. Arenito impregnado de hidrocarbonetos gasosos
6. Arenito impregnado de petróleo

## Petróleo

A palavra **petróleo** significa 'óleo de pedra', e isto se deve ao fato de ser encontrado, geralmente, impregnado em determinadas rochas porosas denominadas arenito, localizadas em camadas geológicas sedimentares, situadas na maior parte das vezes abaixo do fundo do mar (o que era de se esperar, já que os oceanos recobrem cerca de 71% da superfície do planeta).

No Brasil, por exemplo, cerca de 90% do petróleo é extraído de campos denominados *off-shore* (fora da margem), ou seja, plataformas exploratórias localizadas em águas não muito profundas. Até o ano de 2015 havia 111 plataformas desse tipo, sendo 33 fixas e 78 flutuantes.

Em termos de constituição química, podemos dizer que:

O petróleo é uma mistura muito complexa de compostos orgânicos, principalmente hidrocarbonetos, associados a pequenas quantidades de outras classes de compostos que contêm nitrogênio, oxigênio e enxofre.

A teoria mais aceita sobre a origem do petróleo afirma que se trata de um produto da decomposição lenta de pequenos seres marinhos – em geral animais e vegetais unicelulares –, que permaneceram soterrados, preservados do oxigênio e submetidos à ação de bactérias, do calor e da pressão. Estima-se que as jazidas petrolíferas tenham algo entre 10 milhões de anos e 500 milhões de anos.

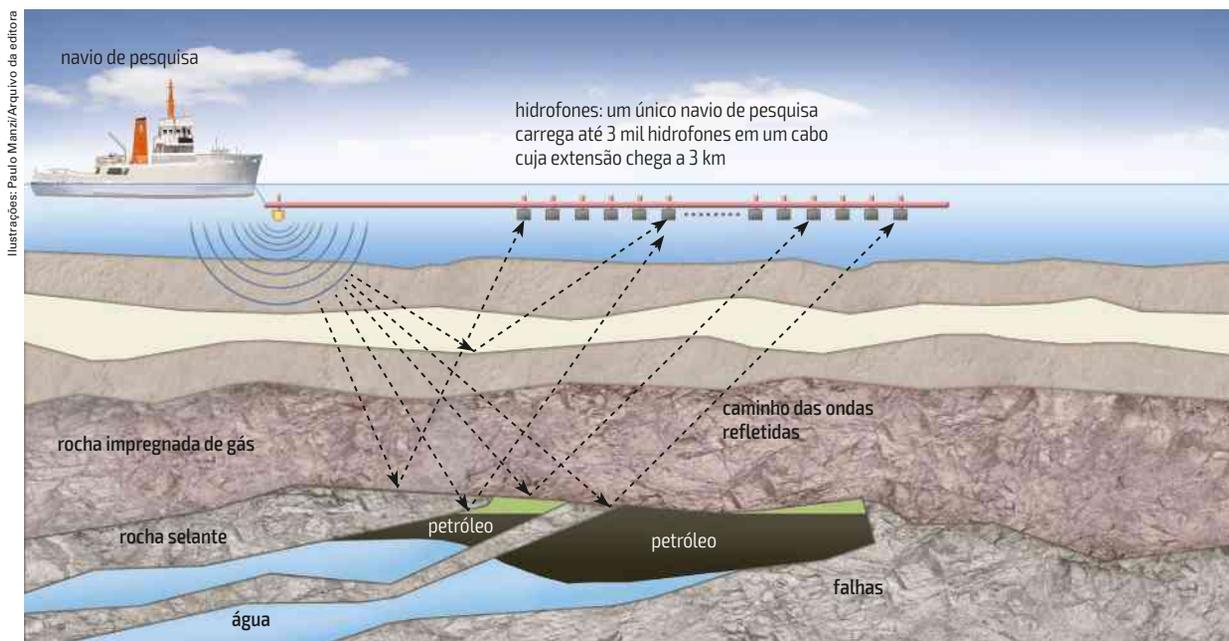
A rocha geradora, ou seja, o arenito impregnado de petróleo nos poros e fraturas, pode ser comparada a uma esponja encharcada de água. À medida que novas camadas sedimentares foram sendo depositadas, elas exerceram pressão, fazendo o petróleo migrar para áreas de menor pressão e se acumular em outras camadas de rochas calcárias ou arenito, chamadas de rocha-reservatório, que sob a ação dos movimentos da Terra aprisionaram o petróleo e o gás natural dentro delas, entre camadas de rocha impermeável (de granito ou mármore, por exemplo).

Nesses depósitos, as substâncias gasosas ficam retidas nas partes mais altas, e o óleo nas partes mais baixas. As rochas-reservatório podem estar localizadas próximas à superfície ou a 5 mil metros (ou mais) de profundidade.

Estima-se, porém, que grande parte do petróleo formado se perdeu na superfície por falta dos obstáculos naturais. Esses vazamentos justificam o fato de alguns povos antigos conhecerem e utilizarem o petróleo cru, cerca de 4 000 anos antes de Cristo.

Hoje, o profissional que pesquisa a possibilidade de haver petróleo em determinada área é o geólogo que, por meio de imagens de satélite e equipamentos diversos, determina os locais com maior probabilidade de haver rochas-reservatório com petróleo aprisionado.

Posteriormente é feito um estudo para avaliar a relação custo/benefício de se fazer uma prospecção exploratória no local. Veja a ilustração abaixo:



A ilustração mostra a utilização de ondas de choque obtidas com canhão de ar comprimido, que dispara pulsos de ar na água (usado para exploração no mar). As ondas refletidas são captadas por hidrofones. A interpretação das ondas que são refletidas de volta para a superfície indica a possibilidade de haver petróleo na área. Essa técnica é menos agressiva aos animais e ao meio ambiente do que os explosivos, mas ainda assim interfere na vida marinha.

Quando tudo leva a crer que um novo campo de rochas-reservatório de petróleo foi encontrado, o local é marcado por coordenadas GPS e/ou boias marcadoras sobre a água.

Mesmo com toda essa tecnologia, a taxa de sucesso na localização de rochas-reservatório de petróleo costuma ser de apenas 10%.

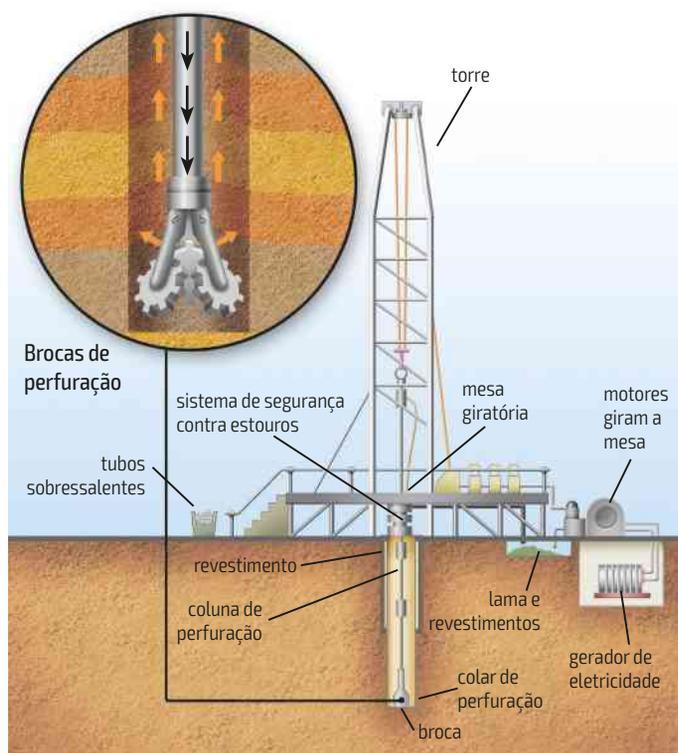
Se a equipe de especialistas chega à conclusão de que determinado local pode apresentar rochas-reservatório de petróleo que compensam os custos de uma prospecção exploratória, inicia-se o processo de extração.

Quando o poço a ser explorado encontra-se sob o oceano, a perfuração é feita em uma plataforma submarina. Quando se encontra em terra firme, inicialmente é instalada no local uma torre de perfuração, que pode ter brocas simples, dotadas de diamantes industriais ou um trio de brocas interligadas com dentes de aço.

Durante a perfuração, as brocas são resfriadas por uma lama especial, que, além de lubrificar o sistema, traz pedaços de rocha para serem analisados na superfície.

As ilustrações estão fora de escala. Cores fantasia.

Torre de perfuração



Quando a perfuração atinge a reserva e o poço é finalizado, é preciso iniciar o fluxo ascendente de petróleo. Para isso, procede-se da seguinte maneira:

- em rochas-reservatório calcárias, bombeia-se ácido para o interior do poço e para fora das perfurações, para que os canais no calcário sejam dissolvidos e conduzam o petróleo para o poço;
- em rochas-reservatório de arenito, um fluido contendo agentes de escoramento (areia, casca de noz, bolotas de alumínio) é bombeado para o poço e para fora das perfurações. A pressão desses fluidos provoca pequenas fraturas no arenito que permitem que o petróleo vaze para o poço. Agentes de escoramento mantêm essas fraturas abertas.

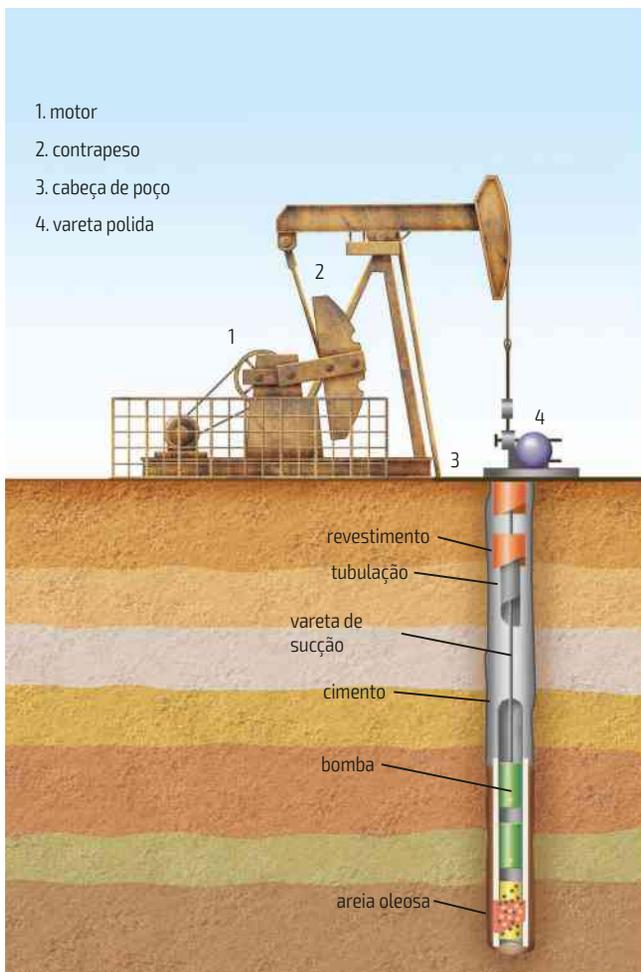
Tão logo o petróleo esteja fluindo, a torre de perfuração é removida do local e uma bomba é colocada sobre a cabeça do poço de prospecção.

Algumas vezes, o petróleo pode não fluir para cima por causa da sua alta viscosidade (resistência ao escoamento). Nesse caso, é preciso injetar vapor de água aquecido sob pressão por meio de um segundo poço, cavado no reservatório.

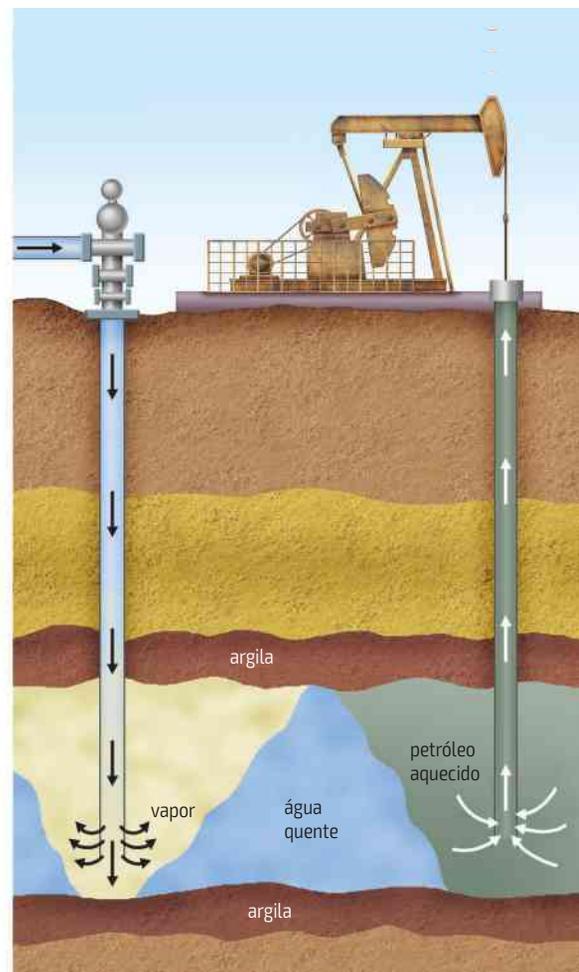
O calor do vapor diminui a viscosidade do petróleo, e a pressão ajuda a empurrá-lo para cima no poço. Esse processo é chamado recuperação intensificada de petróleo.

As ilustrações estão fora de escala. Cores fantasia.

Ilustrações: Paulo Manzi/Arquivo da editora



Bomba de prospecção



Processo de inundação com vapor



## Exploração na camada pré-sal

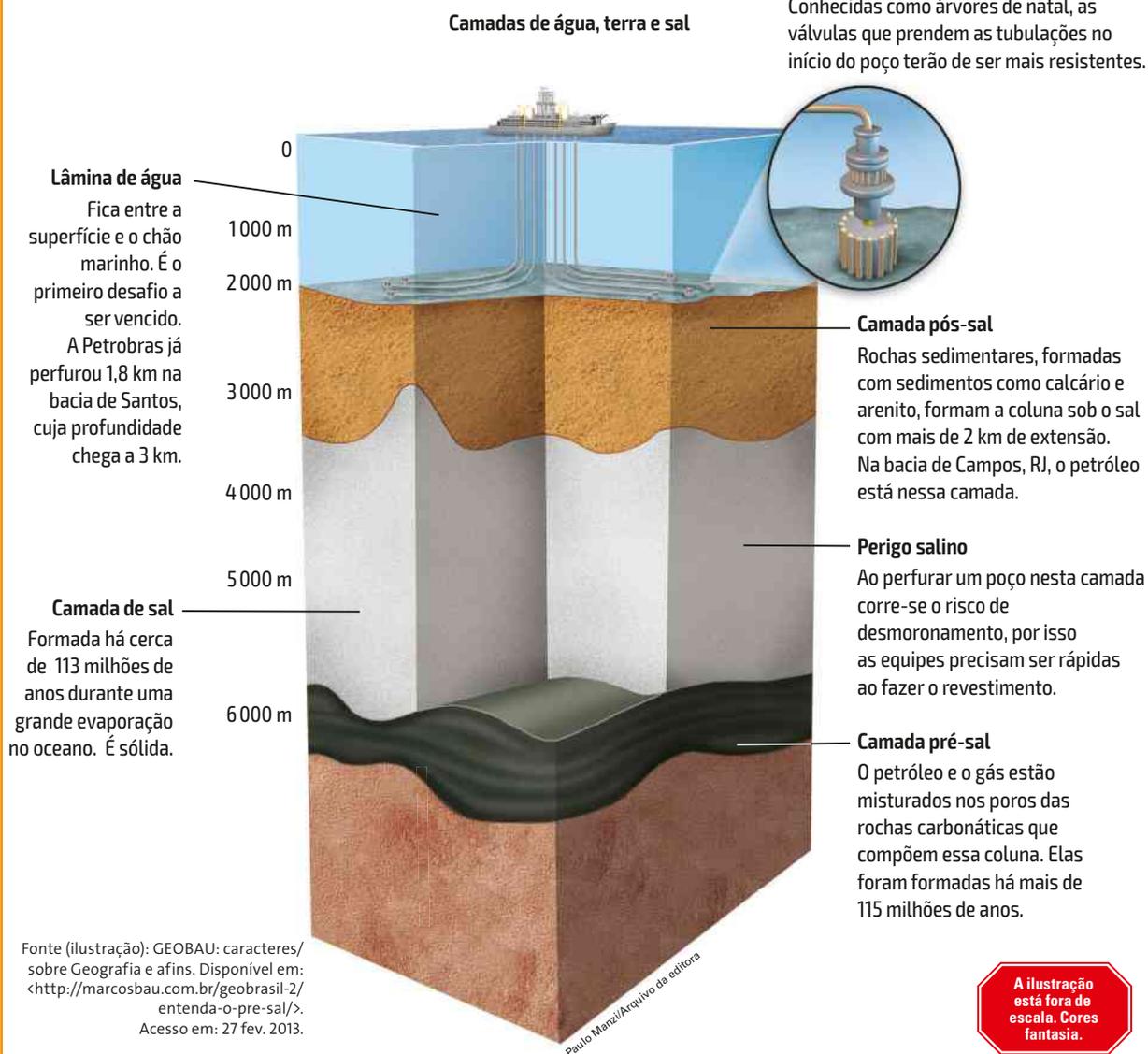
A camada pré-sal, descoberta em 2007, é uma grande jazida de petróleo localizada entre 5 km e 7 km abaixo do leito do mar e abaixo de uma extensa camada de sal de 2 km de espessura.

Essa jazida se estende por uma faixa de 800 km entre os estados do Espírito Santo e Santa Catarina e fica a uma distância da costa entre 100 km e 300 km.

Estima-se que o volume de petróleo existente na camada pré-sal seja de 50 bilhões de barris (cada barril equivale a cerca de 159 L de petróleo).

Além da grande profundidade e das condições difíceis de trabalho no oceano, os geólogos e engenheiros precisam vencer vários desafios para acessar esse petróleo:

- Logística: transporte de pessoal especializado para essas posições.
- Tecnológica: desenvolvimento de equipamento capaz de perfurar ao mesmo tempo a rocha dura e a camada de sal viscosa e instável antes de chegar ao petróleo.
- Financeira: preço do petróleo que compense o investimento (o preço atual – U\$ 46,17 o barril, aproximadamente 159 L, em 13 de abril de 2016 – não compensa).



A ilustração está fora de escala. Cores fantasia.

## O refino do petróleo

Quando é retirado do subsolo o petróleo bruto ou cru está cheio de impurezas, como areia, argila, pedaços de rocha, água salgada ou salobra. Para livrá-lo desses materiais, submete-se o petróleo, inicialmente, a dois processos mecânicos de purificação: decantação e filtração.

- **Decantação:** Processo utilizado para separar o petróleo da água salgada. O petróleo é menos denso que a água, portanto, quando a mistura é deixada em repouso, a água se acumula na parte inferior e o petróleo, na parte superior.
- **Filtração:** Utilizado para separar as impurezas sólidas do petróleo bruto, como areia e argila.

Ao final desses dois processos, o petróleo cru é encaminhado para o refino, que consiste na separação de uma mistura complexa de hidrocarbonetos em misturas mais simples, com um número menor de componentes, chamadas de **frações do petróleo**.

A obtenção das frações do petróleo é feita por meio dos seguintes processos físicos e químicos: destilação fracionada e destilação a vácuo.

### Destilação fracionada

Trata-se da separação dos componentes do petróleo com base na diferença de faixa de temperatura de ebulição das diferentes frações. É feita em uma coluna de aço cheia de obstáculos em seu interior. O petróleo é preaquecido e introduzido próximo à base dessa coluna. As substâncias de menor temperatura de ebulição conseguem atravessar esses obstáculos e chegar ao topo dela. Nesta etapa, são recolhidos, principalmente, gás, gasolina, nafta e querosene.

Já as frações mais pesadas não conseguem chegar ao topo da coluna, acumulando-se em diversos níveis dela.

### Destilação a vácuo

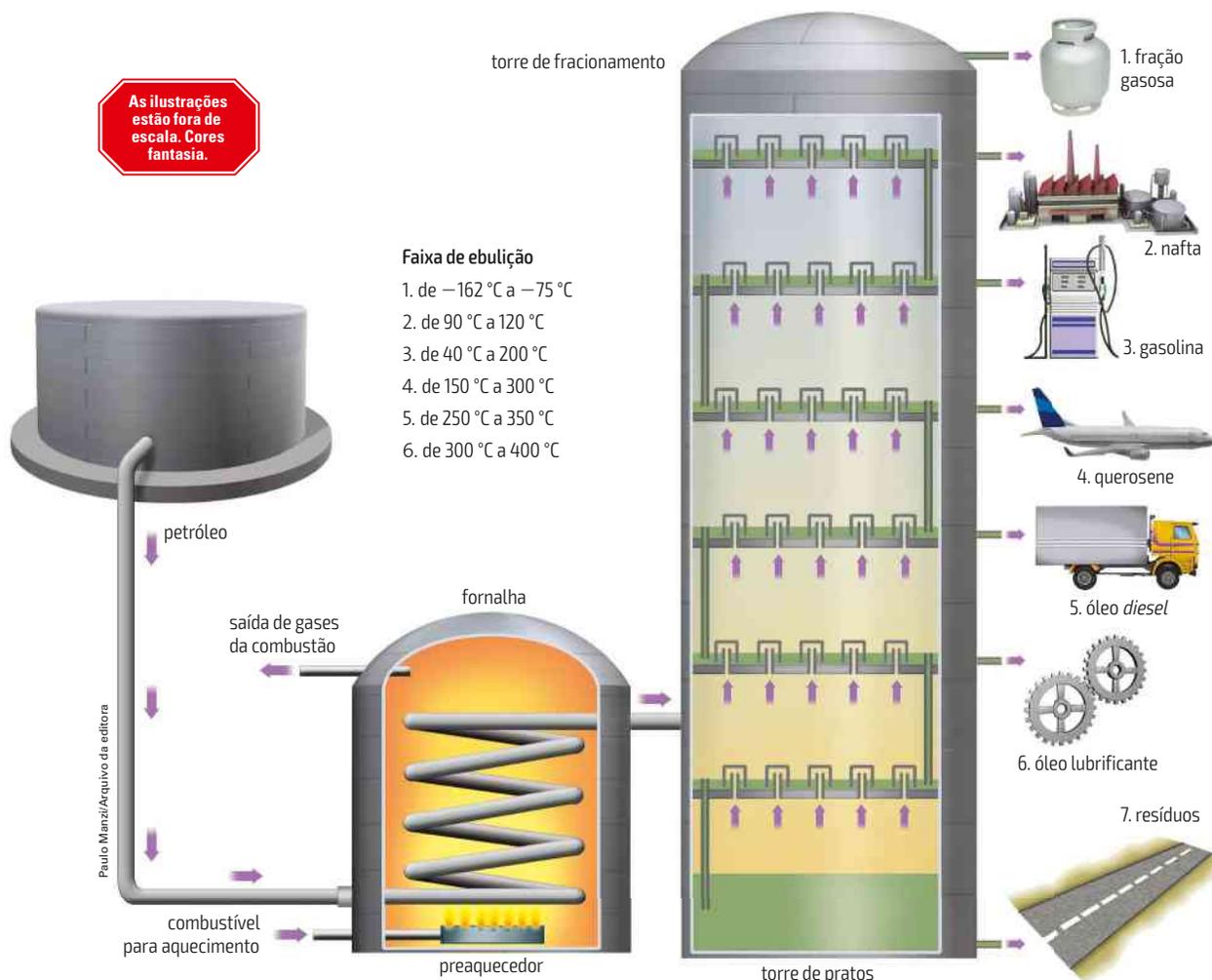
As frações que não foram separadas na primeira destilação são levadas para outra coluna e submetidas a uma pressão inferior à atmosférica. Isso possibilita que as frações mais pesadas entrem em ebulição em temperaturas mais baixas, evitando que moléculas de cadeia longa se quebrem por causa do aquecimento. Nesta etapa são recolhidos produtos como a graxa, parafinas, óleos lubrificantes e betume (utilizado no asfaltamento e na produção de impermeabilizantes).



O petróleo bruto natural é um líquido viscoso e escuro.

Anan Kaewkhammul/Shutterstock

A ilustração abaixo fornece uma ideia geral do processo.



Por fim, as frações obtidas nos processos físicos são submetidas a processos químicos que visam atender às demandas de mercado.

Por exemplo, uma das frações mais importantes do petróleo é a gasolina, porém a porcentagem de gasolina obtida diretamente pela destilação fracionada do petróleo cru é muito pequena (entre 7% e 15% do total) e não atende à demanda de mercado. Para solucionar esse problema, foram desenvolvidos alguns métodos de obtenção de gasolina a partir de hidrocarbonetos provenientes de outras frações do petróleo, como o craqueamento, a reforma catalítica e a polimerização.

### Craqueamento térmico ou catalítico

O craqueamento é um processo químico que converte substâncias de determinada fração de menor interesse comercial em outras de uma fração mais rentável, baseando-se na quebra de moléculas longas de hidrocarbonetos de elevada massa molar.

A diferença entre o processo térmico e o catalítico é que o térmico necessita de temperatura e pressões elevadas para romper as moléculas mais pesadas, enquanto o catalítico só exige a presença de catalisadores, o que pode tornar o processo mais seguro e econômico.

O petróleo passa por um forno onde é aquecido e transforma-se em vapor, que é então enviado para a torre de fracionamento (ou torre de pratos). Ao lado de cada prato há um escape para que as frações que não foram recolhidas possam descer para o prato inferior. Caso haja alguma substância com ponto de ebulição superior ao do prato em que se encontra, ela sofrerá destilação novamente e tornará a subir para ser recolhida.

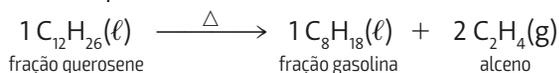


Zurijata/Shutterstock/Glow Images

A gasolina é uma das frações mais importantes do petróleo.

O processo de craqueamento (que ocorre entre 450 °C e 700 °C) permite, por exemplo, que uma refinaria transforme óleo *diesel*, óleo lubrificante ou querosene em gasolina.

Exemplo:



Esse método proporciona um rendimento significativo, chegando a aumentar de 20% a 50% a gasolina obtida por barril de petróleo cru. Além disso, muitos subprodutos do craqueamento do petróleo, são utilizados pela indústria petroquímica na fabricação de plásticos e de borrachas.

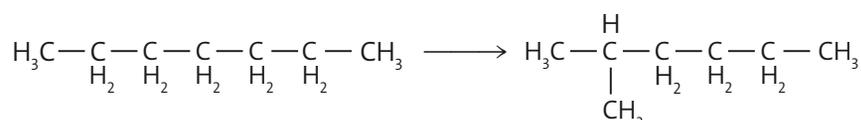
### Reforma catalítica

Trata-se também de um processo químico que tem por objetivo “reformatar ou reestruturar” a molécula e consiste basicamente em transformar hidrocarbonetos de cadeia normal em hidrocarbonetos de cadeia ramificada (isomerização) ou hidrocarbonetos de cadeia normal em hidrocarbonetos cíclicos ou aromáticos.

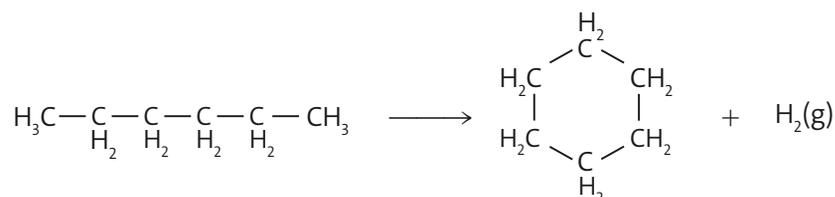
Na reforma catalítica, geralmente o número de carbonos na molécula não muda.

Exemplos:

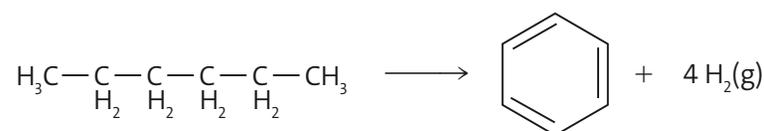
- isomerização do heptano em 2-metil-hexano



- reforma catalítica do hexano em ciclo-hexano

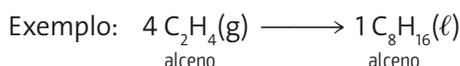


- reforma catalítica do hexano em benzeno

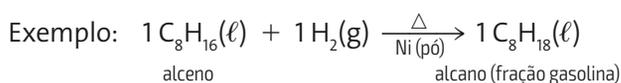


### Polimerização

Polimerizar significa ‘unir’. Nesse processo, ocorre a combinação de moléculas menores, normalmente alcenos, formando moléculas maiores que estejam na faixa da fração da gasolina.



Os alcenos obtidos podem ser transformados em alcanos por hidrogenação catalítica, isto é, adição de hidrogênio à ligação dupla na presença de níquel metálico finamente dividido (catalisador), e aquecimento:



# De onde vem... para onde vai?



## Petroquímica

O nome petroquímica tem origem na união das indústrias química e petrolífera e começou a ser utilizado somente por volta de 1945.

O polo petroquímico de Camaçari é o maior do Brasil. Outros polos de grande produção estão em São Paulo (Capuava/Santo André) e no Rio Grande do Sul (Triunfo).

"[...] Nestes polos, situados próximos a refinarias da Petrobras, está hoje localizada a quase totalidade das indústrias petroquímicas de 1ª e 2ª gerações, embora existam algumas instalações dessas modalidades, de menor porte, em outros centros industriais do país. Apesar de a expressiva produção brasileira de 3 milhões de toneladas/ano de eteno, o balisador da produção petroquímica, corresponder atualmente a 3% da produção mundial, ainda não existem no país empresas petroquímicas de grande porte, totalmente integradas e empresarialmente verticalizadas, à semelhança do que ocorre nos Estados Unidos, Europa e Japão."

D'ÁVILA, Saul Gonçalves. Revista *ComCiência*. Disponível em: <[www.comciencia.br/reportagens/petroleo/pet21.shtml](http://www.comciencia.br/reportagens/petroleo/pet21.shtml)>. Acesso em: 3 dez. 2015.

O processamento do petróleo, feito pela destilação fracionada, pelo craqueamento ou pela reforma catalítica, fornece as matérias-primas mais baratas para a obtenção de uma série de produtos primários que são o ponto de partida para a síntese de um grande número de produtos acabados.

- As indústrias de 1ª geração produzem a matéria-prima básica, como o eteno (etileno), o propeno (propileno), o butano e o buteno (butileno).

- As indústrias de 2ª geração promovem a transformação dos produtos básicos em produtos petroquímicos finais, como o polipropileno, polivinilcloreto, poliéster, entre outros.
- E as indústrias de 3ª geração transformam a matéria-prima fornecida pelas indústrias de 1ª e 2ª geração em produtos acabados, como fertilizantes, explosivos, inseticidas, fungicidas, detergentes, fibras têxteis, borrachas, adesivos, corantes, resinas, tintas e solventes.

Os principais produtos inorgânicos obtidos na petroquímica são a amônia,  $\text{NH}_3(\text{g})$ , o hidrogênio,  $\text{H}_2(\text{g})$ , e o negro de fumo,  $\text{C}_n(\text{s})$  (resíduo).

A indústria petroquímica utiliza apenas uma pequena parte da produção mundial de petróleo bruto e de gás natural para obter mais de 3000 produtos químicos orgânicos, ou seja, cerca de 80% dos produtos orgânicos sintéticos encontrados atualmente no mercado.

O trabalho na indústria petroquímica é ininterrupto, 24 horas por dia, todos os dias da semana. As instalações caracterizam-se pelas torres que se elevam dos vários conjuntos e pelos muitos quilômetros de tubos que conduzem os vários produtos derivados de petróleo pelo chamado polo petroquímico. A localização e as várias partes de um polo petroquímico são determinadas por dois fatores: a disponibilidade de petróleo bruto ou de gás natural e a possibilidade de mercado para os produtos fabricados.

## Trabalho em equipe

- a) Façam um levantamento de guerras causadas pelo controle de áreas produtoras de petróleo e discutam se o Brasil pode ser alvo de algum ataque no futuro em razão da descoberta do pré-sal. Se possível, peçam a ajuda dos professores de História e Geografia.
- b) Os especialistas preveem que as guerras continuarão a ser motivadas pelo petróleo ou por algum outro produto? Qual?
- c) Discutam se o desenvolvimento de um arsenal nuclear brasileiro é importante para proteger as reservas naturais do país.

A sala pode ser dividida em grupos. Cada grupo vai pesquisar um tópico e apresentá-lo aos demais. Após as apresentações, pode-se fazer um debate entre os alunos para discutir o tema.

## Exercício resolvido

**1** (UEPG-PR) Santos Dumont recebeu o prêmio Deutsch de 125 000 francos ao realizar o voo, em 19/10/1901. Henri Deutsch de La Meurthe era um magnata do petróleo, um produto cuja descoberta impulsionou a indústria automobilística no início do século XX. O petróleo, de grande importância mundial nos dias de hoje, é um material oleoso, inflamável, menos denso que a água, com cheiro característico e de cor variando entre o negro e o castanho-escuro.

Leia as seguintes afirmações sobre o petróleo.

- I. É uma mistura de diversas substâncias químicas, que podem ser isoladas por processos físicos de separação.
- II. É considerado uma fonte de energia limpa de origem fóssil.
- III. É um líquido escuro muitas vezes encontrado no fundo do mar, embora seja mais leve que a água.

Assinale a alternativa que contém todas as afirmações válidas.

- a) I.                      c) III.                      e) I, II e III.  
b) II.                     d) I e III.

### Resolução

I. Verdadeira.

O petróleo é uma mistura formada quase que exclusivamente de hidrocarbonetos. As substâncias que o constituem podem ser separadas em frações mais simples por destilação fracionada.

II. Falsa.

O petróleo não é considerado uma fonte de energia limpa. Na sua constituição há compostos de enxofre que, quando queimados, liberam óxidos de enxofre para a atmosfera. Essas substâncias são causadoras da chuva ácida. Além disso, na queima parcial dos derivados de petróleo, há formação de monóxido de carbono, CO, um gás bastante tóxico.

III. Falsa.

O petróleo é algumas vezes encontrado em depósitos localizados abaixo da plataforma marinha. O petróleo é menos denso que a água.

Alternativa **a**.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**1** (UFMS-RS) Durante a destilação fracionada do petróleo, obtêm-se, sucessivamente, produtos gasosos, nafta, gasolina e óleos lubrificantes. A ordem de volatilidade de cada fração está relacionada com o (a):

- a) origem do petróleo – animal ou vegetal.  
b) formação de pontes de hidrogênio intermoleculares.  
X c) tamanho da cadeia carbônica.  
d) ocorrência de compostos fortemente polares.  
e) tipo de petróleo empregado – parafínico ou asfáltico.

**2** (UnirG-TO) “A indústria de petróleo fornece as matérias-primas mais baratas para a fabricação de muitas substâncias químicas comerciais, de negro de fumo e de amônia, passando pelo etanol e pelo glicol, até as borrachas sintéticas, as fibras sintéticas e os plásticos.”

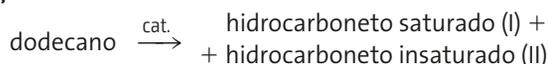
Sobre o petróleo, assinale a proposição correta.

- a) É uma mistura de hidrocarbonetos, etanol, amônia, glicol e borrachas, fibras e plásticos sintéticos.  
X b) Pode ser obtido pela destilação fracionada do etanol.  
c) É a principal fonte comercial e industrial de hidrocarbonetos.  
d) Produz, pelo processo de destilação fracionada, borrachas, fibras e plásticos.  
e) É fonte de substâncias como a gasolina e o querosene.

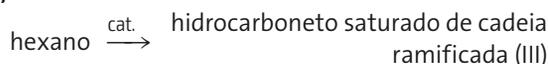
**3** (UFPI) Craqueamento e reformação catalítica são processos químicos utilizados na indústria de refinamento de petróleo para obtenção de gasolina com um melhor índice de octanagem.

Dadas as equações das reações de craqueamento (reação 1) e de reformação (reação 2) a seguir, escolha a alternativa que apresenta os nomes dos produtos de I a III.

**Reação 1:**



**Reação 2:**



**Produto I**

**Produto II**

**Produto III**

- a) hexano                      hex-1-eno                      iso-heptano  
b) hex-1-eno                      hexano                      iso-heptano  
X c) hexano                      hex-1-eno                      2-metilpentano  
d) hex-1-eno                      hexano                      2-metilpentano  
e) hexano                      ciclo-hexeno                      3-metil-hexano

**4** (Uece) A gasolina não é um composto e sim uma mistura de compostos predominantemente da família dos:

- a) alcoóis.                      c) alcinos.  
b) alcenos.                      X d) alcanos.

# Gasolina

A gasolina é um combustível usado em motores de explosão. Quanto mais eficiente a explosão, maior será a potência do motor.

O quadro abaixo traz um esquema do funcionamento de um motor de explosão de quatro tempos:

As ilustrações estão fora de escala. Cores fantasia.

	Admissão ou injeção	Compressão	Explosão	Expulsão ou exaustão
Esquema				
Explicação	<p>No 1º tempo, ocorre a admissão da mistura explosiva de gasolina e ar da injeção eletrônica para dentro de um cilindro dotado de um pistão. O pistão movimenta-se para baixo e a mistura penetra pela válvula A para dentro do cilindro.</p>	<p>No 2º tempo, ocorre a compressão da mistura explosiva até o pistão atingir o ponto morto superior. O pistão sobe e comprime a mistura no interior do cilindro; as válvulas encontram-se fechadas.</p>	<p>No 3º tempo, o êmbolo chega bem próximo à parte superior do cilindro, comprimindo ao máximo a mistura de ar e gasolina; a vela produz uma faísca e provoca a combustão de gases, que empurram o pistão para a posição inicial.</p>	<p>No 4º tempo, terminada a explosão, o pistão volta à parte inferior do cilindro, expulsando os gases formados com uma força que vai movimentar o eixo e as engrenagens do motor. Inicia-se, então, um novo ciclo.</p>

Ilustrações: Paulo Manzi/Arquivo da editora

A força com que os gases formados na explosão da gasolina empurram o pistão para a posição inicial determina a potência do carro e a regulação adequada do motor.

Se determinada gasolina, porém, for sensível à compressão e explodir ao ser comprimida, ou seja, antes que o pistão atinja o ponto morto, o motor ficará desregulado e a força com que o pistão é empurrado de volta no 4º tempo será menor, fazendo o carro perder potência.

A explosão da gasolina por compressão acaba comprometendo o sincronismo entre os quatro tempos no movimento do pistão, e o carro começará a “bater pino”, fenômeno conhecido como *knocking*.

Assim, concluímos:

A qualidade da gasolina está diretamente relacionada a quanto ela pode resistir à compressão sem sofrer explosão.

Para estabelecer um padrão de qualidade da gasolina foi criado o índice de octanagem.

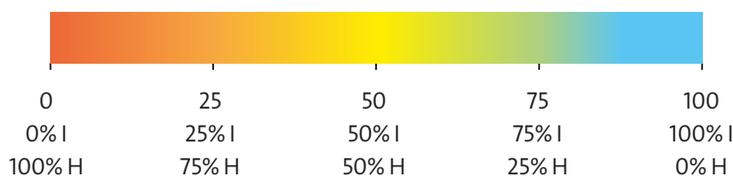
## Índice de octanagem

Para medir a qualidade da gasolina, criou-se uma escala denominada índice de octanagem, baseada na resistência à compressão.

Entre os compostos da fração gasolina, aquele que menos resiste à compressão é o heptano (temperatura de ebulição = 98,4 °C). Ao heptano, simbolizado nessa escala pela letra H, foi atribuído o valor zero de octanagem ou zero octanas.

Já o composto mais resistente à compressão é o 2,2,4-trimetilpentano, cujo nome usual é isoctano (temperatura de ebulição = 99,3 °C). Ao isoctano, simbolizado nessa escala pela letra I, foi atribuído o valor 100 de octanagem ou 100 octanas.

Escala:



Fotos: Sérgio Dotta/Arquivo da editora



Modelo da molécula de n-heptano



Modelo da molécula de isoctano

Quando se diz, por exemplo, que uma gasolina é 80 octanas (possui índice de octanagem igual a 80), isso significa que ela **se comporta**, em relação à resistência à compressão, como uma mistura de 80% isoctano e 20% heptano. Note que a gasolina em questão **não é** essa mistura. Ela apenas responde da mesma forma que essa mistura em relação à resistência à compressão.

As gasolinas especiais, cujo índice de octanagem chega a 120, são gasolinas cuja resistência à compressão é (nesse caso) 20% maior que a do próprio isoctano puro.

As refinarias podem combinar moléculas de frações diferentes do petróleo (processadas e não processadas) para criar misturas de produtos específicos que interessem ao mercado, como gasolinas com diferentes índices de octanagem.

A gasolina brasileira pode ser classificada em:

- gasolina comum: índice de octanagem 87; não possui nenhum aditivo.
- gasolina aditivada: índice de octanagem 87; possui aditivos detergentes/dispersantes cuja função é manter o sistema de combustível e os bicos injetores limpos.
- gasolina *premium*: índice de octanagem 91; possui aditivos detergentes/dispersantes (os mesmos da gasolina aditivada).
- gasolina *podium*: índice de octanagem 95; possui aditivos detergentes/dispersantes e baixo teor de enxofre.

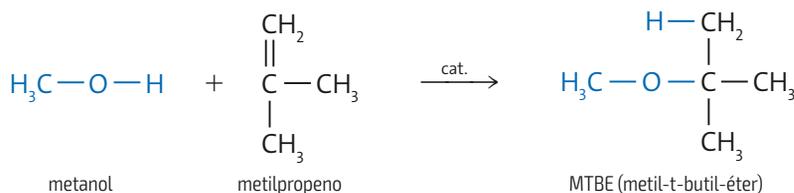
As gasolinas aditivadas recebem a adição de um corante para diferenciá-las da gasolina comum. Cada companhia distribuidora adiciona o corante da cor que desejar. As únicas cores que não podem ser utilizadas são o azul, utilizado na gasolina de aviação, e o rosado, utilizado na mistura MEG (metanol/etanol/gasolina – disponibilizada apenas quando há falta de álcool hidratado nos postos de combustível).

## Antidetonantes

Denominam-se antidetonantes as substâncias que, ao serem misturadas à gasolina, aumentam seu índice de octanagem.

O Conselho Nacional do Petróleo (CNP) autorizou a Petrobras a aditivar a gasolina adicionando o composto metil-t-butil-éter ou MTBE até 7% em volume para aumentar o índice de octanagem.

O MTBE é um líquido incolor de temperatura de fusão igual a  $-110^{\circ}\text{C}$  e temperatura de ebulição igual a  $55^{\circ}\text{C}$ . É obtido pela reação – em presença de catalisador – do metanol com o metilpropeno.



## Combustão completa e incompleta

Já sabemos que o termo combustão ou queima de um composto orgânico se refere à reação exotérmica desse composto com o oxigênio molecular,  $\text{O}_2(\text{g})$ , na presença de aquecimento.

Qualquer hidrocarboneto (ou composto orgânico oxigenado, isto é, que possua apenas C, H e O) terá como produto de sua **combustão completa** apenas gás carbônico,  $\text{CO}_2(\text{g})$ , água,  $\text{H}_2\text{O}(\text{v})$ , e energia.

Observe os seguintes exemplos:

- Combustão do 2,2,4-trimetilpentano (gasolina)  
 $1 \text{C}_8\text{H}_{18}(\ell) + 25/2 \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 8 \text{CO}_2(\text{g}) + 9 \text{H}_2\text{O}(\text{v})$
- Combustão do pentadecano (óleo *diesel*)  
 $1 \text{C}_{15}\text{H}_{32}(\ell) + 23 \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 15 \text{CO}_2(\text{g}) + 16 \text{H}_2\text{O}(\text{v})$

Os compostos liberados na queima completa de combustíveis como gasolina, etanol e óleo *diesel* não são tóxicos e não são considerados poluentes (apesar de o  $\text{CO}_2(\text{g})$  estar relacionado ao efeito estufa e, portanto, ao aquecimento global). O problema é que a queima desses combustíveis geralmente não é completa e lança na atmosfera diversos gases tóxicos.

- Se a presença de oxigênio for insuficiente, a queima do combustível pode liberar fuligem,  $\text{C}(\text{s})$ , e monóxido de carbono,  $\text{CO}(\text{g})$ .

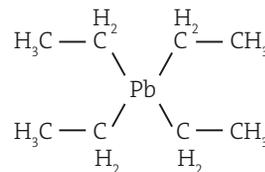
Exemplo: queima do metano com quantidades progressivamente menores de oxigênio.



- A queima incompleta da gasolina e do óleo *diesel* produz monóxido de carbono,  $\text{CO}(\text{g})$ , e vapores de hidrocarbonetos, como o etano,  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ .

De acordo com as impurezas presentes, essa queima também pode produzir óxidos de nitrogênio,  $\text{NO}(\text{g})$  e  $\text{NO}_2(\text{g})$ , óxidos de enxofre,  $\text{SO}_2(\text{g})$  e  $\text{SO}_3(\text{g})$ . É o que pode ocorrer com a chamada gasolina *podium*, que tem baixo teor de enxofre ( $\approx 30 \text{ ppm}$ ).

Um antidetonante eficaz, cujo uso foi abandonado no Brasil em 1992 por inviabilizar a adoção de catalisadores de veículos, é o chumbotetraetila,  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ . Além disso, a queima do  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$  libera óxidos de chumbo, como  $\text{PbO}(\text{s})$  e  $\text{PbO}_2(\text{s})$  na atmosfera.



A presença de combustível no escapamento é prejudicial ao desempenho do carro com injeção eletrônica, pois entra em contato com a alta temperatura no catalisador e se incendeia, provocando superaquecimento que derrete a colmeia responsável pela “limpeza” dos gases.

## Exercício resolvido

**2** (Enem) Nos últimos anos, o gás natural (GNV: gás natural veicular) vem sendo utilizado pela frota de veículos nacional, por ser viável economicamente e menos agressivo do ponto de vista ambiental. O quadro compara algumas características do gás natural e da gasolina em condições ambiente.

Densidade (kg/m <sup>3</sup> )		Poder calorífico (kJ/kg)
GNV	0,8	50 200
Gasolina	738	46 900

Apesar das vantagens no uso de GNV, sua utilização implica algumas adaptações técnicas, pois, em condições ambiente, o volume de combustível necessário, em relação ao de gasolina, para produzir a mesma energia, seria:

- a) muito maior, o que requer um motor bem mais potente.
- b) muito maior, o que requer que ele seja armazenado a alta pressão.
- c) igual, mas sua potência será muito menor.
- d) muito menor, o que o torna o veículo menos eficiente.
- e) muito menor, o que facilita sua dispersão para a atmosfera.

### Resolução

Volume de 1 kg de gasolina:

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{d} \Rightarrow V = \frac{1 \text{ kg}}{738 \text{ kg/m}^3}$$

$$V = 0,001355 \text{ m}^3$$

Volume de GNV que libera a mesma quantidade de energia que 1 kg de gasolina:

$$50\,200 \text{ kJ} \text{ ————— } 1 \text{ kg}$$

$$46\,900 \text{ kJ} \text{ ————— } x$$

$$x = 0,934 \text{ kg}$$

$$V = \frac{m}{d} \Rightarrow V = \frac{0,934 \text{ kg}}{0,8 \text{ kg/m}^3} \Rightarrow V \approx 1,1675 \text{ m}^3$$

O volume de GNV é bem maior:

$$\frac{1,1675 \text{ m}^3}{0,001355 \text{ m}^3} \approx 862$$

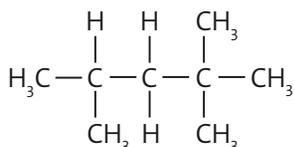
Portanto, o volume de GNV seria 862 vezes maior, o que requer que ele seja armazenado sob alta pressão.

Alternativa **b**.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**5** (UPM-SP) A octanagem é uma medida da resistência à compressão da gasolina. O isoctano é utilizado como padrão de índice de octanagem por ser o composto que mais resiste à compressão sem explodir. A respeito do isoctano, é **INCORRETO** afirmar que:



- a) seu nome oficial é 2,2,4-trimetilpentano.
- b) apresenta cadeia carbônica aberta e ramificada.
- c) é um alceno.
- d) apresenta cinco carbonos primários.
- e) é um hidrocarboneto insaturado.

**6** (PUC-RS) O receio de que a adição de gasolina ao álcool carburante, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH, possa aumentar a poluição nos centros urbanos justifica-se pela:

- a) necessidade de menor quantidade de oxigênio para queimar completamente o combustível.

- b) imiscibilidade entre álcool e gasolina.
- c) produção de compostos diferentes na combustão completa dos dois combustíveis.
- d) diminuição da volatilidade da mistura em relação ao álcool hidratado.
- e) combustão incompleta em motores não adaptados para a nova mistura combustível.

**7** (UFPI) A imprensa denunciou a venda, nos postos autorizados, de gasolina adulterada (“batizada”) com solventes de ponto de ebulição mais altos, responsáveis pela formação de resíduos nocivos ao motor dos automóveis. A gasolina é rica em hidrocarbonetos com 7 a 9 átomos de carbono. Escolha a opção cujo material, derivado do petróleo, poderia estar sendo usado como adulterante.

- a) Gás natural (metano, um átomo de carbono).
- b) Gás de cozinha (propano, butano, 3 e 4 átomos de carbono).
- c) Éter de petróleo (pentanos, 5 átomos de carbono).
- d) Querosene (undecanos e tetradecanos, 11 a 14 átomos de carbono).
- e) Álcool hidratado (etanol, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O).

## Hulha

A hulha é um carvão mineral resultante da madeira fossilizada que apresenta um alto teor de carbono (cerca de 80%) em relação à madeira recém-extraída.

### Destilação seca da hulha

A destilação seca da hulha – que é feita na **ausência de ar** e a aproximadamente 1100 °C – dá origem a três frações de grande valor comercial, como mostra o quadro a seguir:

**Aminas** são compostos derivados da amônia,  $\text{NH}_3$ , pela substituição de um ou mais hidrogênios por substituintes orgânicos,  $R, R'$  e  $R''$  (iguais ou diferentes entre si):  $\text{NH}_2R, \text{NHRR}', \text{NRR}R''$ .

Fração	Constituição	Aplicações
Gasosa (20%)	É constituída basicamente de 49% de gás hidrogênio, $\text{H}_2(\text{g})$ , 34% de metano, $\text{CH}_4(\text{g})$ , e 8% de monóxido de carbono, $\text{CO}(\text{g})$ , além de outros gases em menor proporção.	É usada como combustível e como gás de iluminação (gás de rua).
Líquida (5%)	<b>Águas amoniacais:</b> constituídas de substâncias nitrogenadas, como aminas, hidróxido de amônio, $\text{NH}_4\text{OH}$ , e sais de amônio, entre os quais nitrato de amônio, $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , e sulfato de amônio, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .	Usadas principalmente na fabricação de fertilizantes agrícolas.
	<b>Alcatrão de hulha</b> é a maior fonte natural de obtenção de compostos aromáticos, como benzeno, tolueno, fenol, naftaleno, anilina, entre outros.	Usado como matéria-prima na fabricação de plásticos, tintas, produtos de limpeza, medicamentos, entre outros.
Sólida (70%)	Constituída basicamente de carvão coque.	Utilizado principalmente na indústria siderúrgica, na obtenção do aço.

A destilação fracionada do alcatrão de hulha fornece cinco frações distintas de interesse comercial, como mostra o quadro a seguir.

Fração	Constituição	Faixa de destilação	Usos
Óleo leve (2%)	BTX siderúrgico (benzeno, tolueno e xileno).	de 80 °C a 160 °C	São amplamente usados como matéria-prima na fabricação de plásticos, tintas, produtos de limpeza, medicamentos, etc. Os compostos que fazem parte de cada fração também podem ser separados um a um por processos físicos e químicos para usos específicos.
Óleo médio (12%)	Fenol, cresóis (orto, meta e para-metilfenol), etc.	de 160 °C a 240 °C	
Óleo pesado (10%)	Naftaleno e seus derivados	de 240 °C a 270 °C	
Óleo de antraceno (25%)	Antraceno, fenantreno, carbazol, criseno, etc.	de 270 °C a 360 °C	
Piche (51%)	Hidrocarbonetos de massa molar elevada	Resíduo	Pavimentação, impermeabilização, proteção de metais.

Por destilação fracionada do BTX siderúrgico, obtém-se o benzeno de origem carboquímica, além de outros aromáticos importantes.

# RETOMANDO A NOTÍCIA



*Você sabe o que é xisto e quais os problemas que ele pode causar ao meio ambiente?*

O xisto é uma rocha sedimentar de uma variedade carbonífera mais nova que a hulha, com aproximadamente 250 milhões de anos, e é encontrado em duas variedades: xisto betuminoso e xisto pirobetuminoso, cujas diferenças são as seguintes:

- no xisto betuminoso, a matéria orgânica (betume, uma mistura de hidrocarbonetos de massa molar elevada) disseminada em seu meio é quase fluida, sendo facilmente extraída;
- no xisto pirobetuminoso, a matéria orgânica (querogênio, uma combinação complexa de carbono, hidrogênio, enxofre e oxigênio) é semissólida ou sólida à temperatura ambiente.

Essas características fazem com que o xisto apresente qualidades intermediárias às de carvão mineral e de petróleo.

Quando submetido à pirólise, por aquecimento até 500 °C, o xisto libera um óleo semelhante ao petróleo, água e gás, deixando um resíduo carbônico na matriz sólida.

A destilação fracionada a seco (na ausência de oxigênio) do óleo de xisto dá origem a vários produtos de interesse industrial, como o óleo combustível indicado para consumo industrial em centros urbanos e a nafta de xisto, utilizada como combustível e na fabricação de solventes, como mostra o quadro a seguir:

A formação Irati da bacia sedimentar do Paraná é a mais importante reserva de xisto do Brasil por apresentar condições favoráveis à exploração econômica.

Especificação	Quantidade	Usos
Xisto bruto processado	2 693 029 t	
Óleo combustível	133 667 m <sup>3</sup>	Consumo industrial em centros urbanos.
GLP	24 530 m <sup>3</sup>	Idêntico ao obtido a partir do petróleo. Combustível.
Gás de xisto	14 855 t	Similar ao gás natural, porém mais rico em hidrogênio. É fornecido à indústria de cerâmica, via gasoduto, e consumido na própria unidade de produção.
Enxofre	20 013 t	Fabricação de ácido sulfúrico.
Nafta	39 695 m <sup>3</sup>	Como combustível e na fabricação de solventes.
Outros não energéticos	3 570 m <sup>3</sup>	Aditivos melhoradores de asfalto.

Ocorre que a nafta de xisto contém vários compostos nitrogenados e sulfurados que apresentam mau cheiro e tornam sua coloração bastante escura. Seu uso como combustível industrial – antes de qualquer tratamento prévio – poderia causar problemas ambientais já que sua queima iria liberar óxidos de nitrogênio e óxidos de enxofre, gases tóxicos e formadores de chuva ácida.

Assim, antes de utilizar a nafta como combustível na indústria, ela precisa ser submetida a tratamentos físicos. E isso custa caro.

# 3) Madeira

A madeira apresenta uma porcentagem de carbono em torno de 40%. Seus principais constituintes são a celulose e a lignina.

## Celulose

É o principal constituinte da parede celular dos vegetais. Representa cerca de 50% da madeira. Trata-se de uma macromolécula de fórmula  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , que, por hidrólise ácida, produz  $n$  moléculas de  $\beta$ -glicose,  $C_6H_{12}O_6$ .

É difícil determinar com precisão o valor de  $n$  na fórmula da celulose. Os resultados variam de 1000 (polpa de madeira) até pouco mais de 3000 (fibra de algodão), o que indica uma massa molar da ordem de 160 000 g/mol a 560 000 g/mol.

A celulose pura é um sólido incolor, mas, em razão da presença de impurezas, geralmente se apresenta na forma de fibras brancas, insolúveis em água e na maioria dos solventes comuns. É utilizada principalmente na fabricação de papel, tecidos e explosivos (nitrocelulose).

## Lignina

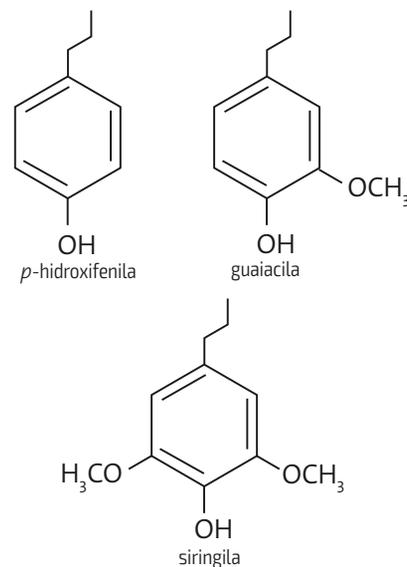
Representa de 17% a 30% da madeira e é dividida em dois grupos de acordo com a facilidade com que sofre hidrólise (quebra pela água).

- Lignina não *core*: compostos fenólicos de baixo peso molecular.
- Lignina *core*: polímeros (macromoléculas) que formam a parede celular altamente condensados e muito resistentes à hidrólise. As unidades formadoras desses polímeros, representadas ao lado, são a *p*-hidroxifenila, guaiacila e siringila, que se apresentam em proporções diferentes, de acordo com a origem da madeira.

Acredita-se que a lignina atue nos tecidos vegetais como um aglutinante plástico que segura as fibras de celulose. É utilizada entre outras coisas como estabilizante de asfalto e aglutinante de cerâmica.

No processo de fabricação do papel, procura-se eliminar a lignina da celulose, por exemplo, dissolvendo-se a madeira em bissulfito de cálcio,  $Ca(HSO_3)_2(aq)$ , ou em outras soluções alcalinas.

A madeira contém ainda resinas, água e matéria inorgânica, que surge nas cinzas após a sua queima.



Os compostos fenólicos são aqueles que possuem o grupo —OH diretamente ligado a um anel aromático.

Preparação da madeira para obtenção da celulose.

## Destilação seca da madeira

A destilação seca da madeira, feita na ausência de ar a aproximadamente 450 °C, produz três frações: a gasosa, a líquida e a sólida.

O quadro a seguir fornece um resumo das principais substâncias obtidas em cada fração. Note que a fração líquida é dividida em dois grupos principais.

Destilação seca da madeira		
Frações	Constituintes	Usos
Gasosa	gás carbônico, $\text{CO}_2(\text{g})$ gás etileno, $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$ gás hidrogênio, $\text{H}_2(\text{g})$	Aquecimento de retortas (aparelho empregado em destilações simples, por exemplo, na fabricação de aguardente).
Líquida (1)	Ácido pirolenhoso ou vinagre de madeira: • ácido etanoico, $\text{CH}_3\text{COOH}(\ell)$ , de 6% a 10% • metanol, $\text{CH}_3\text{OH}(\ell)$ , de 2% a 3% • propanona, $\text{CH}_3\text{COCH}_3(\ell)$ , de 0,5% a 1% • etanoato de metila, $\text{CH}_3\text{COOCH}_3(\ell)$ , < 0,5% • álcool amílico < 0,5%, isômeros: 3-metilbutan-1-ol, $\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2(\ell)$ 3-metil-butan-2-ol, $\text{CH}_3\text{CHOHCH}(\text{CH}_3)_2(\ell)$ • aminas < 0,5%	É usado principalmente na obtenção de metanol (que também é conhecido por álcool de madeira).
Líquida (2)	Alcatrão de madeira: • compostos aromáticos	Preparação de antissépticos e de desinfetantes.
Sólida	Carvão vegetal	Preparação de certos tipos de aço.

Os únicos recursos energéticos renováveis para obtenção de energia que vimos neste capítulo foram o etanol e a madeira.

De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) publicado em 2015 pelo Ministério de Minas e Energia (MME), o uso de fontes de energia renováveis no Brasil diminuiu em relação a 2012 e atualmente representa 39,4% da matriz energética, divididos em queima da biomassa (39,4%), principalmente derivados da cana (15,7%), lenha e carvão vegetal (8,1%), que movimentam as usinas termelétricas, as quedas-d'água que movimentam as usinas hidrelétricas (11,5%), além de outras, como lixívia (água de lavagem das cinzas da queima de madeira), (4,1%).

O restante da matriz energética, 60,9%, é composto de recursos não renováveis como o petróleo e derivados (39,4%) e gás natural (13,5%).

Os novos modelos energéticos, como energia solar, eólica, geotérmica e maremotriz – também denominadas “limpas permanentes” –, ainda têm uma participação incipiente na matriz energética brasileira.

Por quê? Vamos tentar responder a essa pergunta analisando o quadro a seguir, que fornece uma comparação entre as formas de energia renovável e não renovável com as características, vantagens e desvantagens de cada uma.

Saiba mais sobre o balanço energético nacional em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2015.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf)>. Acesso em: 4 dez. 2015.

O quadro a seguir apresenta uma comparação entre as diversas fontes energéticas disponíveis.

Energia	Características	Vantagens	Desvantagens
<b>Solar</b> Renovável	Consiste de painéis de silício cristalinos e arseniato de gálio, que compõem estruturas denominadas células fotovoltaicas, capazes de transformar a luz em energia elétrica.	Atende a lugares remotos, pois sua instalação em pequena escala não gera grandes investimentos em linhas de transmissão.	Necessita de uma indústria altamente especializada. A extração e o processamento do silício geram poluição. O sistema oscila conforme as condições climáticas.
<b>Eólica</b> Renovável	Consiste na utilização de eólicas – hélices presas a um pilar por um eixo – que começam a girar a partir de ventos com velocidade de 3 m/s, mas só são produtivas com ventos de velocidade de até 10 m/s.	É um recurso limpo e durável ( $\approx 20$ anos). O terreno ocupado pela usina eólica pode ser utilizado para outros fins, como a agricultura.	Alteração da paisagem local, ameaça aos pássaros (quando instaladas em sua rota de migração), poluição sonora e interferência nas transmissões de rádio e televisão.
<b>Geotérmica</b> Renovável	Utiliza o vapor de água aquecido pelo magma a 64 km da superfície da Terra (a mais de 4 000 °C) para fazer girar as pás de uma turbina. A energia mecânica da turbina é transformada em energia elétrica por um gerador.	Recurso limpo, não depende das condições climáticas, pode funcionar 24 horas por dia. Ocupa a menor área por megawatt gerado.	Elevado custo de construção e de manutenção. O aproveitamento da energia de emanções naturais como gêiseres e vulcões é mais viável.
<b>Maremotriz</b> Renovável	Consiste em transformar a energia cinética (movimento) das ondas do mar e também sua energia potencial (altura das ondas) em energia elétrica.	Recurso limpo, constância e previsibilidade da ocorrência das marés.	Necessita de um desnível de maré elevado ( $\approx 5,5$ m) para funcionar. Elevado custo de instalação e manutenção.
<b>Hidráulica</b> Renovável	Trata-se de uma grande queda de água (natural ou artificial), utilizada para manter uma turbina em movimento contínuo, acionando um gerador de energia elétrica.	A operação da usina não polui o meio ambiente e o custo da energia gerada é baixo.	A construção causa imenso impacto ambiental, deslocamento populacional, destruição de ecossistemas e alterações de paisagens por causa das áreas alagadas.
<b>Biomassa (lenha, álcool, biodiesel)</b> Renovável	É uma usina termoelétrica. A queima da biomassa libera energia térmica que aquece a água, cujo vapor mantém uma turbina em movimento contínuo, acionando um gerador de energia elétrica.	Pode anular o efeito estufa, já que o replantio da cultura utilizada, em tese, captura o $\text{CO}_2$ (g) lançado na atmosfera na queima da cultura anterior.	Implica desmatamento e monoculturas. As usinas termelétricas consomem mais energia do que produzem. A maior parte é perdida na forma de calor ao atravessar o sistema de refrigeração.
<b>Fóssil (petróleo, gás, carvão, xisto)</b> Não renovável	Trata-se de uma usina termoelétrica, porém, a energia utilizada para aquecer a água é proveniente da queima de combustíveis fósseis.	Pode ser construída rapidamente e próximo à área de consumo, evitando gastos com linhas de transmissão.	A queima causa poluição atmosférica pela emissão de gases e partículas. É a principal causa do aquecimento global. A extração e o processamento causam poluição.
<b>Nuclear</b> Não renovável	Funciona como uma usina termoelétrica, mas a energia utilizada para aquecer a água vem de uma reação nuclear.	Não emite gás carbônico, portanto, não provoca efeito estufa.	Apresenta um custo elevadíssimo, alto risco de acidentes e sérios problemas com rejeitos.

## Exercício resolvido

**3** (UPE) “A hulha é uma variedade de carvão de origem \_\_\_\_\_ que, por destilação seca, produz \_\_\_\_\_ em maior quantidade, além do \_\_\_\_\_, que é de grande importância para a indústria química.”

Assinale a alternativa que contém a melhor complementação dessa frase.

- a) animal — ureia — amoníaco
- b) mineral — carvão coque — amoníaco
- c) mineral — alcatrão — carvão coque
- d) mineral — carvão coque — alcatrão
- e) animal — carvão coque — alcatrão

### Resolução

A hulha é um carvão de origem mineral que, por destilação seca, produz carvão coque em maior quantidade, além do alcatrão, que é de grande importância para a indústria química.

Alternativa **d**.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**8** A importância do alcatrão da hulha deve-se ao fato de ser constituído principalmente de substâncias com cadeia carbônica do mesmo tipo que a do:

- a) hexano.            c) éter etílico.    **X** e) naftaleno.
- b) ciclo-hexano.    d) propeno.

**9** Após a mineração do xisto restam uma série de rejeitos economicamente aproveitáveis:

- calxisto: rocha carbonatada, denominada marga dolomítica, empregada na agricultura para corrigir a acidez do solo;
- cinzas de xisto: utilizadas como insumo para a produção de cimento;
- torta oleosa: combustível sólido alternativo à lenha e ao carvão mineral;
- finos de xisto: utilizados como combustível e na fabricação de cerâmica;
- água de retortagem: utilizada na produção de adubo e defensivos agrícolas.

Explique quais os rejeitos da mineração do xisto que ameaçam o meio ambiente e quais os procedimentos que devem ser adotados para eliminá-los.

**10** A queima da madeira em uma lareira ou em um fogão a lenha produz cinzas que são ricas em substâncias alcalinas, como o hidróxido de potássio. Misturando-se essas cinzas com água, obtém-se uma dispersão denominada lixívia, que, ao ser fervida por algum tempo na presença de gordura animal (banha de boi, banha de porco) ou vegetal (manteiga de coco, manteiga de cacau), dá origem ao chamado sabão de cinzas, muito utilizado em algumas regiões do país em limpeza doméstica.

Explique por que a cinza obtida na queima da madeira em uma lareira, por exemplo, apresenta características tão diferentes do carvão vegetal (fração sólida da destilação a seco da madeira).

**11** (UFMS-RS) Observe a tabela:

Matriz energética mundial (%) – 1970-2020		
	Observado 1970-1997	Projeção 2010-2020
petróleo	46,4-38,9	38,0-37,6
gás natural	17,7-22,1	25,2-28,8
carvão	28,7-24,4	23,0-22,1
energia nuclear	1,5-6,2	5,3-4,0
renováveis	5,7-8,4	8,5-7,5

Lucci, E. A.; Branco, A. L.; Mendonça, C. *Geografia Geral e do Brasil*. São Paulo: Saraiva, 2007. p. 145.

Conforme os dados da tabela, é correto afirmar:

- a) A participação das fontes alternativas terá aumento significativo, tornando-se a base da matriz energética mundial.
- b) O fato de os veículos consumirem atualmente menos combustível faz com que o petróleo deixe de ser a principal fonte energética para os transportes no mundo.
- X** c) Considerando todas as fontes utilizadas no mundo, os combustíveis fósseis continuarão responsáveis pela maioria da energia gerada.
- d) Haverá mudanças significativas nos padrões da matriz energética mundial nos próximos anos, uma vez que se constata tanto aumentos quanto decréscimos nos percentuais projetados de todas as fontes energéticas.
- e) A projeção do crescimento na geração de energia nuclear demonstra uma tendência de que o mundo aposta nessa fonte como solução energética.

# Compreendendo o Mundo

O tema central desta Unidade foi o petróleo. Vimos que o petróleo não é importante apenas como combustível – apesar de petróleo e derivados responder atualmente por parte significativa da matriz energética brasileira (39,4% em 2015). É por isso que existem vários novos modelos energéticos sendo desenvolvidos. Carros elétricos, por exemplo, parecem ótimos: silenciosos, não emitem substâncias para a atmosfera e alguns modelos atuais, em fase de teste, já mostraram uma ótima relação entre potência e autonomia. Mas alguém já parou para pensar o que poderia ocorrer ao meio ambiente se toda a frota de veículos do Brasil, estimada em torno de 50 milhões de unidades, fosse substituída por carros elétricos? Você se lembra, no Volume 2, quando estudamos sobre o problema do lixo eletrônico e da poluição causada por pilhas e baterias? O que faríamos com todas as baterias dos carros elétricos à medida que fossem virando sucata? Você vai dizer: poderiam ser recicladas! Sabemos, porém, que a taxa de lixo eletrônico reciclado no Brasil é muito pequena.

A conclusão é que o maior problema em termos ambientais não está diretamente na escolha do modelo energético adotado, mas na forma como ele é administrado, como são tratados os rejeitos, na (falta de) consciência de que o ser humano é parte do ambiente em que vive e que ao agredi-lo está agredindo a si próprio.

No caso dos organoclorados, por exemplo, quem está com a razão? Como escolher entre o inseto e o inseti-

cida? É possível interromper totalmente a produção de organoclorados? E se fosse possível, deveríamos fazê-lo?

A Organização Mundial de Saúde (OMS) calcula que, em âmbito mundial, cerca de um terço dos produtos agrícolas cultivados pela humanidade seja consumido pelos insetos. Além disso, muitas doenças fatais para os seres humanos, como a febre amarela e a malária, são transmitidas por mosquitos. Para exterminar ou controlar a população de insetos, utilizam-se os inseticidas, substâncias tóxicas que são letais para eles, mas que, geralmente, também fazem muito mal à saúde humana.

Precisamos de alimentos (produzidos rapidamente e em larga escala), não queremos nenhum mosquito nos transmitindo doenças fatais ou matando crianças por aí e também não queremos espalhar inseticidas tóxicos no ambiente. Equação difícil de resolver...

E, em relação aos alimentos, é triste constatar que nem com o uso de agrotóxicos e fertilizantes agrícolas estamos conseguindo suprir a necessidade alimentar da população mundial. A Organização das Nações Unidas (ONU) afirma que o número de famintos no mundo ultrapassa 1 bilhão.

A fome é uma droga, inseticidas são uma droga, doenças fatais transmitidas por insetos também, mas algumas vezes essas doenças podem ser curadas pela administração de drogas, como o quinino, empregado na cura da malária. É interessante observar como uma palavra pode ter significados tão diferentes. A palavra droga, por exemplo, tem ainda um outro significado que veremos na próxima Unidade.

Maurício Simonetti/Pulsar Imagens



Casa de pau a pique encontrada em regiões mais pobres do país. Quando faltam alimentos, geralmente também faltam condições de moradia, saneamento, saúde, educação e outros itens que são direitos legítimos do cidadão.



# Drogas lícitas e ilícitas

Uma das definições do termo lícito é 'permitido por lei, legítimo, legal' e, conseqüentemente, do termo ilícito é a negação de tudo isso, ou seja, tudo que é proibido pela lei ou pela moral, tudo que é ilegal.

Mas nem sempre o que é lícito é legal, ainda que pareça ser à primeira vista.

Uma característica do ser humano é fugir dos aborrecimentos, não querer ver, não querer saber. Sofrer? Para quê? Então fechamos os olhos para tudo o que nos incomoda e procuramos nos focar apenas no que nos dá prazer. Notícias de guerra na TV? Mudamos de canal. Criança abandonada na calçada? Apertamos o passo. Cigarro dá câncer? Não queremos ouvir. Bebida alcoólica sempre faz mal? Que conversa mais chata! E assim vamos levando a vida. Até que...

O que estamos propondo aqui é romper com essa inércia, abrir os olhos e ver o mundo como ele é, enxergar a si mesmo, conhecer, saber e escolher com consciência: O que você realmente quer fazer?

## FOI NOTÍCIA!



## Quatro em cada 10 adolescentes viciados em drogas começaram com bebidas alcoólicas

A morte prematura do universitário Humberto Moura Fonseca, de 23 anos, expõe os riscos do consumo de álcool entre os jovens. O laudo médico indicou que o estudante de Passos, no Sul de Minas, sofreu infarto do miocárdio, no sábado, depois de participar de competição alcoólica em que ingeriu de 25 a 30 copos de 50 [mililitros] de vodca durante festa organizada por repúblicas de estudantes em Bauru (SP). A combinação juventude e bebida é preocupante e as estatísticas demonstram que, enquanto a dependência começa cada vez mais cedo, a quantidade consumida aumenta. 'A questão do álcool é endêmica no Brasil. Associados a esse histórico cultural estão dependência química, fatores individuais, sociais e o próprio efeito das substâncias. Há uma tolerância ao consumo de álcool. [...]', afirma a diretora-superintendente da Terra da Sobriedade, Ana Luiza Viana. [...]

Por ironia do destino, a frase que Humberto escolheu para colocar no perfil da rede social falava do consumo de bebida e antecipava a fatalidade: 'melhor morrer de vodca do que de tédio'.

Depois da cerimônia de sepultamento do jovem no domingo, a frase, que surpreendeu familiares dele, atribuída ao poeta russo Vladimir Maiakovski, ainda estava no perfil. 'Ele gostava muito da vida. Para nós, ele bebia como uma pessoa normal. Em festas e aniversários da família, tomava dentro dos conformes', afirmou o tio e padrinho de batismo de Humberto, Cássio Brandão Lemos. Segundo o tio, nem mesmo o irmão mais velho do universitário, que estudou em Ouro Preto, onde há também muitas repúblicas, sabia das competições. [...]

Especialistas criticam a tolerância à bebida alcoólica no país. A diretora-superintendente da Terra da Sobriedade, Ana Luiza César Viana, diz que a propaganda glamouriza o consumo. 'Os destilados já saíram da mídia. A luta é para retirar outras bebidas, principalmente no horário em que as crianças assistem à TV.' Ela ressalta que é extremamente proibido expor, oferecer e servir bebidas para menores de 18 anos. 'As bebidas teriam que ficar em locais não expostos. O álcool mata muito mais que o crack', defende. [...]"

Disponível em: [www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/03/03/interna\\_gerais,623466/quatro-em-cada-10-adolescentes-viciados-em-drogas-comecaram-com-alcool.shtml](http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/03/03/interna_gerais,623466/quatro-em-cada-10-adolescentes-viciados-em-drogas-comecaram-com-alcool.shtml). Acesso em: 7 dez. 2015.

O alcoolismo é uma doença grave que precisa de tratamento.



*Você leu uma matéria que discute a morte prematura de um jovem por consumo excessivo de bebida alcoólica. Você sabe o que leva uma pessoa a se viciar em bebida alcoólica?*

La Camera Chiara/Shutterstock  
Gov. Images

## 1) Funções oxigenadas

As funções oxigenadas são constituídas de carbono, hidrogênio e oxigênio. Por meio de diferentes arranjos entre os átomos desses elementos e de diferentes tipos de ligação entre eles, formam-se os grupos funcionais dos álcoois, fenóis, éteres, aldeídos, cetonas, ácidos, ésteres e sais orgânicos, que dão origem a inúmeros compostos que constituem vários produtos que usamos em nosso dia a dia, como cosméticos, cabos de panela, remédios, solventes, aromatizantes de alimentos, temperos.

Vamos conhecê-los melhor?



Cabos de panela resistentes, isolantes e não inflamáveis: feitos de baquelite, uma resina sintética obtida do fenol e do formaldeído (metanal).



Glicerina (um triálcool): o segredo de panetones bem macios e úmidos.



O vinagre é uma solução aquosa a 4% de ácido etanoico ou ácido acético.

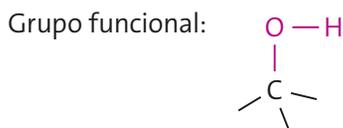


Muitos ésteres são utilizados como aromatizantes artificiais: butanoato de etila (morango), etanoato de octila (laranja), entre outros.

# Álcoois

A palavra álcool em geral se refere a um composto específico, o álcool etílico ou etanol (álcool comum), embora, em Química, álcool seja o nome de uma extensa classe de compostos.

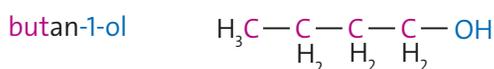
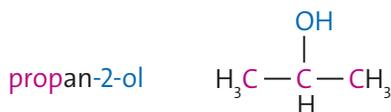
Álcool é todo composto orgânico que apresenta um grupo hidroxila, —OH, ligado a um carbono saturado.



O nome oficial (IUPAC) de um álcool segue o esquema:

prefixo + infixo (geralmente an) + ol

Observe os exemplos a seguir:



## Propriedades dos álcoois

Os álcoois apresentam as propriedades descritas a seguir.

### Forças de interação molecular

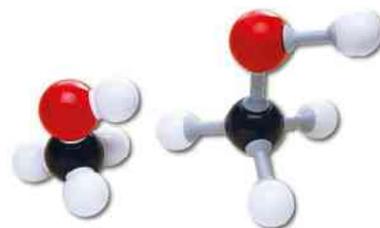
Em razão da presença do grupo —OH, as moléculas de álcool estabelecem ligações de hidrogênio entre si, que são forças de atração de natureza eletrostática do tipo dipolo permanente, porém muito mais intensas. Ocorrem geralmente quando a molécula possui hidrogênio ligado a flúor, oxigênio ou nitrogênio (que são elementos muito eletro-negativos).

O dipolo formado nessas moléculas é tão acentuado que a atração entre o hidrogênio (polo positivo) de uma molécula e o átomo de flúor, oxigênio ou nitrogênio (polo negativo) de outra molécula funciona praticamente como uma nova ligação. Daí o nome ligações de hidrogênio.

Ligações de hidrogênio são forças de atração eletrostática muito intensas que ocorrem principalmente em moléculas que possuem hidrogênio ligado a flúor, oxigênio ou nitrogênio.

### Temperaturas de fusão e de ebulição

Como as ligações de hidrogênio são forças de atração muito intensas, a energia necessária para separar moléculas que estabelecem esse tipo de força é muito alta. Por isso, as substâncias que fazem ligações de hidrogênio possuem temperaturas de fusão e de ebulição elevadas.



Sérgio Datta/Arquivo da editora

Modelo Stuart e modelo de bolas e varetas da molécula de metanol ou álcool metílico, o álcool mais simples.

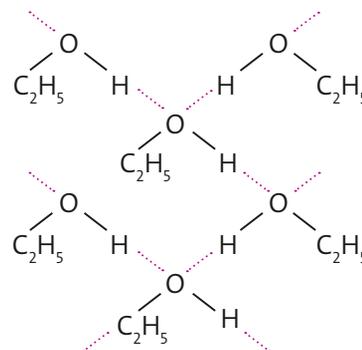
Um sistema de nomenclatura usual (não oficial) ainda muito em uso para muitos álcoois considera a cadeia carbônica ligada ao grupo —OH como substituinte, e o nome do composto passa a seguir o esquema:

**álcool + nome do substituinte + ico**

Observe os exemplos a seguir:

- **propan-1-ol**: álcool propílico
- **propan-2-ol**: álcool isopropílico
- **butan-1-ol**: álcool butílico

A ilustração está fora de escala. Cores fantasia.



Representação das ligações de hidrogênio entre moléculas de etanol.

Os monoálcoois têm temperaturas de fusão e de ebulição bem altas em comparação com as dos hidrocarbonetos de massa molecular próxima. Os poliálcoois têm temperaturas de fusão e de ebulição mais elevadas que as dos monoálcoois com o mesmo número de carbonos na cadeia.

### Estados de agregação

Em condições ambientes (25 °C, 1 atm), os monoálcoois com até 12 carbonos na molécula são líquidos; os demais são sólidos.

Os poliálcoois com até 5 carbonos na cadeia são líquidos e sua viscosidade aumenta com o aumento do número de grupos —OH. Poliálcoois com 6 ou mais carbonos tendem a ser sólidos.

### Densidade

A grande maioria dos monoálcoois possui densidade menor que a da água. Os poliálcoois são mais densos que a água.

### Solubilidade

Já vimos que os álcoois possuem na molécula uma parte polar referente ao grupo —OH e uma parte apolar referente à cadeia carbônica.

Assim, nos álcoois de cadeia carbônica curta prevalecem as propriedades de compostos polares, e em álcoois de cadeia carbônica longa prevalecem as propriedades de compostos polares.

Os álcoois com poucos átomos de carbono na cadeia são, portanto, bastante solúveis em água, pois suas moléculas fazem ligações de hidrogênio com as moléculas de água. Conforme a cadeia carbônica se torna maior, a parte apolar do álcool começa a prevalecer e a solubilidade em água diminui consideravelmente.

Monoálcoois com mais de 4 ou 5 carbonos na cadeia são praticamente insolúveis em água. Mas o aumento do número de grupos —OH tende a tornar a substância mais solúvel; assim, o hexano-hexol (sorbitol) é bastante solúvel em água apesar de ter 6 carbonos na molécula.

### Reatividade

Os álcoois são mais reativos que os hidrocarbonetos porque são polares. O caráter ácido nos álcoois (possibilidade de ocorrer ionização do hidrogênio ligado ao oxigênio) é ligeiramente mais fraco que na água, podendo, muitas vezes, ser considerado desprezível.

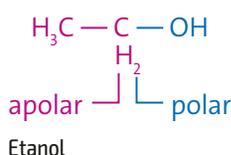
O hidrogênio do grupo —OH é fortemente atraído pelo oxigênio e, além disso, a cadeia dos álcoois é saturada, ou seja, a possibilidade de um álcool sofrer ionização é muito remota.

Se a cadeia carbônica do álcool possuir uma insaturação (obviamente não no carbono que possui o grupo —OH), os elétrons da ligação dupla ajudam a estabilizar o íon formado e a possibilidade de a molécula sofrer ionização é maior.

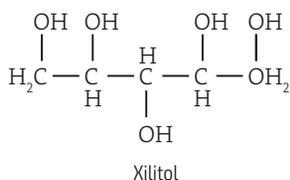
### Aplicações práticas

Os monoálcoois mais importantes são o metanol e o etanol.

Por causa da sua toxicidade, o uso do metanol é restrito a sínteses orgânicas e, eventualmente, como combustível (pode causar cegueira e até a morte quando ingerido, inalado ou absorvido pela pele). O etanol é usado como combustível, solvente, em bebidas alcoólicas (droga lícita) e na síntese de compostos orgânicos.



Os monoálcoois, como o álcool metílico (extremamente tóxico por ingestão) e o álcool etílico (moderadamente tóxico), apresentam sabor picante e odor levemente irritante. Os polióis em geral, como o etilenoglicol (etanodiol) e a glicerina (propanotriol), apresentam sabor doce; muitos deles, como os isômeros sorbitol e manitol, e o xilitol, são utilizados como adoçante.



Há estudos que indicam que o xilitol – um edulcorante utilizado em balas e gomas de mascar – pode ajudar na prevenção de cáries.

## Exercício resolvido

**1** Entre os diversos procedimentos necessários para entrar e sair de uma unidade de terapia intensiva (UTI), está a lavagem e a desinfecção das mãos com álcool 70%, para evitar carregar vírus e bactérias de fora para dentro ou vice-versa.

A esse respeito é comum surgir a dúvida: Por que se usa o álcool 70% e não o álcool 96%, que, por ser mais concentrado, deve ter um “poder” desinfetante maior?

Justamente porque na proporção de 70% em volume (70% de etanol e 30% de água destilada) a solução alcoólica age exclusivamente como desinfetante e não como desidratante; já o álcool etílico 96% em volume (96% de etanol e 4% de água destilada) é desidratante.

Quando a solução atua como desidratante, acaba removendo a umidade das células epiteliais, que ficam ressecadas. Se a pele nessas condições for exposta a algum veículo contendo microrganismos, ficará susceptível a absorvê-los e, portanto, sujeita a diversos tipos de infecções.

a) Como podemos preparar 1L de álcool etílico a 70% a partir do álcool etílico a 96% em volume, por diluição com água destilada?

b) É possível separar a água do álcool por destilação (feita com manta térmica, já que o álcool é extremamente inflamável)? Por quê?

### Resolução

a) No álcool etílico a 96% em volume temos:

96 mL de etanol ————— 100 mL de solução

70 mL de etanol ————— x

$$x = \frac{70 \cdot 100}{96} \Rightarrow x \approx 72,9 \text{ mL de solução}$$

Para preparar 100 mL de álcool 70% em volume, basta medir 72,9 mL de álcool 96% e completar o volume com água destilada até 100 mL.

Para preparar 1000 mL (1 L) de álcool 70% em volume, basta medir 729 mL de álcool 96% e completar o volume com água destilada até 1000 mL.

Esse procedimento é feito em laboratório com pipeta e balão volumétrico.

b) Não, porque água e álcool na concentração 96 °GL ou 96% em volume formam uma mistura azeotrópica, ou seja, de ponto de ebulição constante.

Para separar as duas substâncias nessa concentração utiliza-se um método químico.

Adiciona-se cal, CaO. A cal reage com a água formando um composto praticamente insolúvel, o hidróxido de cálcio, Ca(OH)<sub>2</sub>(ppt), que é separado do sistema por filtração. O líquido obtido na filtração é, a princípio, etanol puro.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**1** (Fuvest-SP) Em uma tabela de propriedades físicas de compostos orgânicos foram encontrados os dados a seguir para compostos de cadeia linear I, II, III e IV. Esses compostos são etanol, heptano, hexano e propan-1-ol, não necessariamente nessa ordem.

Composto	Ponto de ebulição (°C sob 1 atm)	Solubilidade em água
I	69,0	Insolúvel
II	78,5	*
III	97,4	*
IV	98,4	Insolúvel

\* Miscível com água em todas as proporções.

Os compostos I, II, III e IV são, respectivamente:

- a) etanol, heptano, hexano e propan-1-ol.
- b) heptano, etanol, propan-1-ol e hexano.
- c) propan-1-ol, etanol, heptano e hexano.
- d) hexano, etanol, propan-1-ol e heptano.
- e) hexano, propan-1-ol, etanol e heptano.

**2** (UFMG) O etanol (álcool etílico, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH) é um líquido menos denso do que a água. Ele é usado na limpeza doméstica porque dissolve gorduras, é solúvel em água e é mais volátil do que ela. O texto a seguir apresenta cada uma dessas propriedades relacionadas a uma explicação com base nos modelos de interações intermoleculares.

Assinale a alternativa que contém uma explicação inadequada para a propriedade relacionada.

a) **Propriedade do etanol:** dissolver gorduras.

**Explicação:** a molécula de etanol tem uma parte pouco polar.

b) **Propriedade do etanol:** ser mais volátil do que a água.

**Explicação:** as interações intermoleculares são mais fracas no etanol do que na água.

c) **Propriedade do etanol:** ser menos denso do que a água. **Explicação:** a massa molar do etanol é maior do que a da água.

d) **Propriedade do etanol:** ser solúvel em água.

**Explicação:** a molécula de etanol forma ligações de hidrogênio com a molécula de água.

# RETOMANDO A NOTÍCIA

*A reportagem da página 79 discute a morte prematura de um jovem por consumo excessivo de bebida alcoólica. Você sabe o que leva uma pessoa a se viciar em bebida alcoólica?*

O álcool é uma droga psicotrópica, porque provoca mudanças fisiológicas no organismo que se refletem nos sentimentos, nas atitudes e nos pensamentos (do grego *psico*, 'psiquismo', e *trópos*, 'transformação').

Para que uma substância – como o álcool – seja classificada como droga psicotrópica, ela deve apresentar três propriedades:

- **Desenvolver tolerância**

Tolerância é a necessidade de doses cada vez maiores para obter o mesmo efeito que inicialmente era sentido com doses menores.

- **Levar à dependência**

Dependência é a necessidade de ingerir uma nova dose da droga com frequência cada vez maior para obter bem-estar.

- **Provocar síndrome de abstinência**

Síndrome de abstinência é o desenvolvimento de sintomas físicos e psíquicos, bastante desagradáveis, que surgem sempre que o indivíduo deixa de ingerir a droga.

A síndrome de abstinência do álcool é um quadro que aparece pela redução ou parada brusca da ingestão de bebidas alcoólicas após um período de consumo crônico. A síndrome se inicia entre seis e oito horas após a abstinência e é caracterizada pelos seguintes sintomas:

- Abstinência leve: tremor das mãos, distúrbios gastrointestinais, distúrbios de sono e inquietação geral.
- Abstinência severa ou *delirium tremens*: tremores generalizados, agitação intensa e desorientação no tempo e no espaço. Em geral, ocorre com cerca de 5% daqueles que entraram em abstinência leve.

O conjunto dessas três propriedades leva ao vício, à falta de controle diante da substância, isto é, o "viciado" não consegue mais exercer sua vontade, pois seu organismo e pensamento ficam totalmente voltados para o uso da droga.

O álcool etílico "vicia", pois desenvolve tolerância, leva à dependência e causa síndrome de abstinência, logo é uma droga psicotrópica perigosa, apesar de ter o seu consumo incentivado pela sociedade.

A ingestão de álcool provoca vários efeitos, que podem ser divididos em psíquicos e fisiológicos.

Os **efeitos psíquicos** surgem em duas etapas distintas: uma estimulante e outra depressora.

Nos primeiros momentos após a ingestão da bebida, podem aparecer os efeitos estimulantes, como euforia, desinibição e facilidade para falar. Pouco tempo depois, começam a aparecer os efeitos depressores (o álcool é uma droga depressora da parte central do sistema nervoso central, SNC), como falta de coordenação motora, descontrole e sono. Se o consumo for exagerado, o efeito depressor fica exacerbado, podendo levar ao coma.

Os **efeitos fisiológicos** estão relacionados ao metabolismo do álcool e, portanto, à dose ingerida. Ao entrar no organismo humano, o álcool é absorvido pelo trato gastrointestinal, vai para a circulação sanguínea e segue para o fígado para ser metabolizado.

No fígado, o álcool etílico é transformado em etanal ou acetaldeído (uma substância bem mais tóxica do que o próprio álcool etílico), depois em ácido acético e, por fim, em água e gás carbônico.

Quando a quantidade de álcool ingerida é maior do que aquela que o organismo é capaz de metabolizar em determinado intervalo de tempo ocorre a "ressaca", que pode estar relacionada a uma das seguintes causas (ou às três ao mesmo tempo):

- **Intoxicação pelo etanal.** Dependendo da dose de álcool ingerida, o etanal pode permanecer no organismo por várias horas depois de cessado o consumo. O etanal (acetaldeído) é carcinogênico e, a longo prazo, provoca lesão no fígado.
- **Hipoglicemia** (queda brusca da glicose no sangue). O metabolismo do álcool utiliza algumas enzimas que também participam da produção de glicose (praticamente a única fonte de energia utilizada pelo cérebro), principalmente em períodos de jejum. Como essas enzimas estão sendo utilizadas no metabolismo do álcool, ocorre a queda no nível de glicose para o cérebro e outras regiões do organismo, provocando sintomas de fraqueza e mal-estar.



- **Desidratação.** Uma das ações do etanol no cérebro é inativar o hormônio antidiurético (ADH, *Antidiuretic Hormone*). Esse hormônio é o responsável pela reabsorção de toda água filtrada pelo rim. O ADH é um dos mecanismos de controle da quantidade de água corporal. Ao ser inibido, toda água que passa pelo rim é eliminada na urina. Esse efeito diurético leva à desidratação, que causa os sintomas de boca seca, sede, dor de cabeça, irritação e câibras.

Não existe remédio que cure "ressaca" nem que acelere o metabolismo do etanol. Os médicos indicam hidratação, glicose e repouso.

Os efeitos do álcool também variam de pessoa para pessoa, em virtude de vários fatores, como o costume de ingerir a bebida, a estrutura física e a origem (ocidental ou oriental). Pessoas acostumadas a beber, de estrutura física robusta ou de origem ocidental sentem menos os efeitos do álcool e, exatamente por isso, têm maior probabilidade de se tornarem alcoólicos, vítimas do alcoolismo.

E o que é ser alcoólico? O que é alcoolismo?

A definição mais clara e simples para alcoolismo é a do professor de psiquiatria Donald W. Goodwin, da Universidade do Kansas:

"Alcoólico é a pessoa que bebe, tem problemas crescentes pelo fato de beber, quer parar de beber, mas continua bebendo".

O alcoolismo é uma doença muito grave que não afeta apenas o doente, já que os comportamentos do alcoólico atingem todos os que convivem com ele.

Os alcoólicos podem desenvolver várias doenças e as mais frequentes são:

- doenças do fígado, como degeneração gordurosa hepática, hepatite alcoólica e cirrose;
- problemas do sistema digestório, como gastrite, síndrome da má absorção e pancreatite;
- polineurite alcoólica, caracterizada por dor, formigamento e câibras nos membros inferiores;
- problemas no sistema cardiovascular, como hipertensão, e problemas no coração.

O consumo de bebidas alcoólicas durante a gestação também pode prejudicar o feto; quanto maior o consumo, maior a chance de a criança nascer com problemas. Além disso, como o álcool po-

de passar para o bebê através do leite materno, a abstinência alcoólica deve ser mantida durante a amamentação.

Existem profissionais especializados em alcoolismo e grupos de apoio a alcoólicos que podem ser muito úteis no processo de recuperação. Devemos sempre ter em mente que o alcoólico é uma pessoa doente e que precisa de ajuda.

Além de estar associado à desagregação familiar, às perdas materiais e ao desequilíbrio emocional, o álcool é responsável por:

- 60% dos acidentes de trânsito no Brasil
- 70% dos laudos das mortes violentas.

O consumo excessivo do álcool gera altos custos para a sociedade e deve ser encarado como um sério problema de saúde pública. Estima-se que um em cada três leitos hospitalares no Brasil é ocupado em decorrência direta ou indireta do consumo abusivo de álcool.

Para saber mais sobre o alcoolismo, consulte: <<http://www.campinas.sp.gov.br/governo/cidadania-assistencia-e-inclusao-social/prevencao-as-drogas/>>. Acesso em: 7 dez. 2015.



Campanha de prevenção ao consumo e venda de bebidas alcoólicas a menores de 18 anos, desenvolvida pelo projeto "De bem com a vida", da polícia judiciária civil de Mato Grosso, 2013.



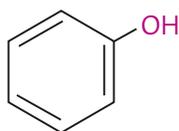
Modelo de bolas e varetas da molécula de benzenol (nome IUPAC), também conhecida por fenol ou hidroxibenzeno (nomes usuais).

## Fenóis

A palavra fenol deriva de feno, que significa 'benzeno' em alemão, e **ol** é indicação do grupo hidróxi ou hidroxila, —OH. O fenol mais simples é aquele em que um hidrogênio do benzeno foi substituído por um grupo —OH.

Fenol é todo composto orgânico que possui um grupo —OH (hidróxi) ligado a um carbono que pertence a um anel aromático.

Grupo funcional:



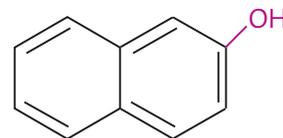
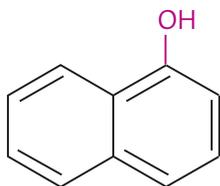
Como para qualquer aromático, a nomenclatura dos fenóis é considerada à parte das regras estudadas; no entanto, podemos considerar o seguinte esquema para os fenóis:

localização do grupo —OH + hidróxi + nome do aromático

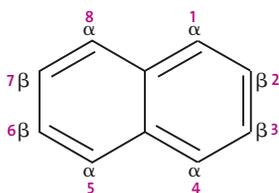
Observe os exemplos a seguir:

●  $\alpha$ -hidroxinaftaleno ou  $\alpha$ -naftol

●  $\beta$ -hidroxinaftaleno ou  $\beta$ -naftol



Lembre-se de que não há outras posições possíveis para a valência livre no naftaleno que não sejam as posições  $\alpha$  ou  $\beta$ . Por isso, só existem o  $\alpha$ -naftol e o  $\beta$ -naftol.



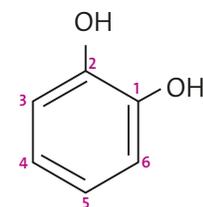
## Propriedades dos fenóis

Os fenóis apresentam propriedades descritas a seguir.

### Forças de interação molecular

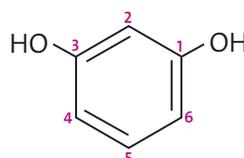
Todos os monofenóis (que apresentam apenas 1 grupo —OH ligado ao anel aromático) possuem moléculas polares com o vetor resultante no sentido do átomo de oxigênio (mais eletronegativo).

Alguns difenóis com 2 grupos —OH nas posições 1,4, como a hidroquinona, são considerados moléculas apolares. As moléculas dos fenóis estabelecem ligações de hidrogênio entre si.



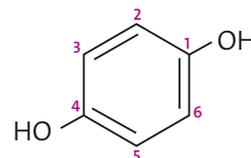
Catecol

1,2-di-hidroxibenzeno



Resorcinol

1,3-di-hidroxibenzeno



Hidroquinona

1,4-di-hidroxibenzeno

### Temperaturas de fusão e de ebulição

Os fenóis possuem temperaturas de fusão e de ebulição bem mais elevadas que as dos hidrocarbonetos de massa molecular próxima, em razão das ligações de hidrogênio.

O resorcinol e a hidroquinona são muito utilizados por médicos dermatologistas para tratar marcas da pele decorrentes de problemas de acne, de manchas de sol ou de envelhecimento precoce. A aplicação de uma dessas substâncias na pele, denominada *peeling* (feita em consultório médico, sob anestesia), provoca a descamação completa da pele existente e a formação de um novo tecido sem as marcas que havia anteriormente.

## Estados de agregação

Os monofenóis mais simples, como o hidroxibenzeno, são líquidos ou então sólidos de baixo ponto de fusão. Os demais fenóis são sólidos.

## Densidade

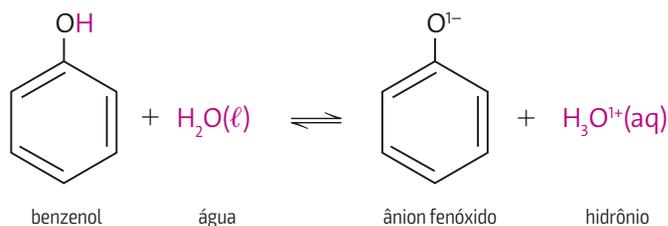
São mais densos que a água; o benzenol (hidroxibenzeno), por exemplo, possui densidade igual a 1,071 g/mL a 25 °C.

## Solubilidade

O benzenol é relativamente solúvel em água (9 g de benzenol por 100 g de H<sub>2</sub>O a 25 °C), em virtude da formação de ligações de hidrogênio entre as moléculas de benzenol e as moléculas de água. Os demais monofenóis são praticamente insolúveis.

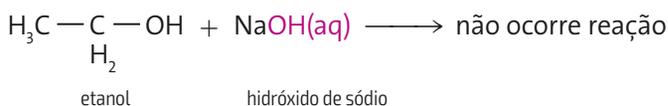
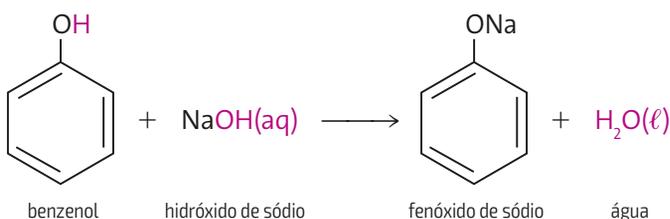
## Reatividade

Os fenóis são compostos facilmente oxidáveis e também possuem um fraco caráter ácido. O fenol comum também é chamado de ácido fênico e pode sofrer ionização na água, como mostra a equação a seguir:



O caráter ácido dos fenóis pode ser explicado pela ressonância do anel aromático. Os elétrons ressonantes dão certa estabilidade ao carbono do anel ligado ao grupo —OH durante a formação do ânion fenóxido. Essa característica dos fenóis é utilizada em laboratórios de análise química qualitativa para diferenciá-los dos álcoois. Os fenóis (por causa do caráter ácido) reagem com bases fortes, como hidróxido de sódio, NaOH, e hidróxido de potássio, KOH, formando sal orgânico e água. Já o caráter ácido dos álcoois é tão fraco que eles não reagem com bases.

Exemplos:



## Aplicações práticas

O benzenol ou fenol comum é utilizado na produção de desinfetantes e de medicamentos. O 2,4,6-trinitrofenol ou ácido pícrico, por exemplo, entra tanto na fabricação de pomadas para queimaduras (picrato de butambeno) como na fabricação de detonadores de explosivos. É usado também na fabricação de baquelite.

Os fenóis possuem um cheiro forte característico. São tóxicos e altamente irritantes.

O benzenol (conhecido apenas como fenol ou fenol comum) é utilizado diretamente ou como intermediário na fabricação de diversos produtos, como resinas, inseticidas, corantes, conservantes, desinfetantes, tintas germicidas, agentes de impregnação de madeiras, explosivos, tintas para impressão em tecidos, fibras têxteis, xampus, aditivos para óleos lubrificantes, ácido acetilsalicílico (um analgésico muito conhecido).



Jochen Tack/Alamy/Other Images

O benzenol ou fenol é utilizado para a fabricação de picrato de butambeno, princípio ativo de pomadas para queimaduras.

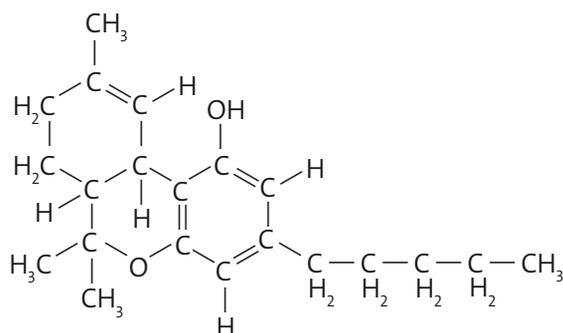




## Como a maconha age no organismo humano?

Maconha ou *marijuana* é o nome comum da planta *Cannabis sativa*, conhecida há pelo menos 5000 anos, cujas folhas e flores secas eram utilizadas tanto para fins medicinais como para "produzir o riso". Desde 1925 a maconha é taxada como droga ilícita.

O tetra-hidrocanabinol (THC) é o princípio ativo responsável pelos efeitos da maconha e sua quantidade na planta depende de fatores como solo, clima, estação do ano, etc., logo os efeitos podem variar bastante de uma planta para outra.



6,6,9-trimetil-3-pentil-6H-dibenzo[b,d]piran-1-ol  
ou THC (nome oficial IUPAC)

Embora o THC seja o princípio ativo mais potente da maconha, ele não é o único. A maconha contém várias outras substâncias (canabinoides) capazes de causar mudanças fisiológicas em seres humanos.

O THC é uma droga alucinógena, ela não diminui nem aumenta a atividade cerebral, mas a modifica. O THC inibe a percepção de tempo e espaço, causa delírios e alucinações. Interfere na capacidade de aprendizagem e de memorização.

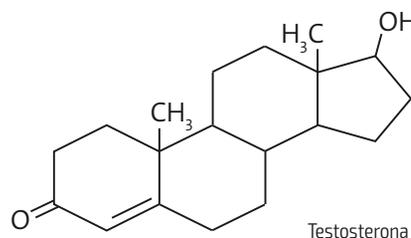
A maconha deixa os olhos vermelhos e a boca seca, aumenta os batimentos cardíacos, afeta temporariamente a visão e prejudica o sistema imunológico. Pode causar acessos de paranoia ou ataques de pânico. O uso contínuo pode causar tolerância e dependência psicológica.

O DL<sub>50</sub> (dose letal 50%, ou seja, dose capaz de matar 50% dos indivíduos de uma amostra) para o THC é igual a 730 mg/kg via oral e 42 mg/kg se

inalado (esses dados são obtidos com animais e extrapolados para seres humanos).

A maconha também provoca a **síndrome amotivacional**. O usuário não tem vontade de fazer mais nada, tudo perde o valor e fica sem graça, sem importância.

Há provas de que o THC diminui em até 60% a quantidade de testosterona, hormônio sexual masculino fabricado pelo organismo.



Testosterona

O haxixe e o *skank* são como uma maconha potencializada, ou seja, com uma quantidade de THC bem maior que a maconha comum.

O *skank*, por exemplo, é uma variedade da planta obtida por cruzamento e seleção natural, que apresenta uma quantidade de THC de 20% a 30% maior que a maconha comum. Portanto, com efeitos mais intensos e avassaladores.

E o mito de que a maconha é a porta de entrada para outras drogas é verdadeiro?

Segundo o Centro Brasileiro de Informações sobre Drogas Psicótropas (Cebrid), esse mito não é necessariamente verdadeiro. O que ocorre geralmente é que o álcool e o cigarro atuam como porta de entrada para a maconha, que, entre as drogas ilícitas, é a mais barata e mais disponível. Tendo experimentado essas três drogas, a pessoa pode ser levada a querer experimentar outras.

Em relação ao THC, responda:

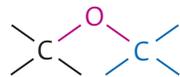
1. Quais os grupos funcionais que você identifica na fórmula?
2. Trata-se de um composto aromático ou alifático?
3. O THC é um composto saturado ou insaturado?
4. Como você classifica a cadeia carbônica desse composto?

# Éteres

Os éteres são compostos de cadeia heterogênea.

Éter é todo composto que possui o oxigênio entre dois carbonos, como heteroátomo.

Grupo funcional:



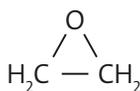
O nome IUPAC de um éter segue o esquema:

nome da cadeia mais simples + nome da cadeia mais complexa  
prefixo + **oxi** prefixo + infixo + o

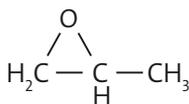
Observe os exemplos a seguir:

- metoxietano  $\text{H}_3\text{C}-\text{O}-\underset{\text{H}_2}{\text{C}}-\text{CH}_3$
- etoxipropano  $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{H}_2}{\text{C}}-\underset{\text{H}_2}{\text{C}}-\text{O}-\underset{\text{H}_2}{\text{C}}-\text{CH}_3$
- etoxietano  $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{H}_2}{\text{C}}-\text{O}-\underset{\text{H}_2}{\text{C}}-\text{CH}_3$

**Observação:** compostos cíclicos que apresentam a estrutura a seguir são denominados epóxidos.



Epoxietano ou óxido de etileno



1,2-epoxipropano ou óxido de propileno

## Propriedades dos éteres

As propriedades dos éteres estão descritas a seguir.

### Forças de interação molecular

As moléculas dos éteres são levemente polares por causa de sua geometria angular, como mostra o esquema ao lado.

Embora os éteres não estabeleçam ligações de hidrogênio entre si, podem fazê-lo com moléculas de outros compostos, como a água ou o etanol.

### Temperaturas de fusão e de ebulição

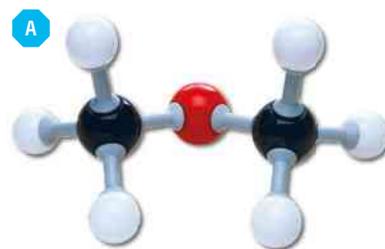
Comparando compostos de massa molar próxima, observamos que as temperaturas de fusão e de ebulição dos éteres se aproximam das temperaturas dos alcanos e são bem mais baixas que as dos álcoois e dos fenóis (já que as moléculas desses compostos estabelecem ligações de hidrogênio entre si).

### Estados de agregação

Os éteres mais simples, como o metoximetano e o metoxietano, são gases. Os demais são líquidos, normalmente voláteis.

### Densidade

Em geral são compostos menos densos que a água.

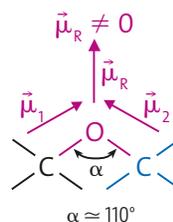


Modelo de bolas e varetas (A) e modelo Stuart (B) da molécula do metoximetano,  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ , o éter mais simples.

Além da nomenclatura IUPAC dos éteres, há também outro sistema de nomenclatura denominado radicofuncional, segundo o qual tudo o que estiver ligado ao grupo  $-\text{O}-$  é considerado um substituinte, e os dois substituintes são indicados em ordem de complexidade com a terminação **-ico**, precedidos pela palavra éter.

Exemplos:

- metoxietano: éter metílico e etílico.
- etoxipropano: éter etílico e propílico.
- etoxietano: éter dietílico.



## Solubilidade

Os éteres de menor massa molar apresentam uma discreta solubilidade em água, provavelmente porque suas moléculas podem estabelecer ligações de hidrogênio com as moléculas de água.

## Propriedades organolépticas

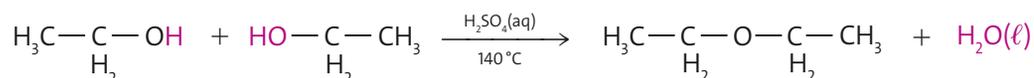
A maioria dos éteres possui cheiro agradável, toxidez moderada e é altamente inflamável.

## Reatividade

Os éteres, como os alcanos, são compostos pouco reativos.

## Aplicações práticas

São muito utilizados como solventes inertes em reações orgânicas e na extração de essências, óleos e gorduras de fontes naturais. O éter mais importante é o etoxietano. Esse composto é conhecido por uma série de outros nomes: éter comum, éter dietílico, **éter etílico** ou éter sulfúrico, pois sua obtenção industrial envolve o ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ :



## Curiosidade



### Anestésicos

Embora há muito tempo já se usasse o álcool etílico e outros produtos para combater a dor durante a cirurgia, a utilização de substâncias anestésicas começou de fato em 1799, quando Sir Humphry Davy (1778-1829) sugeriu o uso de óxido nitroso ou gás hilariante,  $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$ .

O problema com o óxido nitroso é que sua ação anestésica é branda e o gás pode causar asfixia antes que o paciente fique anestesiado.

O éter etílico, descoberto em 1540 pelo botânico alemão Valerius Cordus (1515-1544), tinha ação anestésica mais potente e começou a ser usado para esse fim em 1842, nos Estados Unidos.

Até essa época a cirurgia estava limitada a operações essenciais, como amputação de membros. A anestesia permitiu uma série de operações, tais como cirurgias invasivas de remoção de órgãos, que nunca poderiam ser feitas em doentes conscientes.

O éter etílico, porém, é volátil e muito inflamável e pode explodir quando exposto ao calor (os limites de inflamabilidade no ar situam-se entre 1,85% e 48%). Além disso, o éter etílico reage com o oxigênio do ar formando um peróxido orgânico que pode atuar detonando a explosão:  $2R-O-R' + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2R-O-O-R'$ ,

onde  $R$  e  $R'$  são dois substituintes orgânicos iguais ou diferentes.

Assim, em 1847, o obstetra Sir James Young Simpson (1811-1870), de Edimburgo, introduziu o clorofórmio,  $\text{CHCl}_3$ , como substituto para o éter etílico, e usou-o em obstetrícia e em cirurgia geral.

O clorofórmio, por sua vez, pode causar necrose hepática (por ação direta) e necrose renal (após ser metabolizado pelo organismo). Além disso, pode causar em algumas pessoas a síncope do clorofórmio, ou seja, parada cardíaca súbita, logo no começo da administração do anestésico.

O desenvolvimento de novos anestésicos gerais ocorreu de modo experimental, por tentativa e erro, baseado na experiência médica.

Os anestésicos mais importantes desenvolvidos foram os compostos da classe do halotano,  $\text{C}_2\text{HF}_3\text{BrCl}$ , utilizados por via inalatória, a descoberta da anestesia por via intravenosa com o tiopental, um barbitúrico, e os anestésicos intravenosos não barbitúricos, como o etomidato e o propofol.

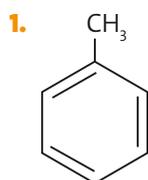
A evolução dos conhecimentos do mecanismo exato de ação dos anestésicos gerais, contudo, continua até hoje sem grandes avanços.



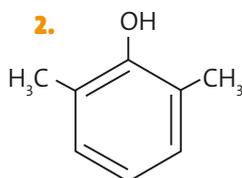
## Drogas inalantes

Os inalantes – substâncias que podem ser introduzidas no organismo por meio da aspiração pelo nariz ou pela boca – normalmente são solventes voláteis encontrados em diversos produtos comerciais. Esses produtos contêm, em geral, uma mistura de solventes.

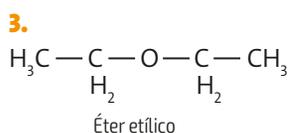
As substâncias mais comuns utilizadas como solventes são:



Tolueno ou metilbenzeno



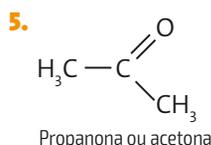
Xileno ou 2,6-dimetilfenol



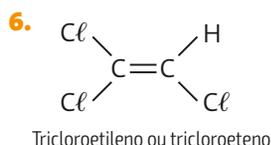
Éter etílico



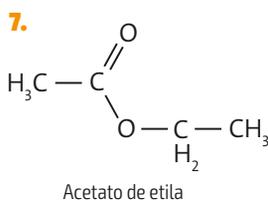
Hexano



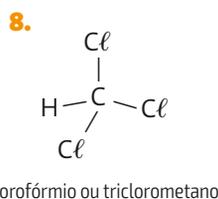
Propanona ou acetona



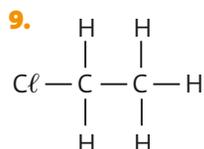
Tricloroetileno ou tricloroeteno



Acetato de etila



Clorofórmio ou triclorometano



Cloreto de etila ou cloro etano

Um inalante clandestino muito conhecido no Brasil e preparado unicamente para ser utilizado como droga é o cheirinho da loló.

Trata-se de uma mistura feita, em princípio, à base de clorofórmio e éter etílico. Sabe-se, porém, que, na falta de uma dessas substâncias, os "fabricantes" misturam qualquer outra coisa que estiver disponível, o que torna bastante difícil tratar os casos de intoxicação aguda.

Os efeitos da droga, após a inalação, são sentidos em poucos segundos (ou minutos) e desaparecem em no máximo 40 minutos; assim o usuário repete a inalação várias vezes, para que as sensações perdurem, o que pode gerar tolerância.

A inalação de solventes no início traz sensação de euforia, tonturas e perturbações auditivas e visuais (alucinações). Mas logo em seguida essas sensações evoluem para depressão, confusão mental, palidez, alucinações e convulsões, podendo levar ao coma.

Os efeitos dos solventes no organismo são muito parecidos aos provocados pelo álcool etílico. A única diferença é que o álcool não causa alucinações.

Se uma pessoa inala um solvente e logo em seguida passa por uma situação de medo ou esforço físico, seu coração pode entrar em colapso, pois vai bater de forma exageradamente intensa. A literatura médica descreve vários casos de morte de adolescentes por síncope cardíaca ocorridos dessa maneira.

A inalação crônica de solventes pode levar à destruição de neurônios (células cerebrais), causando lesões irreversíveis no cérebro. Pessoas que inalam solventes são apáticas, têm dificuldade de concentração e *deficit* de memória.

Os sintomas da síndrome de abstinência são ansiedade, agitação, tremores, câibras e insônia.

Em relação aos solventes utilizados como drogas, responda:

1. Quais os grupos funcionais que você identifica em cada substância?
2. Classifique essas substâncias em saturadas ou insaturadas.
3. Como você classifica a cadeia carbônica desses compostos?

## Exercício resolvido

**2** O halotano ou 2-bromo-2-cloro-1,1,1-trifluoretano,  $C_2HF_3ClBr$ , é um anestésico bem tolerado, de ação vasodilatadora (pode ser utilizado por asmáticos) e elevada ação hipnótica. Começa a agir em 1 a 4 minutos depois de ter sido inalado e seu efeito dura até 16 minutos. Apresenta potencial teratogênico e, por isso, não é indicado para mulheres grávidas, mas é amplamente usado em pacientes pediátricos em países como a África e a Índia por ter baixo custo. Utilizando seus conhecimentos de Química geral, indique um provável motivo para o uso desse anestésico ter sido abandonado na Europa e nos Estados Unidos.

### Resolução

O halotano faz parte da classe dos CFCs (clorofluorocarboneto), compostos que tiveram seu uso abandonado por terem sido relacionados à destruição da camada de ozônio. Segundo essa teoria, os átomos de bromo possuem um poder catalítico na reação de decomposição do ozônio cerca de 40 vezes maior que o do cloro, assim, mesmo que a quantidade de bromo na atmosfera seja menor, os efeitos negativos dos dois halogênios se equiparam. Provavelmente, essa foi uma das razões que justificam o abandono do uso desse anestésico em países mais favorecidos.

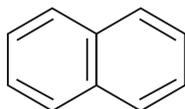
## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

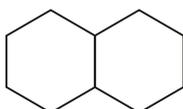
**3** (Unicamp-SP) O tetra-hidrocanabinol (THC) vem sendo utilizado, mediante controle legal, como coadjuvante para o tratamento de náuseas, enjoos e ânsia de vômito de pacientes que se submetem a tratamento quimioterápico; para interromper ou reverter a perda de peso de portadores de Aids e para combater o aumento da pressão ocular (glaucoma). Essa substância é encontrada na planta *Cannabis sativa*, conhecida popularmente como maconha. O *skank*, um tipo de maconha cultivada em laboratório, pode apresentar até 17,5% em massa de THC, enquanto a planta comum contém 2,5%.

- De acordo com o texto, o THC é um agente que combate o vírus da Aids? Responda sim ou não e justifique.
- Para aviar uma receita, um farmacêutico decidiu preparar uma mistura de vegetais, composta por 1/3 de *skank*, 30 g de maconha e 1/5 de matéria vegetal sem THC, em massa. Qual é a massa total da mistura? Mostre os cálculos.
- Qual é a porcentagem em massa de THC na mistura sólida preparada pelo farmacêutico? Mostre os cálculos.

**4** (UFMG) Considere as estruturas moleculares do naftaleno e da decalina, representadas pelas fórmulas a seguir:



Naftaleno



Decalina

Substituindo, em ambas as moléculas, um átomo de hidrogênio por um grupo hidroxila ( $-OH$ ), obtêm-se dois compostos que pertencem, respectivamente, às funções:

- álcool e fenol.
- fenol e fenol.
- fenol e álcool.
- álcool e álcool.

**5** (UFRGS-RS) O ortocresol, presente na creolina, resulta da substituição de um átomo de hidrogênio do hidroxibenzeno por um radical metila. A fórmula molecular do ortocresol é:

- $C_7H_8O$ .
- $C_7H_9O$ .
- $C_6H_7O$ .
- $C_6H_8O$ .
- $C_6H_9O$ .

**6** Explique qual a principal diferença entre álcoois e fenóis que torna possível distinguir duas substâncias dessas classes em um laboratório de química.

**7** Forneça o nome oficial e o nome usual dos éteres relacionados abaixo.

- $H_3C - O - CH_3$
- $H_3C - \underset{H_2}{C} - \underset{H_2}{C} - O - CH_3$
- $H_3C - \underset{H_2}{C} - \underset{H_2}{C} - O - \underset{H_2}{C} - CH_3$
- $H_3C - \underset{H_2}{C} - \underset{H_2}{C} - \underset{H_2}{C} - O - \underset{H_2}{C} - \underset{H_2}{C} - CH_3$

**8** (Uerj) Para que a “cola de sapateiro” não seja utilizada como droga e também devido à presença de uma substância cancerígena, o tolueno (metilbenzeno), uma das propostas sugeridas foi a adição de pequena quantidade de formol (ou solução aquosa a 40% de metanal), que, em virtude de seu cheiro forte e irritante, desestimularia a inalação do produto. As substâncias orgânicas citadas, o tolueno e o metanal, apresentam, respectivamente, as seguintes fórmulas moleculares:

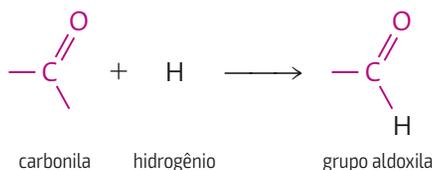
- $C_7H_{10}$  e  $CH_3O$ .
- $C_7H_{10}$  e  $CH_2O$ .
- $C_7H_8$  e  $CH_3O$ .
- $C_7H_8$  e  $CH_2O$ .

## Aldeídos

Os aldeídos fazem parte de um conjunto de grupos funcionais classificados como carbonílicos, ou seja, que apresentam a carbonila em sua constituição.

Aldeído é todo composto orgânico que possui o grupo carbonila ligado a um hidrogênio.

Grupo funcional:



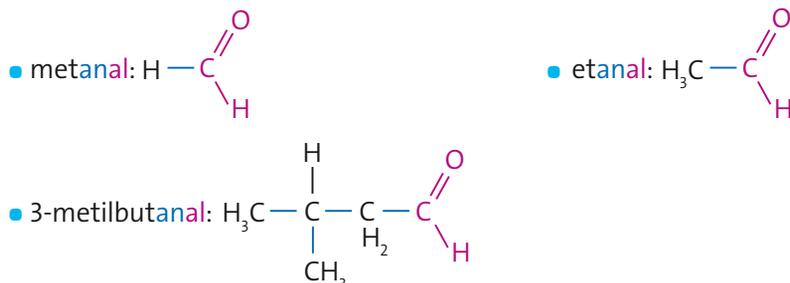
A união do grupo carbonila com o hidrogênio forma o grupo aldoxila ou metanoíla, que é o grupo funcional dos aldeídos.

O nome oficial (IUPAC) de um aldeído segue o esquema:

prefixo + infixo + al

Como o carbono do grupo aldoxila já possui 3 ligações preenchidas, faltando apenas uma ligação para completar 4, esse grupo estará sempre na(s) extremidade(s) da cadeia, não sendo necessário numerá-la para indicar sua localização.

Observe os exemplos a seguir.



## Propriedades dos aldeídos

### Forças de interação molecular

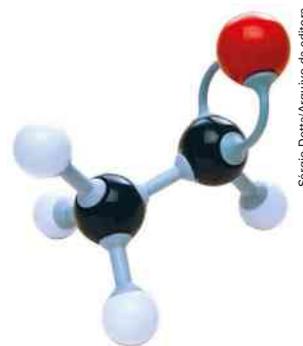
Em virtude da presença do grupo carbonila, suas moléculas são polares, mas não fazem ligações de hidrogênio entre si, ou seja, são unidas por forças de dipolo permanente.

### Temperaturas de fusão e de ebulição

As temperaturas de fusão e de ebulição dos aldeídos são mais altas que as dos compostos apolares e que as dos éteres e são mais baixas que as dos álcoois e que as dos ácidos carboxílicos, comparando-se compostos com a massa molar correspondente.

### Estados de agregação

Os aldeídos com 1 e 2 carbonos na molécula são gases; os demais são líquidos; a exceção se faz apenas para os que possuem valor de massa molecular elevado, que são sólidos.



Sérgio Dotta/Arquivo da editora

Modelo de bolas e varetas da molécula de etanal, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O.



Simon Hawkes/Alamy/Other Images

A vanilina foi isolada pela primeira vez a partir de vagens de baunilha, uma especiaria típica do estado do Pará. A indústria obtém o composto 3-metóxi-4-hidroxibenzenocarbaldeído (essência de vanilina ou baunilha idêntica à natural) da oxidação do eugenol (4-alil-2-metoxifenol) extraído do cravo-da-índia.

## Densidade

Os aldeídos mais simples são menos densos que a água.

## Solubilidade

Os aldeídos mais simples são solúveis em meio aquoso, já que podem estabelecer ligações de hidrogênio com as moléculas de água. Com o aumento da cadeia carbônica, porém, a solubilidade desses compostos diminui progressivamente, até que, por causa do tamanho da cadeia, se tornam insolúveis nesse meio. Os aldeídos são solúveis na maioria dos solventes orgânicos comuns: álcool, éter, benzeno.

## Reatividade

Os aldeídos são compostos bastante reativos, sendo os aldeídos alifáticos mais reativos que os aldeídos aromáticos. Isso ocorre porque, quando a carbonila está ligada ao núcleo aromático, os elétrons da ligação dupla do grupo carbonila entram em ressonância com os elétrons do núcleo aromático, diminuindo a reatividade do composto (ou aumentando sua estabilidade).

## Aplicações práticas

Dos aldeídos, os que apresentam maior diversidade de uso são o metanal (aldeído fórmico ou formaldeído) e o etanal (aldeído acético).

O metanal é um gás incolor, de cheiro característico e irritante.

Em água, a cerca de 40%, o metanal forma uma solução conhecida por formol, usada como desinfetante e na conservação de cadáveres (como mostra a foto ao lado) ou peças anatômicas.

O etanal é usado na síntese de diversos compostos orgânicos, na obtenção de resinas, inseticidas (DDT) e também como redutor de íons prata na fabricação de espelhos comuns.

O uso em cosméticos é autorizado apenas como conservante (limite máximo igual a 0,2%) e como agente endurecedor de unhas (limite máximo permitido igual a 5%).

O uso de formol para alisar os cabelos (método denominado escova progressiva) foi proibido pela Agência de Vigilância Sanitária (Anvisa) em 2009 após causar a morte de uma mulher em Goiás. Como as unhas e os cabelos têm a mesma constituição, moléculas de  $\alpha$ -queratina, surgiu a ideia de utilizar o produto nos cabelos para fixá-los numa determinada conformação. Porém, para atuar como alisante, é necessário utilizar solução de formol a 37% (uma concentração pelo menos sete vezes maior que a permitida para “endurecer” as unhas).

O problema é que o formol é considerado cancerígeno pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Quando absorvido pelo organismo por inalação e, principalmente, pela exposição prolongada, apresenta o risco de desenvolvimento de câncer de boca, de narinas, de pulmão e de cérebro, entre outros. É um risco desproporcional a qualquer ganho financeiro ou estético que o produto possa oferecer.

Com o aumento da cadeia carbônica, os aldeídos passam a ter cheiros e aromas agradáveis e suas moléculas maiores são constituintes de diversas essências utilizadas como aromatizantes de produtos alimentícios e em perfumes, como a essência de amêndoas amargas (benzenocarbaldeído) e a de vanilina ou baunilha (3-metóxi-4-hidroxibenzenocarbaldeído).



Polvo conservado em formol.



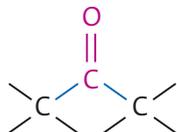
A utilização do formol como alisante de cabelos foi proibida pela Agência de Vigilância Sanitária (Anvisa). Foto de 2009.

# Cetonas

As cetonas também são compostos carbonílicos.

Cetona é todo composto orgânico que possui o grupo carbonila entre dois carbonos.

Grupo funcional:

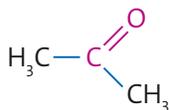


O nome IUPAC de uma cetona segue o esquema:

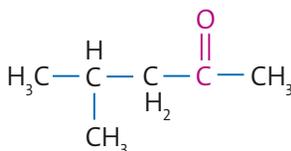
prefixo + infixo + ona

Observe os exemplos a seguir.

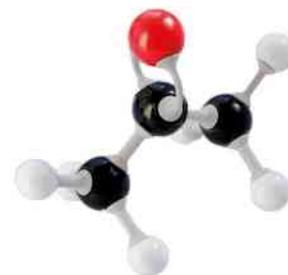
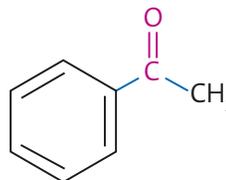
● propanona



● 4-metilpentan-2-ona



● 1-feniletanona



Modelo de bolas e varetas da molécula de propanona,  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ . Observe que, por definição, essa é a cetona mais simples.

## Propriedades das cetonas

A seguir estão descritas as propriedades das cetonas.

### Forças de interação molecular

As moléculas de cetona não fazem ligações de hidrogênio entre si, porém são mais polares que as moléculas de aldeído.

### Temperaturas de fusão e de ebulição

Possuem temperaturas de fusão e de ebulição mais baixas que as dos álcoois e mais elevadas que as dos aldeídos de massa molecular próxima.

### Estados de agregação

A propanona e a butanona são líquidas em condições ambientes. Com o aumento progressivo da massa molecular, tornam-se sólidas.

### Densidade

As cetonas mais simples são menos densas que a água.

### Solubilidade

Suas moléculas podem estabelecer ligações de hidrogênio com moléculas de água e de álcoois, o que explica a sua solubilidade nesses solventes. Também são solúveis em éter e benzeno.

### Reatividade

São compostos bastante reativos; as alifáticas são mais reativas que as aromáticas em virtude da ressonância que se estabelece entre os elétrons do grupo carbonila e os elétrons do núcleo aromático.

### Aplicações práticas

A cetona mais importante é a propanona, conhecida no comércio como acetona. Trata-se de um líquido incolor, de cheiro agradável (quando puro), inflamável, usado principalmente como solvente de esmaltes, tintas, vernizes e na extração de óleos de sementes vegetais.

Além da nomenclatura oficial (IUPAC) das cetonas, há também outro sistema denominado radicofuncional para esses compostos. Segundo esse sistema, tudo o que estiver ligado ao grupo carbonila deve ser considerado um substituinte e os dois substituintes são indicados em ordem de complexidade com a terminação **ica**, precedidos pela palavra cetona. Veja os exemplos a seguir:

- propanona: cetona dimetílica.
- 4-metilpentan-2-ona: cetona metílica e isobutílica.
- 1-feniletanona: cetona metílica e fenílica (acetofenona).

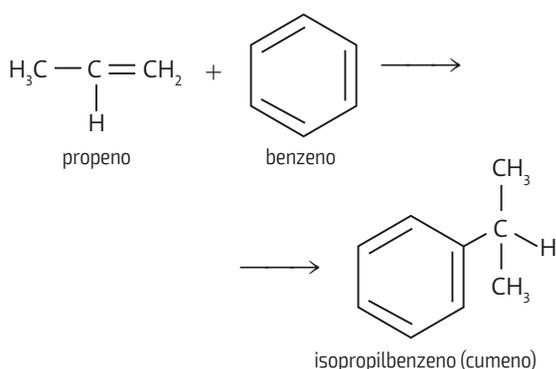
O carbono ligado ao oxigênio no aldeído possui  $\delta^{1+}$  e na cetona,  $\delta^{2+}$ . Como o dipolo formado na cetona é mais intenso, a molécula é mais polar (comparando compostos isômeros).

# De onde vem... para onde vai?

## Benzenol e propanona

Um dos principais processos industriais para obter o benzenol e a propanona, duas matérias-primas fundamentais para a indústria química, tem origem no propeno e no benzeno.

O primeiro passo é promover a reação entre essas duas substâncias para obter o isopropilbenzeno (cumeno), na presença de ácido fosfórico sólido,  $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{s})$ , que atua como catalisador.

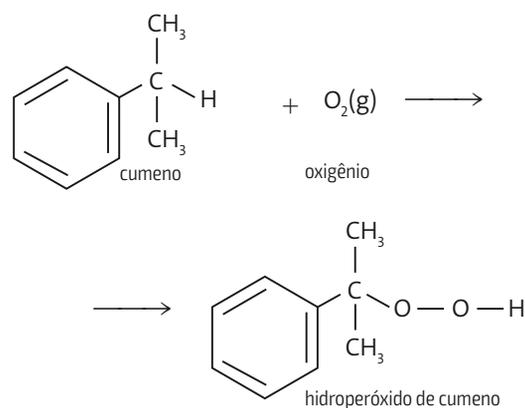


Como a reação é exotérmica, para eliminar o calor gerado, o catalisador é arrumado em camadas separadas, entre as quais circula um líquido de resfriamento (propano e água).

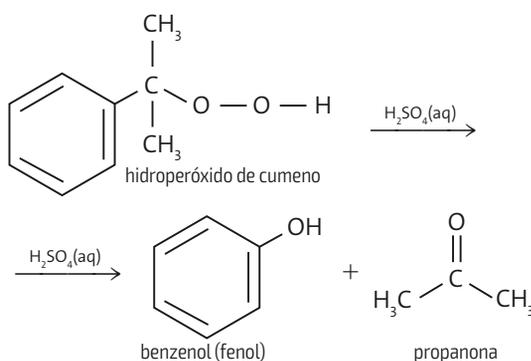
A reação geralmente é conduzida a  $50\text{ }^\circ\text{C}$  e 20 atm, utilizando-se um ligeiro excesso de benzeno em relação ao propeno.

O produto obtido, o cumeno, é então enviado a uma coluna de contato, para reação de oxidação com oxigênio do ar.

Nesse ponto é preciso evitar a decomposição do hidroperóxido de cumeno, uma substância muito instável que se comporta como explosivo em meio ácido, o que é feito pela adição de uma solução de carbonato de sódio,  $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ , para tornar o meio alcalino (pH entre 8,5 e 10).



O hidroperóxido de cumeno é então enviado ao recipiente de decomposição, onde, pela adição de  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ , se transforma em fenol e acetona:



Acabamos de ver que o hidroperóxido de cumeno pode explodir em meio ácido; portanto a adição de ácido sulfúrico é feita sob condições muito controladas para que isso não ocorra.

Completada a reação, os produtos são submetidos a um processo de destilação fracionada para separar o benzenol (temperatura de ebulição =  $182\text{ }^\circ\text{C}$ ) da propanona (temperatura de ebulição =  $56\text{ }^\circ\text{C}$ ) e de outros subprodutos do processo (dados a 1 atm).

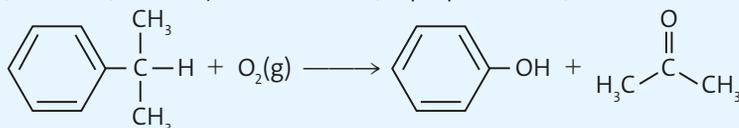
## Trabalho em equipe

Pesquisem, em grupos de 4 ou 5 alunos, quais as principais vantagens e desvantagens da instalação de um polo petroquímico para o desenvolvimento de uma cidade. Quais atitudes devem ser tomadas para que as vantagens superem as desvantagens?

Todos vão pesquisar a resposta e depois os alunos poderão debater em conjunto as conclusões de cada grupo.

## Exercício resolvido

**3** (Fuvest-SP) A oxidação do cumeno (isopropilbenzeno) é método industrial de produção de fenol e acetona.



- a) Calcule a quantidade de cumeno (em mol) que deve ser oxidada para se obter 100 mL de acetona.  
b) Indique uma aplicação do fenol.  
Dados da acetona: 58 g/mol e  $d = 0,80$  g/mL.

### Resolução

- a) Acetona: densidade = 0,80 g/mL  
0,80 g de acetona ——— 1 mL  
 $x$  ——— 100 mL  
 $x = 80$  g de acetona

Logo:

- 1 mol de cumeno ——— 58 g de acetona (1 mol)  
 $y$  ——— 80 g de acetona (100 mL)  
 $y \approx 1,38$  mol de cumeno

- b) É utilizado na fabricação de ácido pícrico (2,4,6-trinitrofenol), princípio ativo de pomadas para queimaduras e de detonadores de explosivos.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**9** O etanal ou aldeído acético é um líquido incolor, de odor característico, volátil, tóxico e inflamável. É empregado como solvente e na fabricação de álcool etílico, ácido acético e cloral (tricloroetanal).

Em relação ao etanal são feitas as seguintes afirmações:

- Os aldeídos alifáticos como o etanal são mais reativos que os aldeídos aromáticos.
- Os aldeídos mais simples como o etanal são solúveis em meio aquoso, pois estabelecem ligações de hidrogênio com as moléculas de água.
- Por causa da presença do grupo carbonila, as moléculas de aldeído fazem ligações de hidrogênio entre si.
- Os pontos de fusão e de ebulição dos aldeídos são mais altos que os dos hidrocarbonetos e mais baixos que os dos álcoois de massa molecular próxima.
- Os aldeídos são amplamente usados como solvente, pois são pouco reativos.

São corretas:

- a) todas. b) I e IV. c) I, III e IV. **x** d) I, II e IV. e) II, III e V.

**10** (UFMT) Analise as seguintes informações referentes ao composto 3,7-dimetil-2,6-octadienal.

- Apresenta dois carbonos terciários na sua estrutura.
  - Apresenta fórmula molecular  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$ .
  - Apresenta cadeia homocíclica e insaturada.
  - Apresenta três carbonos secundários na sua estrutura.
- Estão corretas apenas as afirmações:

- a) I e III. b) II e IV. **x** c) I e II. d) II e III. e) III e IV.

**11** Atualmente é comum o uso de cremes e loções que contêm substâncias como a di-hidroxiacetona (DHA), que proporcionam à pele uma tonalidade bronzeada sem que haja necessidade de exposição ao sol. A di-hidroxiacetona,  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ , é um “açúcar” simples, também denominado cetotriose. Uma loção com DHA à venda no mercado traz as seguintes informações no rótulo:

“Este produto proporciona o bronzeamento porque possui em sua fórmula um ingrediente denominado di-hidroxiacetona, que reage com as proteínas da pele, provocando seu escurecimento. Essa reação ocorre na camada superficial da pele (o bronzeamento natural, obtido apenas pelo efeito do Sol, ocorre na base da epiderme, tendo seus efeitos visíveis na superfície).”  
Forneça a fórmula estrutural da di-hidroxiacetona.

**12** A benzofenona ou difenilcetona é uma cetona aromática que possui um leve odor de rosas. É um composto bastante utilizado na fabricação de perfumes (como aromatizante e fixador).

É parcialmente solúvel em álcool e éter, solúvel em clorofórmio e insolúvel em água.

Sobre a benzofenona, indique:

- sua fórmula estrutural;
- por que essa substância não é solúvel em água se, teoricamente, suas moléculas podem fazer ligações de hidrogênio com as moléculas de água.

## Ácidos carboxílicos

No ácido carboxílico, o grupo carbonila está ligado a um grupo hidroxila, —OH.

Ácido carboxílico é todo composto orgânico que possui o grupo carbonila ligado a um grupo hidroxila, —OH.

Grupo funcional:



Essa união entre o grupo carbonila e o grupo hidroxila forma o **grupo carboxila**, que é o grupo funcional dos ácidos carboxílicos.

O nome oficial (IUPAC) de um ácido carboxílico segue o esquema:

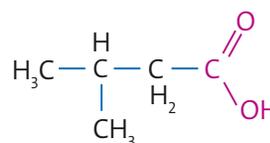
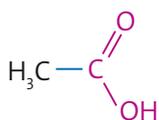
(ácido) + prefixo + **infixo** + **oico**

O sufixo **oico** é uma indicação do grupo funcional ácido carboxílico, mas é usual mencionar a palavra ácido antes do nome do composto.

Como o carbono do grupo carboxila já possui 3 ligações preenchidas, faltando apenas uma ligação para completar 4, esse grupo se encontrará sempre na(s) extremidade(s) da cadeia carbônica, não sendo, desse modo, necessário numerá-la para indicar sua localização. Observe os exemplos a seguir:

• (ácido) etanoico

• (ácido) 3-metilbutanoico



## Propriedades dos ácidos carboxílicos

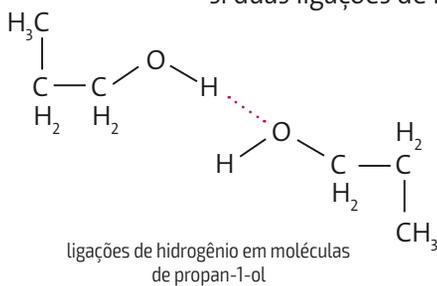
Veja a seguir as propriedades dos ácidos carboxílicos.

### Forças de interação molecular

Por apresentarem o grupo carboxila, esses compostos são muito polares e podem fazer o dobro de ligações de hidrogênio do que as moléculas de álcoois.

Considere, por exemplo, os seguintes compostos de massa molar idêntica e igual a 60 g/mol: o álcool propan-1-ol (temperatura de fusão igual a  $-126^\circ\text{C}$ ) e o ácido etanoico (temperatura de fusão igual a  $16,6^\circ\text{C}$ ).

Duas moléculas de propan-1-ol estabelecem entre si apenas uma ligação de hidrogênio (sem contar as ligações de hidrogênio que cada uma estabelece com outras moléculas). Porém, duas moléculas de ácido etanoico estabelecem entre si duas ligações de hidrogênio, conforme mostrado a seguir:



Por isso, apesar de essas substâncias terem a mesma massa molar, a temperatura de ebulição do ácido etanoico é bem maior que a do propan-1-ol.

## Temperaturas de fusão e de ebulição

Podemos generalizar que os ácidos carboxílicos apresentam temperatura de fusão e de ebulição mais altas que as dos álcoois de valor de massa molar próximos.

## Estados de agregação

Considerando-se apenas os monoácidos saturados, aqueles que possuem até 9 carbonos na cadeia são líquidos; os com 10 ou mais carbonos são em geral sólidos brancos semelhantes a cera.

Por causa do aspecto ceroso, os ácidos carboxílicos de cadeia longa são chamados de ácidos graxos.

## Densidade

Os ácidos metanoico e etanoico são mais densos que a água.

## Solubilidade

Os ácidos carboxílicos alifáticos que possuem de 1 a 4 carbonos na molécula são solúveis em água. O ácido que possui 5 carbonos é apenas parcialmente solúvel. Os demais são praticamente insolúveis.

São também solúveis em éter dietílico, álcool etílico e benzeno.

## Reatividade

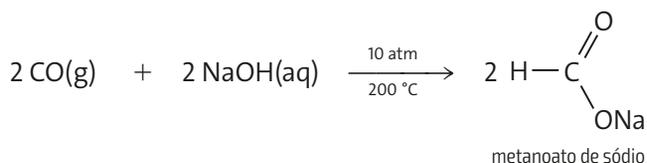
Os ácidos carboxílicos são compostos bastante reativos, principalmente os mais simples.

## Aplicações práticas

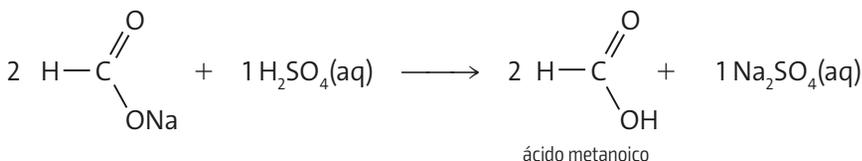
Os compostos que apresentam maior diversidade de uso são os ácidos metanoico e etanoico.

O ácido metanoico ou fórmico é um líquido incolor, cáustico, de cheiro forte e irritante que inicialmente era obtido por meio da destilação de formigas vermelhas (desse fato originou o nome “fórmico”).

Atualmente o ácido metanoico é obtido pela reação entre monóxido de carbono e soda cáustica, que primeiramente forma o metanoato de sódio:



O metanoato de sódio reage então com o ácido sulfúrico produzindo o ácido metanoico:



O ácido metanoico é usado no tingimento de tecidos, como mordente (para fixar as cores do corante no tecido), e como desinfetante em medicina.

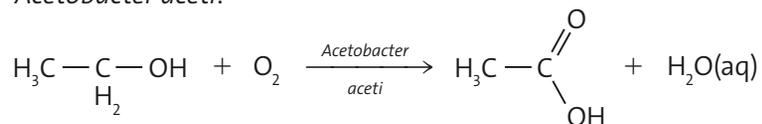
O ácido etanoico ou acético, quando concentrado, é um líquido incolor, muito tóxico, de cheiro penetrante e sabor azedo (do latim *acetum*). A 16,6 °C forma cristais com aspecto de gelo, por isso também é chamado de ácido acético glacial.



Andrey Pavlov / Shutterstock/Glow Images

A dor intensa da picada da formiga vermelha é causada pelo ácido metanoico que ela injeta.

O ácido etanoico é obtido pela oxidação do etanol na presença da bactéria *Acetobacter aceti*:



É usado na preparação de perfumes, corantes, seda artificial, acetona e como vinagre em soluções a 4% em volume de ácido acético.

Os ácidos com até 3 carbonos possuem cheiro forte e irritante, os que possuem de 4 a 6 carbonos têm cheiro extremamente desagradável; os demais são praticamente inodoros, por serem pouco voláteis.

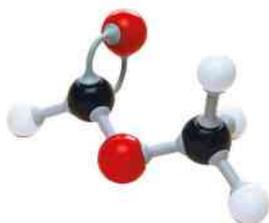
## Ésteres

São obtidos a partir da reação (de esterificação) entre ácidos carboxílicos e álcoois.

Éster é todo composto formado pela substituição da hidroxila,  $-\text{OH}$ , do grupo carboxila de um ácido orgânico por um grupo

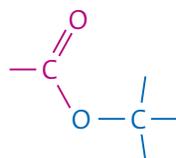
alcoxila,  $-\text{O}-\underset{\text{I}}{\overset{\text{J}}{\text{C}}}-$ , proveniente de um álcool.

Sérgio Dattai/Arquivo da editora



Modelo de bolas e varetas da molécula de metanoato de metila,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ .

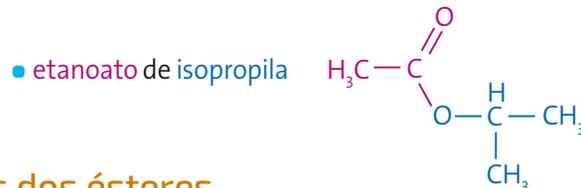
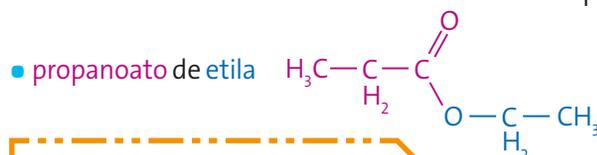
Grupo funcional:



O nome IUPAC de um éster segue o esquema:

prefixo + infixo + oato + de + nome do substituinte com terminação **ila**

Observe os exemplos:



Como os ésteres são derivados de ácido carboxílico, é costume utilizar o nome usual do ácido para se referir ao éster.

Observe alguns exemplos:

- O metanoato de metila é derivado do ácido metanoico, cujo nome usual é ácido **fórmico**, portanto, o nome usual desse éster é **formiato** de metila.
- O propanoato de etila é derivado do ácido propanoico, cujo nome usual é ácido **propiónico**. O nome usual desse éster é **propionato** de etila.
- O etanoato de isopropila é derivado do ácido etanoico, cujo nome usual é ácido **acético**. O nome usual desse éster é **acetato** de isopropila.

## Propriedades dos ésteres

Veja a seguir as propriedades dos ésteres.

### Forças de interação molecular

Por causa da presença de dois átomos de oxigênio e do ângulo entre as ligações dos átomos no grupo funcional, as moléculas dos ésteres apresentam certa polaridade, mais acentuada em ésteres com cadeia carbônica pequena, como o metanoato de metila, no qual predominam forças de dipolo permanente.

Conforme a massa molar dos ésteres aumenta, a polaridade vai tornando-se menor e passam a prevalecer as propriedades semelhantes às de compostos apolares.

### Temperaturas de fusão e de ebulição

Como as moléculas dos ésteres não fazem ligações de hidrogênio entre si, suas temperaturas de fusão e de ebulição são mais baixas que as dos álcoois e as dos ácidos carboxílicos de massa molecular próxima.

## Estados de agregação

Os ésteres com massa molar baixa são líquidos; conforme a massa molar aumenta, passam de líquidos oleosos e viscosos a sólidos.

## Densidade

Os ésteres mais simples são menos densos que a água; os demais são ligeiramente mais densos.

## Solubilidade

Os ésteres de massa molecular baixa são parcialmente solúveis em água. Os demais são insolúveis.

## Reatividade

São pouco reativos, mas, conforme as condições, os ésteres sofrem hidrólise (reagem com a água) com certa facilidade.

## Aplicações práticas

Os ésteres são usados como essência de frutas e aromatizantes na indústria alimentícia, farmacêutica, cosmética e de perfumes. Constituem também os óleos e as gorduras vegetais e animais, e diversos tipos de cera.

Atualmente uma das aplicações mais importantes dos ésteres tem sido como combustível; o *biodiesel* é, na realidade, uma mistura de ésteres de ácidos graxos (ácidos carboxílicos de cadeia longa).

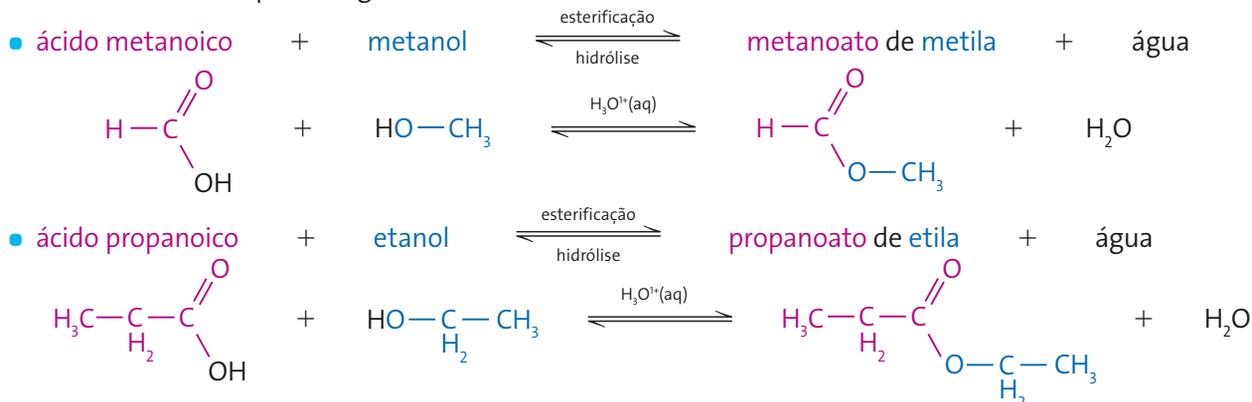
## Reações de esterificação

Os ácidos carboxílicos reagem com álcoois produzindo éster e água. Essa reação é denominada esterificação. A reação inversa da esterificação, ou seja, aquela que ocorre quando um éster reage com água formando ácido carboxílico e álcool, é denominada hidrólise de éster. A esterificação e a hidrólise, quando ocorrem em um sistema fechado, entram em equilíbrio químico dinâmico, ou seja, ocorrem o tempo todo ininterruptamente, tendendo para um produto ou para outro, conforme as condições do meio.

Para deslocar o equilíbrio no sentido da esterificação, adiciona-se um dos reagentes em excesso ou remove-se um dos produtos à medida que ele for sendo formado. O ácido sulfúrico atua como catalisador da reação, ou seja, faz com que o equilíbrio seja atingido mais rapidamente.

Na reação de esterificação, o grupo —OH é eliminado do ácido carboxílico, e o hidrogênio é eliminado do álcool. Esse mecanismo foi comprovado experimentalmente com o uso de álcool sintetizado com o isótopo 18 do oxigênio (radioativo). Após a reação, o oxigênio 18 proveniente do álcool foi encontrado no éster, e não na água.

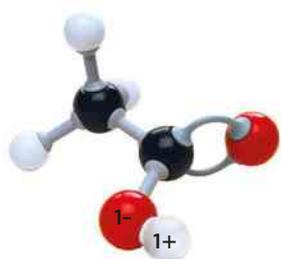
Observe os exemplos a seguir:



Etanoato de isobutila: éster com aroma de morango.



Etanoato de octila: éster com aroma de laranja.



Modelo de bolas e varetas da substância etanoato de sódio (o sódio apresenta-se na forma do cátion,  $\text{Na}^{1+}$ ). Note que a ligação entre o sódio e o oxigênio é iônica; as demais ligações são covalentes.

## Sais de ácido carboxílico

Os sais de ácidos carboxílicos são obtidos pela reação de neutralização entre ácidos carboxílicos e bases inorgânicas.

Sal de ácido carboxílico é todo composto obtido pela reação entre um ácido carboxílico e uma base inorgânica. O hidrogênio ionizável do ácido reage com o ânion hidróxido, formando água, e o ânion orgânico une-se ao cátion da base para formar o sal.

Grupo funcional:



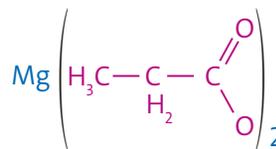
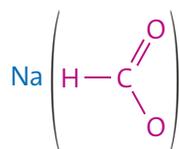
O nome IUPAC de um sal de ácido carboxílico segue o esquema:

prefixo + infixo + oato + de + (nome do cátion)

Observe os exemplos a seguir:

● metanoato de sódio

● propanoato de magnésio



Como os sais de ácidos carboxílicos são derivados de ácido, é costume utilizar o nome usual do ácido para se referir ao sal.

Observe os exemplos a seguir:

- O metanoato de sódio é derivado do ácido metanoico ou ácido fórmico. Assim, o nome usual desse sal é formiato de sódio.
- O propanoato de magnésio é derivado do ácido propanoico ou ácido propiônico. O nome usual desse sal é propionato de magnésio.

### Propriedades dos sais de ácido carboxílico

As propriedades dos sais de ácido carboxílico estão descritas a seguir.

#### Forças de interação molecular

São compostos iônicos. Possuem uma extremidade altamente polar, formada pela atração eletrostática entre cátions e ânions, e outra praticamente apolar, referente à cadeia carbônica.

#### Temperaturas de fusão e de ebulição

Possuem temperaturas de fusão e de ebulição muito elevadas. Em geral a temperatura necessária para a fusão de um sal orgânico é tão alta que, antes de ser atingida, as ligações carbono-carbono se rompem e a molécula se decompõe.

#### Estados de agregação

São sólidos cristalinos e não voláteis.

## Densidade

Em geral são mais densos que a água.

## Solubilidade

Os sais de ácidos carboxílicos de metais alcalinos e de amônio são solúveis em água; os de metais pesados (Fe, Ag, Cu) são praticamente insolúveis.

## Reatividade

Reagem da mesma maneira que os sais inorgânicos, e os sais que possuem cadeia insaturada estão sujeitos às reações características da ligação dupla.

## Aplicações práticas

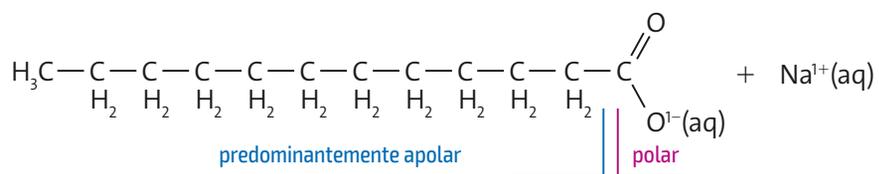
Os sais mais usados são os derivados do ácido etanoico (acetatos).

Os sais de metais alcalinos obtidos a partir de ácidos carboxílicos de cadeia longa (ácidos graxos) são denominados sabões.

A ação do sabão está relacionada ao fato de a molécula possuir uma extremidade acentuadamente polar (ligação iônica), solúvel em água, e uma extremidade predominantemente apolar, solúvel em gordura.

Os sabões são classificados como **tensioativos aniônicos** porque a parte ativa da molécula – que atua como sabão, diminuindo a tensão superficial da água – é um ânion.

Exemplo: dodecanoato de sódio

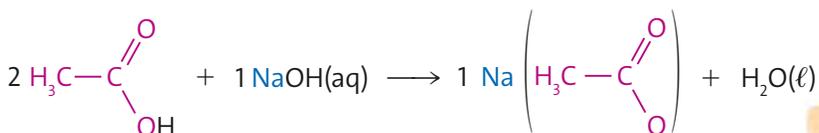


O dodecanoato de sódio ou laurato de sódio é o principal constituinte do sabão de coco em barra.

E como são obtidos os sais de ácido carboxílico? Por meio de **reações de salificação**: todo ácido carboxílico na presença de uma base de Arrhenius reage produzindo sal de ácido carboxílico e água.

Acompanhe, por exemplo, a seguinte reação:

ácido etanoico + hidróxido de sódio → etanoato de sódio + água



Você aceita trocar o detergente sintético pelo sabão em barra artesanal?



Malyshov Maksim / Shutterstock

Um dos jeitos mais simples de se reciclar óleo de cozinha usado – extremamente prejudicial ao meio ambiente, pois cada litro de óleo de cozinha jogado no ralo da pia ou no vaso sanitário é capaz de contaminar um milhão de litros de água potável – é utilizá-lo na fabricação de sabão caseiro. Mas para que isso ocorra em larga escala precisamos todos estar dispostos a trocar o detergente (sintético, obtido do petróleo) pelo sabão em barra artesanal.

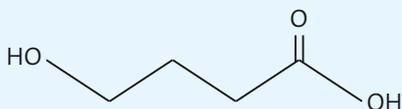
Os sais de ácido carboxílico apresentam sabor característico ligeiramente adstringente. Mas atenção: nunca prove nenhuma substância no laboratório.

## Exercício resolvido

**4** (Unirio-RJ) “A Comissão de Segurança de Produtos para o Consumidor Americano determinou nesta quinta-feira o *recall* de 4,2 milhões de brinquedos [...] fabricados na China. Estes conteriam uma substância perigosa, chamada GHB (ácido gama-hidroxi-butírico), conhecida como ‘ecstasy líquido’, colocada em bebidas de vítimas do golpe ‘Boa noite, Cinderela.’”

*Jornal do Brasil*, 2007.

A partir da molécula de ácido gama-hidroxi-butírico representada a seguir, calcule a sua composição percentual.



### Resolução

Fórmula molecular:  $C_4H_8O_3$

Massa molar = 104 g/mol

104 g de carbono \_\_\_\_\_ 100%

48 g de carbono \_\_\_\_\_ x

$x \approx 46,15\%$  de carbono

104 g de hidrogênio \_\_\_\_\_ 100%

8 g de hidrogênio \_\_\_\_\_ y

$y \approx 7,70\%$  de hidrogênio

104 g de oxigênio \_\_\_\_\_ 100%

48 g de oxigênio \_\_\_\_\_ z

$z \approx 46,15\%$  de oxigênio

Fórmula percentual:  $C_{46,15\%}H_{7,70\%}O_{46,15\%}$

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**13** (Uerj) Os cães conhecem seus donos pelo cheiro. Isso se deve ao fato de os seres humanos apresentarem, junto à pele, glândulas que produzem e liberam ácidos carboxílicos. A mistura desses ácidos varia de pessoa para pessoa, o que permite a animais de faro bem desenvolvido conseguir discriminá-la. Com o objetivo de testar tal discriminação, um pesquisador elaborou uma mistura de substâncias semelhantes à produzida pelo dono de um cão. Para isso, ele usou substâncias genericamente representadas por:

- a) RCHO.    c)  $RCH_2OH$ .  
 b) RCOOH.    d)  $RCOOCH_3$ .

**14** (Vunesp-SP) “**Substância proibida no Brasil matou animais no zoológico de São Paulo**”

Essa notícia, estampada nos jornais brasileiros no início de 2004, se refere à morte dos animais intoxicados pelo monofluoracetato de sódio, um derivado do ácido monofluoracético (ou ácido monofluoretanoico), que age no organismo dos mamíferos pela inibição da enzima aconitase, bloqueando o ciclo de Krebs e levando-os à morte.

- a) Escreva a fórmula estrutural do ácido monofluoretanoico e identifique, indicando com setas e fornecendo seus nomes, duas funções orgânicas presentes nesse composto.  
 b) Quanto maior a eletronegatividade do grupo ligado ao carbono 2 dos derivados do ácido acético, maior a constante de dissociação do ácido (efeito indutivo). Considerando os ácidos monocloroacético, monofluoracético e o próprio ácido acético, coloque-os em ordem crescente de acidez.

**15** As nuances de muitos sabores e fragrâncias naturais ocorrem graças a misturas complexas. Assim, por exemplo, mais de cem substâncias contribuem para o sabor dos morangos frescos. Os aromatizantes artificiais de baixo preço, tais como os usados em caramelos e balas, consistem, geralmente, de um só composto ou de misturas muito simples. Observe os exemplos a seguir:

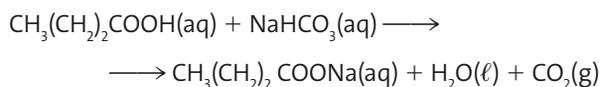
- a) etanoato de propila: pera.  
 b) benzoato de metila: kiwi.  
 c) propanoato de isobutila: rum.  
 d) etanoato de isopentila: banana.

Forneça a fórmula estrutural dos ésteres acima.

**16** Indique o ácido e o álcool de cuja reação se obtêm os seguintes ésteres:

- a) propanoato de metila.    b) metanoato de etila.

**17** (Uespi) Os odores da transpiração são devidos a alguns ácidos carboxílicos presentes no suor. Na tentativa de diminuir o odor, as indústrias de cosméticos têm colocado no mercado talco e desodorantes contendo bicarbonato de sódio. A função dele é reagir com os ácidos carboxílicos (a mistura desses ácidos varia de pessoa para pessoa), produzindo o sal correspondente, esquentado pela reação a seguir:



O nome oficial do sal formado na reação é:

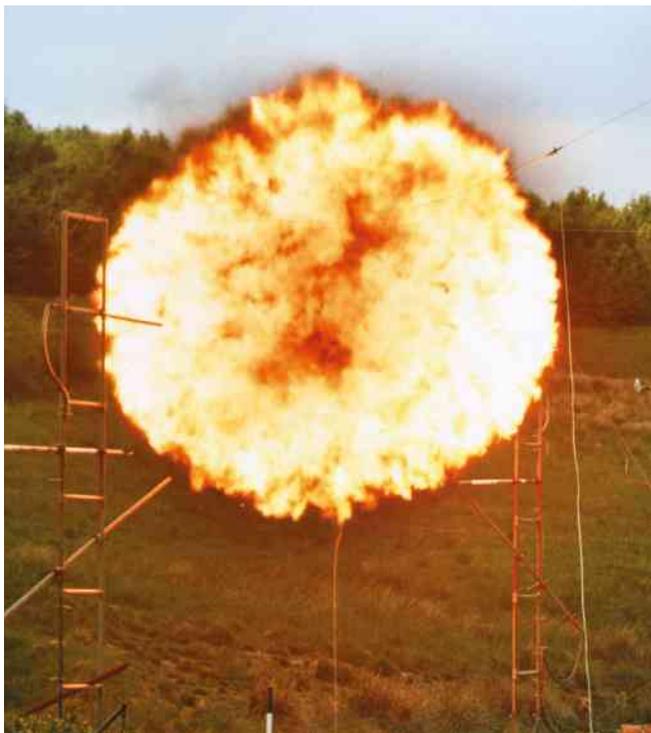
- a) dióxido de carbono.    d) propanoato de sódio.  
 b) etanoato de sódio.    e) butanoico de sódio.  
 c) butanoato de sódio.

## 2) Funções nitrogenadas

As funções nitrogenadas são aquelas constituídas de carbono, hidrogênio e nitrogênio e, muitas vezes, de oxigênio também. Por meio de diferentes arranjos entre os átomos desses elementos, formam-se, entre outros, os grupos funcionais das aminas, das amidas e dos nitrocompostos, que dão origem a produtos importantes como corantes, fertilizantes, medicamentos, cosméticos e explosivos.

Vamos conhecê-los agora?

Crown Copyright/Health & Safety Laboratory/SPL/Latinstock



Bola de fogo em explosão experimental do nitrometano.

Dimitar Sotirov/Shutterstock/Glow Images



Muitos medicamentos são compostos nitrogenados.

Frederic Soltano/Sygma/Corbis/Latinstock

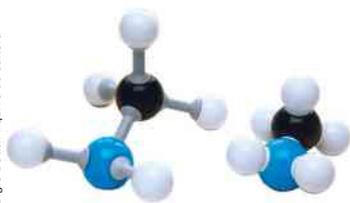


O primeiro corante sintético utilizado com sucesso no tingimento de tecidos foi obtido a partir da metilfenilamina.

Ona Ydur/Shutterstock/Glow Images



Utilizar cremes à base de ureia (uma diamida) durante a gestação ajuda a prevenir o aparecimento de estrias.



Modelo de bolas e varetas e modelo de Stuart da molécula de metilamina.

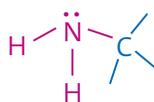
As metilaminas e as etilaminas têm cheiro semelhante ao da amônia; as demais, em geral, cheiram a peixe.

## Aminas

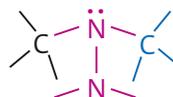
As aminas são compostos nitrogenados que podem ser obtidos a partir da amônia,  $\text{NH}_3(\text{g})$ .

Amina é todo composto orgânico derivado da amônia,  $\text{NH}_3$ , pela troca de um, dois ou três hidrogênios por substituintes orgânicos (cadeias carbônicas).

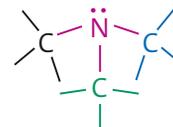
Grupo funcional:



Amina primária  
1 hidrogênio substituído



Amina secundária  
2 hidrogênios substituídos

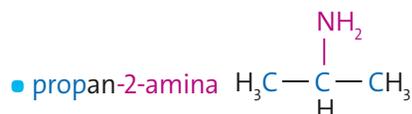
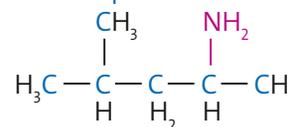
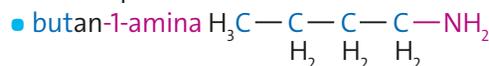


Amina terciária  
3 hidrogênios substituídos

O nome IUPAC para as aminas primárias segue o esquema:

prefixo + infixo + (localização do grupo  $\text{—NH}_2$ ) amina

Exemplos:

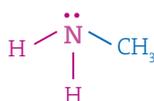


A nomenclatura usual das aminas segue o esquema:

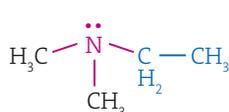
nome do(s)  
substituinte(s)  
com terminação  
**il** + amina

Substituintes iguais são indicados só uma vez, precedidos pelos prefixos di ou tri. Observe os exemplos:

• metilamina



• etil-dimetilamina

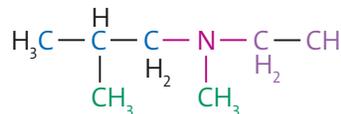
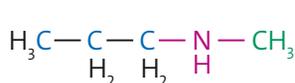


No caso de aminas secundárias ou terciárias, a cadeia mais longa é considerada a principal e o nome segue as regras acima. As demais cadeias são consideradas **substituintes** e o nome segue o esquema:

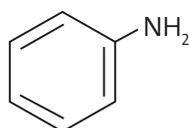
prefixo + **il**, precedido da letra N

A letra N indica que o substituinte está ligado ao nitrogênio. Os substituintes localizados na cadeia carbônica são indicados por números.

Exemplos:



A amina aromática mais simples é a benzenamina, cujo nome usual é fenilamina ou anilina.



Benzenamina

As aminas aromáticas são muito tóxicas e sua absorção prolongada através da pele pode ter consequências letais. Essas aminas quase sempre são incolores quando puras, mas podem facilmente ser oxidadas pelo ar, dando origem a compostos coloridos (em geral amarelos).

## Caráter básico das aminas

O químico Gilbert Newton Lewis (1875-1946) estabeleceu, em 1923, a teoria eletrônica de ácido e base que abrange e amplia os conceitos de Arrhenius (Volume 1) e de Brønsted e Lowry (Volume 2).

Segundo Lewis:

**Ácido** é toda espécie química (íon ou molécula) capaz de receber um par de elétrons.

**Base** é toda espécie química (íon ou molécula) capaz de oferecer um par de elétrons.

Considere, por exemplo, a reação entre amônia,  $\text{NH}_3$ , e trifluoreto de boro,  $\text{BF}_3$ .

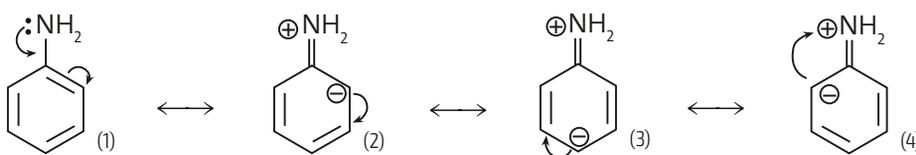


Como o átomo de nitrogênio nas moléculas das aminas pode oferecer um par de elétrons (ou receber um próton,  $\text{H}^+$ , segundo o conceito de base de Brønsted e Lowry), as **aminas têm caráter básico**.

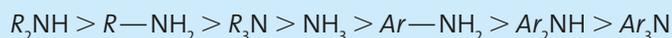
O caráter básico das aminas é acentuadamente mais forte que o dos álcoois, éteres e ésteres, porque o nitrogênio é menos eletronegativo que o oxigênio e, portanto, capaz de compartilhar o par de elétrons disponível com maior facilidade.

### Grau de caráter básico das aminas

As aminas alifáticas são mais básicas que as aromáticas, porque, nas aromáticas, o par de elétrons livres do nitrogênio tende a entrar em ressonância com os elétrons do anel, o que diminui sua disponibilidade.



A ordem decrescente de basicidade das aminas alifáticas é a seguinte:



As aminas, em geral, apresentam cheiro de peixe característico e caráter básico. Esse cheiro de peixe pode ser removido utilizando-se uma substância de caráter ácido, como o vinagre, para neutralizar a base.

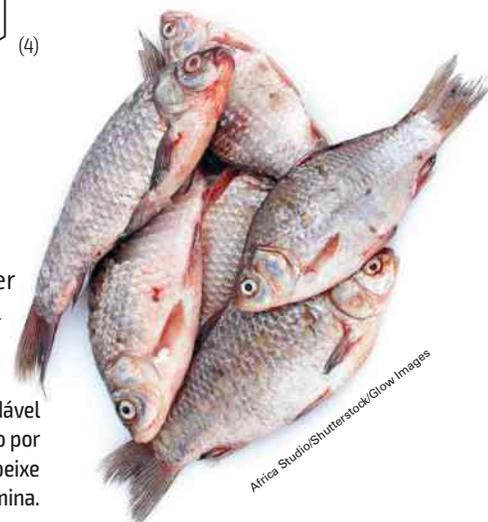
Em geral, as aminas têm cheiro de peixe. O odor desagradável exalado por um peixe que não está mais fresco é causado por compostos da classe das diaminas. Já o odor repugnante de peixe em decomposição é característico da trimetilamina.

Lembre-se de que o oxigênio apresenta seis elétrons na camada de valência, faz duas ligações covalentes comuns para adquirir estabilidade e permanece com dois pares de elétrons livres.



Assim, moléculas que possuem átomos de oxigênio podem (mas não obrigatoriamente) agir como bases de Lewis.

R representa um substituinte orgânico alifático e Ar, um substituinte orgânico aromático.



Africa Studio/Shutterstock/Glow Images



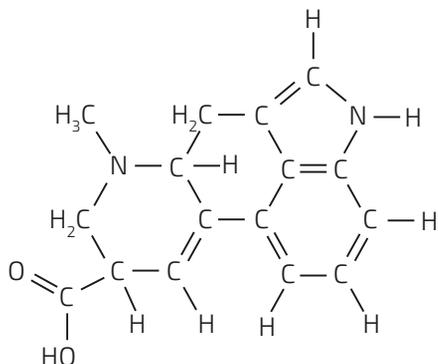
## Drogas sintéticas

### LSD-25

A dietilamina do ácido d-lisérgico (LSD-25) é a mais potente droga sintética alucinógena.

É uma droga despersonalizante, causa descontrole, alucinações repentinas e alterações na afetividade. Sentimentos de euforia alternam-se com episódios de depressão, ilusões assustadoras e sensação de pânico. Produz distorções na percepção do ambiente e sinestias (estímulos olfativos e táteis parecem visíveis e as cores podem ser "ouvidas").

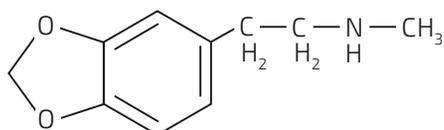
Não causa síndrome de abstinência, mas sim o *flashback*: semanas ou meses após ingerir a droga o usuário pode, de repente, apresentar todos os sintomas psíquicos da ingestão do LSD-25.



LSD-25 ou dietilamina do ácido d-lisérgico

### Ecstasy

O *ecstasy* é uma droga alucinógena que modifica a função cerebral, causando um estado de perturbação, confusão mental e delírio.



Ecstasy ou metilendioximetanfetamina

Seu nome químico é metilendioximetanfetamina (MDMA). É uma droga sintética fabricada em laboratórios clandestinos a partir de uma

substância denominada safrol, extraída do sassafrás, planta utilizada no Brasil como aromatizante em aguardentes.

As principais alterações psíquicas causadas pela droga são euforia, alterações na percepção do tempo, diminuição do medo, alucinações visuais, psicoses e ataques de pânico.

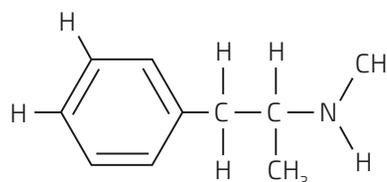
As principais alterações físicas são o aumento da frequência cardíaca (o *ecstasy* também é estimulante), elevação da temperatura corporal (hipertermia), boca seca, náuseas e sudorese.

O uso contínuo do *ecstasy* diminui a serotonina no organismo (hormônio que regula o desejo sexual, o humor e o sono), provocando a médio prazo efeitos totalmente opostos aos procurados por quem toma a droga.

A síndrome de abstinência causa irritabilidade, tremores e depressão intensa e incontrolável.

### Ice ou metanfetamina

O *ice* é um estimulante do sistema nervoso central (SNC); seu princípio ativo é a metanfetamina, geralmente disponível na forma de um sal, o cloridrato de metanfetamina. Esse sal forma cristais transparentes (*ice*, 'gelo' em português) e pode ser usado de várias formas, sendo a mais comum o fumo.



Metanfetamina

O *ice* causa **dependência** rapidamente e "**fissura**" (desejo incontrolável de repetir e aumentar a dose para potencializar os efeitos) também.

O uso compulsivo leva a um comportamento psicótico semelhante ao apresentado na esquizofrenia, caracterizado pela execução de atividades repetitivas e sem significado, normalmente acompanhadas de ranger de dentes e movimentos involuntários convulsivos, principalmente dos membros superiores, além de movimentos faciais

assimétricos, demonstrações de confusão mental e delírios.

O usuário de *ice* costuma usar a droga por horas seguidas ou mesmo dias. Quando interrompe o uso, apresenta extremo cansaço, depressão, sonolência, desorganização de ideias e fissura, que o levam a uma perda progressiva do convívio social. O uso crônico também pode desencadear um comportamento violento, que expõe o usuário a situações de risco.

Entre os efeitos colaterais do uso da metanfetamina estão o aparecimento de feridas nos lábios e no rosto. O uso da metanfetamina predispõe o organismo à ação de uma bactéria conhecida pela sigla MRSA (*Staphylococcus aureus* resistente à meticilina). Meticilina é o antibiótico que trata o tipo comum de *Staphylococcus*. A MRSA é resistente à maioria de antibióticos. Quando essas infecções se desenvolvem, o usuário da metanfetamina, principalmente por estar em um estado anestésico, coça o local compulsivamente, alastra a infecção, piora o problema e muitas vezes adquire cicatrizes irreversíveis.

Eye of Science/SPL/Latinstock



*Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA), uma das superbactérias mais disseminadas no mundo. Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura com aumento de 12 000 vezes.

Outra característica da droga é provocar a perda dos dentes. O *ice* reduz a produção de saliva, o que permite que as bactérias se reproduzam até dez vezes mais rápido do que o normal, o que fragiliza muito o sistema bucal. Nesse estado, o ranger de dentes compulsivo do usuário facilmente leva à quebra e à perda de dentes.

Como a metanfetamina é um anorexígeno (inibidor do apetite), também causa emagrecimento acentuado.

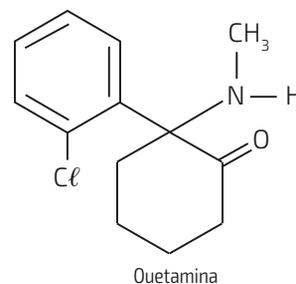
O Departamento de Investigações sobre Narcóticos (Denarc) constatou que 22% das dro-

gas sintéticas vendidas como *ecstasy* no Brasil são, na verdade, metanfetaminas.

### Quetamina, *ketamina* ou *special K*

A *ketamina* foi produzida em 1965 para ser utilizada como anestésico veterinário, com algumas indicações para humanos.

Foi usada no Vietnã para diminuir a dor dos feridos, mas logo foi abandonada, por produzir pesadelos muito intensos e marcantes, que causavam traumas psicológicos em várias pessoas.



Ainda é usada em veterinária, como anestésico para cavalos, leões e cachorros de grande porte.

Seu uso como droga ilícita começou na década de 1970, a partir de desvios de estoques farmacêuticos e de clínicas veterinárias.

Seus efeitos duram cerca de uma hora e incluem distorção da consciência, entorpecimento, alucinações seguidas de pânico incontrollável, sensação de sufocamento, amnésia ou delírio e dificuldade em controlar os movimentos. A insensibilidade à dor e a sensação delirante de poder escalar prédios, voar sobre abismos, enfrentar policiais armados podem tornar os usuários violentos e favorecer tendências suicidas.

Fisicamente pode causar vômitos, náusea, diarreia, hipotermia, deterioração da função motora, coma e parada respiratória.

Seu uso cria tolerância e pode desenvolver dependência psicológica. Um grama da substância pode ser fatal. Os chamados *flashbacks* — em que o usuário apresenta, de repente, todos os sintomas psíquicos da droga — podem ocorrer até um ano após sua utilização.

Em relação a essas substâncias, responda:

1. Que grupos funcionais você identifica em cada uma?
2. Como você classifica a cadeia carbônica desses compostos?



## Danos causados pelo cigarro

A fumaça do cigarro é constituída de duas fases, a gasosa e a particulada. O que faz mal no cigarro, além de sua capacidade de desenvolver tolerâncias, levar à dependência e causar síndrome de abstinência, são as substâncias encontradas nessas duas fases.

Sob o ponto de vista toxicológico, as substâncias mais ativas da fase gasosa são o monóxido de carbono, a amônia e as nitrosaminas.

A fase particulada (ou condensada) é constituída de um aerossol sólido com substâncias voláteis incluídas, ou seja, é uma dispersão coloidal na qual o dispersante (no caso do cigarro, a água) se encontra na fase gasosa e o disperso (nicotina, alcatrão e outras substâncias), na fase sólida.

A quantidade de partículas é de aproximadamente  $1 \cdot 10^9$  a  $5 \cdot 10^9$  por mL de fumaça, cujo tamanho vai de 0,1 mm a 0,8 mm. Os filtros dos cigarros geralmente retêm 99% das partículas com diâmetro igual ou superior a 0,3 mm. Ao fumar um cigarro, um indivíduo absorve cerca de  $10^{12}$  partículas; as mais altas concentrações de poluentes urbanos não ultrapassam  $10^6$  partículas por mililitro de fumaça. As substâncias mais ativas dessa fase são o alcatrão e a nicotina.

O tabagismo passivo (absorção da fumaça do cigarro por não fumantes) também pode causar problemas de saúde. Vários estudos demonstram que os não fumantes expostos à fumaça do cigarro absorvem nicotina, monóxido de carbono e outras substâncias da mesma forma que os fumantes, embora em menor quantidade.

A quantidade de tóxicos absorvidos depende da extensão e da intensidade da exposição, além da qualidade da ventilação do ambiente onde estão as pessoas.

Os fumantes passivos sofrem também de irritação nos olhos, de aumento de seus problemas alérgicos, principalmente das vias respiratórias, tosse, cefaleia (dor de cabeça) e aumento de problemas cardíacos, como elevação da pressão arterial e angina (dor no peito).

### Monóxido de carbono, CO(g)

É um gás incolor, inodoro, insípido, combustível, altamente tóxico, formado na combustão incompleta de materiais orgânicos.

O monóxido de carbono forma com a hemoglobina um composto estável, impedindo que ela volte a transportar oxigênio no organismo. Por isso, o monóxido de carbono pode ser fatal se absorvido em grande quantidade.

### Amônia, NH<sub>3</sub>(g)

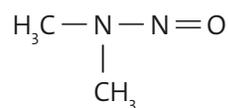
É formada naturalmente na queima do tabaco, além de ser adicionada ao cigarro como agente de sabor. O problema é que a absorção da nicotina depende do pH do tabaco.

Independentemente do teor de nicotina que o tabaco tenha em pH ácido (pH  $\approx$  5,5), o organismo absorve uma pequena quantidade dessa substância e a absorção é mais lenta, ocorrendo nos alvéolos pulmonares. Por outro lado, se o mesmo tabaco tiver pH básico (pH  $\approx$  8,5), leva o organismo a absorver mais rapidamente uma quantidade bem maior de nicotina e diretamente na mucosa bucal.

A amônia é uma substância básica, e sua adição reduz a acidez do fumo, tornando-o mais alcalino, o que faz com que o organismo absorva mais nicotina, causando maior dependência do cigarro e mais prejuízos à saúde. O teor de amônia nos cigarros brasileiros é bem elevado, variando entre 13,2 mg e 15,0 mg.

### Nitrosaminas

São consideradas uma das substâncias mais ativas no que diz respeito ao desenvolvimento de cânceres em humanos.

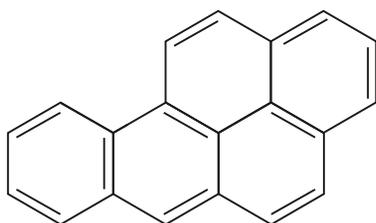


Dimetilnitrosamina

### Alcatrão

É um líquido negro e espesso que fica em parte retido no filtro do cigarro e em parte impregnado no pulmão dos fumantes. É tudo o que resta depois de extraídas a nicotina e a umidade do tabaco.

Quimicamente é constituído principalmente por hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, HPAs, alguns dos quais são comprovadamente carcinogênicos, como, por exemplo, o benzopireno.

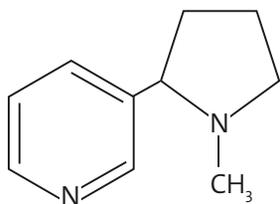


Benzopireno

O alcatrão contém ainda vários outros compostos, como fenóis, cresóis, nitrosaminas não voláteis (N-nitrosornicotina, N-nitrosoanatabina), íons metálicos (ferro, cádmio, crômio, manganês, zinco) e compostos radioativos, como o polônio-210.

### Nicotina

É uma substância de caráter básico. Quando pura se apresenta na forma de um líquido oleaginoso e incolor que, em contato com o ar, se oxida, tornando-se pardo-escuro, e faz parte de um grupo de compostos denominados alcaloides.



Nicotina

A dose letal média da nicotina para o ser humano situa-se entre 40 mg e 60 mg.

Quando a fumaça do cigarro é tragada, a nicotina é imediatamente distribuída pelos tecidos e absorvida pelos pulmões, chegando ao cérebro geralmente em 9 segundos. Apresenta leve ação estimulante, reduz o apetite e aumenta o batimento cardíaco, a pressão arterial, a frequência respiratória e a atividade motora.

Por outro lado, deixa os dentes amarelados, os cabelos, as roupas e o hálito com odor forte e desagradável e a pele envelhece mais rápido devido ao aumento de radicais livres. Além disso, diminui a capacidade física e respiratória, o que prejudica a realização de atividades como correr, subir escadas, caminhar, dançar.

Ao longo do tempo, a nicotina desenvolve tolerância no organismo, o que leva o fumante a aumentar progressivamente o número de cigarros diários. A maioria dos fumantes, quando

suspendem repentinamente o consumo de cigarros, pode entrar em **síndrome de abstinência**, reconhecida pelos seguintes sintomas: fissura (desejo incontrolável por cigarro), irritabilidade, agitação, prisão de ventre, dificuldade de concentração, sudorese, tontura, insônia e dor de cabeça.

Sabe-se que a dependência do cigarro em adolescentes e adultos jovens é maior em filhos de pais fumantes.

O que ainda se discute é se o início do tabagismo, nesses casos, seria consequência do exemplo vindo de casa ou da necessidade orgânica criada por anos de inalação involuntária da nicotina.

Parar de fumar faz muito bem, mas exige um grande esforço.

Os efeitos benéficos dessa decisão, como o bem-estar, a melhor disposição física, demoram a se manifestar. Os efeitos desagradáveis da síndrome de abstinência são imediatos, por isso é preciso muita força de vontade e, por vezes, ajuda profissional.

### Cigarro e gravidez não combinam

"[...] Abortos espontâneos, nascimentos prematuros, bebês de baixo peso e menor comprimento, hemorragia e morte de recém-nascidos são algumas das complicações do cigarro durante a gravidez.

[...]

Ao fumar um único cigarro, a mãe está transmitindo, através da corrente sanguínea, as quase 5 mil substâncias tóxicas presentes no cigarro para seu filho. No período de amamentação, o bebê recebe as substâncias através do leite materno. Os efeitos da exposição materna ao cigarro são drásticos: em poucos minutos, os batimentos cardíacos do feto aceleram, devido ao efeito da nicotina sobre o aparelho cardiovascular, além de aumentar as chances de o bebê desenvolver complicações respiratórias, asma e alergias.

É bom lembrar que esses riscos podem afetar também as gestantes que são fumantes passivas. As substâncias tóxicas da fumaça de ambientes com fumantes são absorvidas pela mãe e transmitidas para o feto. Por isso, é preciso evitar o cigarro, direta e indiretamente, durante os períodos de gestação e amamentação.

[...]"

BRASIL. Ministério da Saúde. Disponível em: <[www.inca.gov.br/tabagismo/atualidades/ver.asp?id=584](http://www.inca.gov.br/tabagismo/atualidades/ver.asp?id=584)>. Acesso em: 6 mar. 2013.

## Propriedades das aminas

Veja a seguir as propriedades das aminas.

### Forças de interação molecular

São compostos polares; as aminas primárias e secundárias fazem ligações de hidrogênio, o que não ocorre com as aminas terciárias.

### Temperaturas de fusão e de ebulição

São mais elevadas que as dos compostos apolares e mais baixas que as dos álcoois e as dos ácidos carboxílicos.

### Estados de agregação

Aminas que possuem de 1 a 3 substituintes metil ou a etilamina são gases em condições ambientes. Da propilamina à dodecilamina, são líquidas; daí em diante, as aminas são sólidas.

### Densidade

As aminas alifáticas mais simples são menos densas que a água. As aminas aromáticas são mais densas.

### Solubilidade

Aminas com até 5 carbonos são solúveis em meio aquoso e alcoólico. Aminas com 6 carbonos ou mais são praticamente insolúveis em água; mas são solúveis em álcool etílico, éter e benzeno.

### Reatividade

A reatividade das aminas aumenta, de modo geral, na mesma proporção em que aumenta o caráter básico desses compostos.

### Aplicações práticas

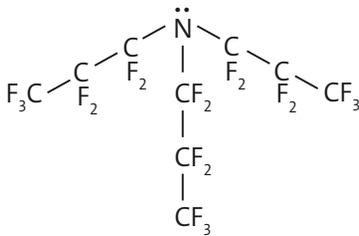
As aminas são utilizadas na síntese de compostos orgânicos e de certos tipos de sabões e também na vulcanização da borracha. As aminas aromáticas são importantes na fabricação de corantes e explosivos.

Outra aplicação prática das aminas é como sangue artificial, uma solução aquosa de 14% em volume de perfluorodecalina e 6% de perfluorotripropilamina.

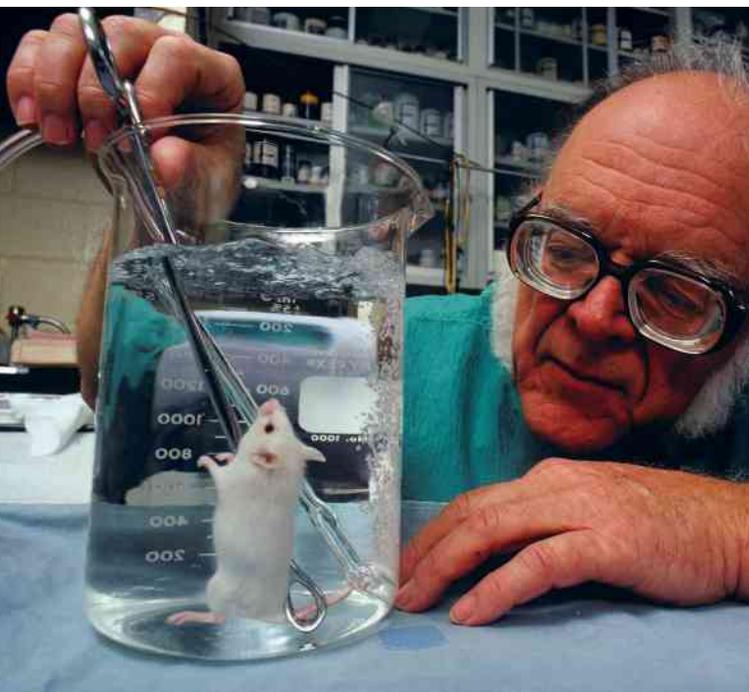
Essa solução, com nome comercial de Fluosol-DA, é utilizada no Japão e foi aprovada pelo Food and Drug Administration (FDA) nos Estados Unidos como substituto do sangue em casos de cirurgias cardíacas, pois atua no organismo da mesma maneira que a hemoglobina.

O Fluosol-DA é capaz de se associar com cerca de 50 a 70 vezes mais oxigênio que a água, por isso é possível respirar imerso nesse líquido. O Fluosol-DA não é absorvido pelo organismo nem interfere nas substâncias vitais presentes nos pulmões.

Rato imerso em Fluosol-DA: os seus pulmões continuam funcionando. Quando o animal é retirado, o líquido evapora de seus pulmões e ele volta a respirar normalmente.



Perfluorotripropilamina

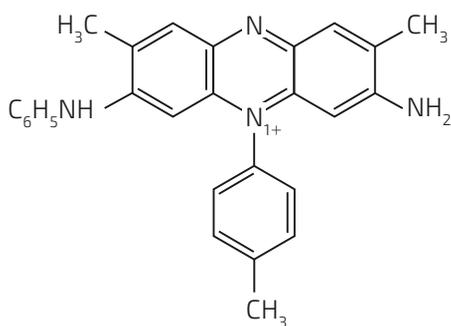


JP Laffont/Sigma/CorbisFotoarena



## A síntese da malveína

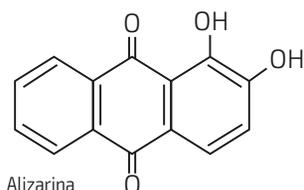
Em 1856, o químico inglês William Henry Perkin (1838-1907) estava pesquisando um meio de sintetizar o quinino (a única droga capaz de combater a malária), a partir de um derivado do alcatrão de hulha. Após uma série de experimentos com a anilina, a toluidina e o dicromato de potássio, acabou obtendo uma substância sólida de cor preta, cujas propriedades em nada lembravam as do quinino. Mas, antes de jogá-la fora, notou que tanto a água como o álcool usados para lavar o frasco que havia entrado em contato com a substância durante a síntese se tornaram roxos. Intrigado com o resultado, testou as soluções de cor púrpura e percebeu que elas tinham a propriedade de tingir tecidos. Estava descoberto o primeiro corante sintético, a malveína (malva ou anilina púrpura). O sucesso da malveína marcou o nascimento da indústria de corantes sintéticos.



Malveína

Em 1857, Perkin obteve a patente do corante e montou uma indústria, iniciando a produção maciça da malveína. Na década seguinte, apesar da inexistência de uma base teórica, outros corantes foram obtidos por processos empíricos.

Em 1868, C. Graebe e K. Liebermann conseguiram sintetizar pela primeira vez um corante natural, a alizarina (di-hidroxiantraquinona).



Alizarina

Note que, ao contrário da malveína, sintetizada por Perkin, uma substância sem similar na natureza, a alizarina, já era conhecida e extraída da raiz da garança.

O método utilizado por Graebe e Liebermann, porém, era economicamente inviável em escala industrial. Perkin então desenvolveu, a partir do antraceno do alcatrão de hulha, um método adequado para a produção industrial de alizarina e, em 1871, sua fábrica produziu 220 toneladas dessa substância. A partir de 1865, depois que Kekulé desvendou a estrutura do benzeno, houve um rápido desenvolvimento na indústria de corantes.

## Aspectos toxicológicos

Até cerca de 1850, todos os corantes alimentícios provinham de fontes naturais, como cenoura (corante laranja), beterraba (vermelho), casca de uva escura (preto), ácido carmínico (vermelho), açafrão (ocre), caramelo ou açúcar queimado (marrom), etc.

Em 1856, a síntese da malveína deu origem a uma promissora indústria de corantes sintéticos. Esses corantes eram mais bonitos, mais baratos e mais bem aceitos pelo consumidor e ocasionaram a rejeição do mercado aos corantes naturais.

Em 1897 já eram fabricados inúmeros corantes sintéticos, que passaram a ser utilizados também pela indústria alimentícia. No final do século XIX, mais de 90 corantes sintéticos eram utilizados em alimentos.

Em 1906 apareceu nos Estados Unidos a primeira legislação relativa à utilização de corantes na indústria alimentícia. Essa legislação autorizou o uso de 7 corantes sintéticos em alimentos; os outros (mais de 83) que eram empregados foram proibidos. Desde essa época, pesquisas comprovaram que muitos corantes sintéticos são tóxicos e podem causar anomalias em recém-nascidos, distúrbios cardíacos ou cânceres.

Atualmente a Comunidade Econômica Europeia autoriza 11 corantes sintéticos para alimentos, por serem mais estáveis à ação de bactérias, da luz, do calor e do oxigênio que os naturais.

## Exercício resolvido

**5** (Fuvest-SP) A nicotina, substância altamente tóxica, ocorre na porcentagem média de 5%, em peso, nas folhas secas de *Nicotiana tabacum*.

- Quantos gramas de nicotina se obtêm a partir de 1,8 kg de folhas secas de *Nicotiana tabacum*?
- Escreva a fórmula molecular da nicotina, cuja fórmula estrutural aparece abaixo.



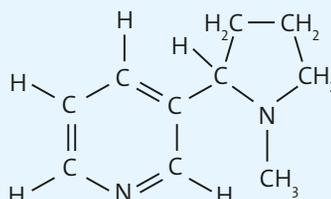
### Resolução

a) Cálculo da massa de nicotina:

$$\begin{array}{l} 100 \text{ g de folhas} \text{ ————— } 5 \text{ g de nicotina} \\ 1800 \text{ g de folhas} \text{ ————— } x \end{array}$$

$$x = \frac{1800 \cdot 5}{100} \Rightarrow x = 90 \text{ g de nicotina}$$

b) Fórmula molecular da nicotina:  $C_{10}H_{14}N_2$



## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

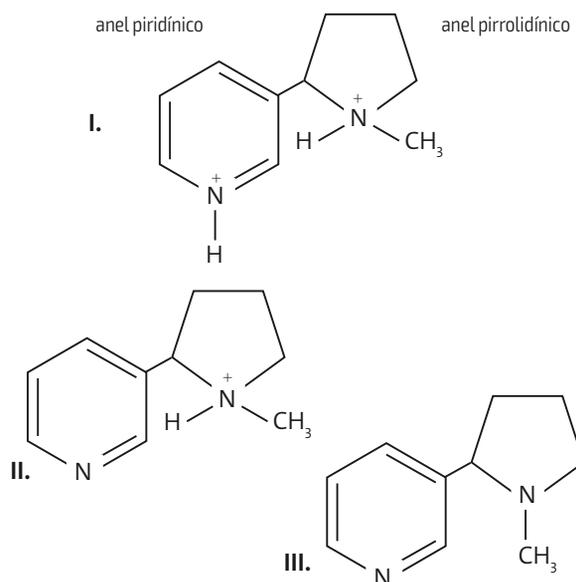
**18** (Unicamp-SP) [...] o consumo de drogas de qualquer natureza é uma questão de saúde pública. Orgânica e fisicamente, sob efeito do *ecstasy*,  $C_{11}H_{15}O_2N$ , por exemplo, o indivíduo sente seu corpo energizado pelo aumento do metabolismo, o que pode elevar a sua temperatura corporal a até incríveis  $6^\circ\text{C}$  acima da temperatura normal (hipertermia), além de estimular uma atividade física intensa e a ingestão de grandes quantidades de água.

Essa ingestão excessiva de água pode provocar a deficiência de sódio no organismo (hiponatremia), um processo, algumas vezes, letal. Pesquisas recentes com macacos mostraram que a ingestão de uma dose de 22 mg de *ecstasy* por kg de massa corpórea mataria 50% dos indivíduos ( $LD_{50}$ ). Isso, entretanto, não significa que um indivíduo, necessariamente, morreria ao consumir o equivalente à sua  $LD_{50}$ . Tampouco garante que ele não venha a morrer com apenas um comprimido de *ecstasy* ou menos.

- A ingestão de água pode contornar algum dos problemas relativos ao uso do *ecstasy*? Justifique.
- Considerando que um comprimido de *ecstasy* contenha, em média,  $5 \cdot 10^{-4}$  mol da droga, qual seria, aproximadamente, a  $LD_{50}$  (em comprimidos) relativa a uma pessoa que pesa 56 kg? Dados: considere válida a  $LD_{50}$  dada no enunciado para o ser humano, massas molares em  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ : C = 12, H = 1, O = 16 e N = 14.

**19** (Unicamp-SP) A sala não era grande e nela havia muitos fumantes. O inspetor, com seu charuto, era o campeão da fumaça. – Quanta nicotina! – pensou Rango. Ele sabia muito bem dos malefícios do cigarro; sabia que as molé-

culas de nicotina, dependendo do meio em que se encontram, podem se apresentar segundo as formas I, II e III, abaixo, e que sua absorção no organismo é favorecida pela reação delas com uma base, por exemplo, amônia.



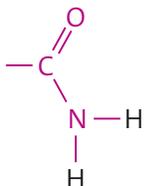
- A constante de dissociação para o próton ligado ao nitrogênio do anel piridínico (anel maior) é  $K_1 = 1 \cdot 10^{-3}$ . Para o próton ligado ao nitrogênio do anel pirrolidínico, essa constante é  $K_2 = 1 \cdot 10^{-8}$ . Qual dos dois nitrogênios é mais básico? Justifique.
- Qual das formas, I, II ou III, está presente em maior quantidade em meio amoniacal (bastante amônia)? Justifique.

# Amidas

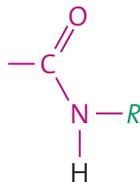
As amidas pertencem à classe dos compostos carbonílicos.

Amida é todo composto que possui o nitrogênio ligado diretamente a um grupo carbonila.

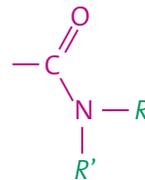
Grupo funcional:



Amida não substituída  
2 hidrogênios ligados ao nitrogênio



Amida monossustituída  
1 hidrogênio e um substituinte R



Amida dissustituída  
2 substituintes R e R' iguais ou diferentes

O nome oficial (IUPAC) de uma amida não substituída segue o esquema:

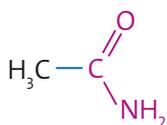
prefixo + **infixo** + **amida**

Os substituintes R e R' podem ser alifáticos ou aromáticos.

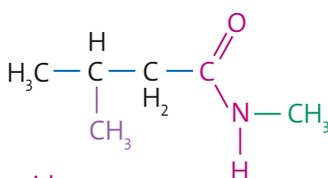
Caso a amida seja substituída, a cadeia mais longa é considerada a principal e o nome segue as regras acima. As demais cadeias são consideradas substituintes e o nome segue o esquema: prefixo + il, precedido da letra N, que vai indicar que o substituinte está ligado ao nitrogênio. Os substituintes da cadeia principal são indicados por números.

Exemplos:

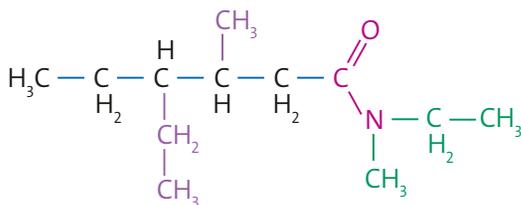
- **etanamida** (acet**amida**)



- **N-metil-3-metilbutanamida**



- **N,N-etil-metil-4-etil-3-metil-hexanamida**



## Propriedades das amidas

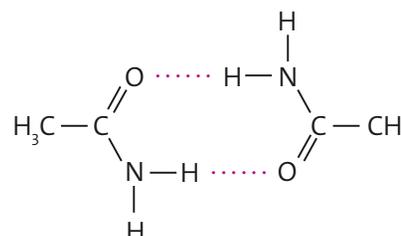
A seguir estão apresentadas as propriedades das amidas.

### Forças de interação molecular

As amidas são substâncias bastante polares; cada duas moléculas podem fazer duas ligações de hidrogênio entre si (no caso de amidas primárias).

### Temperaturas de fusão e de ebulição

Possuem temperaturas de fusão e de ebulição muito elevadas, até mais que as dos ácidos carboxílicos de massas moleculares correspondentes.



Ligações de hidrogênio em moléculas de acetamida.

## Estados de agregação

Apenas a metanamida se apresenta em condições ambientes na forma de um líquido incolor; as demais amidas são sólidos cristalinos.

## Densidade

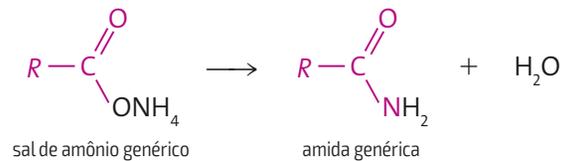
São mais densas que a água. A metanamida, a amida mais simples, por exemplo, apresenta densidade igual a 1,146 em relação à água a 4 °C.

## Solubilidade

As mais simples são solúveis em água e pouco solúveis em solventes apolares, como o hexano. Em geral, todas são solúveis em álcool e éter.

## Reatividade

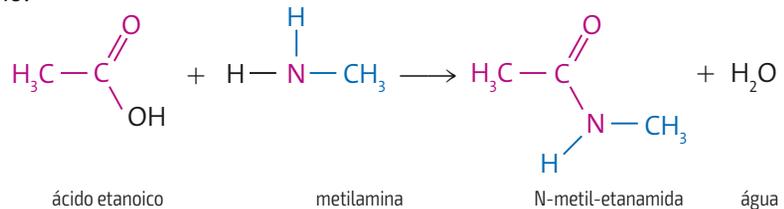
As amidas não ocorrem na natureza e por isso é preciso prepará-las em laboratório. O processo se baseia no aquecimento de sais de amônio, seguido de desidratação. Veja a equação:



São compostos bastante reativos. Apresentam um caráter básico muito fraco (mais fraco que o da água), pois o oxigênio do grupo carbonila atrai elétrons para si, diminuindo a densidade eletrônica do nitrogênio.

Podem ser obtidos a partir da reação entre ácido carboxílico e amônia (amida não substituída) ou entre ácido carboxílico e amina primária ou secundária (amida substituída).

Exemplo:



## Aplicações práticas

As amidas são importantes nas sínteses de outros compostos orgânicos e como compostos intermediários na preparação de medicamentos. A metanamida é bastante tóxica (a tolerância é de 20 ppm/m<sup>3</sup> de ar) e é usada como solvente (de inseticidas) em condições específicas.

A acetamida é usada na fabricação de lacas, explosivos e como agente higroscópico; é cancerígena.



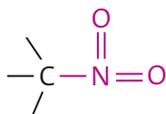
Náilon em laboratório de química. O náilon é uma poliamida, ou seja, é uma macromolécula na qual o grupo amida se repete muitas vezes. O náilon 6,6 obtido a partir da 1,6-hexanodiamina e do ácido hexanodioico é uma das fibras sintéticas de maior interesse comercial.

# Nitrocompostos

Os nitrocompostos são derivados orgânicos do ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$ .

Os nitrocompostos apresentam o grupo nitro,  $-\text{NO}_2$ , ligado a uma cadeia carbônica.

Grupo funcional:

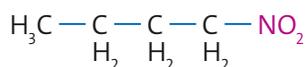


O nome oficial (IUPAC) de um nitrocomposto segue o esquema:

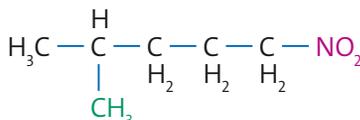
nitro + prefixo + infixos + o

Observe os exemplos a seguir.

## ● 1-nitrobutano



## ● 4-metilnitropentano



## Propriedades dos nitrocompostos

Veja a seguir as propriedades dos nitrocompostos.

### Forças de interação molecular

Os nitrocompostos são substâncias bastante polares. Suas moléculas sofrem forças de dipolo permanente.

### Temperaturas de fusão e de ebulição

Apresentam temperaturas de fusão e de ebulição elevadas.

### Estados de agregação

Os nitroalcanos de massa molar baixa são líquidos fluidos. À medida que a massa molar aumenta, vão se tornando cada vez mais viscosos.

### Densidade

São mais densos que a água.

### Solubilidade

O nitrometano e o nitroetano são muito pouco solúveis em água; os demais são insolúveis.

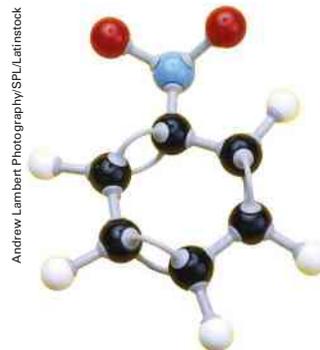
### Reatividade

São compostos bastante reativos.

### Aplicações práticas

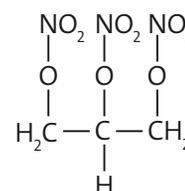
Dos derivados aromáticos, o nitrobenzeno é o mais importante. Trata-se de um líquido amarelado, tóxico, mais denso que a água e insolúvel nesse meio, sendo muito utilizado como solvente.

A trinitroglicerina, TNG, obtida pela reação de esterificação entre o ácido nítrico e o propanotriol, é utilizada como explosivo e também como vasodilatador coronário em caso de risco de infarto.

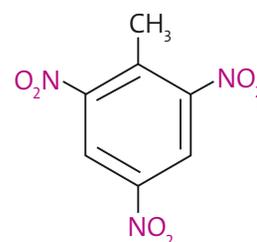


Modelo de bolas e varetas da molécula de nitrobenzeno,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ .

Os nitrocompostos alifáticos em geral têm cheiro agradável e não são venenosos; já os aromáticos têm odor desagradável e são tóxicos.



A nitroglicerina (1,2,3-trinitroglicerina, trinitrato de glicerila ou TNG) foi sintetizada em 1847 pelo químico italiano Ascanio Sobrero.



Muitos nitrocompostos aromáticos são utilizados como explosivos, como o 2,4,6-trinitrotolueno (TNT).

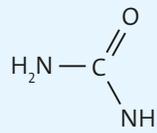
## Exercício resolvido

**6** (Udesc) Em 1828, o químico alemão Friedrich Wöhler aqueceu cianato de amônio e provocou uma reação química na qual esse composto inorgânico se transformou em ureia. A ureia é utilizada como fertilizante na agricultura, pois é fonte de nitrogênio para as plantas.

- Escreva a fórmula estrutural da ureia.
- Qual é o grupo funcional presente na ureia?
- A ureia em solução aquosa reage com água, formando o gás carbônico e o gás amônia. Equacione a reação química entre a ureia e a água.

### Resolução

a) Fórmula estrutural da ureia:

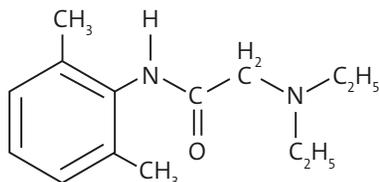


- b) Amida.
- c) Equação da reação entre ureia e água:
- $$\text{CH}_4\text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{NH}_3$$

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

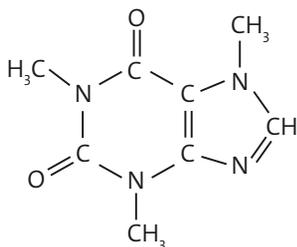
**20** (PUCC-SP) A lidocaína, anestésico local amplamente empregado em odontologia, tem a seguinte fórmula:



Nessa estrutura reconhecem-se as funções:

- X a) amida e amina terciária.  
b) amida e amina secundária.  
c) amina secundária e amina terciária.  
d) amina primária e amina secundária.  
e) cetona, amina primária e amina secundária.

**21** (UFG-GO) A cafeína só é considerada *doping* quando sua concentração ultrapassa  $1,2 \cdot 10^{-7}$  g/mL na urina. A cafeína pode ser representada por sua fórmula estrutural plana esquematizada abaixo:



Dado: uma xícara (50 mL) de café contém aproximadamente  $5 \cdot 10^{-3}$  g de cafeína.

Sobre o exame *antidoping* e a cafeína, pode-se afirmar:

- X (01) Se um jogador de futebol apresentar na urina uma concentração igual à concentração de cafeína presente em uma xícara de café, dará exame *antidoping* positivo.  
(02) A cafeína apresenta cadeia heterocíclica porque contém o átomo de oxigênio como heteroátomo.

- X (04)  $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$  é a fórmula molecular da cafeína.  
(08) Para o exame *antidoping* negativo, o jogador não deve ingerir qualquer substância química.  
X (16) A fórmula estrutural da cafeína apresenta três radicais metila e dois grupos carbonila.  
X (32) A cafeína contém átomos de carbono insaturados e saturados.  
X (64) A cafeína apresenta o grupo funcional amida.

- 22** Sobre os nitrocompostos, assinale a(s) alternativa(s) correta(s). A resposta deve ser a soma dos números das alternativas assinaladas.
- São substâncias muito polares porque suas moléculas podem fazer ligações de hidrogênio entre si.
  - Possuem um forte caráter ácido, pois são derivados do ácido nítrico e apresentam hidrogênio ionizável.
- X 08. Muitos compostos dessa classe são explosivos potentes, como o trinitrotolueno.  
X 16. A porcentagem em massa de nitrogênio no trinitrotolueno é igual a 18,50%.  
X 32. Por serem altamente polares, nenhum nitroalcano é encontrado na fase gasosa em condições ambientes de temperatura e pressão.

- 23** Alfred Nobel já foi acusado de ter fornecido ao homem mais um instrumento de destruição, embora os explosivos que ele inventou tenham tornado possíveis obras gigantescas, que beneficiaram milhões de pessoas, ou seja, o problema não está no instrumento, mas na finalidade que se dá a ele. Em 1892, ao ser convidado para um congresso de paz na Suíça, ele recusou e respondeu: “Minhas fábricas talvez possam acabar com a guerra mais cedo do que os seus congressos. O dia em que dois exércitos forem capazes de se destruir em um segundo, todas as nações civilizadas recuarão da guerra, horrorizadas e dispersarão seus exércitos”. Escreva um texto de pelo menos dez linhas argumentando a favor ou contra a pesquisa e o desenvolvimento na área de explosivos.

## FOI NOTÍCIA!



## Tráfico de cocaína movimentava R\$ 1,5 bilhão por ano no Amazonas, diz delegado

O tráfico de cocaína movimentava em torno de R\$ 1,5 bilhão, por ano, no Amazonas, com a compra e venda de até 780 toneladas do entorpecente, que chegam pela fronteira com o Peru e Colômbia. As informações são do delegado da Polícia Federal (PF) Mauro Spósito, que abriu o 1º Seminário sobre Drogas Ilícitas na Amazônia Internacional, ontem (15/9/2015), na sede do Sistema de Proteção da Amazônia (Sipam).

Conforme o delegado, a região do Alto Solimões é a maior porta de entrada da cocaína no território brasileiro. Ele afirmou que, nos últimos 15 anos, o Brasil deixou de ser um país de trânsito da droga para ser considerado o segundo maior consumidor do mundo, e as novas técnicas de produção da planta aumentam a disponibilidade do produto no mercado. 'O crescimento vertiginoso da cocaína na Amazônia coloca em risco a soberania nacional.'

Spósito explicou que existe uma discrepância entre a Organização das Nações Unidas (ONU), PF e o governo dos países vizinhos sobre a quantidade de cocaína cultivada e o potencial de produção na fronteira. A primeira afirma que as plantações ocupam 3 040 hectares nas margens do Rio Javari. A PF estima a existência

de 10 mil hectares cultivados na área, e o governo do Distrito de Loreto, no Peru, calcula que há, pelo menos, 40 mil hectares plantados com folha de cocaína.

Para o delegado, o aumento da violência, em Manaus, tem relação direta com a expansão do narcotráfico na Amazônia. Ele afirma que com o aumento das apreensões, a droga fica mais disputada nos pontos de venda e admite a atuação de facções da região Sudeste e Norte do País em Manaus. 'O narcotráfico é organizado porque os traficantes atuam em grupos. Mas eles brigam a todo tempo e criam novas dissidências, com nomes novos. E cobram suas dívidas com balas de arma de fogo.'

Entre o cultivo da planta e a venda, destaca Spósito, está o dinheiro do dependente químico, que sustenta os gastos com a produção e comercialização. 'É o viciado que sustenta essa cadeia de crimes, que arrasa famílias e está destruindo a sociedade brasileira. A parte mais triste é que morrem muitos jovens.'

A PF e os outros órgãos de segurança nacional estão unindo esforço para impedir a entrada da cocaína no Brasil."

Disponível em: <<http://new.d24am.com/noticias/amazonas/trafico-cocaina-movimentada-15-bilhao-amazonas-delegado/140096>>. Acesso em: 6 jan. 2016.

O dinheiro do dependente químico sustenta os gastos com a produção e a comercialização da droga. Na foto, uma apreensão de crack efetuada pelo Denarc (Divisão Estadual de Narcóticos) de São Paulo, em 2013.

Eduardo Anzelli/Folhapress

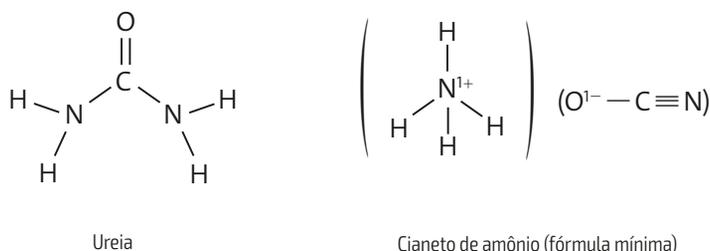
*Você leu uma matéria sobre a expansão do tráfico de cocaína no Amazonas e sua relação com novas técnicas de produção da planta e a disponibilidade no mercado. Você sabe quais as consequências da plantação de coca e da produção de cocaína para o meio ambiente no Amazonas?*

## 1) Isomeria constitucional

O conceito de isomeria teve origem na primeira síntese orgânica, quando Wöhler e Berzelius observaram que tanto a ureia,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{s})$ , como o cianato de amônio,  $\text{NH}_4\text{OCN}(\text{s})$ , que havia sido utilizado para prepará-la, apresentavam os mesmos elementos na mesma quantidade:  $\text{N}_2\text{H}_4\text{CO}$ .

Os cientistas observaram também que as propriedades químicas e físicas dessas substâncias, contudo, eram absolutamente diferentes.

Foi Berzelius quem, com a ajuda do químico alemão Justus von Liebig (1803-1873), propôs uma explicação para o fenômeno: os compostos apresentavam a mesma composição de elementos, mas a disposição dos átomos desses elementos em cada composto era diferente.



Tratava-se de compostos isômeros (do grego *íisos*, mesmo, e *méros*, parte, significando, portanto, 'partes iguais'), palavra inventada por Berzelius para descrever a isomeria, um novo conceito em Química.

Isomeria é um fenômeno no qual dois ou mais compostos diferentes apresentam a mesma fórmula molecular e diferentes fórmulas estruturais.

Portanto, os isômeros são compostos diferentes.

Considere a seguinte analogia: quantas palavras diferentes é possível escrever, por exemplo, combinando de várias maneiras as letras **A**, **O**, **R** e **M**. Veja alguns exemplos a seguir.

AMOR

MORA

ROMA

OMAR

RAMO

Poderíamos dizer que essas palavras são isômeras, ou seja, são diferentes, mas foram escritas com um mesmo conjunto de letras.

Na Química o que ocorre é semelhante. Às vezes podemos escrever a fórmula estrutural de compostos orgânicos diferentes com um mesmo conjunto de átomos. Esses compostos são ditos **isômeros**.

A IUPAC considera que não existe molécula plana, todas são tridimensionais, por isso não recomenda o uso dos termos isomeria plana e isomeria espacial.

Dois ou mais compostos são isômeros constitucionais quando apresentam a mesma fórmula molecular e diferentes fórmulas estruturais.

A isomeria constitucional pode ser estática ou dinâmica.

## Isomeria constitucional estática

Os isômeros constitucionais estáticos podem ser divididos em três grupos: funcionais, esqueletais e posicionais.

### Isomeria funcional

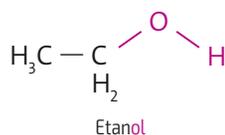
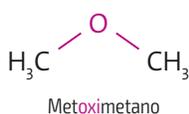
Dizemos que se trata de um caso de isomeria funcional quando a diferença entre os isômeros está no **grupo funcional**.

Há vários casos de isomeria funcional. Observe a seguir alguns exemplos dos casos mais comuns e importantes.

#### Isomeria éter-álcool: $C_n H_{2n+2} O$

Dada uma fórmula molecular, sempre que for possível escrever a fórmula estrutural de um éter, também será possível escrever a fórmula de um álcool.

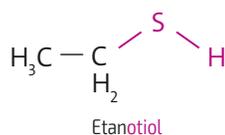
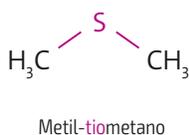
Exemplo: fórmula molecular  $C_2H_6O$ .



#### Isomeria tioéter-tioálcool: $C_n H_{2n+2} S$

Dada uma fórmula molecular, sempre que for possível escrever a fórmula estrutural de um tioéter, também será possível escrever a fórmula de um tioálcool.

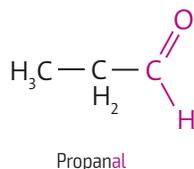
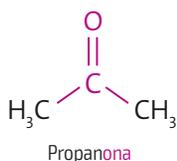
Exemplo: fórmula molecular  $C_2H_6S$ .



#### Isomeria cetona-aldeído: $C_n H_{2n} O$

Dada uma fórmula molecular, sempre que for possível escrever a fórmula estrutural de uma cetona, também será possível escrever a fórmula de um aldeído.

Exemplo: fórmula molecular  $C_3H_6O$ .



#### Isomeria éster-ácido carboxílico: $C_n H_{2n} O_2$

Dada uma fórmula molecular, sempre que for possível escrever a fórmula estrutural de um éster, também será possível escrever a fórmula de um ácido carboxílico.

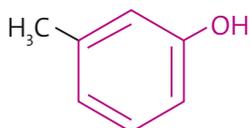
Exemplo: fórmula molecular  $C_2H_4O_2$ .



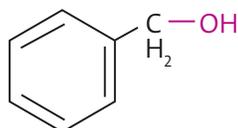
## Isomeria fenol-álcool aromático-éter aromático: $C_nH_{2n-6}O$

Dada uma fórmula molecular, sempre que for possível escrever a fórmula estrutural de um fenol que tenha um substituinte alquila, será possível escrever a fórmula de um álcool aromático e de um éter aromático.

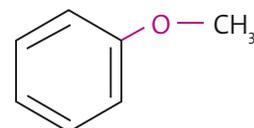
Exemplo: fórmula molecular  $C_7H_8O$ .



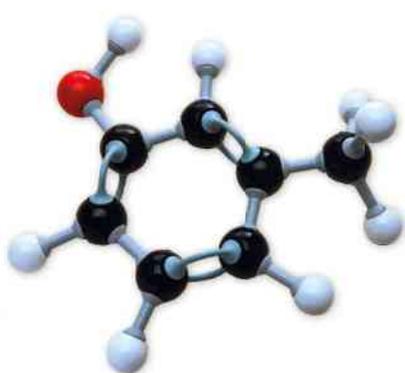
meta-metilfenol



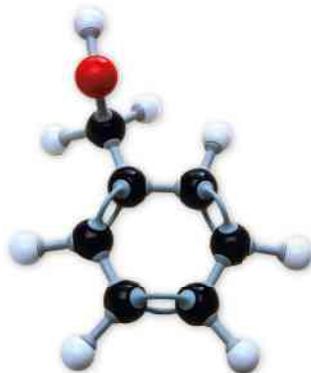
álcool benzílico



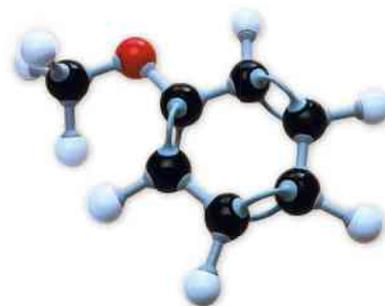
metoxibenzeno



Modelo do meta-metilfenol



Modelo do álcool benzílico



Modelo do metoxibenzeno

Fotos: Sérgio Dettai/Arquivo da editora

## Isomeria esquelética

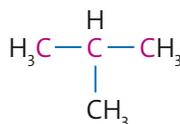
A diferença entre os isômeros está apenas no tipo de cadeia carbônica (o grupo funcional é necessariamente o mesmo).

Há três casos diferentes de isomeria esquelética:

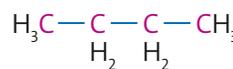
### Cadeia ramificada e cadeia normal

Sempre que for possível escrever a fórmula estrutural de um composto de cadeia ramificada, será possível escrever a fórmula estrutural de um composto de cadeia normal.

Exemplo: fórmula molecular  $C_4H_{10}$ .



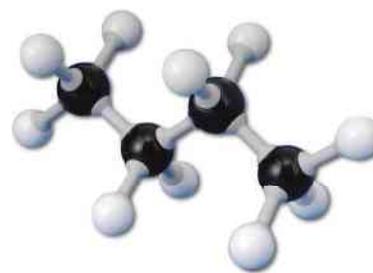
metilpropano



butano



Modelo da molécula de metilpropano



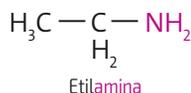
Modelo da molécula de butano

Fotos: John Boud/Alamy/Other Images

## Cadeia heterogênea e cadeia homogênea

Ocorre sempre que for possível mudar a posição de um heteroátomo e tornar a cadeia homogênea sem alterar o grupo funcional – o que se dá com as aminas e as amidas.

Exemplo: fórmula molecular  $C_2H_7N$ .



Observe que não existem éteres ou ésteres com isomeria esquelética porque, por definição, esses compostos apresentam cadeia heterogênea.

## Cadeia fechada e cadeia aberta: $C_nH_{2n}$

Sempre que for possível escrever a fórmula estrutural de um ciclano, também será possível escrever a fórmula estrutural de um alceno.

Exemplo: fórmula molecular  $C_3H_6$ .



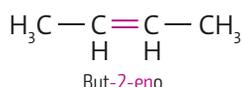
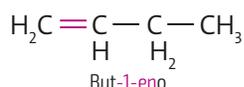
## Isomeria posicional

A diferença pode estar na posição de uma insaturação, de um grupo funcional, de um heteroátomo ou de um substituinte, observe:

### Diferente posição de uma insaturação

Ocorre com compostos insaturados que não sofrem ressonância e têm no mínimo 4 carbonos.

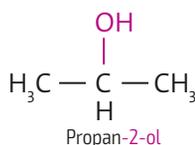
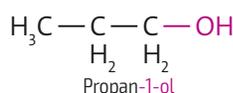
Exemplo: fórmula molecular  $C_4H_8$ .



### Diferente posição de um grupo funcional

Ocorre apenas com grupos funcionais ligados à cadeia homogênea, como álcoois e cetonas.

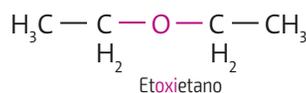
Exemplo: fórmula molecular  $C_3H_8O$ .



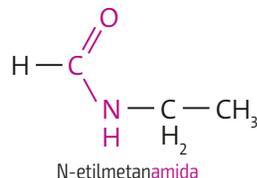
### Diferente posição de um heteroátomo

A diferença entre os isômeros está na posição de um heteroátomo. Ocorre geralmente entre éteres, ésteres, aminas e amidas.

Exemplo: fórmula molecular  $C_4H_{10}O$ .



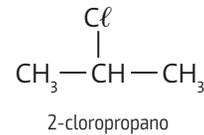
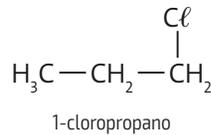
Exemplo: fórmula molecular  $C_3H_7ON$ .



## Diferente posição de um substituinte

Ocorre em hidrocarbonetos acíclicos com no mínimo 6 átomos de carbono ou em hidrocarbonetos cíclicos com no mínimo 5 átomos de carbono. Para outros grupos funcionais ocorre em compostos com no mínimo 3 átomos de carbono.

Exemplo: fórmula molecular  $C_3H_7Cl$ .



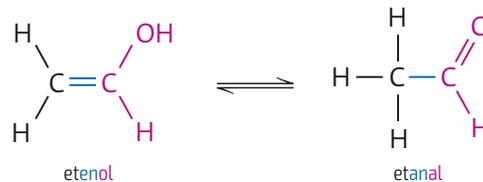
## Isomeria constitucional dinâmica

A isomeria constitucional dinâmica, também conhecida como tautomeria, ocorre somente na fase líquida, em compostos cuja molécula possui um elemento muito eletronegativo, como o oxigênio ou o nitrogênio, ligado ao mesmo tempo ao hidrogênio e a um carbono insaturado (que faz ligação dupla).

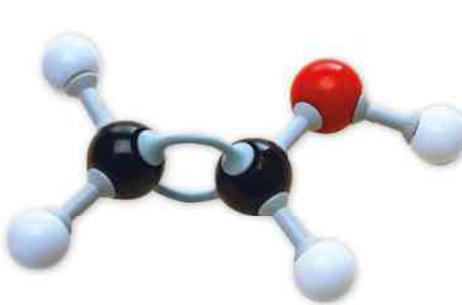
A alta eletronegatividade do oxigênio ou do nitrogênio provoca a atração dos elétrons da ligação dupla do carbono, que é uma ligação fraca e fácil de deslocar. Os dois isômeros passam a coexistir em equilíbrio dinâmico.

### Tautomeria aldolenólica (enol $\rightleftharpoons$ aldeído)

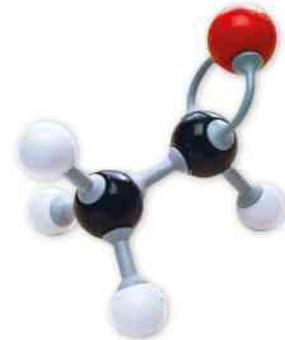
Ocorre entre enóis e aldeídos que possuem, no mínimo, 2 átomos de carbono. Exemplo: fórmula molecular  $C_2H_4O$ .



Fotos: Sérgio Dantas/Arquivo da editora



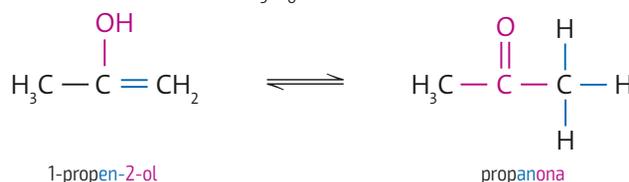
Modelo da molécula de etenol



Modelo da molécula de etanal

### Tautomeria cetoenólica (enol $\rightleftharpoons$ cetona)

Ocorre entre enóis e cetonas que possuem, no mínimo, 3 átomos de carbono. Exemplo: fórmula molecular  $C_3H_6O$ .



# RETOMANDO A NOTÍCIA



*A reportagem da página 119 denuncia a expansão do tráfico de cocaína no Amazonas e a relaciona com as novas técnicas que aumentam a produção da planta e a disponibilidade do produto no mercado. Você sabe o que significa para o meio ambiente a plantação de coca e a produção de cocaína no Amazonas?*

**D**o plantio de cocaína pode produzir aproximadamente 1 000 kg de folhas de coca por hectare (1 hectare equivale a 10 000 m<sup>2</sup>) em cada safra, podendo ocorrer até quatro colheitas anuais.

Sabe-se que, em média, são necessários 120 kg de folhas de coca para produzir 1 kg de pasta de coca. Assim, para que essa atividade se torne lucrativa é necessário que a plantação ocupe uma área extensa.

As áreas escolhidas para o plantio ilegal da cocaína são as mais remotas, geralmente em países como Colômbia, Peru e Bolívia, em áreas florestais que se estendem pela fronteira dos estados de Roraima, Amazonas e Acre no Brasil.

São necessários 2 kg de pasta de coca para produzir 1 kg de pasta-base de cocaína (PBC), também conhecida como pasta oxidada ou pasta lavada, no processo conhecido como refino da coca.

Os principais produtos químicos utilizados no refino da coca são a acetona, o éter etílico, o ácido sulfúrico, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, o ácido clorídrico, HCl, o hidróxido de sódio, NaOH, a cal virgem, CaO, e alguns solventes de hidrocarbonetos, como benzeno, tolueno, querosene, gasolina, benzina, etc.

Para a produção de 1 kg de cloridrato de cocaína são necessários cerca de 30 L de derivados benzênicos (benzeno, tolueno), 20 L de solventes orgânicos (querosene, gasolina, benzina) e 1 kg de substâncias oxidantes (ácidos e bases fortes).

Como se trata de uma atividade ilegal, não há dados concretos da quantidade de cocaína fabricada no mundo, o que se pode fazer é estimar uma quantidade produzida com base nas quantidades apreendidas em operações policiais.

Considere, por exemplo, que em determinado ano foi fabricada uma quantidade de cloridrato de cocaína igual a 845 toneladas.

Qual a quantidade de derivados benzênicos utilizados no processo?

Fazendo-se um cálculo simples, por regra de três:

1 kg de cloridrato de cocaína ————— 30 L de derivados benzênicos

845 · 10<sup>3</sup> kg de cloridrato de cocaína ——— x

x = 845 · 10<sup>3</sup> · 30 L de derivados benzênicos

x = 25 350 000 L de derivados benzênicos

Não se espera que os responsáveis pelo narcotráfico façam o tratamento dos resíduos químicos antes de descartá-los no meio ambiente. Isso significa que os produtos químicos residuais do processamento da cocaína são lançados diretamente em rios, igarapés, nascentes e causam danos irremediáveis ao meio ambiente, com consequências muitas vezes irreversíveis sobre as espécies que habitam esses locais.

A Amazônia, por exemplo, é a maior bacia fluvial do planeta e, apesar do grande volume de água e de sua capacidade de tamponamento de ácidos e bases e de dispersão de resíduos de compostos orgânicos, não é um ecossistema aquático homogêneo em toda a sua extensão. Muitos locais apresentam espécies endêmicas, únicas e localizadas que podem estar sendo destruídas antes mesmo de terem sido catalogadas.

Assim, esses resíduos químicos alteram o pH do solo, reduzem a taxa de oxigênio da água, destroem o fitoplâncton e o zooplâncton dos rios, provocando grande impacto nos ecossistemas, com alterações significativas nas cadeias alimentares e nos ciclos biológicos, pois interferem diretamente na reprodução de peixes e na flora aquática.

Saiba mais sobre o problema em <[http://acritica.uol.com.br/amazonia/manaus-amazonas-amazonia-Plantacao-folha-coca-destruida-Amazonas-Alto\\_Solimoes-municipio\\_de\\_Amatura-trafico-Brasil-Exercito\\_0\\_1204079591.html](http://acritica.uol.com.br/amazonia/manaus-amazonas-amazonia-Plantacao-folha-coca-destruida-Amazonas-Alto_Solimoes-municipio_de_Amatura-trafico-Brasil-Exercito_0_1204079591.html)>. Acesso em: 1 fev. 2016.

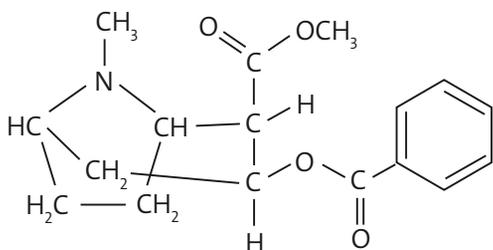


## Cocaína, crack, merla e oxi: semelhanças e diferenças

O crack, a merla e o oxi são formas diferentes de administração da mesma droga, a cocaína, um estimulante do sistema nervoso central (SNC).

### Cocaína

A cocaína (fórmula abaixo) é extraída das folhas da *Erythroxylon coca*, uma planta encontrada exclusivamente na América do Sul. É usada no Brasil desde o início do século XVIII.



Fórmula estrutural da cocaína

Por suas propriedades vasoconstritoras, já foi empregada no passado como anestésico tópico em cirurgias oftalmológicas e otorrinolaringológicas.

O uso das folhas de coca para fazer chá é bastante comum (e legal) em alguns países de altitude elevada, como a Bolívia e o Peru, este último conta, inclusive, com um órgão do governo, o Instituto Peruano da Coca, cuja função é controlar a qualidade das folhas vendidas no comércio.

Sob a forma de chá, pouca cocaína é extraída das folhas, e menos ainda é absorvida pelos intestinos. A pouca cocaína que passa para a corrente sanguínea é levada ao fígado, onde é metabolizada antes de chegar ao cérebro; logo, utilizada dessa forma, não causa danos.

O tratamento das folhas por meio de processos químicos com substâncias ativas (como solventes orgânicos e ácidos e bases fortes), resulta em um sal, o cloridrato de cocaína, com 90% de pureza. Utilizada dessa forma (ilegal), a cocaína tem um efeito devastador sobre o organismo.

A substância é um estimulante do sistema nervoso central (SNC), provoca hiperatividade,

excitação, insônia, estado de alerta e falta de apetite. Torna os reflexos mais rápidos, mas causa perda de autocontrole.

Os efeitos iniciais de bem-estar que ela provoca geram no usuário uma compulsão incontrolável para utilizar a droga repetidas vezes (fissura) e a aumentar cada vez mais sua dose na busca de efeitos mais intensos. Doses maiores, porém, geram comportamento violento e agressivo, irritabilidade, tremores e **paranoia** (desconfiança de tudo e de todos, sensação de estar sendo perseguido e vigiado). Às vezes também pode provocar alucinações e delírios, a "psicose cocaínica".

Fisicamente podem ocorrer dilatação das pupilas (midríase), que deixa a visão embaçada, dor no peito, contrações musculares, convulsões, elevação da pressão arterial, taquicardia e coma.

O uso crônico da cocaína pode levar à degeneração irreversível dos músculos esqueléticos, conhecida como rabdomiólise.

Doses muito elevadas (*overdoses*) podem provocar parada cardíaca por fibrilação ventricular ou morte pela diminuição de atividade de centros cerebrais que controlam a respiração.

A cocaína e todos os seus derivados (pasta de coca, crack, merla e oxi) induzem à tolerância, ou seja, com o passar do tempo, o usuário necessita de doses cada vez maiores da droga para sentir os mesmos efeitos iniciais de bem-estar. Paralelamente à tolerância, os usuários de cocaína também desenvolvem **sensibilização**, ou seja, basta uma pequena dose da droga para desencadear seus efeitos mais desagradáveis, como a paranoia.

Não há uma descrição-padrão para a **síndrome de abstinência**. O usuário apenas fica tomado de um grande desejo de usar a droga novamente (fissura). Ocorre que a fissura provoca um sofrimento psicológico tão grande que pode levar o usuário a tentar o suicídio caso não consiga a substância naquele momento.

No Brasil, a cocaína é a substância mais utilizada pelos usuários de drogas injetáveis (UDIs). Muitas dessas pessoas compartilham agulhas e seringas e assim ficam expostas ao contágio de várias doenças, como hepatites, malária, dengue e Aids. Isso tem levado muitos UDIs a optar pelo *crack* ou pela merla, que podem ser fumados.

Várias pesquisas, no entanto, mostram que é comum o usuário dessas drogas se prostituir, sob efeito da fissura, para obter mais droga. Nesse estado, não tomam nenhum cuidado e acabam ficando expostos a todas as doenças sexualmente transmissíveis (DST), inclusive a Aids.

#### **Crack e merla: derivados da cocaína**

A **pasta da coca** é um produto grosseiro, obtido das primeiras fases de extração de cocaína das folhas da planta, quando estas são tratadas com bases fortes, ácido sulfúrico e solventes orgânicos. Com alto teor de impurezas, é fumada em cigarros chamados "basukos".

O **crack** é obtido da pasta de coca acrescida do bicarbonato de sódio e amônio, sendo comercializado na forma de pequenas pedras porosas. É pouco solúvel em água, mas como passa da fase sólida para a fase de vapor numa temperatura relativamente baixa, 95 °C, pode ser fumado em "cachimbos". O *crack* também pode ser encontrado na forma de uma pedra verde denominada "hulk", com maior teor de pureza e efeito mais duradouro e devastador.

A **merla** é obtida da mistura da pasta de coca com vários agentes químicos, incluindo ácido sulfúrico, querosene e cal virgem. Um quilograma de pasta de coca, misturado a essas substâncias não menos tóxicas, produz até três quilos de merla, um produto de consistência pastosa e amarelada, com uma concentração variável entre 40% e 70% de cocaína. Ela é fumada pura ou misturada ao tabaco.

Uma das características do usuário de merla é o cheiro de produtos químicos que ele exala na transpiração (querosene, gasolina, benzina e éter).

O **oxi** é uma droga mais barata e mais letal que o *crack*. Também é obtido da pasta de coca,

só que em vez da adição de bicarbonato de sódio e amoníaco, é preparado com querosene e cal virgem que oxidam o produto, daí o nome.

O oxi surgiu no Acre, na fronteira com a Bolívia, mas já se disseminou pelo país, e apreensões da droga em São Paulo não são incomuns.

É vendido na forma de pedras – que podem ser mais amareladas (com mais querosene) ou mais brancas (com mais cal virgem).

O oxi é extremamente nocivo ao organismo, seus usuários adquirem uma cor amarelada devido a problemas de fígado, sofrem fortes dores estomacais, dores de cabeça, náuseas, vômitos e diarreia constante.

**Por serem fumadas**, essas drogas vão direto para os pulmões, órgãos intensamente vascularizados e com grande superfície, o que proporciona uma absorção praticamente instantânea. Dos pulmões, a cocaína passa para a circulação sanguínea e chega rapidamente ao cérebro.

Os efeitos começam a ser sentidos em no máximo 15 segundos, porém, duram apenas em torno de 5 minutos. A curta duração dos efeitos faz com que o usuário volte a utilizar a droga com mais frequência que por outras vias (nasal e endovenosa), aproximadamente de 5 em 5 minutos, o que leva à dependência mais rapidamente.

A fissura, no caso do *crack*, da merla e do oxi, costuma ser avassaladora, já que os efeitos da droga são muito rápidos e intensos. A falta de apetite é outra característica marcante. Em menos de um mês, o usuário costuma emagrecer de 8 kg a 10 kg. Após o uso intenso e repetitivo, começam a predominar sensações muito desagradáveis, como cansaço, depressão intensa e desinteresse. A paranoia também é intensa e provoca grande medo e desconfiança, podendo levar o usuário a atitudes agressivas.

Em relação a fórmula da cocaína:

1. Quais são seus grupos funcionais?
2. Classifique a substância em aromática ou alifática.
3. Indique os tipos de isomeria estática que a molécula pode apresentar.

## Exercício resolvido

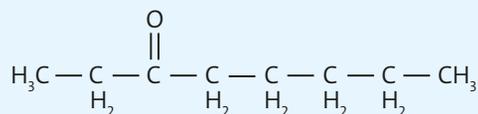
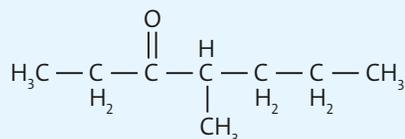
**1** (Ufpel-RS) As formigas, principalmente as cortadeiras, apresentam uma sofisticada rede de comunicações, entre as quais a química, baseada na transmissão de sinais por meio de substâncias voláteis, chamadas feromônios, variáveis em composição, de acordo com a espécie. O feromônio de alarme é empregado, primeiramente, na orientação de ataque ao inimigo, sendo constituído, em maior proporção, pela 4-metil-heptan-3-ona, além de outros componentes secundários já identificados, tais como: heptan-2-ona, octan-3-ona, octan-3-ol e 4-metil-heptan-3-ol.

(Ciência Hoje, n. 35, v. 6.)

- Qual é o nome dos grupos funcionais presentes na estrutura da heptan-2-ona e do octan-3-ol, respectivamente?
- Quais são as funções orgânicas representadas pelos compostos 4-metil-heptan-3-ona e 4-metil-heptan-3-ol, respectivamente?
- Identifique um par de isômeros esquelético, relacionados no texto.

## Resolução

- Na heptan-3-ona, que pertence à função cetona, está presente o grupo carbonila e no octan-3-ol, que pertence à função álcool, está presente a hidroxila.
- Cetona e álcool, respectivamente.
- 4-metil-heptan-3-ona (cadeia ramificada) e octan-3-ona (cadeia normal).



## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**1** (Uerj) Na tentativa de conter o tráfico de drogas, a Polícia Federal passou a controlar a aquisição de solventes com elevado grau de pureza, como o éter (etoxietano) e a acetona (propanona). Hoje, mesmo as universidades só adquirem esses produtos com a devida autorização daquele órgão. A alternativa que apresenta, respectivamente, isômeros funcionais dessas substâncias é:

- butanal e propanal.
- butan-1-ol e propanal.
- butanal e propan-1-ol.
- butan-1-ol e propan-1-ol.

**2** (UFG-GO) Existem duas substâncias orgânicas com a fórmula molecular  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ . Com base nessa afirmação, pede-se:

- Escreva a fórmula estrutural que representa cada uma dessas substâncias e dê seus nomes segundo a convenção da IUPAC.
- Explique por que uma dessas substâncias tem ponto de ebulição mais elevado do que a outra.

**3** (UFV-MG) Com a fórmula molecular  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$  existem três isômeros constitucionais.

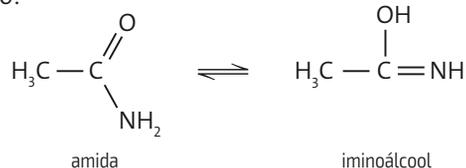
- Represente as estruturas dos três isômeros.
- Organize os três isômeros em ordem crescente de seus pontos de ebulição.

**4** (ITA-SP) Um alcano pode ser um isômero de:

- um alceno com o mesmo número de átomos de carbono.
- um cicloalcano com a mesma fórmula estrutural.
- outro alcano de mesma fórmula molecular.
- um alcino com apenas uma ligação tripla.
- um alcadieno com o mesmo número de átomos de hidrogênio.

**5** Escreva o nome oficial dos isômeros de fórmula  $\text{C}_4\text{H}_6$  da classe dos alcinos, alcadienos e ciclenos.

**6** (UFJF-MG) Que tipo de isomeria está representada abaixo?



**7** Equacione o equilíbrio dinâmico que ocorre entre os isômeros constitucionais dinâmicos de fórmula  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ .

**8** Considere os compostos orgânicos: (I) 1-butanol, (II) metóxi-propano, (III) ácido butanoico, (IV) butanal, (V) 2-butanona. O buten-2-ol é isômero do composto:

- I.
- II.
- III.
- IV.
- V.

## 2) Estereoisomeria

Os estereoisômeros são compostos pertencentes a um mesmo grupo funcional, com o mesmo tipo de estrutura esquelética (cadeia carbônica) e mesma posição de insaturação, grupo funcional, heteroátomo ou substituinte. A diferenciação dos compostos estereoisômeros se dá na configuração das moléculas, ou seja, pela disposição espacial dos átomos que constituem as moléculas isômeras.

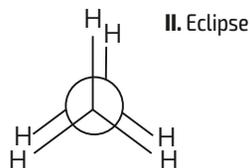
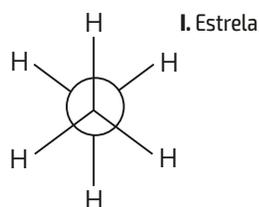
Os estereoisômeros podem ser divididos em dois grupos principais: **diastereoisômeros** (que não são a imagem no espelho um do outro) e **enantiômeros** (quando são a imagem no espelho um do outro).

Para entendermos a estereoisomeria, é necessário primeiro entender a rotação que ocorre em torno das ligações simples entre carbonos, já que os isômeros conformacionais diferem entre si pelos arranjos atômicos gerados pela rotação em torno das ligações simples.

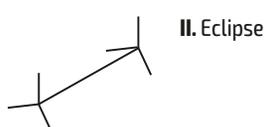
Na molécula de etano, por exemplo, ocorre rotação em torno da ligação simples, fazendo com que a molécula apresente duas conformações, estrela e eclipse (as infinitas conformações intermediárias denominam-se oblíquas).

Essas conformações podem ser representadas pelas chamadas projeções de Newman ou cavalete:

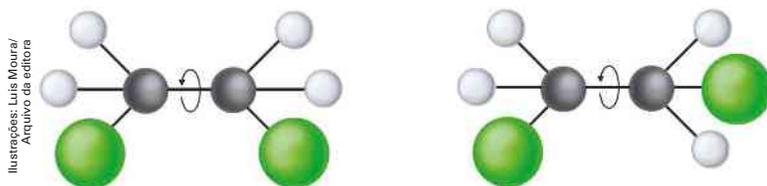
Newman:



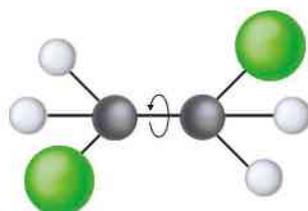
Cavalete:



É mais fácil observar a rotação que ocorre em torno de uma ligação simples quando a molécula apresenta algum substituinte no lugar do hidrogênio. Observe os modelos da molécula de 1,2-dicloroetano abaixo.



Conformação eclipse da molécula de 1,2-dicloroetano



Conformação estrela da molécula de 1,2-dicloroetano



Melvin Spencer Newman (1908-1993), químico norte-americano que desenvolveu o método de representação conhecido como projeções de Newman.

Reprodução <http://www.niap.edu>

Certas propriedades físicas do etano indicam que a rotação dos átomos de carbono em torno da ligação simples não é inteiramente livre e que há uma barreira de energia de cerca de 13 kJ/mol.

$$\text{C}_2\text{H}_6 \text{ estrela} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 \text{ eclipse}$$
$$\Delta H = +13 \text{ kcal/mol}$$

A energia potencial da molécula passa por um mínimo na conformação em estrela (I), aumenta com a rotação e atinge um máximo na conformação eclipse (II). A maioria das moléculas do etano, como é natural, encontra-se na conformação mais estável, a conformação em estrela. De fato, qualquer molécula passa a maior parte do tempo na conformação mais estável.

Veja abaixo a densidade em g/mL e a temperatura de ebulição (TE) em °C dos isômeros *cis* e *trans* do 1,2-dicloroeteno.

Isômetro	d/ (g/mL)	TE/°C
<i>cis</i>	1,282	≈ 59
<i>trans</i>	1,257	≈ 48

## Diastereoisomeria

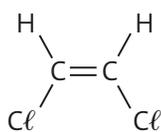
Quando dois átomos de carbono fazem uma ligação dupla, não é possível haver rotação entre eles. Qualquer tentativa de rotação entre os átomos de carbono ocasiona o rompimento da ligação. A ligação dupla é “rígida”. O mesmo ocorre na ligação entre carbonos em uma cadeia cíclica.

Nesse caso ocorre a diastereoisomeria.

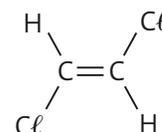
### Diastereoisomeria *cis-trans* em compostos de cadeia acíclica

Em um composto de cadeia acíclica (aberta), se os ligantes de cada átomo de carbono da dupla forem diferentes entre si e iguais aos ligantes do outro átomo de carbono, tem-se a formação de dois compostos, que são os diastereoisômeros *cis* e *trans*.

Exemplo:



1,2 -dicloroeteno *cis*



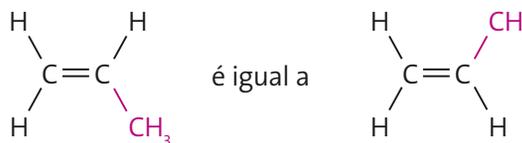
1,2 - dicloroeteno *trans*

Observe que o isômero *cis* possui ligantes iguais em cada átomo de carbono da dupla em um mesmo plano (semiespaço) e o isômero *trans* possui ligantes iguais em cada átomo de carbono da dupla em planos (semiespaço) opostos.

#### Observações:

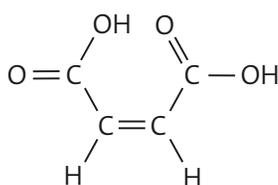
1) É necessário que os ligantes de cada átomo de carbono da dupla sejam diferentes entre si, pois, se forem iguais, não haverá isomeria.

Considere, por exemplo, o propeno:

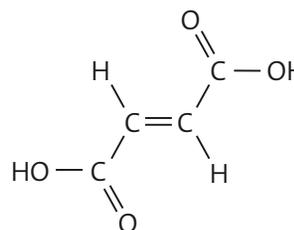


As moléculas acima representam um único composto, apenas foram escritas ao contrário uma em relação à outra.

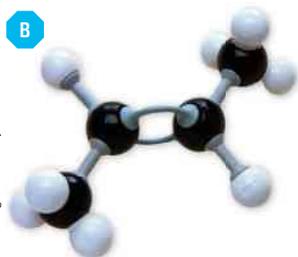
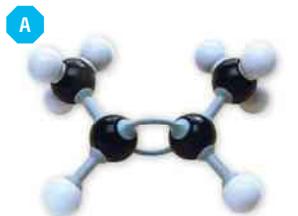
2) As propriedades físicas dos isômeros *cis* e *trans* diferem ligeiramente e, muitas vezes, as propriedades químicas também variam. Observe, por exemplo, os isômeros *cis* e *trans* do ácido butenodioico.



ácido *cis*-butenodioico  
ácido maleico



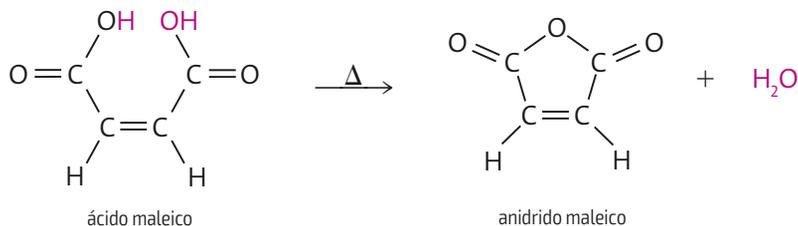
ácido *trans*-butenodioico  
ácido fumárico



Modelos das moléculas de *cis*-2-buteno (A) e *trans*-2-buteno (B).

Fotos: Sérgio Dotta/Arquivo da editora

Por causa da sua configuração espacial, o ácido maleico possui os dois grupos carboxila em um mesmo plano e, por isso, é capaz de sofrer desidratação intramolecular (que ocorre quando os átomos de uma molécula sofrem um rearranjo, liberam uma molécula de água e formam o anidrido maleico).



Já o ácido fumárico, que possui os grupos carboxila em planos opostos, não tem a possibilidade de fazê-los interagir (trata-se de um impedimento espacial) e, dessa forma, não sofre desidratação intramolecular.

As moléculas simétricas tendem a ser apolares, porque, se ocorrer a formação de vetores momento dipolar em razão da diferença de eletronegatividade entre os átomos, esses vetores tenderão a se anular em função da simetria da molécula. Assim, moléculas simétricas têm menores temperaturas de fusão e de ebulição que as moléculas assimétricas e também tendem a ser menos solúveis na água, que é polar. O ácido maleico, cuja molécula é simétrica, apresenta temperatura de ebulição menor que o ácido fumárico (respectivamente, 130,5 °C e 302 °C).

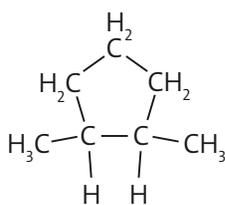
## Diastereoisomeria *cis-trans* em compostos de cadeia cíclica

Quando átomos de carbono estiverem ligados em uma cadeia cíclica, eles jamais poderão fazer uma rotação completa em torno de seus eixos sem que haja rompimento do ciclo. A estrutura cíclica é “rígida”.

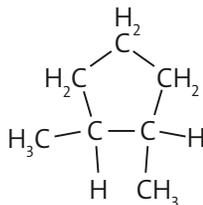
Logo, para que haja diastereoisomeria *cis-trans*, basta que pelo menos dois átomos de carbono do ciclo tenham ligantes diferentes entre si e iguais aos de um outro átomo de carbono.

Traçando uma linha imaginária no sentido da ligação dos átomos de carbono com ligantes diferentes, definimos os isômeros *cis* e *trans*.

Exemplo:



*cis*-1,2 dimetilciclopentano



*trans*-1,2 dimetilciclopentano

Fotos: Sérgio Dotta/Arquivo da editora



Apresenta ligantes iguais em um mesmo plano.



Apresenta ligantes iguais em planos opostos.

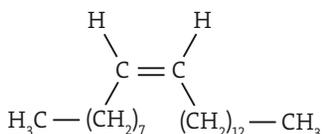
Veja abaixo as temperaturas de fusão (*TF*) e de ebulição (*TE*) em °C dos isômeros *cis* e *trans* do 1,2-dimetilciclopentano.

Isômetro	TF/°C	TE/°C
<i>cis</i>	-62	99,5
<i>trans</i>	-120	91,8

Os isômeros *cis* e *trans* do 1,2-dimetilciclopentano são usados em sínteses orgânicas.

Modelos das moléculas de *cis*-1,2-dimetilciclopentano e *trans*-1,2-dimetilciclopentano, respectivamente.

Os feromônios são substâncias químicas voláteis, que podem agir a longas distâncias, utilizadas para a comunicação entre membros de uma mesma espécie, como insetos, mamíferos e organismos marinhos (algas, peixes, moluscos e crustáceos). Há algum tempo os cientistas vêm fazendo experiências com feromônios sintéticos na tentativa de usá-los em substituição aos inseticidas para controlar a população de insetos. Uma substância sintética que atua comprovadamente como feromônio é o Z-9-tricoseno, utilizado pela mosca doméstica para atrair os machos da espécie.



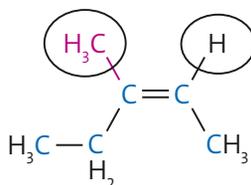
É interessante observar que apenas o isômero Z do 9-tricoseno atrai os machos da mosca doméstica. O isômero E-9-tricoseno não causa nenhum efeito nesse sentido.

A nomenclatura E-Z é aplicada de forma análoga a compostos cíclicos. Lembre-se de que **não podemos** relacionar os termos *cis* e Z (juntos) e *trans* e E (opostos), pois são sistemas de nomenclatura distintos.

## Diastereoisomeria E-Z

Os termos *cis* e *trans* podem se tornar ambíguos se forem aplicados a alcenos cujos átomos de carbono da dupla tenham, em conjunto, mais que dois ligantes diferentes.

Considere, por exemplo, o 3-metilpent-2-eno:



Note que os ligantes em destaque são os mais simples de cada carbono da dupla e, por estarem em um mesmo plano, esse seria o isômero *cis*. Essa ideia, no entanto, opõe-se à definição vista anteriormente, pois os ligantes iguais estão em planos opostos.

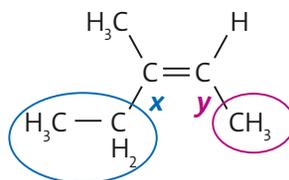
Para evitar esse tipo de impasse, nesses casos, o mais correto é usar o sistema de nomenclatura E-Z, proposto pelo químico orgânico inglês Christopher Kelk Ingold (1893-1970), pelo químico orgânico naturalizado suíço Vladimir Prelog (1906-1998) e por colaboradores.

Nesse sistema, a letra **E** vem da palavra alemã *entgegen*, **opostos**, e a letra **Z**, da palavra alemã *zusammen*, **juntos**.

No sistema E-Z, examinamos os dois grupos ligados a cada átomo de carbono da dupla ligação e os colocamos em ordem de prioridade.

Terá maior prioridade o ligante cujo átomo imediatamente ligado ao carbono da dupla tiver maior número atômico.

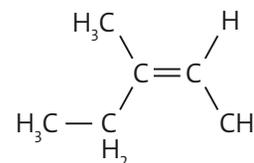
Considere novamente o 3-metilpent-2-eno:



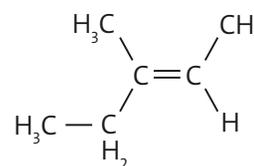
No carbono **x** o ligante de maior prioridade é o etil, pois o desempate é feito comparando-se o número atômico do último átomo de carbono desse ligante com o do átomo de hidrogênio do ligante metil.

No carbono **y** o ligante de maior prioridade é o metil, pois o carbono tem número atômico maior que o átomo de hidrogênio.

- Isômero Z-3-metilpent-2-eno: apresenta os ligantes de maior prioridade em um mesmo plano (juntos).



- Isômero E-3-metilpent-2-eno: apresenta os ligantes de maior prioridade em planos opostos (separados).



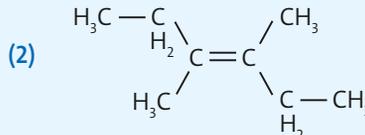
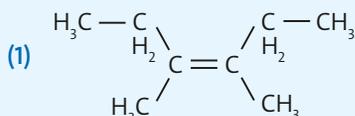
## Exercício resolvido

**2** (Vunesp-SP) No composto 3,4-dimetil-hex-3-eno:

- Ocorre que tipo de isomeria?
- Escreva as fórmulas estruturais dos isômeros espaciais do item anterior, identificando-os.

### Resolução

- O 3,4-dimetil-3-hexeno apresenta diastereoisomeria *cis-trans*. Além disso, por ser um alceno (fórmula molecular  $C_8H_{16}$  e fórmula geral  $C_nH_{2n}$ ), é isômero de ciclanos. Logo, apresenta isomeria de cadeia e de posição (dos radicais e da insaturação).
- Os isômeros espaciais são, respectivamente: *cis*-3,4-dimetil-3-hexeno (1) e *trans*-3,4-dimetil-3-hexeno (2).



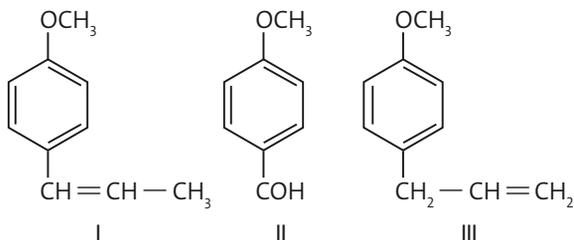
## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**9** (UnB-DF) Indique quais das seguintes substâncias apresentam diastereoisomeria *cis-trans*:

- 2-metilbut-2-eno.
- hex-3-eno.
- 1,3-dimetilciclobutano.
- but-2-eno.
- 1,2-dimetilbenzeno.
- 1,2-diclorociclopenteno.

**10** (Ufop-MG) Com relação às estruturas abaixo, que representam substâncias usadas com fins terapêuticos, responda:



- Quais são os isômeros *orto* e *meta* da substância II?
- Quais são as funções presentes em II?
- Qual(is) das substâncias I, II e III possui(em) diastereoisômeros? Represente-os.
- Qual é a substância que contém uma ligação dupla não conjugada?

**11** (FCC-SP) Qual é o número mínimo de átomos de carbono que um difluoreto orgânico deve ter para possibilitar a existência de isômeros *cis-trans*?

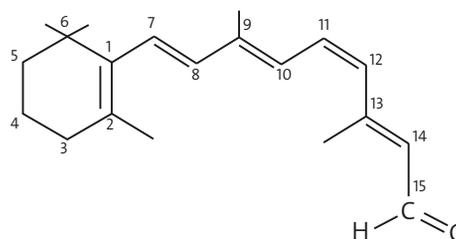
- a) 2      b) 3      c) 4      d) 5      e) 6

**12** Indique se os compostos a seguir apresentam diastereoisomeria *cis-trans* ou diastereoisomeria E-Z. Justifique sua resposta.

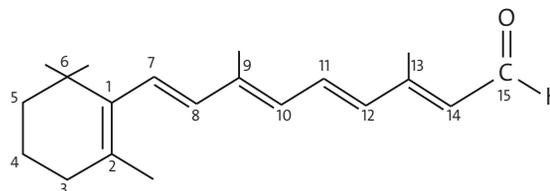
- a) hex-3-eno;      c) ciclobutan-1,3-diol;  
b) 1,2-dibromoeteno;      d) 3-metil-hex-2-eno.

**13** Uma das reações químicas responsáveis pela visão humana envolve dois isômeros da molécula retinal.

Quando a luz incide sobre a rodopsina, que é uma proteína conjugada (que possui outros grupos funcionais além dos aminoácidos) existente nos bastonetes da retina dos mamíferos, transforma o *cis*-11-retinal em *trans*-11-retinal. É essa transformação de um diastereoisômero em outro que marca o início do processo visual, isto é, que age como o elo entre a incidência da luz e a série de reações químicas que geram o impulso nervoso que dá origem à visão.



*cis*-11-retinal



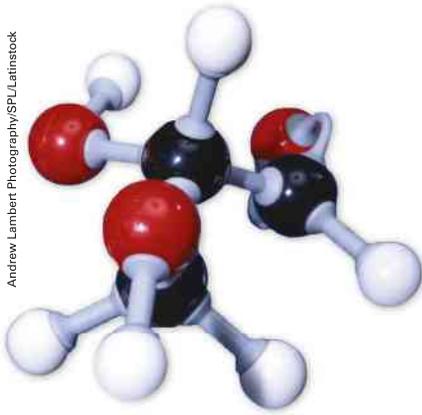
*trans*-11-retinal

- Explique as condições necessárias para que ocorra estereoisomeria *cis-trans* em compostos de cadeia acíclica e em compostos de cadeia cíclica.
- Identifique o grupo funcional e a fórmula molecular de um isômero de função do *cis*-11-retinal.

## Enantiômeros

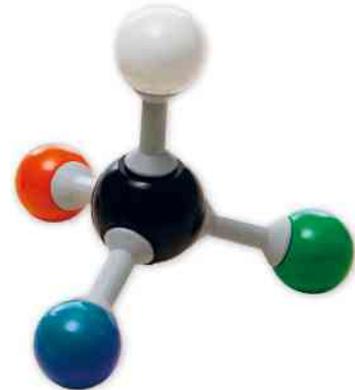
Quando uma molécula é assimétrica, ou seja, quando não é possível dividi-la ao meio de modo que os dois lados resultantes dessa divisão fiquem iguais, ela possui dois enantiômeros que são a imagem especular um do outro.

Os enantiômeros não são sobreponíveis e, por isso, são chamados de moléculas quirais.



Andrew Lambert Photography/SPL/Latinstock

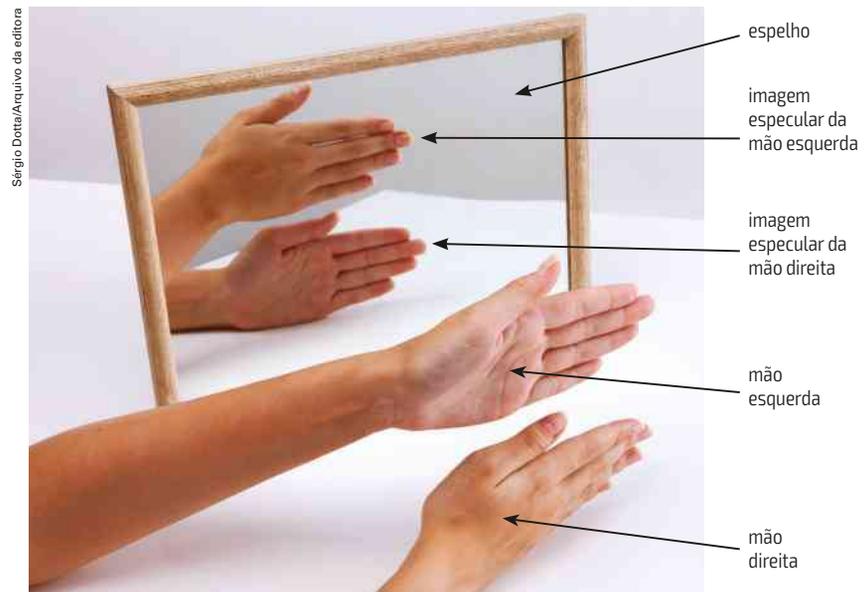
Molécula assimétrica.



Sérgio Dotta/Arquivo da editora

Enantiômero: imagem especular um do outro.

A palavra *quiral* vem de 'mão' (em grego), pois esse fenômeno (ser assimétrico e não sobreponível) ocorre com as mãos direita e esquerda, como mostra a foto a seguir.



A diferença entre dois enantiômeros costuma ser bastante acentuada em relação a fenômenos bioquímicos, ou seja, na maneira como dois enantiômeros atuam em um organismo vivo.

Para você é difícil enxergar esse fenômeno? Não se preocupe, isso é comum. Poucas pessoas conseguem visualizar no espaço a diferença entre dois enantiômeros. É por isso que usamos modelos. Você não tem modelos? Então vamos construir alguns!



## Construção de modelos – enantiômeros

### Material necessário

- 2 xícaras de chá de farinha de trigo
- 1 xícara de chá de sal
- 1 xícara de chá de água (pode ser necessário um pouco mais)
- 2 colheres de sopa de óleo (mineral ou vegetal)
- corante alimentício em 4 cores diferentes ou pó para fazer suco em 4 cores diferentes (uva, limão, laranja, morango, por exemplo)
- tigela ou bacia de plástico
- palitos de dente
- 1 espelho pequeno, desses usados para maquiagem

### Como fazer

Coloque a farinha e o sal na tigela. Misture bem (pode usar as mãos mesmo, previamente limpas). Vá acrescentando a água aos poucos e mexendo com as mãos até que a mistura adquira a consistência de massa de pão.

**I.** Separe a massa em 5 partes iguais. Deixe uma de lado e acrescente corantes ou pó de suco às outras 4 partes da massa, separadamente. A ideia é obter massa de modelar de 5 cores diferentes. Amasse bem cada uma delas para homogeneizar.

Para economizar, você pode utilizar apenas dois corantes diferentes, por exemplo, amarelo e azul. Misturando os dois, você obtém uma terceira cor, no caso, verde. As outras duas partes de massa podem ser de tonalidades diferentes de uma mesma cor. Por exemplo, em uma das partes da massa você acrescenta mais corante ou pó de suco para obter uma tonalidade intensa e, na outra, acrescenta pouco para obter uma tonalidade clara.

**Observação:** os corantes alimentícios muitas vezes são vendidos como anilina. Trata-se de um nome fantasia. A anilina mesmo (benzenoamina ou fenilamina) é tóxica e não pode ser ingerida.

**II.** Pegue uma cor de massa (a mais intensa) para ser o carbono (átomo central). Faça uma bolinha com ela. Quebre dois palitos de dente ao meio e espete-os em quatro pontos da

bolinha para formar um tetraedro (conforme mostra a foto da página 134).

**III.** Faça bolinhas de 4 cores diferentes (foto) e espete-as na extremidade livre de cada palito.



Cingqing/Shutterstock/Glow Images

Repita a operação a partir do item **II**, tomando cuidado para colocar as bolinhas coloridas na exata posição que você as colocou no modelo anterior. (Chamaremos esses dois modelos idênticos de A.)

Repita novamente a operação a partir do item **II**, invertendo a posição das bolinhas coloridas ligadas à bolinha central (átomo de carbono) em relação à posição que você escolheu anteriormente. (Chamaremos esse outro modelo de B.)

Pronto, agora você já tem os modelos.

### Investigue

1. Tente posicionar os modelos A, um sobre o outro, de modo que as bolinhas de cores iguais fiquem exatamente na mesma direção. O que você observa?
2. Pegue agora um modelo A e um modelo B. Tente posicioná-los um sobre o outro, de modo que as bolinhas de cores iguais fiquem exatamente na mesma direção. O que você observa?
3. Coloque um modelo A em frente ao espelho. Tente agora posicionar o outro modelo A ao lado do espelho, de modo que ele fique na mesma posição da imagem A. Isso é possível?
4. Mantenha o modelo A em frente ao espelho. Tente agora posicionar o modelo B ao lado do espelho, de modo que ele fique na mesma posição da imagem do modelo A. O que você conclui?



## A polêmica do carbono assimétrico

Em 1874 o químico holandês Jacobus Henricus van't Hoff (1852-1911) e o químico francês Joseph Achille le Bel (1847-1930), com base em teorias matemáticas, sugeriram, independentemente, a existência de átomos de carbono assimétricos.

A publicação desse conceito levou o famoso químico alemão Adolph Wilhelm Kolbe (1818-1884), cuja contribuição para a Química Orgânica foi da maior importância, a publicar, em 1877, em um dos mais famosos jornais de Química da época, um protesto muito violento contra o trabalho de Van't Hoff.

Esse protesto – que ficou famoso pelo equívoco que representa – tornou-se um “exemplo clássico” do que não devemos fazer diante de uma ideia que não compreendemos.

O protesto de Kolbe dizia o seguinte:

“Em um trabalho recentemente publicado com o mesmo título (*Sinal dos tempos*), insisti no fato de que uma das causas do retrocesso atual da pesquisa química na Alemanha é a falta de conhecimento químico geral e, ao mesmo tempo, fundamental. Muitos de nossos professores de Química estão nessa situação e causam muito mal à ciência. Uma consequência imediata disso é que se está espalhando uma teia de aparente escolaridade e conhecimento, que não passa da filosofia natural, superficial e estúpida, desmascarada há cinquenta anos pela Ciência Natural exata e que, agora, ataca novamente, ajudada por pseudocientistas que tratam de disfarçá-la e apresentá-la como ciência, assim como se tentassem introduzir uma prostituta bem-vestida e empoada na boa sociedade, à qual não pode pertencer.

Qualquer um que possa pensar que os conceitos acima são exagerados poderá ler, se conseguir, o livro dos senhores Van't Hoff e Hermann sobre

*A disposição dos átomos no espaço*, recentemente publicado, e que está cheio de tolices e fantasias. Eu teria ignorado mais este livro se um químico de reputação não o tivesse recomendado calorosamente como uma realização de alto nível.

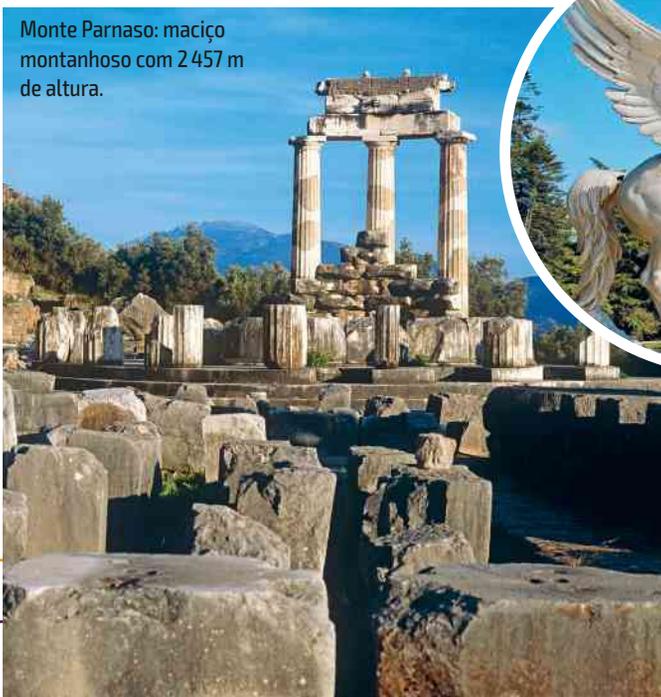
O tal dr. J. H. van't Hoff, da Escola de Veterinária de Utrecht, aparentemente não tem tendência alguma à investigação química exata. Ele prefere montar Pégaso, aparentemente emprestado pela Escola de Veterinária, e proclamar em sua *La chimie dans l'espace* como lhe parecem estar os átomos dispostos no espaço, visto do Monte Parnaso químico a que ele chegou voando”.

PINTO, Angelo C. Alguns aspectos da história da aspirina. Disponível em: <[www.sbq.org.br/filiais/adm/Upload/subconteudo/pdf/Historias\\_Interessantes\\_de\\_Produtos\\_Naturais05.pdf](http://www.sbq.org.br/filiais/adm/Upload/subconteudo/pdf/Historias_Interessantes_de_Produtos_Naturais05.pdf)>. Acesso em: 12 mar. 2014.

Kolbe estava enganado, mas não viveu para assistir à consagração de Van't Hoff, o primeiro químico a receber o prêmio Nobel, em 1901. Na realidade, outros químicos importantes da época também criticaram as propostas de Van't Hoff, porém, aos poucos, suas ideias foram ganhando aceitação.

Em 1874, Van't Hoff pesquisou a diastereoisomeria *cis-trans* e mostrou que as ligações duplas impediam a rotação livre entre os átomos de carbono, levando ao tipo de isomeria que ocorre, por exemplo, entre os ácidos maleico e fumárico.

Monte Parnaso: maciço montanhoso com 2 457 m de altura.



Nigel Bowen-Morris/LatitudeStock/LatinStock

WTFilroe/Orte/Shutterstock/Glow Images

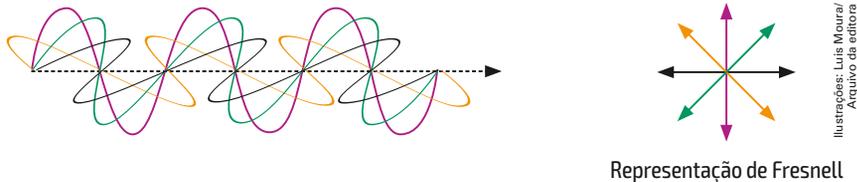


Pégaso, cavalo alado da mitologia grega.

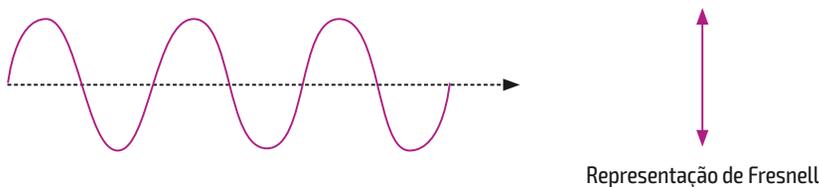
## A polarização da luz

Uma propriedade utilizada para diferenciar dois enantiômeros é que eles desviam o plano de vibração da luz polarizada para sentidos opostos, ou seja, um enantiômero desvia o plano da luz polarizada para a direita (sentido horário) e o outro, para a esquerda (sentido anti-horário).

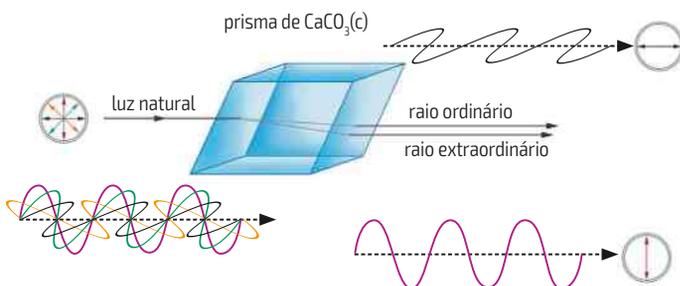
Segundo o modelo ondulatório, a luz natural – aquela que recebemos do Sol ou de uma lâmpada incandescente – é composta de ondas eletromagnéticas que vibram em infinitos planos perpendiculares à direção da propagação da luz.



A luz polarizada é uma luz que vibra em um único plano.



Pode-se obter luz polarizada fazendo-se a luz natural (policromática) atravessar um polarizador (ou substância polarizadora), como, por exemplo, uma lente polaroide ou um prisma de Nicol.

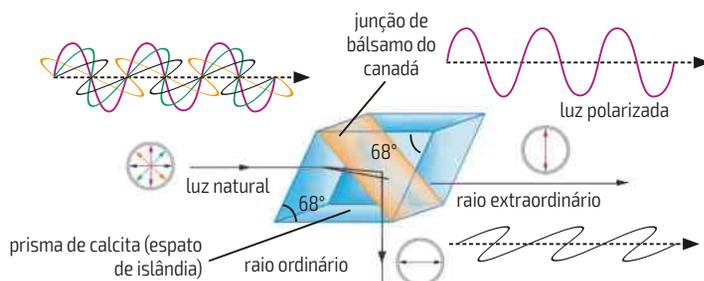


O funcionamento do prisma de Nicol baseia-se na propriedade que a calcita – carbonato de cálcio cristalino,  $\text{CaCO}_3(\text{c})$  – apresenta de produzir uma dupla refração, ou seja, de um raio de luz natural que incide sobre o cristal saem dois raios polarizados refratados, denominados raio ordinário e raio extraordinário, que se propagam em planos perpendiculares.

Para eliminar um dos raios e, assim, obter a luz polarizada, é necessário cortar o cristal na forma de dois prismas segundo um plano diagonal e, em seguida, colar os prismas com uma resina denominada bálsamo do Canadá.

Desse modo, o raio ordinário vai atingir o bálsamo do Canadá em um ângulo de incidência maior que o “ângulo-limite” e, como essa resina é mais refringente que o cristal, será refletido.

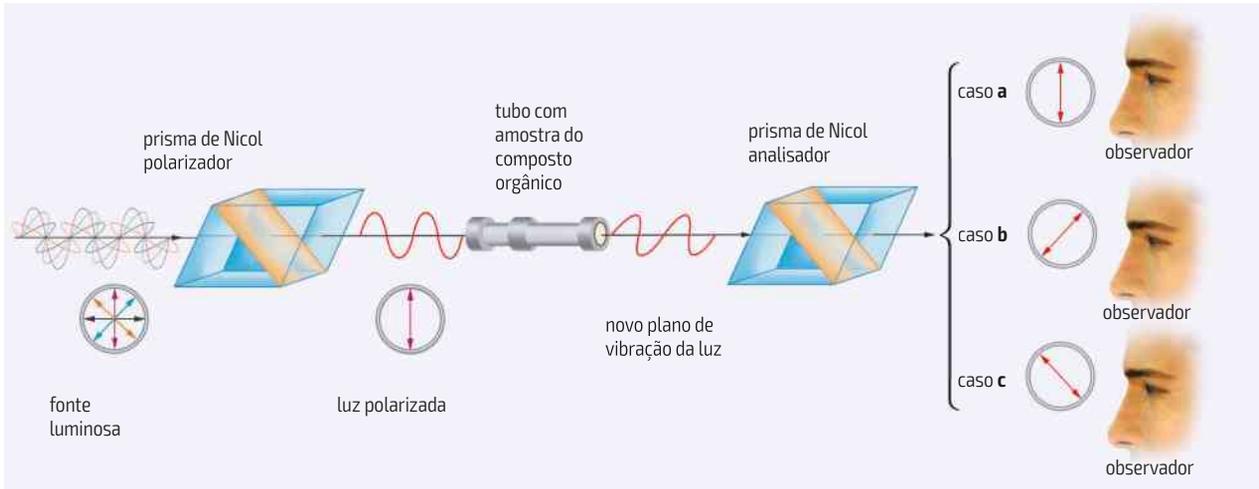
Somente o raio extraordinário atravessa o prisma. Obtém-se, assim, a luz polarizada.



As ilustrações estão fora de escala. Cores fantasia.

## A atividade óptica

Quando a luz polarizada atravessa um composto orgânico, ocorre uma das situações indicadas a seguir.



Ilustrações: Luis Moura/Arquivo da editora



- No caso **a**, a luz polarizada que vibrava em determinado plano, ao atravessar o composto orgânico, continuou vibrando no mesmo plano. Dizemos então que o composto em questão não tem atividade sobre a luz; ele é **opticamente inativo**.
- No caso **b**, a luz polarizada, após atravessar o composto orgânico, passou a vibrar em um plano à **direita** daquele em que vibrava anteriormente. Portanto, o composto é opticamente ativo. Por ter girado o plano da luz polarizada para a direita (no sentido horário), dizemos que é **dextrógiro**.
- No caso **c**, após atravessar o composto orgânico, a luz polarizada passou a vibrar em um plano à **esquerda** do original. Concluímos que o composto é opticamente ativo. Por ter girado o plano de vibração da luz polarizada para a esquerda (no sentido anti-horário), dizemos que é **levógiro**.



Técnico utilizando um polarímetro para determinar a atividade óptica de óleos essenciais.

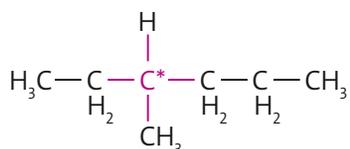
## Moléculas com um carbono assimétrico

Um modo de verificarmos se a molécula de determinado composto orgânico é assimétrica – e, portanto, se possui atividade óptica – é observar se essa molécula tem átomo de carbono assimétrico.

Átomo de carbono assimétrico, C\*, é aquele com todos os 4 ligantes diferentes entre si.

Note que devemos entender por ligante as 4 estruturas completas ligadas ao átomo de carbono e não apenas os 4 átomos imediatamente ligados.

Exemplo: carbono assimétrico no 3-metil-hexano.



Todo composto que apresenta apenas um único carbono assimétrico, C\*, na molécula apresenta dois enantiômeros, um dextrogiro e um levogiro.

Esses dois estereoisômeros desviam a luz polarizada em um mesmo ângulo  $\alpha$ , só que em sentidos contrários.

São por isso chamados enantiômeros, antípodas ópticos, **enantiomorfos** ou ainda moléculas **quirais**.

Se misturarmos partes iguais de dois antípodas ópticos (dextrogiro e levogiro), obteremos uma **mistura racêmica**, que é opticamente inativa por **compensação externa**.

Isso significa que, como há um número igual de moléculas dextrogiras e levogiras, e como essas moléculas provocam desvios contrários na luz polarizada, o desvio resultante será nulo, pois uma molécula cancela o desvio da outra.

A mistura racêmica é opticamente inativa por ser constituída de partes iguais de dois enantiomorfos.

Os compostos que possuem apenas um carbono assimétrico formam apenas uma mistura racêmica.

O nome racêmico tem origem no latim *racemus*, que significa ‘cacho de uvas’. Esse nome foi dado pelo cientista francês Louis Pasteur (1822-1895). Ele observou, em 1857, que algumas soluções da mistura racêmica de ácido tartárico, obtido no processo de fermentação do vinho, tornavam-se turvas quando contaminadas por lêvedos.

Pesquisando o fenômeno, Pasteur constatou que o lêvedo consumia apenas o ácido tartárico dextrogiro, enquanto o levogiro permanecia intacto. Ele concluiu então que, por meio da fermentação, era possível obter o ácido levogiro puro.

Esse método passou a ser usado na separação das duas formas – dextrogiro e levogira – e o levou a relacionar a assimetria molecular com o processo vital dos microrganismos.



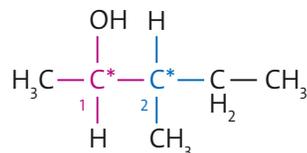
Fotos: Sérgio Dotta/Arquivo da editora

Cristais de ácido tartárico obtidos respectivamente na fabricação de vinho tinto e de vinho branco.

## Moléculas com 2 carbonos assimétricos diferentes

As moléculas com 2 átomos de carbono assimétricos diferentes apresentam 4 estereoisômeros opticamente ativos e 2 misturas racêmicas.

Por exemplo: 3-metilpentan-2-ol:



Os átomos de carbono assinalados 1 e 2 são assimétricos e os ligantes do carbono 1 não são todos iguais aos ligantes do carbono 2.

Acompanhe:

- Ligantes do carbono 1: metil, s-butil, hidrogênio e grupo hidroxila, —OH.
- Ligantes do carbono 2: metil, grupo —CHOHCH<sub>3</sub>, hidrogênio e etil.

Isso significa que se o carbono 1 gira a luz polarizada em um ângulo  $\alpha$ , o carbono 2 vai girar a luz polarizada em um ângulo  $\beta$ , diferente de  $\alpha$ .

Para visualizar melhor o que ocorre em compostos desse tipo, podemos atribuir valores arbitrários para os ângulos  $\alpha$  e  $\beta$ , por exemplo:  $\alpha = 30^\circ$  e  $\beta = 10^\circ$  e, considerando a simbologia dextrogiro (+) e levogiro (-), teremos as seguintes possibilidades quanto ao desvio do plano de vibração da luz polarizada pelos carbonos 1 e 2:

- O carbono 1 gira a luz polarizada em um ângulo de  $30^\circ$  para a direita e o carbono 2 gira a luz polarizada em um ângulo de  $10^\circ$  para a direita.

$$+30^\circ + 10^\circ = +40^\circ \quad \Rightarrow \quad \text{Resultado: dextrogiro 1} = +40^\circ$$

- O carbono 1 gira a luz polarizada em um ângulo de  $30^\circ$  para a esquerda e o carbono 2 gira a luz polarizada em um ângulo de  $10^\circ$  para a esquerda.

$$-30^\circ - 10^\circ = -40^\circ \quad \Rightarrow \quad \text{Resultado: levogiro 1} = -40^\circ$$

- O carbono 1 gira a luz polarizada em um ângulo de  $30^\circ$  para a direita e o carbono 2 gira a luz polarizada em um ângulo de  $10^\circ$  para a esquerda.

$$+30^\circ - 10^\circ = +20^\circ \quad \Rightarrow \quad \text{Resultado: dextrogiro 2} = +20^\circ$$

- O carbono 1 gira a luz polarizada em um ângulo de  $30^\circ$  para a esquerda e o carbono 2 gira a luz polarizada em um ângulo de  $10^\circ$  para a direita.

$$-30^\circ + 10^\circ = -20^\circ \quad \Rightarrow \quad \text{Resultado: levogiro 2} = -20^\circ$$

Temos, portanto, dois pares de enantiômeros ou enantiomorfos:

$$\text{dextrogiro 1} = +40^\circ \text{ e levogiro 1} = -40^\circ$$

$$\text{dextrogiro 2} = +20^\circ \text{ e levogiro 2} = -20^\circ$$

Enantiomorfos ou antípodas ópticos desviam a luz polarizada de um mesmo ângulo, só que em sentidos opostos, e são imagens especulares um do outro.

Já os pares a seguir são denominados diastereoisômeros ou diastereômeros, ou seja, não são imagens especulares um do outro.

dextrogiro 1 = +40° e dextrogiro 2 = +20°

levogiro 1 = -40° e levogiro 2 = -20°

dextrogiro 1 = +40° e levogiro 2 = -20°

dextrogiro 2 = +20° e levogiro 1 = -40°

Diastereoisômeros ou diastereômeros são compostos com atividade óptica que não são imagens especulares um do outro porque desviam a luz polarizada em ângulos diferentes.

Somente os pares enantiomorfos podem formar misturas racêmicas entre si. Assim, de fato, temos duas misturas racêmicas: partes iguais de dextrogiro 1 e levogiro 1 e partes iguais de dextrogiro 2 e levogiro 2.

## Curiosidade



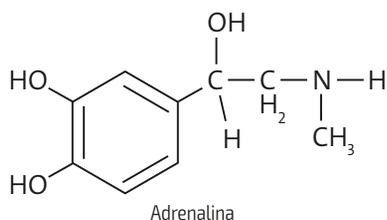
### Atividade bioquímica dos enantiômeros

Como dissemos, a maior diferença entre dois enantiômeros está na atividade que eles exercem em um organismo vivo.

Vamos ver alguns exemplos de como isso ocorre em compostos conhecidos.

#### Adrenalina

A adrenalina é um hormônio produzido pela parte medular das glândulas suprarrenais e liberado pela excitação das fibras nervosas. A adrenalina levogira atua como um potente vasoconstritor e hipertensor.



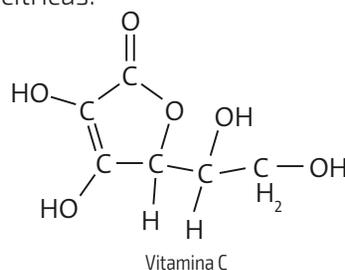
Apresenta um efeito pronunciado sobre o metabolismo corporal, provoca aumento da frequência cardíaca e da tensão arterial.

Em condições normais, a quantidade de adrenalina liberada pelo organismo é constante, mas, em situações de estresse emocional, raiva ou medo, ocorre uma descarga extra da substância, que eleva temporariamente a atividade metabólica.

A adrenalina dextrogiro é bem menos ativa como hormônio do que a adrenalina levogira.

#### Vitamina C

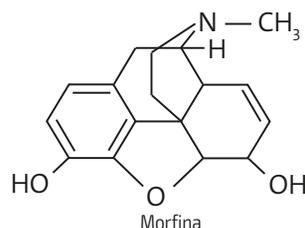
A vitamina C – ácido ascórbico dextrogiro – é obtida de vegetais, verduras cruas, legumes e frutas cítricas.



Auxilia a absorção do ferro, aumenta a resistência orgânica, fortalece os ossos, os vasos sanguíneos, as gengivas e tem efeito antioxidante e antiestressante. A carência de vitamina C provoca escorbuto, gengivite, perda de apetite e cansaço. O ácido ascórbico levogiro não apresenta nenhuma atividade biológica.

#### Morfina

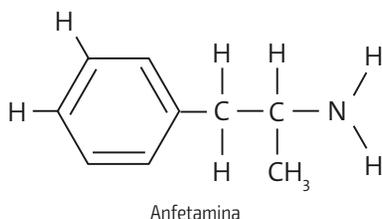
Em condições ambientes a morfina é um pó cristalino, incolor e brilhante.



O isômero levogiro da morfina é utilizado para aliviar as dores muito fortes. Não é indicado para casos mais brandos porque causa dependência física. Já o isômero dextrogiro da morfina não apresenta nenhum efeito nesse sentido.

## Anfetamina

A anfetamina é utilizada ilegalmente como *doping* nos esportes por ser um poderoso estimulante. Tem grande ação sobre o cérebro e provoca mudanças psicológicas semelhantes às produzidas pela cocaína.

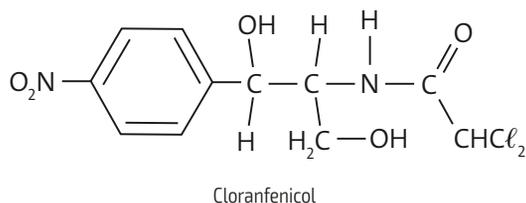


Foi muito utilizada como moderador de apetite para auxiliar os regimes de emagrecimento (que sempre estiveram em moda). Atualmente não é usada para esse fim, pois, além de causar dependência física e psíquica, não modifica os hábitos alimentares do indivíduo, que recupera, totalmente ou até além, o peso perdido quando interrompe o uso do remédio.

A anfetamina dextrogira é cerca de 10 vezes mais eficaz como estimulante e anorexígeno que a anfetamina levogira.

## Cloranfenicol

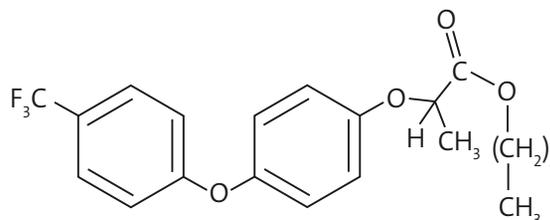
O cloranfenicol levogiro é um potente antibiótico sintético de amplo espectro. Os demais enantiômeros dessa substância são praticamente inativos no combate aos microrganismos.



## Fluazifope de butila

O isômero dextrogiro do fluazifope de butila tem forte ação herbicida.

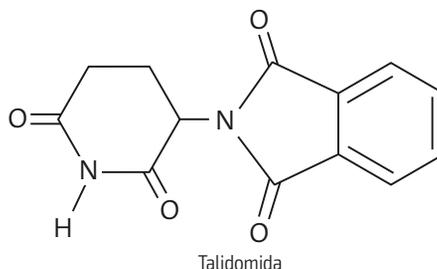
O isômero levogiro dessa substância é totalmente atóxico para as plantas.



Fluazifope de butila

## Talidomida

A talidomida dextrogira é indicada como sedativo suave, isento de efeitos colaterais. Por isso, essa substância foi amplamente prescrita para mulheres grávidas na década de 1960. Porém, a talidomida levogira é teratogênica, ou seja, provoca mutações genéticas graves no feto.



Talidomida

Quando a forma dextrogira (inofensiva) da talidomida é ingerida, sofre racemização no organismo e dá origem à forma levogira. Com isso, nasceram milhares de crianças com malformação congênita até seu uso ser proibido.

A síntese da talidomida é barata e descobriu-se que essa droga pode ser útil em uma série de doenças como hanseníase (lepra), lúpus, câncer, leucemia, vitiligo, aftas, tuberculose, angiodisplasia, etc.

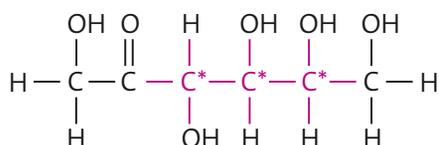
Assim, a substância continua no mercado e, apesar de ter seu uso controlado, segundo informações disponíveis em: <[www.talidomida.org.br/](http://www.talidomida.org.br/)>, "ainda causa o nascimento de crianças com malformação genética (2ª e 3ª gerações); principalmente por causa da desinformação, inclusive de profissionais da área da saúde, e pela automedicação, uma prática constante no Brasil". (Acesso em: 9 mar. 2016.)

## Moléculas com $n$ carbonos assimétricos diferentes

Quando uma molécula tem **vários átomos de carbono assimétricos diferentes**, calcula-se o número de enantiômeros ativos pela **regra de Van't Hoff**, estabelecida por volta de 1882 pelo cientista holandês Jacobus Henricus van't Hoff (1852-1911).

O número de estereoisômeros opticamente ativos é igual a  $2^{C^*}$ , sendo  $C^*$  o número de átomos de carbono assimétricos diferentes existentes na molécula.

Considere, por exemplo, a molécula de frutose,  $C_6H_{12}O_6$ :



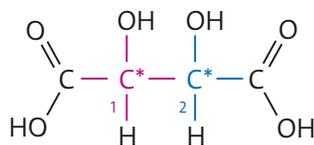
Como essa molécula possui 3 átomos de carbono assimétricos diferentes, o número de enantiômeros ativos será:  $2^3 = 8$ , sendo 4 dextrogiros e 4 levogiros.

O número de misturas racêmicas é sempre a metade do número de estereoisômeros opticamente ativos.

Nesse caso, têm-se 4 misturas racêmicas possíveis.

## Moléculas com 2 carbonos assimétricos iguais

Considere, por exemplo, o composto ácido 2,3-di-hidroxiбутanodioico (ácido tartárico):



Os átomos de carbono assinalados **1** e **2** são assimétricos e os ligantes do **carbono 1** são todos iguais aos ligantes do **carbono 2**.

Observe: grupo carboxila, grupo hidroxila, hidrogênio e grupo  $-\text{CHOHCOOH}$ .

Isso significa que se o **carbono 1** gira a luz polarizada em um ângulo  $\alpha$ , o **carbono 2** também vai girar a luz polarizada em um ângulo  $\alpha$ .

Considerando que esses átomos de carbono podem girar a luz para a direita ou para a esquerda, teremos as seguintes possibilidades:

- O **carbono 1** gira a luz polarizada em um ângulo  $\alpha$  para a direita e o **carbono 2** gira a luz polarizada em um ângulo  $\alpha$  para a direita.

$$+\alpha + \alpha = +2\alpha \Rightarrow \text{Resultado: dextrogiro} = +2\alpha$$

- O **carbono 1** gira a luz polarizada em um ângulo  $\alpha$  para a esquerda e o **carbono 2** gira a luz polarizada em um ângulo  $\alpha$  para a esquerda.

$$-\alpha - \alpha = -2\alpha \Rightarrow \text{Resultado: levogiro} = -2\alpha$$

O ácido tartárico forma-se durante a fabricação do vinho. Quando puro, o ácido tartárico apresenta-se como cristais incolores transparentes, com sabor ácido e solúvel em água e álcool etílico. É utilizado na fabricação de bebidas efervescentes, em fotografia, na indústria têxtil e como acidulante em alimentos.

- O **carbono 1** gira a luz polarizada em um ângulo  $\alpha$  para a direita e o **carbono 2** gira a luz polarizada em um ângulo  $\alpha$  para a esquerda.  
 $+\alpha - \alpha = 0 \Rightarrow$  Resultado: composto **meso** (inativo)
- O **carbono 1** gira a luz polarizada em um ângulo  $\alpha$  para a esquerda e o **carbono 2** gira a luz polarizada em um ângulo  $\alpha$  para a direita.  
 $-\alpha + \alpha = 0 \Rightarrow$  Resultado: composto **meso** (inativo)

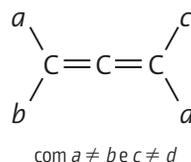
O composto meso é opticamente inativo por **compensação interna**, isto é, um dos átomos de carbono assimétrico da molécula cancela o desvio do plano de vibração da luz polarizada provocado pelo outro átomo de carbono assimétrico.

Logo, o ácido tartárico possui 3 enantiômeros: o ácido tartárico dextrogiro, o ácido tartárico levogiro e o ácido tartárico meso (opticamente inativo). Nesse caso, como há apenas um isômero dextrogiro e um isômero levogiro, só é possível obter uma mistura racêmica.

### Moléculas assimétricas que não possuem carbono assimétrico

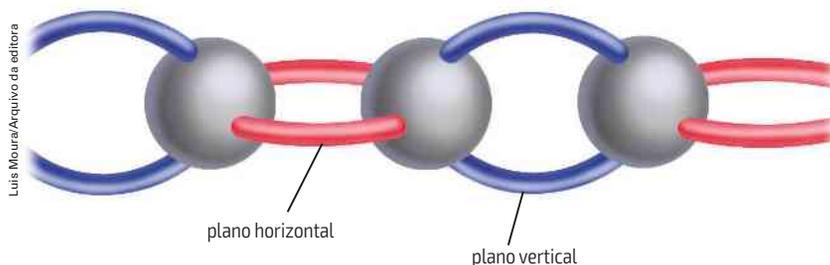
Um caso importante de molécula assimétrica que não possui átomo de carbono assimétrico é o que ocorre em alcadienos acumulados, ou seja, com duas ligações duplas seguidas entre átomos de carbono.

Se um alcadieno acumulado tiver os ligantes de cada átomo de carbono da dupla diferentes entre si,

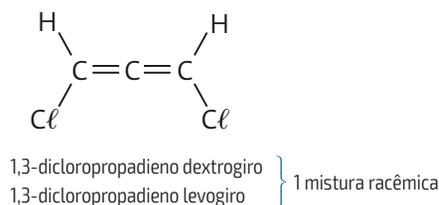


a molécula não terá plano de simetria, ou seja, será assimétrica e apresentará atividade óptica, com um isômero dextrogiro, um isômero levogiro e, consequentemente, uma mistura racêmica.

A ilustração está fora de escala. Cores fantasia.



Por exemplo, molécula do composto 1,3-dicloropropadieno:





## Opiáceos

Muitas substâncias com grande atividade farmacológica podem ser extraídas da planta *Papaver somniferum* ou papoula-do-orientes.

Ao fazer cortes na cápsula da papoula, quando ainda verde, obtém-se um suco leitoso, o ópio (a palavra *ópio* em grego quer dizer 'suco').



Martin Nemec/Shutterstock/Glow Images

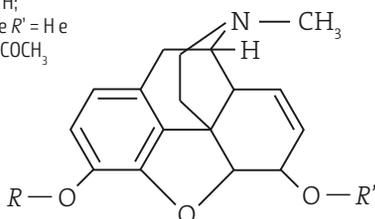
Papoula-do-orientes

O resíduo seco desse suco, denominado pó de ópio, contém pelo menos 20 alcaloides naturais dos quais o mais potente é a morfina.

Alcaloides são compostos orgânicos nitrogenados de estrutura complexa e caráter básico, em geral heterocíclicos, que constituem os princípios ativos dos vegetais e que exercem uma pronunciada ação fisiológica sobre os animais.

Outra substância extraída do ópio é a codeína. Já a heroína é sintetizada a partir da morfina por meio de uma reação de esterificação e, por isso, é considerada uma substância semissintética.

morfina:  $R = R' = H$ ;  
codeína:  $R = CH_3$  e  $R' = H$  e  
heroína:  $R' = R = COCH_3$



### Morfina

A palavra morfina deriva de Morfeu, o deus dos sonhos na mitologia grega. A droga é um potente depressor da parte central do sistema nervoso. Provoca aumento de sono e diminuição da dor.

Doses elevadas produzem um estado de torpor e calma e anulam toda emoção, de dor e de prazer. A morfina causa dilatação das pupilas, paralisia do estômago e do intestino e forte prisão de ventre. É usada na Medicina para aliviar a dor de pacientes graves e terminais.

A síndrome de abstinência da morfina é um processo violento e doloroso que pode durar de 8 a 12 dias. Provoca náuseas e vômitos, diarreia, câibras musculares, cólicas intestinais, coriza e lacrimejamento.

### Codeína

A codeína, ou metilmorfina, era utilizada na Medicina em remédios para tosse (denominados antitussígenos) e como analgésico.

O problema é que a codeína também inibe a ação de outras áreas do cérebro, causa sonolência, apatia, diminui a pressão arterial, os batimentos cardíacos e a frequência respiratória.

Quando consumida em excesso, a temperatura corporal diminui e a pele fica azulada (cianose), em razão da oxigenação insuficiente, podendo levar a um estado de coma e até a morte.

Os sintomas da síndrome de abstinência são calafrios, câibras, cólicas, coriza, lacrimejamento, inquietação, irritabilidade e insônia.

### Heroína

A heroína ou diacetilmorfina é um depressor mais potente que a morfina. Não é usada na Medicina em razão dos danos que causa.

A síndrome de abstinência é um processo extremamente violento. Poucas drogas causam um efeito tão devastador no organismo.

Seu uso interrompe a produção da endorfina, substância que o corpo produz para controlar a dor e proporcionar prazer. Se o dependente tenta interromper o vício, entra em desespero, sente dores tão fortes que não consegue mais dormir, tomar banho, trocar de roupa. O organismo perde a capacidade de regular a temperatura e a pessoa passa a suar muito ou a ter calafrios.

## Exercício resolvido

**3** (UFRGS-RS) Na natureza existem produtos que, pela modificação da disposição relativa dos ligantes de um centro quiral (carbono assimétrico), apresentam propriedades organolépticas diferentes. Um exemplo é observado no limoneno, encontrado em óleos essenciais, onde um dos isômeros apresenta sabor de laranja e o outro, de limão. Pode-se afirmar que esses compostos são isômeros:

- diastereoisômeros.
- enantiômeros.
- posicionais.
- esqueletais.
- funcionais.

### Resolução

Compostos que pela modificação da disposição relativa dos ligantes de um centro quiral (carbono assimétrico) apresentam propriedades organolépticas diferentes são enantiômeros.



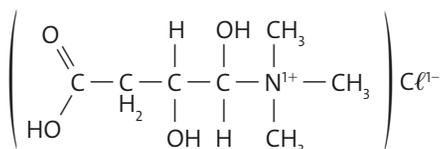
limoneno ou 1-metil-4-isopropenilciclohex-1-eno

Alternativa **b**.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**14** Em ambientes assolados por predadores é fundamental para a sobrevivência da espécie a capacidade de avisar seus semelhantes sobre a presença de um perigo. Ao ser molestada, a anêmona-do-mar, *Anthopleura elegantissima*, libera na água uma substância denominada antopleurina (fórmula abaixo), um feromônio que atua como um alarme fazendo que as outras anêmonas que estejam nas proximidades se contraiam em atitude de defesa.



Mais interessante ainda é que, após comer uma anêmona, o nudibrânquio (seu predador natural) conserva em seus tecidos uma concentração de antopleurina suficiente para provocar contrações em anêmonas que estão a distância, impedindo que ele faça uma nova refeição por até 5 dias.

A partir da fórmula da antopleurina, esquematizada acima, identifique o número de estereoisômeros opticamente ativos, de misturas racêmicas e de diastereômeros que a antopleurina possui.

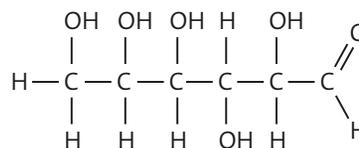
**15** Em última análise, o organismo humano obtém a energia necessária para realizar qualquer atividade a partir da queima da glicose, e o oxigênio é essencial nesse processo. Se faltar oxigênio — o que ocorre, por exemplo, em altitudes elevadas ou durante a prática de exercícios físicos muito intensos —, a glicose se degrada produzindo ácido lático que provoca no organismo sensações de fadiga, músculos doloridos e/ou câibras.

O ácido lático apresenta dois enantiômeros: o dextrogiro e o levogiro. É possível obter o ácido lático dextrogiro pela ação de bactérias no extrato de carne, e o ácido lático levogiro, pela fermentação da sacarose pelo *Bacillus acidi levolactiti*. Uma mistura dos dois pode ser obtida da fermentação do leite.

Sabendo que o nome oficial do ácido lático é ácido 2-hidroxipropanoico, indique:

- sua fórmula estrutural;
- o número de misturas racêmicas que ele forma.

**16** A glicose dextrogiro (dextrose) é um alimento nutritivo e uma importante fonte de energia para o organismo. Já a glicose levogira não pode ser considerada um alimento, pois não é assimilada pelo organismo. Em relação à molécula de glicose esquematizada a seguir:



- Quantos carbonos assimétricos tem a molécula?
- Quantos isômeros dextrogiros e levogiros tem a glicose?
- Quantas misturas racêmicas é possível obter?
- A glicose apresenta pares diastereômeros? Eles formam misturas racêmicas?
- Quais são os grupos funcionais presentes na molécula de glicose?

# Compreendendo o Mundo

Nesta Unidade estudamos as propriedades químicas e fisiológicas das principais drogas conhecidas. Vimos a que grupos funcionais elas pertencem, suas propriedades e como atuam no organismo do indivíduo que se submete a elas.

Usar uma droga implica submissão à substância. Dependência é estar subordinado ou sob o domínio de algo maior e mais forte que a própria vontade. Significa não ter vontade própria ou não ser capaz de impor essa vontade a ninguém, nem a si mesmo.

É curioso que o jovem, justamente na idade em que deveria estar “proclamando sua independência” resolva se submeter a uma ou mais drogas, perpetuando seu estado de dependência.

Apesar de ser difícil crescer e se impor em uma sociedade como a nossa, em que a maioria dos valores encontram-se deturpados pela mídia com mensagens como “você só será feliz e aceito se tiver o corpo ideal, usar roupas da marca X ou ter o carro da marca Y”, não será nas drogas que os jovens vão encontrar a solução. Muito pelo contrário.

Somam-se ainda problemas sociais como desigualdade, violência urbana, corrupção, tragédias naturais, desemprego, incerteza do futuro; além de problemas familiares, como brigas, falta de dinheiro, falta de perspectiva, falta de opções de lazer. E, então, como escapar do traficante com a possibilidade de fuga, de prazer fácil, que na fase inicial é oferecido a um custo muito baixo ou até como “cortesia”? A resposta é uma só: com informação.

É a informação que nos faz enxergar os verdadeiros problemas decorrentes do uso das drogas, e nos faz perceber que essa não é, nem de longe, a solução para os problemas.

O álcool, por exemplo, é uma droga lícita que na propaganda é constantemente relacionado a sexo, prazer, beleza, alegria, descontração. Mas será que é isso mesmo?

Justamente por ser uma droga lícita e tão incorporada a nossa sociedade, é difícil quem já não tenha convivido com um alcoólico, seja na própria família ou na vizinhança.

Para onde vai a beleza, o charme, a alegria de alguém que “se submete à bebida”? Como fica a família, o emprego, a relação com os amigos, a vida de alguém que se vê atingido por essa doença? Por que então continuamos a acreditar na propaganda do álcool e não nas imagens reais que ele nos apresenta?

É assustadora a força da propaganda: “uma mentira repetida várias vezes se torna uma verdade”. Não precisamos aceitar isso. Uma mentira sempre será uma mentira, não importa quantas vezes seja repetida.

Não é simples viver no nosso mundo. Mas sempre existe a possibilidade de mudar o que está errado. Os jovens são muito bons em mudar as coisas. Não precisamos aceitar as imposições da mídia. Podemos buscar informação, constatar o que está errado, questionar os valores propostos, duvidar, sugerir mudanças. Se um jovem não faz isso, quem vai fazer?

É óbvio que o valor de uma pessoa não está no corpo dentro do “padrão de beleza” (irreal), no carro, nas roupas ou nos produtos que tem ou utiliza; aliás, o consumismo não é uma “qualidade invejável”, é uma verdadeira praga, considerado, atualmente, um dos maiores problemas ambientais e sociais que temos de enfrentar. Algo a ser combatido e não conquistado.

Andar de ônibus é proteger o meio ambiente. É muito ruim andar de ônibus? Então precisamos lutar para melhorar o transporte público e não necessariamente para comprar um carro.

Prolongar a vida útil de roupas e produtos, evitando comprar e descartar desnecessariamente, é ter consciência ecológica. Se a propaganda diz o contrário é porque precisa vender produtos para sobreviver.

Mais uma vez a resposta está na informação, que nos esclarece sobre as consequências do consumismo exagerado e nos ajuda a fazer escolhas mais saudáveis para nós mesmos e para o planeta. Esse será o assunto da próxima Unidade.

Você não precisa acreditar nas mensagens com valores deturpados propagados pela mídia para encontrar alegria e felicidade.

# Consumismo

Consumismo significa comprar sem pensar, comprar por comprar, sem precisar, acumular coisas. O “comprador compulsivo” experimenta sensações muito semelhantes às do usuário de drogas, o prazer na hora da compra, a euforia de possuir algo que de fato ele nem precisava, a extrema alegria que em pouco tempo se transforma em vazio, em angústia e mal-estar que só passa quando o indivíduo volta a comprar, e então o ciclo se repete.

Mas o que os leva a agir desse modo? Por que fazem isso? Com certeza a resposta não é simples mas, sem dúvida, a força da propaganda se não é a causa é no mínimo o alicerce dessa situação. A propaganda cria necessidades, impõe atitudes, fragiliza nosso bom senso, nos torna reféns do consumismo.

Você pode pensar: “eu gosto de comprar e tenho dinheiro para isso, então, qual é o problema?”. O problema é que isso está acabando com nosso planeta, esgotando nossos recursos naturais, saturando os aterros sanitários e lixões, está se tornando insustentável. Não vale a pena refletir a respeito e mudar de atitude?

## FOI NOTÍCIA!



## Consumo

Lojas de departamentos de vários andares, *shopping centers* que oferecem todos os tipos de serviços, *boutiques* finas que servem champanhe aos clientes, pequenas lojas que vendem toda sorte de produtos por menos de R\$ 2,00.

Há décadas consumir deixou de ser um simples ato de subsistência para ser identificado com uma forma de lazer, de libertação e até mesmo de cidadania. Homens e mulheres são levados a consumir mesmo sem necessidade, apenas pelo simples ato de comprar. Porém o consumo desenfreado também é uma grande ameaça ao meio ambiente.

A finitude dos recursos naturais é evidente, e é agravada pelo modo de produção regente, que destrói e polui o meio ambiente. O primeiro e mais importante limite dessa cultura do consumo, que estamos testemunhando hoje, são os próprios limites ambientais.

O planeta não suportaria se cada habitante tivesse um automóvel, por exemplo. Nos níveis e padrões atuais, o consumo precisa ser modificado em direção a formas mais sustentáveis, tanto do ponto de vista social quanto ambiental.

Dados [recentes] fornecidos pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (Pnud) mostraram que o mundo está consumindo 40% além da capacidade de reposição da biosfera (energia, alimentos, recursos naturais) e o *deficit* é aumentado 2,5% ao ano.

Relatórios da Organização das Nações Unidas (ONU) apontam que 85% da produção e do consumo no mundo estão localizados nos países industrializados que têm apenas 19% da população [do planeta]. Os Estados Unidos têm 5% da população mundial e consomem 40% dos recursos

disponíveis. Se os seis bilhões de pessoas usufríssem o mesmo padrão de vida dos 270 milhões de americanos, seriam necessários seis planetas. [...]

A consequência do consumo desenfreado é, principalmente, o fim dos recursos naturais. Para suprir a demanda por produtos, é preciso produzir mais produtos. E isso significa consumir mais energia, mais combustível, mais madeira, e minérios – enfim, mais materiais provenientes da natureza.

Por sua vez, essa prática gera mais poluição industrial e mais lixo. Quem primeiro sofre com isso é o meio ambiente. Os resultados dessa prática são logo sentidos pelos homens também. Basta pensar na crise de energia por que o mundo vem passando, no aumento do preço de certos materiais que já começam a escassear, na saturação de lixões e aterros sanitários, na poluição e seus efeitos sobre a saúde humana.

Mas não é só. O consumismo também agrava a pobreza, aumentando a distância entre ricos e pobres. Países ricos e altamente industrializados geralmente exploram os recursos naturais dos países mais pobres, que, no entanto, não enriquecem com isso (ao contrário, ficam ainda mais pobres)."

BUENO, Chris. *360 Graus*, 1º maio 2012. Disponível em: <<http://360graus.terra.com.br/ecologia/default.asp?did=27177&action=geral>>. Acesso em: 9 jan. 2016.

*Você leu uma matéria que mostra os males que o consumismo causa à natureza e à sociedade, desde a poluição e destruição do meio ambiente até o aumento da desigualdade e da pobreza. Você sabe como a Química pode ser usada para modificar essa situação?*

## 1 Substituição em alcanos

Conhecemos as principais funções orgânicas e suas propriedades físicas. Agora, vamos estudar as propriedades químicas de cada grupo funcional, ou seja, suas reações características.

Começando pela classe dos hidrocarbonetos, vimos que os alcanos são compostos praticamente apolares, primeiro porque a diferença de eletronegatividade entre o carbono (2,5) e o hidrogênio (2,1) não é muito acentuada e, segundo, porque a polaridade que resulta da geometria tetraédrica dos carbonos saturados normalmente é igual a zero ou pode ser considerada desprezível.

Por isso, os alcanos são pouco reativos, mas em condições energéticas podem sofrer reações denominadas de substituição.

O químico deve propiciar as condições certas (solvente, temperatura, pressão, catalisador, luminosidade) para obter o produto substituído desejado a partir de um alcano.

Nas reações de substituição ocorre a troca de um átomo que faz parte do composto orgânico por outro átomo ou grupo de átomos.

Esquemmatizando a substituição de uma maneira genérica, temos:



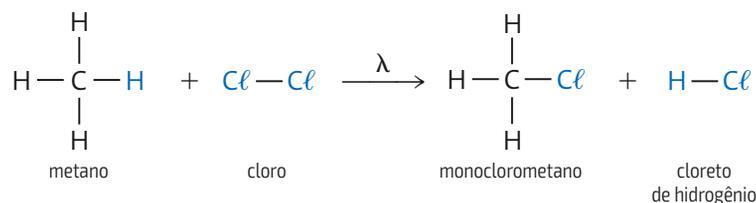
De acordo com os átomos A e B, as reações de substituição em alcanos podem ser de halogenação, de nitração ou de sulfonação.

## Halogenação em alcanos

A reação de substituição conhecida por halogenação consiste na substituição de um ou mais átomos de hidrogênio de um alcano por um ou mais átomos de halogênios. É utilizada para a obtenção de haletos orgânicos saturados (haletos de alquila).

É feita principalmente com cloro,  $\text{Cl}_2(\text{g})$ , e bromo,  $\text{Br}_2(\ell)$ , na presença de luz ( $\lambda$ ) ultravioleta ou de forte aquecimento ( $300^\circ\text{C}$ ).

Considere, por exemplo, a reação de monocloração do metano, que forma monoclorometano e cloreto de hidrogênio:



Caso haja reagente (cloro) em excesso, poderá haver substituição de outros hidrogênios da molécula e formação de diclorometano, triclorometano (clorofórmio) ou tetraclorometano (tetracloro de carbono).

A halogenação de alcanos feita com flúor,  $\text{F}_2(\text{g})$ , é explosiva e difícil de controlar, podendo destruir a matéria orgânica:



Por outro lado, a reação com iodo,  $\text{I}_2(\text{g})$ , é extremamente lenta.

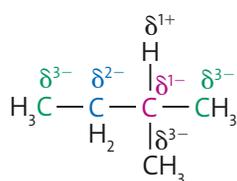
## Halogenação em alcanos com 3 ou mais carbonos

Quando a molécula do alcano possuir pelo menos 3 átomos de carbono, obteremos uma mistura de diferentes compostos substituídos. A quantidade de cada composto obtido será proporcional à ordem de facilidade com que o hidrogênio é liberado na molécula.

Para descobrir qual seria essa ordem, podemos pensar em termos de eletronegatividade. O carbono apresenta eletronegatividade igual a 2,5 e, portanto, é mais eletronegativo que o hidrogênio, que apresenta eletronegatividade igual a 2,1. Dessa forma:

- quando um átomo de carbono estabelece ligação com um átomo de hidrogênio, o carbono adquire caráter parcial negativo,  $\delta^{-}$ , e o hidrogênio adquire caráter parcial positivo,  $\delta^{+}$ ;
- quando dois átomos de carbono estabelecem ligação entre si, ambos adquirem caráter parcial igual a zero,  $\delta^0$ , uma vez que não há diferença de eletronegatividade entre eles.

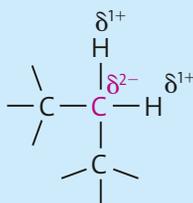
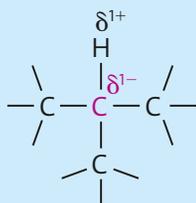
Observe na fórmula a seguir o caráter parcial de cada carbono na molécula de metilbutano:



Concluimos que o átomo de carbono terciário é o que apresenta o caráter “menos negativo”. Como o hidrogênio tem caráter positivo, a atração na ligação carbono-hidrogênio é menos intensa no átomo de carbono terciário do que nos demais átomos de carbono. Assim, ele é liberado mais facilmente.

A ordem de facilidade com que o hidrogênio é liberado da molécula será então:

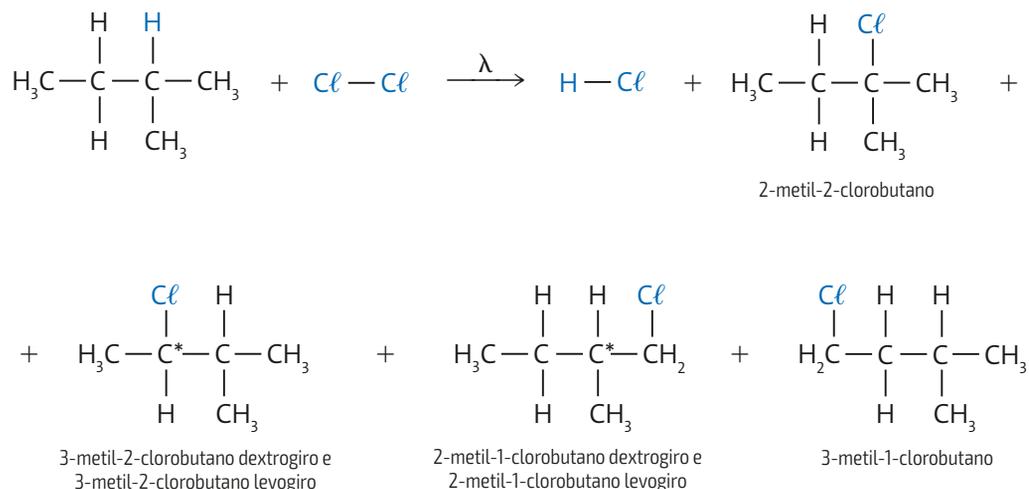
**H ligado a carbono terciário > H ligado a carbono secundário > H ligado a carbono primário**



Quando escrevemos uma reação de halogenação de alcanos, não fazemos o balanceamento, ou seja, não indicamos os coeficientes dos reagentes e produtos porque, nesse caso, o balanceamento não se baseia apenas numa questão de estequiometria.

É claro que os átomos que constituem os reagentes são os mesmos que formam os produtos, mas a quantidade de cada substância formada é estatística.

Exemplo: monocloração do metilbutano (equação não balanceada).



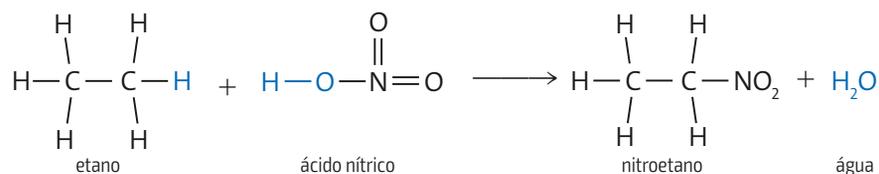
Experimentalmente, a porcentagem de cada composto obtido nesse exemplo (considerando-se apenas a monocloração) é em torno de (esta é apenas uma possibilidade):

- 23% de 2-metil-2-clorobutano.
- 35% da mistura de isômeros ópticos 3-metil-2-clorobutano dextrogiro e 3-metil-2-clorobutano levogiro.
- 28% da mistura de isômeros ópticos 2-metil-1-clorobutano dextrogiro e 2-metil-1-clorobutano levogiro.
- 14% de 3-metil-1-clorobutano.

## Nitração em alcanos

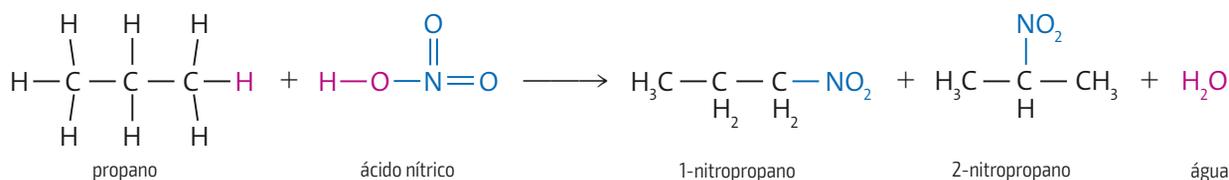
É a substituição de um ou mais átomos de hidrogênio de um alcano por um ou mais grupos nitro,  $-\text{NO}_2$ . A reação é feita na presença de ácido nítrico, concentrado e a quente, e forma nitroalcanos e água.

Exemplo: mononitração do etano.

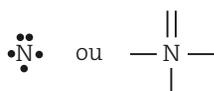


A mononitração de alcanos com mais de 2 carbonos forma uma mistura de compostos da mesma forma que na mono-halogenação de alcanos.

Exemplo: mononitração do propano



Lembre-se de que o nitrogênio apresenta 5 elétrons na camada de valência:



## Sulfonação em alcanos

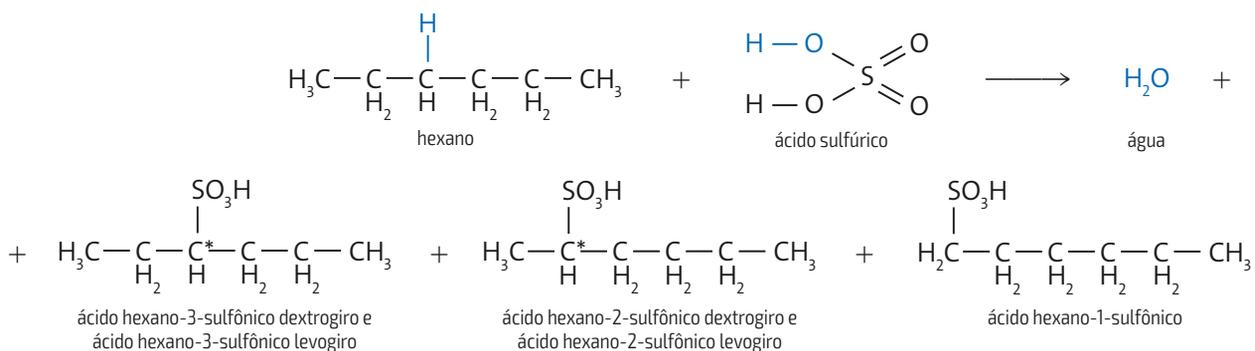
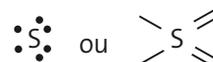
É a substituição de um ou mais átomos de hidrogênio de um alcano por um ou mais grupos sulfônicos,  $-\text{SO}_3\text{H}$ .

A reação é feita na presença de ácido sulfúrico, concentrado e a quente, e forma ácidos sulfônicos.

Somente alcanos com 6 ou mais carbonos reagem com ácido sulfúrico. Os alcanos mais simples, de massa molar baixa, são destruídos (oxirredução violenta).

Exemplo: monossulfonação do hexano (equação não balanceada).

Lembre-se de que o enxofre apresenta 6 elétrons na camada de valência:



Note que a monossulfonação de alcanos também forma uma mistura de compostos.

A equação química não está balanceada porque a formação de produtos é estatística e não estequiométrica.

## 2) Consumo e produção de substâncias perigosas

Note que as reações que acabamos de estudar utilizam reagentes (cloro, ácido nítrico, ácido sulfúrico) bastante reativos e potencialmente perigosos ao ser humano e ao meio ambiente, sem contar o consumo de alcanos, que são derivados do petróleo cuja extração e descarte envolvem grande risco à natureza e ao meio ambiente.

Os produtos obtidos (organoclorados, nitrocompostos, ácidos sulfônicos) também apresentam grande potencial poluidor.

É claro que, se todo o processo – obtenção de reagente, de produtos e tratamento dos efluentes – obedecer a todas as normas de proteção ao meio ambiente, o impacto causado será reduzido (embora nunca seja nulo).

O problema é que nem sempre o respeito às normas de segurança ocorre em todas as indústrias e nem sempre ocorre todo o tempo.

Assim, a ideia de buscar alternativas para a utilização de reagentes e produtos perigosos tem prevalecido entre os pesquisadores da chamada Química verde.

A ideia principal é que, se não produzirmos substâncias perigosas e poluentes, não teremos que nos preocupar com as consequências que isso teria para a nossa vida e para o meio ambiente.

Produtos e processos químicos mais limpos são desenvolvidos pela Química verde.



Tirif/Shutterstock/Glow Images

# RETOMANDO A NOTÍCIA



*A reportagem da página 149 mostra a gravidade dos problemas que o consumismo desenfreado está causando ao meio ambiente e à sociedade. Você sabe como a Química pode ser usada para modificar essa situação?*

Utilizando os princípios da **Química verde**, ou seja, produzindo praticamente tudo o que precisamos sem gerar rejeitos tóxicos, poderemos reverter os danos ao meio ambiente e à sociedade.

A Química verde estuda o desenvolvimento de produtos e processos químicos que reduzam ou eliminem o uso e a geração de substâncias perigosas. Assim, em vez de tratar a poluição gerada e limitar a exposição a substâncias tóxicas e perigosas, a Química verde propõe reduzir ou, de preferência, eliminar a poluição e a geração de produtos prejudiciais aos seres humanos e ao meio ambiente. Trata-se de uma proposta que abrange educação, pesquisa científica, governos e indústrias.

O primeiro desafio é a conscientização para o desenvolvimento de tecnologias limpas no lugar das atuais. O principal problema causado pelos processos químicos é o elevado volume de efluentes e resíduos tóxicos gerados por processos não específicos e não seletivos, responsáveis por enormes quantidades de subprodutos indesejáveis, que são descartados.

Para melhorar a eficiência dos processos, podem-se considerar as seguintes propostas:

- desenvolvimento de compostos seguros, isto é, com baixa toxicidade;
- uso de reagentes alternativos, renováveis e biodegradáveis;
- desenvolvimento de condições reacionais para obter maior rendimento e menor geração de subprodutos;
- reutilização, sempre que possível, de produtos e subprodutos de processos químicos;
- redução do consumo de energia desenvolvendo sínteses que possam ser feitas à pressão e temperatura ambientes;
- desenvolvimento de produtos químicos capazes de promover a degradação inócua de produtos tóxicos, que ainda persistem no meio ambiente;
- uso da atividade microbiana para catalisar reações químicas (biocatálise ou biossíntese) que diminuam os impactos ambientais gerados pelos processos tradicionais. A alta seletividade das bioconversões pode simplificar os processos industriais, aumentar o rendimento e diminuir a geração de resíduos;
- uso de catalisadores para aumentar a taxa de desenvolvimento e o rendimento das reações químicas, de preferência catalisadores sólidos, para que possam ser mais bem reaproveitados;
- uso de catalisadores sólidos porosos, ácidos ou básicos, na presença de radiação de micro-ondas nas sínteses orgânicas que envolvam compostos apolares (ou de baixa polaridade), o que permite dispensar o uso de solventes orgânicos como meio reacional. Na ausência de solventes é possível trabalhar com frascos abertos, o que evita os riscos de altas pressões;
- mudança de solventes tóxicos por solventes alternativos (ou por processos que dispensem o uso de solventes). Por exemplo, a utilização da água em condições extremas (temperaturas acima de 200 °C) forma um fluido supercrítico, capaz de dissolver moléculas apolares, que pode ser usado como meio de reações orgânicas na ausência total de solventes tóxicos. O gás carbônico também pode ser utilizado com essa finalidade. E as reações podem ser catalisadas por irradiação de luz (fotocatálise);
- ancoramento de agroquímicos comerciais (pesticidas, herbicidas, etc.) em superfícies de sílica, para aumentar a efetividade desses produtos e diminuir as perdas com lixiviação (diluição na água da chuva, por exemplo) e degradação microbiana, o que resulta na diminuição da toxicidade. Os experimentos têm mostrado que os agroquímicos ancorados são mais duráveis, o que evita a aplicação de quantidades excedentes nos campos agrícolas e causa menos danos à população de microrganismos naturais do solo.

## Exercício resolvido

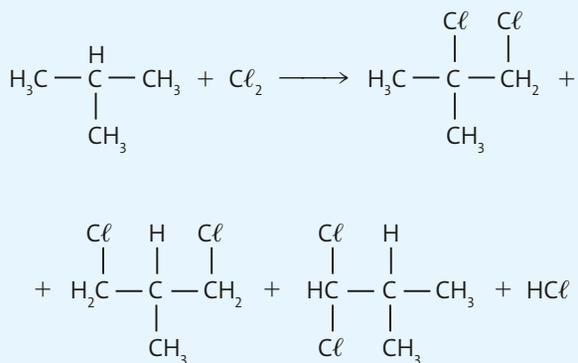
**1** (UFC-CE) Quantos compostos diclorados podem ser obtidos a partir do metilpropano?

- a) 1    b) 2    c) 3    d) 4    e) 5

### Resolução

Por reação de substituição entre o cloro e o metilpropano, é possível obter respectivamente os seguintes compostos diclorados: 1,2-dicloro-2-metilpropano, 1,3-dicloro-2-metilpropano e 1,1-dicloro-2-metilpropano, conforme mostra a equação química **não** balanceada ao lado.

Alternativa **c**.



## Exercícios

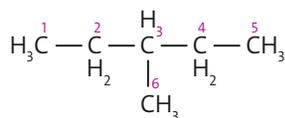
**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**1** Indique o nome oficial dos produtos orgânicos obtidos nas seguintes reações químicas feitas na presença de luz ( $\lambda$ ) e aquecimento.

- a) etano                    +     $\text{Cl}_2$      $\longrightarrow$     produtos  
b) propano                +     $\text{Br}_2$      $\longrightarrow$     produtos  
c) metilpropano        +     $\text{Cl}_2$      $\longrightarrow$     produtos

**2** É possível obter o propano sulfônico por reação de substituição com o ácido sulfúrico? Forneça a reação em caso positivo ou justifique em caso negativo.

**3** (Cesgranrio-RJ) No 3-metilpentano, cuja estrutura está representada a seguir, o hidrogênio mais facilmente substituível por halogênio está situado no carbono de número:



- a) 1.    b) 2.    **X** c) 3.    d) 4.    e) 5.

**4** O pentano é um líquido incolor e muito inflamável. É utilizado na fabricação de termômetros específicos para indicação de baixas temperaturas, na expansão do poliestireno e na fabricação de pesticidas.

O pentano, assim como seus isômeros, sofre reação de mononitração formando mononitroalcanos, todos tóxicos e potencialmente explosivos.

- a) Forneça a fórmula estrutural do pentano, assim como o nome oficial e a fórmula estrutural de seus isômeros, indicando o tipo de isomeria que ocorre entre eles.  
b) Forneça o nome de todos os compostos obtidos pela mononitração do pentano e de seus isômeros.

**5** (UFV-MG) A monocloração de um alcano, em presença de luz ultravioleta, produziu os compostos 2-cloro-2-metilpropano e 1-cloro-2-metilpropano. O nome do alcano é:

- a) isopropano.  
b) metilbutano.  
c) pentano.  
d) butano.  
**X** e) metilpropano.

**6** (UEPG-PR) A indústria química é uma das principais fontes de materiais poluentes do planeta, mas cientistas desta área vêm procurando modificar esta situação. Recentemente a palavra “verde” passou a ter novo significado para a Química.

A “Química verde” ou “Química sustentável” compreende a utilização de procedimentos que reduzem ou eliminam o uso de reagentes, solventes ou a geração de produtos e subprodutos nocivos à saúde humana ou ao ambiente. Visa ao desenvolvimento de processos químicos, produtos e serviços que levem a um ambiente mais sustentável, limpo e saudável, utilizando, de preferência, matérias-primas e fontes energéticas renováveis e inócuas.

Assinale os procedimentos que estão em concordância com a “Química verde”.

- X** (01) Uso do etanol como combustível.  
**X** (02) Utilização de biomassa como matéria-prima.  
**X** (04) Produção de gás natural a partir de lixo e esgoto.  
**X** (08) Redução do teor de enxofre dos combustíveis derivados de petróleo.  
**X** (16) Utilização de  $\text{H}_2\text{O}_2$  em substituição a  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  nas reações de oxidação.  
**X** (32) Substituição de solventes orgânicos por  $\text{CO}_2$  líquido sob pressão (fluido supercrítico) como solvente extrator.

## 3 Substituição em aromáticos

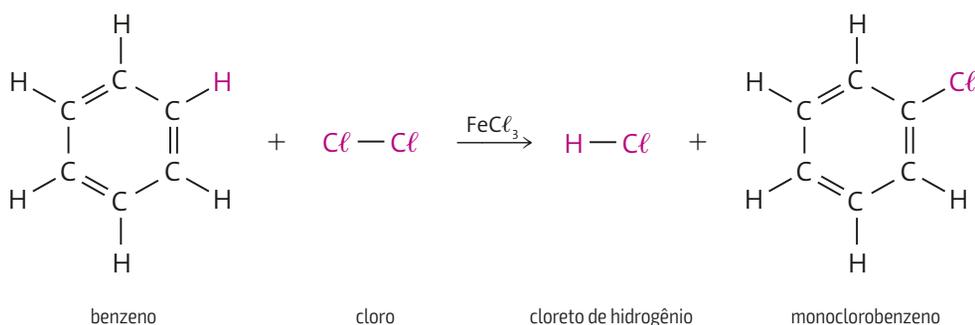
A obtenção de moléculas de benzeno substituídas tem grande importância em aplicações químicas industriais. Essas substâncias são utilizadas como intermediários em várias sínteses, como a de fármacos, e como solventes.

Em um núcleo ou anel aromático como o do benzeno, no qual todos os átomos de carbono do núcleo fazem ligação com hidrogênio, será substituído o átomo de hidrogênio de qualquer carbono indiferentemente, pois todos têm o mesmo caráter parcial.

### Halogenação no benzeno

Usando-se um catalisador adequado como o ferro metálico,  $\text{Fe(s)}$ , o cloreto de ferro III,  $\text{FeCl}_3$ , ou o cloreto de alumínio,  $\text{AlCl}_3$ , é possível obter a substituição de um átomo de hidrogênio do anel aromático por um átomo de cloro ou de bromo. Nesse caso, formam-se os derivados halogenados aromáticos.

Exemplo: monocloração do benzeno.

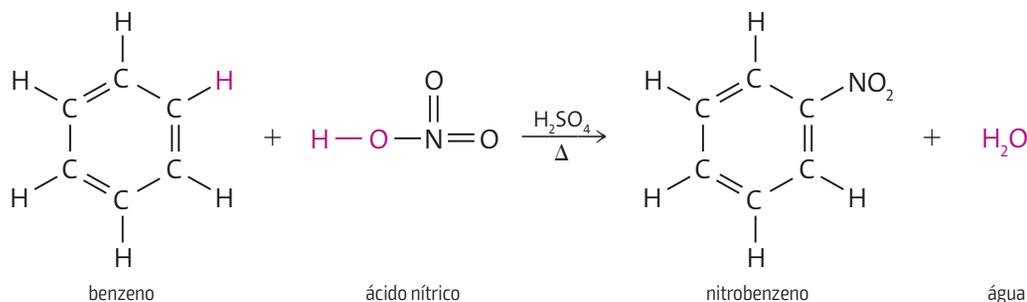


### Nitração no benzeno

É a substituição de um hidrogênio de um anel aromático por um grupo nitro,  $-\text{NO}_2$ , utilizando-se uma mistura sulfonítrica, ou seja, de ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$ , e ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , concentrados e a quente.

Formam-se os nitrocompostos aromáticos, muitos dos quais utilizados como explosivos.

Exemplo: nitração do benzeno.

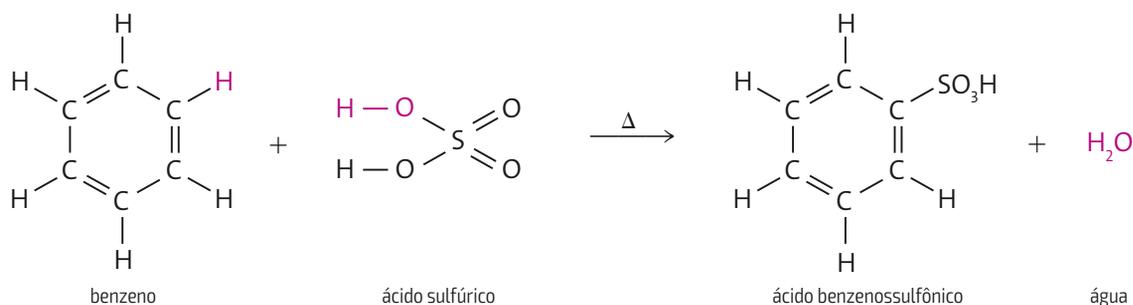


Observe que o ácido nítrico é o agente nitrante, e o ácido sulfúrico atua como catalisador e agente desidratante.

## Sulfoação no benzeno

É a substituição de um átomo de hidrogênio do anel aromático por um grupo sulfônico,  $-\text{SO}_3\text{H}$ . Ocorre na presença de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  fumegante, ou seja, com gás trióxido de enxofre,  $\text{SO}_3(\text{g})$ , dissolvido e ligeiro aquecimento. Formam-se os ácidos sulfônicos aromáticos.

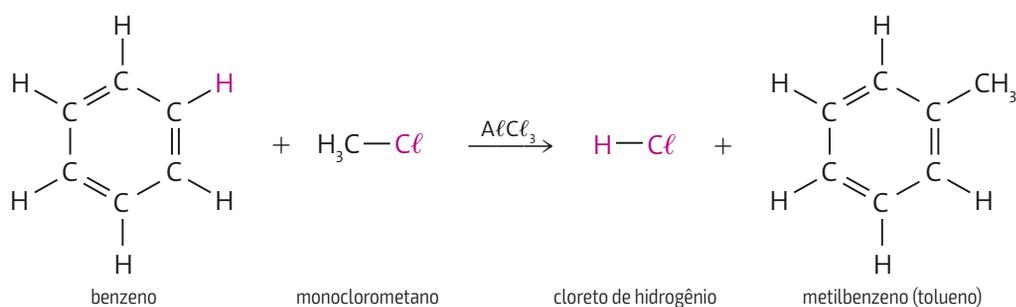
Exemplo: sulfoação do benzeno.



## Alquilação no benzeno

É a substituição de um hidrogênio do anel aromático por um grupo alquila. Ocorre quando um aromático reage com um haleto de alquila na presença de catalisadores como o cloreto de alumínio anidro,  $\text{AlCl}_3$ , e aquecimento ( $360^\circ\text{C}$ ). A reação produz hidrocarbonetos aromáticos homólogos do benzeno.

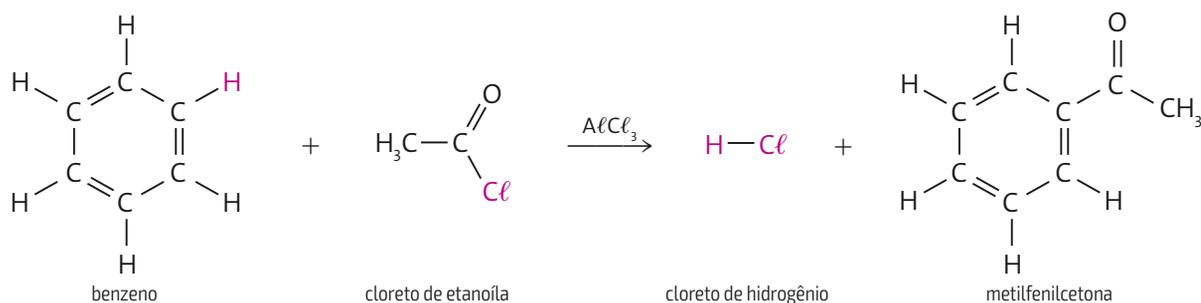
Exemplo: metilação do benzeno.



## Acilação no benzeno

É a substituição de um átomo de hidrogênio do anel aromático por um grupo acila esquematizado ao lado. Ocorre na presença de um cloreto de ácido e de catalisadores como o cloreto de alumínio,  $\text{AlCl}_3$ . Formam-se cetonas aromáticas, muitas das quais utilizadas em perfumaria por terem odor bastante agradável.

Exemplo: reação entre benzeno e cloreto de etanoíla.



## Exercício resolvido

**2** As reações de alquilação e de acilação do benzeno são conhecidas por reações de **Friedel-Crafts** porque foram obtidas pela primeira vez em 1877 pelo químico orgânico e mineralogista francês **Friedel** Charles (1832-1899) e pelo químico americano James Mason **Crafts** (1839-1917).

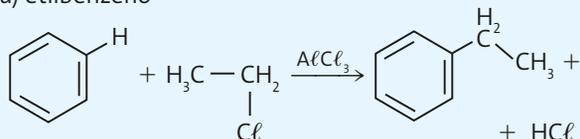
Tanto a acilação como a alquilação de Friedel-Crafts envolvem a utilização do cloreto de alumínio,  $AlCl_3$ , e mais raramente do cloreto de ferro III,  $FeCl_3$ , como catalisador.

Indique o nome do produto orgânico das seguintes reações de Friedel-Crafts:

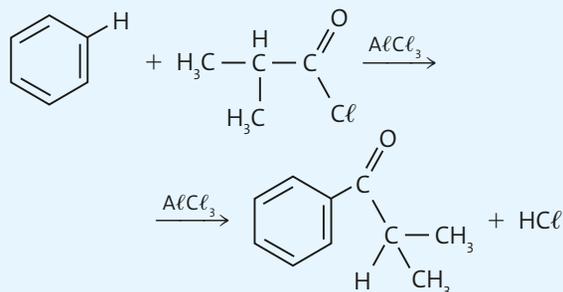
- benzeno + cloreto de etano.
- benzeno + cloreto de 2-metilpropanoíla.

### Resolução

a) etilbenzeno



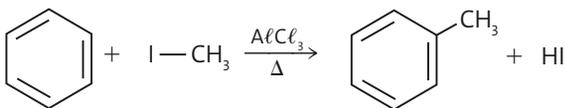
b) isopropilfenilcetona



## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**7** (UEL-PR) Considere a reação de substituição:



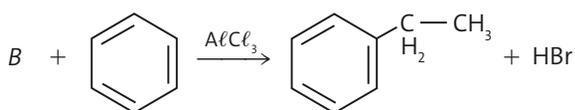
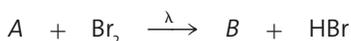
Se na reação o iodeto de metila for substituído por iodeto de etila, obter-se-á:

- tolueno.
- naftaleno.
- etilbenzeno.
- o*-etiltolueno.
- p*-etiltolueno.

**8** (FCMSCSP) Quantos compostos diferentes, monosubstituídos, podem ser obtidos quando se reage o naftaleno com cloreto de metila?

- 2
- 4
- 6
- 8
- 10

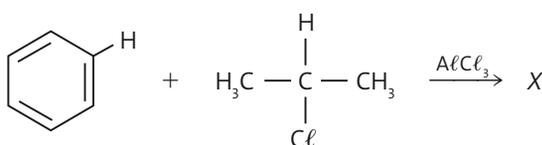
**9** (UPM-SP) No sistema de equações a seguir, as substâncias A e B são, respectivamente:



- metano e bromometano.
- etano e bromoetano.
- eteno e bromoetano.
- propeno e 2-bromopropeno.
- eteno e etino.

**10** (UFU-MG) O benzeno, embora seja um excelente solvente orgânico, o seu emprego é desaconselhável como tal por ser cancerígeno. Por isso, usam-se com mais frequência seus derivados, por serem menos agressivos e, além disso, poderem servir como matéria-prima para outras sínteses.

O esquema de reação abaixo mostra um caminho para a síntese de um desses derivados.



Assinale a alternativa correta.

- A equação representa um processo de preparação de ácidos carboxílicos com aumento da cadeia carbônica.
- O composto X é um hidrocarboneto aromático.
- Temos um exemplo típico de acilação de Friedel-Crafts.
- O composto X é um cloreto de alquila.
- O composto X é um fenol.

**11** (Cesgranrio-RJ) Se, pela síntese de Friedel-Crafts, se deseja obter etilfenilcetona, deve-se reagir benzeno com cloreto de:

- propanoíla.
- fenila.
- propila.
- benzoíla.
- etanoíla.

## 4) Substituição em derivados do benzeno

As reações de substituição em derivados do benzeno – ou qualquer composto aromático que apresente um grupo funcional diferente de hidrocarboneto – são importantes como caminho na síntese de inúmeros compostos de interesse industrial e comercial.

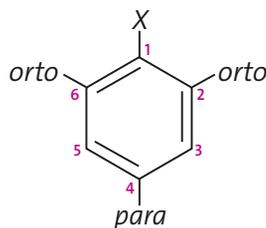
Nesse caso, as substituições são orientadas pelo substituinte (ou grupo funcional) que se encontra ligado ao núcleo aromático.

Essa orientação pode ocorrer de duas maneiras:

### Substituintes *orto* e *para* dirigentes

Os substituintes presentes no anel aromático que orientam as novas substituições para as posições 2, 4 e 6 em relação a eles, conhecidas como posições *orto* e *para*, são ditos de primeira classe ou ativantes, pois a sua presença no anel aromático facilita a entrada de outro substituinte.

Seja um substituinte *X* de primeira classe, *orto* e *para* dirigente, pertencente a um núcleo aromático, temos:



Os substituintes *orto* e *para* dirigentes são ditos ativantes porque a entrada de um primeiro substituinte desse tipo no anel aromático facilita a entrada de um segundo substituinte.

A única exceção, nesse caso, são os halogênios que, apesar de serem substituintes *orto* e *para* dirigentes, dificultam a entrada de um segundo substituinte no anel aromático.

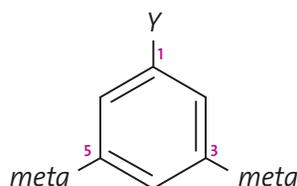
O quadro a seguir fornece uma relação dos principais substituintes *orto* e *para* dirigentes.

Substituintes <i>orto</i> e <i>para</i> dirigentes					
<b>amina</b> $\text{H}-\ddot{\text{N}}-\text{H}$	<b>hidróxi</b> $-\ddot{\text{O}}\text{H}$	<b>metóxi</b> $-\ddot{\text{O}}-\text{C}-$	<b>alquila</b> (C <sub>terciário</sub> ) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ -\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	<b>alquila</b> (C <sub>secundário</sub> ) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ -\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{H} \end{array}$	
<b>alquila</b> (C <sub>primário</sub> ) $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ -\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{H} \end{array}$	<b>alquila</b> $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ -\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	<b>flúor</b> $-\ddot{\text{F}}:$	<b>cloro</b> $-\ddot{\text{Cl}}:$	<b>bromo</b> $-\ddot{\text{Br}}:$	<b>iodo</b> $-\ddot{\text{I}}:$

## Substituintes *meta* dirigentes

Os substituintes presentes no anel aromático que orientam as novas substituições para as posições 3 e 5 em relação a eles, conhecidas como posições *meta*, são ditos de segunda classe ou desativantes, pois a sua presença no anel aromático dificulta a entrada de um outro substituinte.

Dado um substituinte *Y* de segunda classe, *meta* dirigente, pertencente a um núcleo aromático, temos:

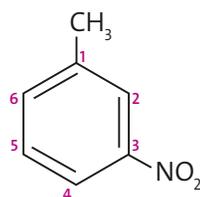


Os substituintes *meta* dirigentes são ditos desativantes porque a entrada de um primeiro substituinte desse tipo no anel aromático dificulta a entrada de um segundo substituinte.

O quadro a seguir fornece uma relação dos principais substituintes *meta* dirigentes.

Substituintes <i>meta</i> dirigentes					
nitro	sulfônico	carboxila	aldoxila	carbonila	ciano

Quando um núcleo aromático tiver dois substituintes, sendo um de primeira classe (*orto* e *para* dirigente) e outro de segunda classe (*meta* dirigente), como é o caso, por exemplo, do composto 3-nitrotolueno:



uma nova substituição será orientada pelo substituinte de primeira classe, o metil, que sempre prevalece e, nesse caso vai formar uma mistura de compostos substituídos nas posições 2, 4 ou 6 em relação ao metil.

É possível pensar em termos de eletronegatividade e, a partir da definição do caráter dos átomos, estabelecer (sem consultar nenhuma tabela) se um substituinte presente no anel aromático é *orto*, *para* ou *meta* dirigente. Essa forma de raciocínio, muito mais prática porque dispensa qualquer memorização, conhecida como regra dos sinais, é o que veremos no tópico a seguir.

## Regra dos sinais

O substituinte que pertence ao núcleo aromático polariza as ligações induzindo **alternadamente** um caráter negativo a certos átomos de carbono do anel e um caráter positivo a outros.

Uma nova substituição sempre ocorrerá nos átomos de carbono que tiverem caráter negativo (substituição eletrofílica).

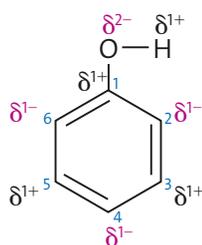
Considerando a ordem decrescente de eletronegatividade dos elementos segundo a escala de Linus Pauling, apresentada no quadro abaixo, veja alguns exemplos de como aplicar a regra dos sinais.

Elemento	F	O	Cl	N	Br	I	S	C	H	P
Eletronegatividade	4,0	3,5	3,0	3,0	2,8	2,5	2,5	2,5	2,1	2,1

Exemplos:

### 1) Molécula de benzenol (fenol)

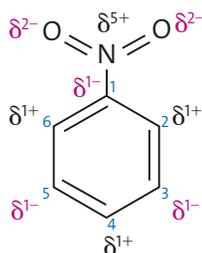
O oxigênio é mais eletronegativo e atrai para perto de si os elétrons da ligação feita com o carbono 1 do anel aromático, que adquire então um caráter positivo. Esse fenômeno induz a polarização alternada dos demais carbonos do anel.



Concluimos então que o grupo hidróxi, —OH, é *orto* e *para* dirigente, pois os carbonos 2, 4 e 6 são os que adquirem caráter negativo.

### 2) Molécula de nitrobenzeno

O oxigênio é mais eletronegativo e atrai para perto de si os elétrons da ligação feita com o nitrogênio, que então adquire caráter positivo e induz o átomo de carbono 1 do anel aromático a se polarizar negativamente. O carbono 1 induz a polarização alternada dos demais carbonos do anel.



Concluimos então que o grupo nitro, —NO<sub>2</sub>, é *meta* dirigente, pois os átomos de carbono 3 e 5 são os que adquirem caráter negativo.

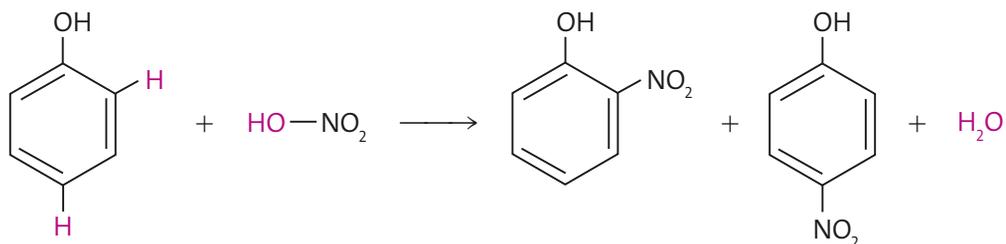
Veja agora alguns exemplos de reações de substituição em aromáticos de outros grupos funcionais.

### 3) Mononitração do fenol (equação não balanceada)

Observe que, como o grupo —OH é *orto* e *para* dirigente, temos uma mistura dos isômeros *o*-nitrofenol e *p*-nitrofenol. O produto principal (obtido em maior quantidade) é o da substituição em posição *para* (mais estável).

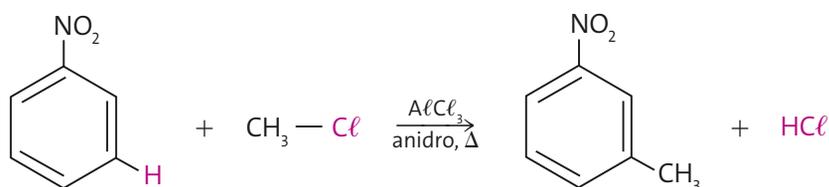
Na escala de Linus Pauling, elementos como enxofre, carbono e iodo têm a mesma eletronegatividade: 2,5. Assim, por exemplo, uma ligação C—S deveria ser apolar, pois não haveria diferença de eletronegatividade entre os átomos. Hoje, porém, já são conhecidas escalas de eletronegatividade mais precisas, com até três casas decimais depois da vírgula, que mostram que, apesar de pequena, existe diferença de eletronegatividade entre esses átomos e a ligação é polar.

Na posição *orto*, os substituintes estão muito próximos um do outro, gerando um deslocamento de carga que desestabiliza o anel aromático.



Por outro lado, se houver apenas um grupo *meta* dirigente ligado ao anel aromático, como ocorre no nitrobenzeno, a substituição vai formar apenas o composto *meta* substituído.

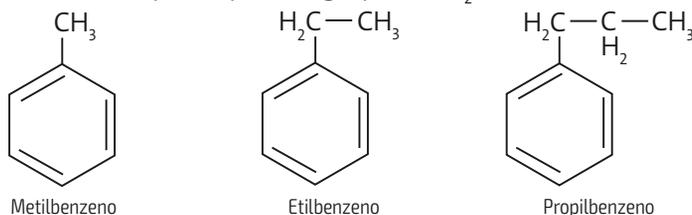
#### 4) Monoalquilação do nitrobenzeno



Como o grupo nitro é *meta* dirigente, obteremos somente o *m*-metilnitrobenzeno.

### Homólogos do benzeno

Os compostos que fazem parte da série homóloga do benzeno são aqueles que diferem entre si apenas por um grupo  $\text{—CH}_2\text{—}$ :



Esses compostos podem sofrer substituição no núcleo aromático ou no substituinte alquila ligado ao núcleo aromático.

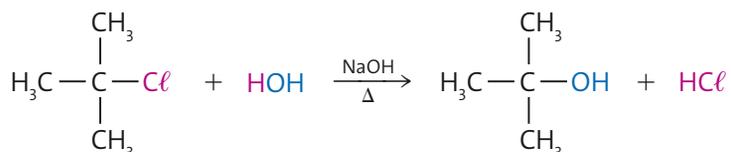
O que determina onde a substituição vai ocorrer são as condições em que a reação ocorre: meio reagente, condições ambientes, catalisadores, etc.

Substituição em homólogos do benzeno		
Substituição	No núcleo aromático	No grupo alquila
Luminosidade	Ausência de luminosidade (escuro)	Presença de luminosidade (luz, $\lambda$ )
Temperatura	Baixa temperatura (resfriamento)	Alta temperatura (aquecimento, $\Delta$ )
Catalisador	Presença de ferro metálico, Fe(s)	Ausência de catalisadores
Exemplo		

## 5 Substituição em haletos orgânicos

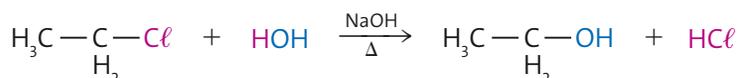
Os haletos orgânicos sofrem hidrólise alcalina, ou seja, sofrem quebra na presença de uma solução aquosa de base forte e formam álcoois. Essas reações, portanto, podem ser utilizadas na síntese de álcoois diversos. Observe alguns exemplos:

- 1) Hidrólise alcalina do cloreto de t-butila (2-cloro-2-metilpropano) formando o álcool metilpropan-2-ol.



Observe na reação acima que o ácido formado, HCl, sofre neutralização na presença da base, NaOH, e forma sal, NaCl, e água. Como o foco do estudo no momento são as reações orgânicas, não comentaremos as reações inorgânicas que ocorrem paralelamente.

- 2) Hidrólise alcalina do cloreto de etila (cloretoetano) que forma o álcool etanol.



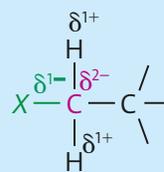
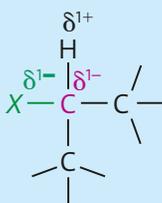
A facilidade com que a reação de substituição de haletos orgânicos ocorre depende do caráter que o carbono ligado ao haleto orgânico adquire em cada composto.

Assim, a facilidade é maior em: haletos de carbono terciário ( $\delta^{1+}$ ), depois em haletos de carbono secundário ( $\delta^{1-}$ ) e, por último, em haletos de carbono primário ( $\delta^{2-}$ ).

No esquema a seguir X representa um halogênio: F, Cl ou Br.

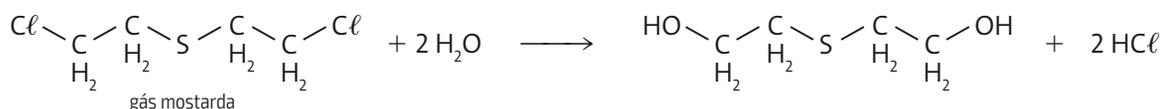
Lembre-se de que o caráter parcial indicado nas fórmulas é para cada uma das ligações estabelecidas pelo átomo. O caráter negativo ou positivo do átomo é dado pela soma de todos os caracteres parciais das ligações que ele estabelece na molécula.

X ligado a carbono terciário > X ligado a carbono secundário > X ligado a carbono primário



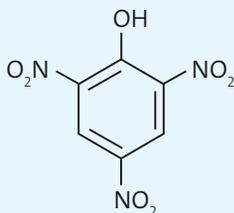
Observe que o oxigênio do grupo —OH (que vai formar o álcool) apresenta um caráter fortemente negativo e, por isso, é menos atraído pelo carbono primário (de caráter também negativo), tornando a substituição nesse carbono mais difícil.

Exemplo: reação do gás mostarda com a água.



## Exercício resolvido

**3** (UPM-SP) O ácido pícrico, ingrediente usado em pomadas para queimaduras, tem a fórmula estrutural abaixo.



A respeito dessa substância, fazem-se as seguintes afirmações:

- Apresenta radical nitro nas posições *orto* e *para*.
- Pode ser obtida por nitração do fenol.
- 2,4,6-trinitro-fenol é o seu nome oficial.
- Possui grupo hidroxil ligado a anel aromático.
- Possui grupo amina em sua estrutura.

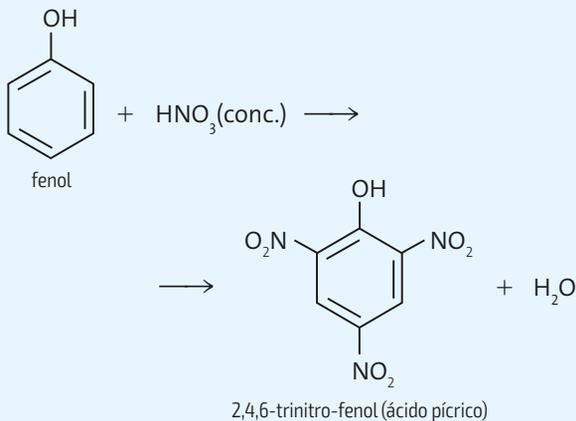
Das afirmações feitas, estão corretas:

- II, III e IV, somente.
- IV e V, somente.
- I e II, somente.

- III e IV, somente.
- I, II, III e IV, somente.

### Resolução

A reação de obtenção do ácido pícrico é:

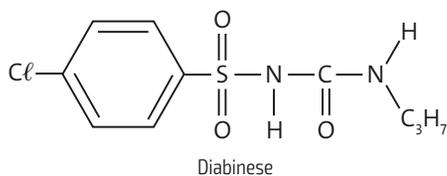


A molécula do ácido pícrico não possui o grupo amina,  $\text{—NH}_2$ , possui apenas os grupos  $\text{—OH}$  e  $\text{—NO}_2$ . Alternativa **e**.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**12** (UFSM-RS) Diabinese é um dos compostos utilizados por pacientes diabéticos, pois reduz o nível de açúcar no sangue. A matéria-prima para sua obtenção é o ácido *p*-cloro sulfônico (fórmula a seguir), o qual pode ser obtido pela reação de:



- sulfonação do clorobenzeno, pois o cloro é ativante.
- sulfonação do clorobenzeno, pois o cloro orienta *orto/para*.
- cloração do ácido benzenossulfônico, pois o  $\text{SO}_3$  é ativante.
- cloração do ácido benzenossulfônico, pois o  $\text{SO}_3$  orienta *orto/para*.
- cloração do ácido benzenossulfônico, pois o cloro orienta *orto/para*.

**13** (UEPG-PR) Quando derivados do benzeno sofrem reações de substituição no anel aromático, os grupos ligados ao anel influem na formação dos produtos, agindo como orientadores das posições onde ocorrerão as substituições. Entre as alternativas, assinale a que contém

apenas grupos que, ligados ao anel, agirão preferencialmente como orientadores *orto* e *para* dirigentes.

- $\text{—NO}_2$ ;  $\text{—CN}$ ;  $\text{—OH}$
- $\text{—NH}_2$ ;  $\text{—COOH}$ ;  $\text{—CH}_3$
- $\text{—Cl}$ ;  $\text{—CHO}$ ;  $\text{—COOH}$
- $\text{—SO}_3\text{H}$ ;  $\text{—CHO}$ ;  $\text{—COOH}$
- $\text{—OH}$ ;  $\text{—NH}_2$ ;  $\text{—Cl}$

**14** O 2,6-diclorofenol isolado das fêmeas do carrapato atua como feromônio de atração sexual.

- Escreva a fórmula estrutural do 2,6-diclorofenol.
- Qual o produto da reação entre fenol e  $\text{Cl}_2/\text{FeCl}_3$ ?
- Qual o produto da reação entre nitrobenzeno e  $\text{Cl}_2/\text{FeCl}_3$ ?

**15** Forneça o nome dos produtos das seguintes reações:

- Etilbenzeno na presença de cloro e luminosidade.
- Etilbenzeno na presença de cloro e ferro metálico, sob resfriamento e na ausência de luminosidade.

**16** (FCC-SP) Numa reação de 2-metilbutano com  $\text{Cl}_2(\text{g})$ , ocorreu a substituição de hidrogênio. Qual o composto clorado obtido em maior quantidade?

- 1,2,3-tricloropentano.
- 1-cloro-2-metilbutano.
- 1-cloro-3-metilbutano.
- 2-cloro-2-metilbutano.
- 2,2-dicloropentano.

## FOI NOTÍCIA!



## Amar as coisas e usar as pessoas

A sociedade atual está muito baseada nos valores das coisas e não nos valores das pessoas. Isso é criado pela propaganda e tem que mudar, para que possamos ser mais felizes. Quem vai mudar isso é cada um de nós, quando passarmos a nos valorizar pelo que cada um de nós é, e não pelo que possuímos, e usarmos a mesma medida para qualificarmos as outras pessoas. Há que se ter coragem para não ser levado pelos padrões impostos pela sociedade. Mas se confiarmos em nós mesmos, podemos superar a pressão da sociedade e começar a viver com muito mais simplicidade.

Não é preciso ter o tênis da moda, e sim aquele que for confortável no pé. Não é preciso ter o carro da moda, e nem deveria ser preciso ter carro. No lugar de querermos todos ter um carro, podemos exigir transporte digno e de qualidade aos órgãos competentes. Muito mais linhas de metrô e principalmente a implantação de linhas de trem que possam nos levar com qualidade de tempo e economia de recursos naturais, para todos os lugares do Brasil. Esse sistema foi aprovado e implantado em países da Europa e Estados Unidos, entre outros.

Podemos criar um estilo de vida mais simples, que não apenas requeira muito menos dinheiro, como também nos proporcione tempo para as tarefas que realmente importam.

Façam um acordo familiar de não comprarem presentes uns para os outros nos aniversários e feriados. Que alívio! E, acredite ou não, seus amigos também sobreviverão ao choque se você estender essa atitude a eles. Façam planos para encontrarem-se e fazerem algo juntos, em vez de correr até as lojas para comprar porcarias sem sentido. Confeccionar algo por conta própria, ou preparar uma comida favorita ou sobremesa especial, sair para um passeio ou nadar, ver um filme juntos pode ser mais significativo.

Quando compramos um presente para oferecer, não é em data especial, é apenas algo que sabemos que seria perfeito para aquela pessoa, ou que já sabemos que ela precisa.

Celebre relações especiais com refeições improvisadas, piqueniques e outros eventos alegres, de estilo comunitário. Deixe amigos e família trabalharem juntos, como uma expressão de seu amor pelos indivíduos no centro da celebração. Isso significa muito mais do que apenas economizar dinheiro. Evite alimentos que tragam sofrimento e morte a outros seres, como as carnes, que também implicam desmatamentos, queimadas e o aumento do aquecimento global.

Podemos passar do estado de 'amar as coisas e usar as pessoas' para 'amar as pessoas e usar as coisas'."

Nina Rosa Jacob: Ativista pela defesa dos direitos dos animais, palestrante sobre a coragem de fazer o bem.

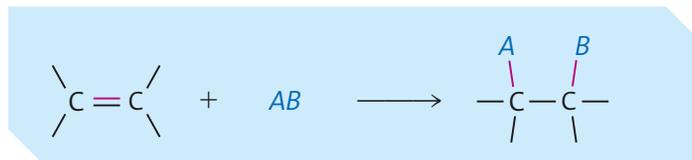
## Amar as pessoas e usar as coisas.

*Você leu um texto que diz que a sociedade atual não percebe, por exemplo, que o consumo exagerado de carne aumenta o sofrimento dos animais, a degradação do meio ambiente e o aquecimento global. Você sabe por quê?*

## 1) Reações de adição em alcenos

As reações de adição são características de compostos insaturados, ou seja, que possuem ligações duplas ou triplas, como os alcenos, os alcinos e os alcadienos. Em determinadas condições, a ligação dupla ou tripla feita entre dois átomos de carbono pode ser “quebrada”, e os elétrons, que eram compartilhados entre os átomos de carbono, passam a ser compartilhados com átomos de outros elementos “adicionados” à molécula, numa ligação simples.

Esquemmatizando a adição de uma maneira genérica, temos:



A hidrogenação de alcenos é conhecida como **reação de Sabatier e Senderens** porque, em 1897, o químico francês Paul Sabatier (1854-1941) notou que uma mistura de eteno (etileno) e hidrogênio, ao atravessar uma coluna de níquel metálico (catalisador), transformava-se em etano. Com a ajuda de seu assistente, o químico Abbé Jean-Baptiste Senderens (1856-1937), Sabatier estendeu o uso de níquel metálico como catalisador para uma série de outras reações e sínteses. Por essa descoberta recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1912.

É justamente a reação de Sabatier e Senderens (como veremos na Unidade 4) que a indústria utiliza para transformar óleos vegetais (predominantemente insaturados) em gorduras, como margarinas (predominantemente saturadas, ou seja, com ligações simples).

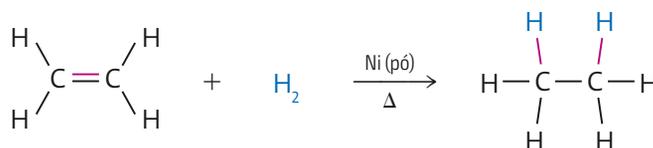
### Adição de hidrogênio

Os alcenos possuem uma ligação dupla entre carbonos e sofrem adição de hidrogênios – reação de hidrogenação – na presença de catalisadores metálicos, como o níquel em pó, formando compostos saturados, os alcanos.

O catalisador é fundamental porque torna a reação mais rápida e economicamente viável. Atualmente, utilizam-se, além do níquel metálico, Ni(s), a platina, Pt(s), e o paládio, Pd(s), todos finamente pulverizados.

Vimos no Volume 2 que a realização de uma reação química depende fundamentalmente do contato entre os reagentes; logo, mantendo os demais fatores constantes, quanto maior a superfície de contato dos reagentes envolvidos, maior a taxa de desenvolvimento da reação e vice-versa. Por isso, o catalisador é utilizado na forma de um pó fino, ou seja, com a maior superfície de contato possível.

Exemplo: adição de hidrogênio ao eteno, que produz etano.



Stockvision/Shutterstock/Glow Images

Óleo vegetal – insaturado: a molécula apresenta ligações duplas entre carbonos.



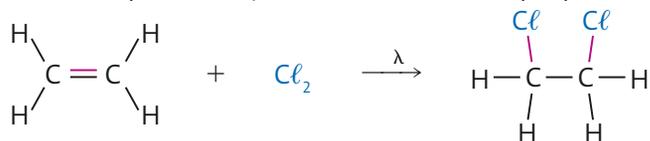
Sérgio Dotta/Arquivo da editora

Gordura vegetal – saturada: a molécula apresenta principalmente ligações simples entre carbonos.

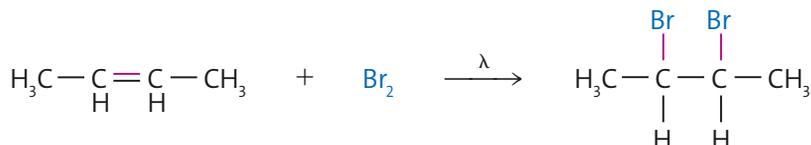
## Adição de halogênios

A adição de cloro,  $\text{Cl}_2(\text{g})$ , bromo,  $\text{Br}_2(\ell)$ , ou iodo,  $\text{I}_2(\text{g})$ , a alcenos é ativada na presença de luz ( $\lambda$ ). Produz di-halogenetos vicinais, isto é, moléculas com dois halogênios em átomos de carbono vizinhos.

Um exemplo é a adição de cloro ao eteno, que produz 1,2-dicloroetano.



E a adição de bromo ao but-2-eno produzindo 2,3-dibromobutano.



O 1,2-dicloroetano é um organoclorado importante como intermediário na produção do cloreto de vinila, o monômero do PVC.

## Adição de haletos de hidrogênio

A adição de **haletos de hidrogênio** – cloreto de hidrogênio,  $\text{HCl}$ , brometo de hidrogênio,  $\text{HBr}$ , ou iodeto de hidrogênio,  $\text{HI}$  – a alcenos, em geral, segue a regra de Markovnikov, que diz o seguinte:

Na adição de um haleto de hidrogênio a um alceno, o hidrogênio do haleto liga-se ao átomo de carbono mais hidrogenado da dupla (o que tem mais ligações com hidrogênio).

A adição de água,  $\text{HOH}$ , a alcenos também segue a regra de Markovnikov. Essa regra experimental pode ser explicada em termos de eletronegatividade.

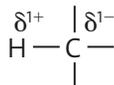
As moléculas dos haletos de hidrogênio e da água são polares, e o hidrogênio, que é o menos eletronegativo, adquire caráter positivo.



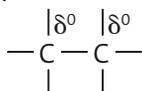
Uma vez que o hidrogênio tem caráter positivo, ele será atraído pelo carbono da ligação dupla que tiver o maior caráter negativo. Esse átomo de carbono é sempre o mais hidrogenado.

Note que o caráter positivo ou negativo de cada ligação específica feita entre dois átomos se estabelece conforme a diferença de eletronegatividade existente entre os átomos em questão.

- Como o carbono é mais eletronegativo que o hidrogênio, ele atrai para perto de si o par de elétrons da ligação e adquire caráter negativo.



- Como entre dois átomos de carbono não há diferença de eletronegatividade, o caráter da ligação  $\text{C} - \text{C}$  é zero.



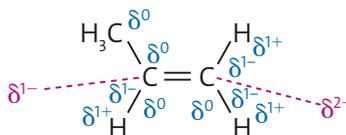
- O caráter final de cada átomo na molécula é igual à soma dos caracteres que esse átomo adquire em cada ligação que estabelece.



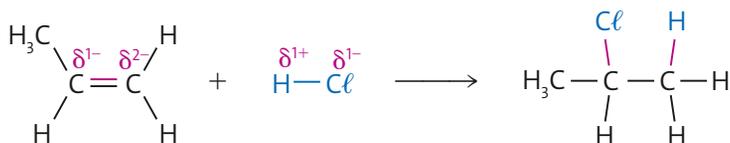
A regra de Markovnikov foi estabelecida experimentalmente em 1869 pelo químico Vladimir Vasilyevich Markovnikov (1838-1904), da Universidade de Kazan (cidade da Rússia) e diretor da Universidade de Moscou.

Lembre-se de que o caráter parcial indicado na fórmula é para cada uma **das ligações** estabelecidas pelo átomo. O caráter negativo ou positivo **do átomo** é dado pela soma de todos os caracteres parciais das ligações que ele estabelece numa determinada molécula.

Observe a seguir o que ocorre na molécula de propeno.

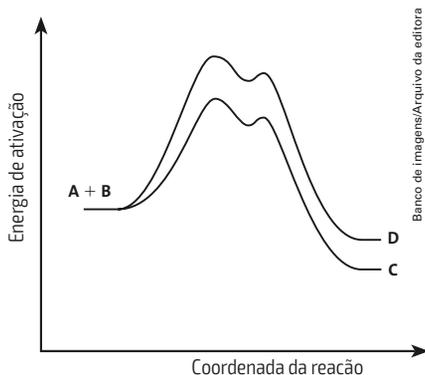


A adição de haletos de hidrogênio a alcenos forma haletos orgânicos. Exemplo: adição de cloreto de hidrogênio ao propeno, formando o haleto orgânico 2-cloropropano.



Em termos de cinética química, a energia de ativação da reação necessária para obtenção do 2-cloropropano é menor que a energia de ativação necessária para obtenção do 1-cloropropano.

Observe o gráfico ao lado:



- A.  $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{H}}{\text{C}}=\text{CH}_2$  propeno
- B.  $\text{HCl}$  cloreto de hidrogênio
- C.  $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{H}}{\overset{\text{Cl}}{\text{C}}}-\underset{\text{H}}{\overset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{H}$  2-cloropropano (menos energético)  
Markovnikov
- D.  $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{H}}{\overset{\text{H}}{\text{C}}}-\underset{\text{H}}{\overset{\text{Cl}}{\text{C}}}-\text{H}$  1-cloropropano (mais energético)  
Anti-Markovnikov ou Kharasch

Em 1933, dois químicos da Universidade de Chicago, Morris Selig **Kharasch** (1895-1957) e F. W. **Mayo**, perceberam que a adição de brometo de hidrogênio, HBr, a alcenos pode ocorrer de maneira inversa à regra de Markovnikov se a reação for feita na presença de peróxidos orgânicos, como o peróxido de t-butila ou o peróxido de benzoíla.

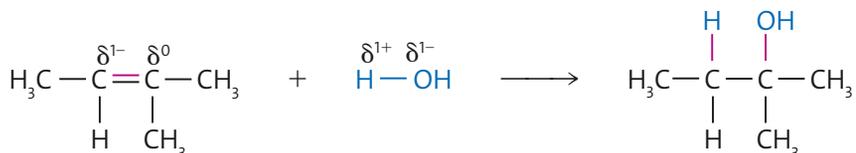
Se a adição de HBr a um alceno for feita na presença de peróxido orgânico, o átomo de hidrogênio do HBr vai se ligar ao átomo de carbono menos hidrogenado da dupla (reação de Kharasch).

A reação de Kharasch não ocorre na adição de HCl ou HI, pois na presença de peróxidos os radicais livres  $-\text{Cl}$  e  $-\text{I}$  não são estáveis.

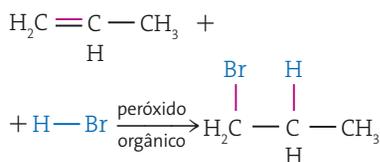
## Adição de água

A adição de água a alcenos feita em meio ácido produz álcoois (e ocorre segundo a regra de Markovnikov: o hidrogênio se liga ao carbono mais hidrogenado da dupla).

Exemplo: hidratação do 2-metilbuteno que produz 2-metilbutan-2-ol.



Reação de Kharasch  
Exemplo: propeno + brometo de hidrogênio na presença de peróxido orgânico produz 1-bromopropano.

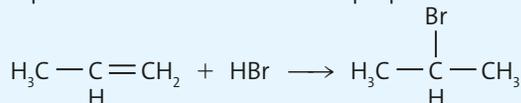


## Exercício resolvido

- 1** (Esal-MG) Da reação do propeno com HBr, pede-se:
- Qual o produto formado?
  - Que tipo de reação está envolvido no processo?
  - Se a reação ocorresse na presença de peróxido, qual seria o produto formado?

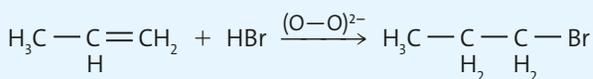
### Resolução

- a) O produto formado é o 2-bromopropano.



- b) Reação de adição.

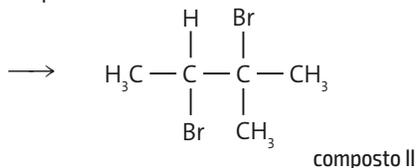
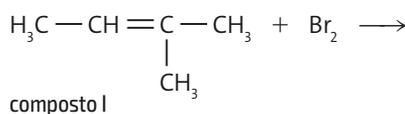
- c) Reação de Kharasch — na presença de peróxidos orgânicos, como peróxido de benzoíla ou peróxido de terc-butíla, a adição de HBr a alcenos ocorre de modo inverso à regra de Markovnikov: o hidrogênio entra no carbono menos hidrogenado da dupla. O produto da reação passa a ser o 1-bromopropano.



## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

- 1** (UFRGS-RS) Uma reação típica dos alcenos é a adição de halogênios à ligação dupla, formando compostos di-halogenados vicinais, conforme o exemplo a seguir:



Em relação a essa equação, podemos afirmar que:

- o composto II apresenta dois carbonos assimétricos.
- o nome do produto formado é 2,3-dibromo-3-metilbutano.
- o nome do composto I é 2-metilbut-2-eno.
- o alceno pode apresentar isomeria geométrica.
- o nome do produto formado é 2,3-dibromo-2-metilpropano.

- 2** (Fuvest-SP) Quando um alceno sofre adição de um haleto de hidrogênio, o átomo de halogênio se adiciona ao carbono insaturado ligado ao menor número de átomos de hidrogênio, conforme observou Markovnikov. Usando essa regra, dê a fórmula e o nome do produto que se forma na adição de:

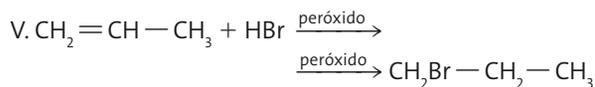
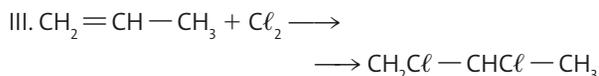
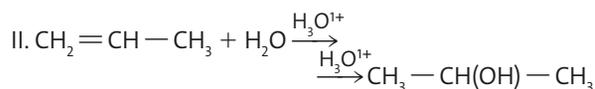
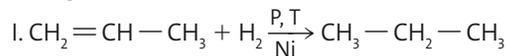
- HI a propeno;
- HCl a 1-metil-1-ciclo-hexeno.

- 3** (FCC-SP) O processo de Sabatier-Senderens para a obtenção de alcanos se refere à:

- eletrólise de sais de sódio de ácidos carboxílicos em solução aquosa;
- fusão de sais de sódio de ácidos carboxílicos com cal sodada;

- reação de haleto de alquila com sódio metálico;
- hidrogenação catalítica de hidrocarbonetos acíclicos insaturados;
- o processo acima não serve para preparar alcanos.

- 4** (Cesgranrio-RJ) Observe as reações de adição dadas aos seguintes alcenos:



Assinale a opção que contém apenas a(s) reação(ões) que obedece(m) à regra de Markovnikov:

- II.
- V.
- I e III.
- II e IV.
- IV e V.

- 5** (UFRJ) Os alcenos, devido à presença de insaturação, são muito mais reativos do que os alcanos. Eles reagem, por exemplo, com haleto de hidrogênio, tornando-se assim compostos saturados.

- Classifique a reação entre um alceno e um haleto de hidrogênio.
- Apresente a fórmula estrutural do produto principal obtido pela reação do cloreto de hidrogênio, HCl, com um alceno de fórmula molecular  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  que possui um carbono quaternário.



*O artigo da página 165 argumenta que a valorização do ter em detrimento do ser não nos deixa ver que o consumo exagerado de carne aumenta não só o sofrimento dos animais, mas também a degradação do meio ambiente e o aquecimento global. Você sabe por quê?*

“Uma mudança global para uma dieta vegana é vital para salvar o mundo da fome, da pobreza de combustíveis e dos piores impactos da mudança climática, diz um novo relatório da ONU. A previsão é de que a população mundial chegue a 9,1 bilhões de pessoas em 2050 e o apetite por carne e laticínios é insustentável, diz o relatório do programa ambiental da ONU (UNEP). [...]”

A pecuária, incluindo aqui produção de todos os derivados animais, é responsável pelo consumo de 70% de água fresca do planeta, 38% de uso da terra e 19% da emissão de gases estufa, diz o relatório, que foi liberado para coincidir com o dia Mundial do Meio Ambiente no sábado. [...]”

PASOLINI, Lobo. *ANDA – Agência Nacional de Notícias de Direitos Animais*. Disponível em: <[www.anda.jor.br/05/06/2010/onu-recomenda-dieta-vegana-para-combater-mudanca-climatica](http://www.anda.jor.br/05/06/2010/onu-recomenda-dieta-vegana-para-combater-mudanca-climatica)>. Acesso em: 6 abr. 2016.

Quem antes de ingerir algum alimento reflete sobre como esse alimento foi produzido, sobre os custos ambientais e sociais que ele representa em sua mesa?

Fomos “adestrados” pela mídia a acreditar nas imagens das propagandas, nas embalagens coloridas, na vaquinha feliz do leiteiro luminoso da churrasceria e a não questionar nada. E nos acomodamos com isso. A ilusão apregoada pelo *marketing* nos leva a viver um “sonho bom”. Mas a internet, o acesso a informações, a globalização, a poluição e os desastres naturais que são manchetes todos os dias nos obrigam a acordar e a encarar a realidade. Estamos sendo enganados. Não podemos continuar consumindo de olhos fechados o que nos oferecem porque isso está se voltando contra nós.

No caso da carne bovina, especificamente, há estimativas de que a produção de cada quilo desse produto exija, em termos de recursos naturais, 7,2 kg de soja (para fabricar a ração destinada a alimentar o boi) além de 15 000 litros de água, outro recurso precioso.

Se formos raciocinar em termos de coletividade (deixando o individualismo de lado), quantas pessoas é possível alimentar com 1 kg de carne? E com 7,2 kg de soja?

Quem fez a conta garante: é possível alimentar cerca de 40 pessoas com os cereais empregados na produção de um bife de 225 gramas.

Um caso emblemático a esse respeito ocorreu na Etiópia em 1984. Enquanto centenas de etíopes morriam diariamente de fome chocando o mundo com as imagens de agonia e desespero distribuídas pelos jornais (e ainda disponíveis na internet), o governo da Etiópia continuava cultivando e exportando grãos para alimentar o gado do Reino Unido e de outras nações da Europa.

Por tudo isso, não adianta continuarmos nos “horrorizando” com notícias sobre fome, trabalho escravo, mortalidade infantil e destruição ambiental se não estivermos dispostos a rever nossos hábitos de consumo de modo a não colaborar para que essas situações perdurem.

Não adianta sairmos em manifestações pedindo mudanças se não estamos dispostos a mudar nossos próprios hábitos e valores.

É claro que a prática de um consumo consciente e ético não deve se restringir a carne bovina. Devemos nos empenhar em buscar informações sobre a origem de todos os produtos que consumimos, de chocolates a calças *jeans*, de celulares a bolsas de couro, de refrigerantes a diamantes, de cosméticos a analgésicos (no final do livro há uma lista de filmes disponíveis na internet a esse respeito).

As informações estão em toda a parte, basta procurar se apropriar do conhecimento e refletir: Eu concordo com isso? Quero isso para a minha vida? Para o meu semelhante? Para o meu futuro? Para o planeta? Se a resposta for não, busque alternativas, pois elas existem, e aos montes.

## 2) Outras reações de adição

Outros compostos da classe dos hidrocarbonetos que sofrem reações de adição são os alcinos, os alcadienos, os ciclanos e os aromáticos.

### Reações de adição nos alcinos

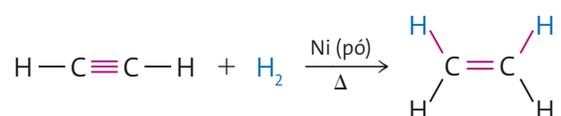
Os alcinos podem sofrer as mesmas reações que os alcenos, porém podem adicionar o dobro da quantidade de matéria do reagente, uma vez que possuem duas ligações insaturadas.

#### Adição de hidrogênio a alcinos

Os alcinos podem fazer reação de adição de  $H_2(g)$  parcial ou total.

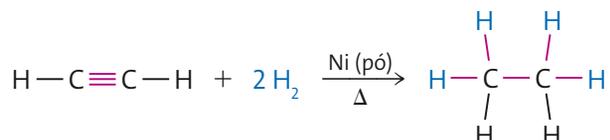
- A hidrogenação parcial de alcinos produz alcenos.

Exemplo: adição parcial de hidrogênio ao etino produzindo eteno.



- A hidrogenação total de alcinos produz alcanos.

Exemplo: adição total de hidrogênio ao etino produzindo etano.

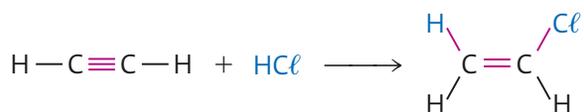


#### Adição de haletos de hidrogênio

Essa reação, da mesma forma que a hidrogenação, pode ser parcial ou total e ocorre de acordo com a regra de Markovnikov.

- Adição parcial de haleto de hidrogênio produzindo compostos com halogênio ligado a átomo de carbono insaturado (com ligação dupla).

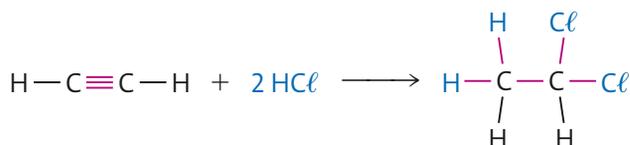
Exemplo: adição parcial de cloreto de hidrogênio ao etino produzindo cloroeteno.



O cloroeteno, cloreto de etenila ou monocloreto de vinila (MVC) é a unidade básica (monômero) do policloreto de vinila ou PVC (polímero).

- A adição total de haleto de hidrogênio produz di-halogenetos gêmeos, ou seja, compostos com dois halogênios no mesmo átomo de carbono.

Exemplo: adição de cloreto de hidrogênio ao etino produzindo 1,1-dicloroetano.

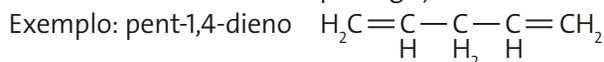


A formação de di-halogenetos gêmeos ocorre segundo a regra de Markovnikov, pois, após a entrada do primeiro átomo de cloro, o átomo de carbono que não tem ligação com halogênio passa a ser o mais hidrogenado da dupla. O carbono mais hidrogenado é o mais propício a receber o átomo de hidrogênio.

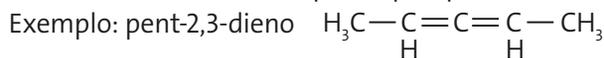
## Reações de adição nos alcadienos

Os alcadienos possuem duas ligações duplas e podem ser:

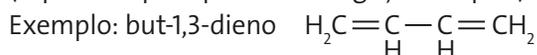
- Alcadienos **isolados**: aqueles que apresentam pelo menos um átomo de carbono saturado entre as duplas-ligações.



- Alcadienos **acumulados**: aqueles que apresentam duas ligações duplas seguidas.



- Alcadienos **conjugados**: aqueles que apresentam ligações duplas alternadas (separadas por apenas uma ligação simples).

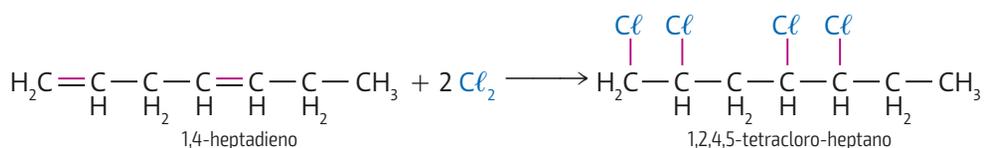
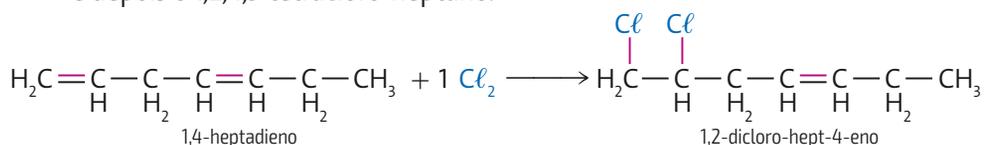


## Adição em alcadienos isolados e acumulados

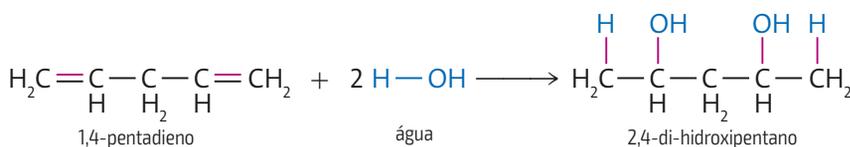
Tanto os alcadienos isolados como os alcadienos acumulados sofrem os mesmos tipos de reações que os alcenos, só que em dobro, uma vez que possuem duas ligações duplas.

### Exemplos:

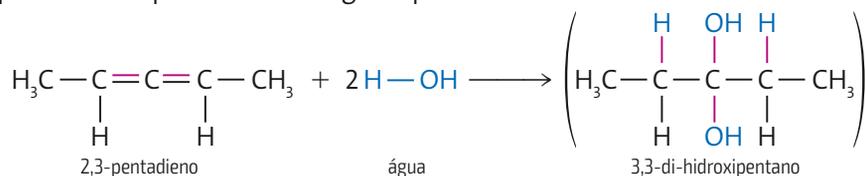
- cloração parcial do 1,4-heptadieno formando primeiro o 1,2-dicloro-hept-4-eno e depois o 1,2,4,5-tetracloro-heptano.



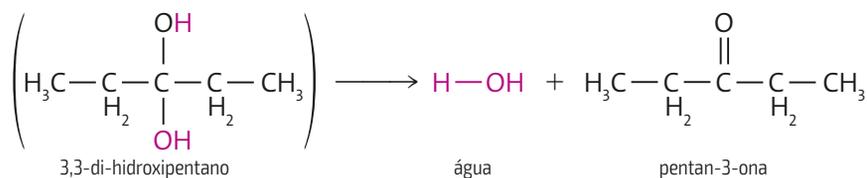
- hidratação do 1,4-pentadieno formando o diol estável 2,4-di-hidroxipentano.



- hidratação do 2,3-pentadieno formando o diol instável 3,3-di-hidroxipentano, que se decompõe formando água e pentan-3-ona.



O composto 3,3-di-hidroxipentano é instável porque apresenta dois grupos hidróxi, —OH, no mesmo átomo de carbono. Suas moléculas sofrem decomposição, eliminando água e formando um grupo cetona.



Observe que as reações ao lado seguem a regra de Markovnikov.

## Adição em alcadienos conjugados

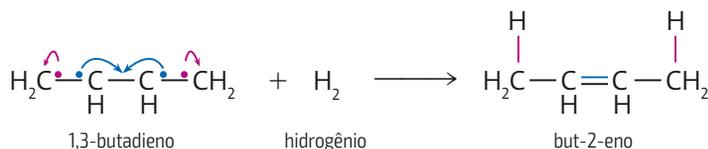
Os alcadienos conjugados fazem um tipo especial de reação de adição, as **reações de adição 1,4**, importantes na fabricação de borrachas.

Nas **reações de adição 1,4**, um dos elétrons compartilhados nas ligações de cada carbono da dupla adiciona um substituinte, e os outros formam uma nova ligação dupla entre os carbonos.

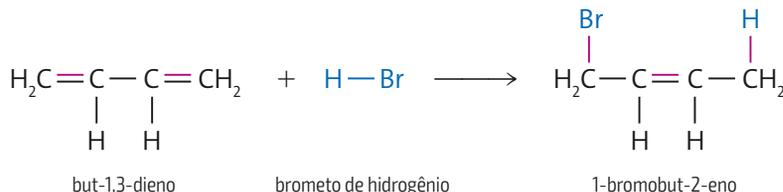
Dessa forma, por exemplo, o produto da adição de hidrogênio (hidrogenação) de um alcadieno conjugado é um alceno e não um alcano, como ocorre com alcadienos isolados e acumulados.

### Exemplos:

- adição de  $H_2(g)$  ao 1,3-butadieno, formando but-2-eno.

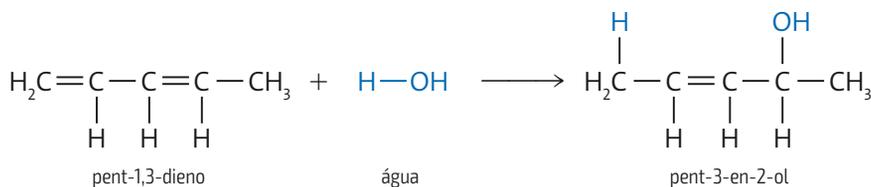


- adição de brometo de hidrogênio, HBr, ao but-1,3-dieno (eritreno), formando o 1-bromobut-2-eno.



- adição de água, HOH, ao pent-1,3-dieno, formando, assim, o álcool insaturado pent-3-en-2-ol.

Note que não se trata de um enol porque o grupo hidróxido,  $-OH$ , está ligado a um carbono saturado.

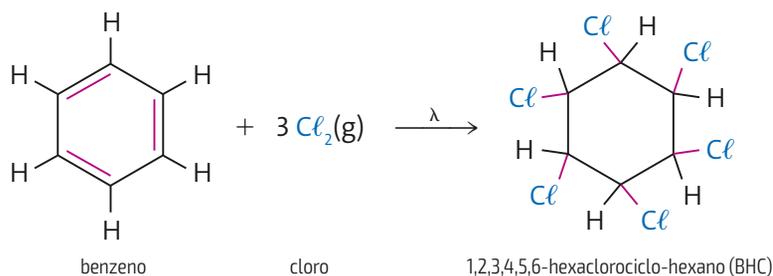


Observe que a reação acima segue a regra de Markovnikov.

## Adição em aromáticos

Hidrocarbonetos aromáticos na presença de halogênios e luz ( $\lambda$ ) sofrem reação de adição.

Um exemplo importante é a obtenção do benzeno hexaclorado (BHC) ou 1,2,3,4,5,6-hexaclorociclo-hexano.



Na estrutura ao lado trocamos o traço que representa o par de elétrons compartilhados na ligação dupla por duas bolinhas coloridas. As bolinhas representam os elétrons. Foram utilizadas duas cores fantasia (elétrons não têm cor) para facilitar a explicação. Note que isso é apenas um modelo utilizado para ilustrar uma teoria que pode ser checada experimentalmente.



Pan Xubin/Shutterstock/Glow Images

O BHC é um inseticida também conhecido por gamaxane, que continua sendo vendido para uso no tratamento de madeira (contra brocas e cupins), apesar de seu uso na agricultura ser proibido atualmente.

## Adição em ciclanos

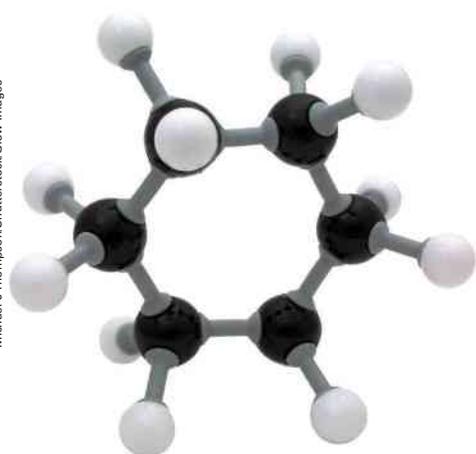
Os ciclanos são hidrocarbonetos cíclicos e saturados, ou seja, em que os carbonos fazem 4 ligações simples. Nesse caso, a estabilidade da molécula é máxima quando os elétrons se arranjam no espaço em um ângulo igual a  $109^{\circ}28'$  (geometria tetraédrica), pois este é o ângulo que permite a distância máxima entre 4 eixos (os elétrons) que partem de um mesmo ponto central (o átomo).

Vimos na página 45, porém, que em alguns ciclanos o ângulo entre as ligações C — C não é esse. Observe:

- no ciclopropano as ligações entre os carbonos encontram-se num ângulo de  $60^{\circ}$ ;
- no ciclobutano as ligações entre os carbonos encontram-se num ângulo de  $90^{\circ}$ ;
- no ciclopentano as ligações entre os carbonos encontram-se num ângulo de  $105^{\circ}$ .

Apenas do ciclo-hexano em diante as ligações se aproximam do ângulo de máxima estabilidade igual a  $109^{\circ}28'$  porque as moléculas não são coplanares.

Desse modo, da mesma forma que os alcanos, os ciclanos fazem preferencialmente reação de substituição, mas os ciclanos que apresentam tensão nas ligações podem fazer reações de adição, como mostra o quadro a seguir.



Modelo da molécula de ciclo-hexano

Ciclano	Condições	Hidrogenação (+ H <sub>2</sub> )	Halogenação (+ Cl <sub>2</sub> )
$\begin{array}{c} \text{H}_2 \\   \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$ ciclopropano	$\xrightarrow[120^{\circ}\text{C}]{\text{Ni (pó)}}$	$\text{H} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \text{H}$ propano	$\text{Cl} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \text{Cl}$ 1,3-dicloropropano
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$ ciclobutano	$\xrightarrow[200^{\circ}\text{C}]{\text{Ni (pó)}}$	$\text{H} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \text{H}$ butano	$\text{Cl} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \text{Cl}$ 1,4-diclorobutano
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \backslash \quad / \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$ ciclopentano	$\xrightarrow[300^{\circ}\text{C}]{\text{Ni (pó)}}$	$\text{H} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \underset{\text{H}_2}{\text{C}} - \text{H}$ pentano	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{Cl} \\ \backslash \quad / \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array} + \text{HCl}$ clorociclopropano
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \backslash \quad / \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{C} \quad \text{CH}_2 \\   \\ \text{H}_2 \end{array}$ ciclo-hexano	quaisquer condições	não ocorre	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{Cl} \\ \backslash \quad / \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{C} \quad \text{CH}_2 \\   \\ \text{H}_2 \end{array} + \text{HCl}$ clorociclo-hexano

## Exercício resolvido

**2** (Fuvest-SP) Dois hidrocarbonetos insaturados, que são isômeros, foram submetidos, separadamente, à hidrogenação catalítica.

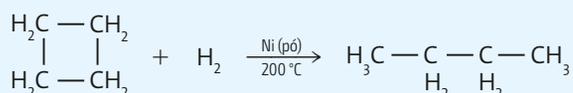
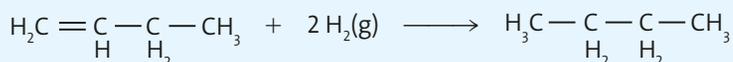
Cada um deles reagiu com  $H_2$  na proporção, em mols, de 1 : 1, obtendo-se, em cada caso, um hidrocarboneto de fórmula  $C_4H_{10}$ .

Os hidrocarbonetos que foram hidrogenados poderiam ser:

- a) but-1-ino e but-1-eno.
- b) but-1,3-dieno e but-2-eno.
- c) but-1-eno e ciclobutano.
- d) metilprop-2-eno e but-2-ino.
- e) metilciclopropano e but-2-eno.

### Resolução

Os hidrocarbonetos podem ser o but-1-eno ou but-2-eno e o ciclobutano.



Alternativa **c**.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**6** A reação entre o ácido clorídrico,  $HCl$ , e o propino,  $C_3H_4$ , produz em maior quantidade (produto principal) o seguinte haleto orgânico:

- a) 1,3-dicloropropano.
- b) 1,1-dicloropropano.
- X** c) 2,2-dicloropropano.
- d) 1,2-dicloropropeno.
- e) 1,1,2,2-tetracloropropano.

**7** (Unicamp-SP) A reação do propino,  $HC \equiv C - CH_3$ , com o bromo,  $Br_2$ , pode produzir dois isômeros *cis-trans* que contêm uma ligação dupla e dois átomos de bromo nas respectivas moléculas.

- a) Escreva a equação dessa reação química entre propino e bromo.
- b) Escreva a fórmula estrutural de cada um dos isômeros *cis-trans*.

**8** (Unisinos-RS) O dimetilbut-1,3-dieno, ao sofrer reação de adição de uma molécula de hidrogênio, origina:

- X** a) 2,3-dimetilbutano.
- b) hex-2,3-dieno.
- c) hex-1-eno.
- d) 2,3-dimetilbut-2-eno.
- e) 2,3-dimetilbut-3-eno.

**9** (Unirio-RJ) O etino, sob o ponto de vista industrial, constitui uma das mais importantes matérias-primas. A partir dele pode-se obter o cloroeteno ou cloreto de vinila, precursor para a fabricação de canos e tubulações de plástico, cortinas para boxe, couro artificial, etc. A preparação do cloroeteno a partir do etino e do ácido clorídrico é uma reação de:

- X** a) adição.
- b) eliminação.
- c) oxidação.
- d) sulfonação.
- e) saponificação.

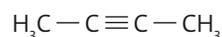
**10** (UPM-SP) Sobre um alcadieno sabe-se que:

- I. sofre adição 1,4;
- II. quando hidrogenado parcialmente, produz, em maior quantidade, o hex-3-eno.

O nome desse dieno é:

- a) hex-1,2-dieno.
- b) hex-1,3-dieno.
- c) hex-2,3-dieno.
- d) hex-1,4-dieno.
- X** e) hex-2,4-dieno.

**11** A reação de hidratação do alcino a seguir produz:



- a) butanol e butanona.
- b) butanol e butanal.
- c) but-en-2-ol e butanal.
- X** d) but-2-en-2-ol e butanona.
- e) but-2-en-1-ol e butanona.

# De onde vem... para onde vai?

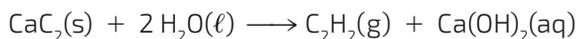
## Acetileno e derivados

O etino ou acetileno é o ponto de partida para a obtenção de uma série de produtos de extensa aplicação industrial e pode ser obtido do gás natural, do craqueamento do petróleo ou a partir do carvão de cálcio ou carbureto de cálcio,  $\text{CaC}_2$ .

O carbeto de cálcio, por sua vez, é formado pela reação entre uma mistura de óxido de cálcio,  $\text{CaO}(s)$ , e carvão coque,  $\text{C}_n(s)$ , feita em forno elétrico, a temperaturas entre  $2000^\circ\text{C}$  e  $2100^\circ\text{C}$ .



O  $\text{CaC}_2$  reage violentamente com a água e deve ser armazenado em recipientes vedados para evitar o contato com a umidade do ar atmosférico. A obtenção do acetileno ocorre justamente pela adição de água ao  $\text{CaC}_2$ .



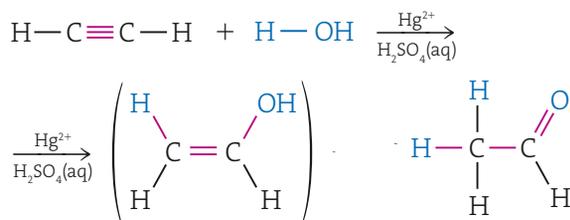
Essa reação ocorre em geradores, onde o  $\text{CaC}_2(s)$  é tratado com grande excesso de água, para que as impurezas fiquem retidas na solução.

Praticamente 90% de toda a produção mundial de acetileno é consumida na indústria química. O restante é utilizado em maçaricos oxiacetilênicos (que queimam a  $3000^\circ\text{C}$  e podem cortar chapas de aço).

### Obtenção do etanal ou acetaldeído

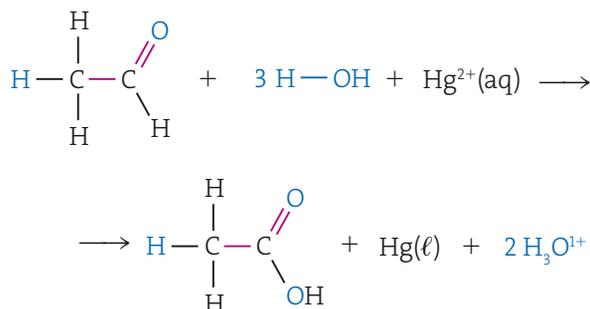
A obtenção do etanal a partir do etino é feita por meio de uma reação de adição de água, catalisada por íons mercúrio II,  $\text{Hg}^{2+}$ .

O processo consiste em injetar acetileno gasoso em uma solução aquosa de sulfato de mercúrio II, acidificada com ácido sulfúrico.



Numa primeira etapa é obtido o etenol (um enol) que, por ser instável, entra em tautomeria e forma o etanal.

O etanal tende a sofrer oxidação, forma ácido etanoico e provoca a redução dos íons  $\text{Hg}^{2+}(aq)$  a mercúrio metálico,  $\text{Hg}(\ell)$ .

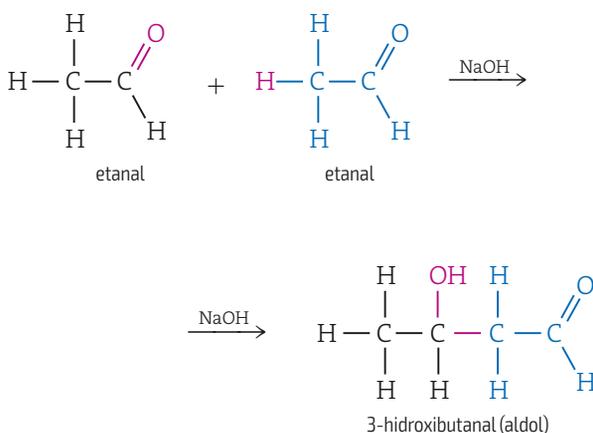


Dessa forma, a concentração de íons  $\text{Hg}^{2+}$  no sistema diminui, reduz a atividade do catalisador e forma mercúrio metálico, um resíduo altamente indesejado. Para corrigir esse problema, procura-se fazer com que o tempo de permanência do etanal no reator seja sempre o menor possível. Além disso, adiciona-se sulfato de ferro III,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , à solução catalítica para provocar a oxidação de qualquer resíduo de mercúrio metálico que possa ter se formado e para repor os íons  $\text{Hg}^{2+}$  no sistema.

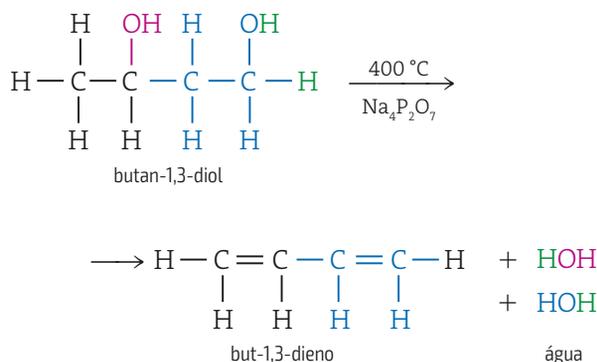
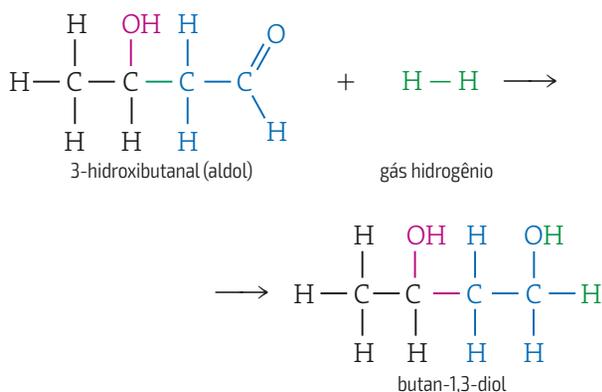


A reação de formação do etanal ocorre a uma temperatura de aproximadamente  $90^\circ\text{C}$ , sob pressão atmosférica. Por esse sistema é possível obter o etanal numa concentração de 99,5%.

Uma das principais aplicações do etanal é a obtenção da borracha sintética, por meio de uma sequência de reações:

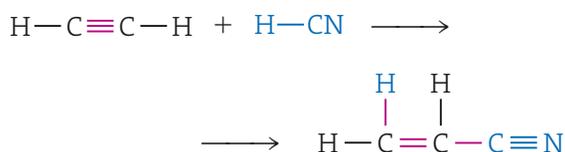


Professor, sugira, para pesquisa, o artigo “Como funcionam os maçaricos”, do site Como tudo funciona. Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/maçarico-de-mao2.htm>>. Acesso em: 11 jan. 2016.



### Obtenção da acrilonitrila

A acrilonitrila é uma das substâncias mais importantes derivadas do acetileno e pode ser obtida pela reação com o ácido cianídrico, conforme mostra a reação a seguir.



Nesse processo utiliza-se excesso de acetileno (proporção de 6 de acetileno para 1 de HCN) de modo a garantir que todo ácido cianídrico seja consumido no processo. Dessa forma, apenas 15% do acetileno

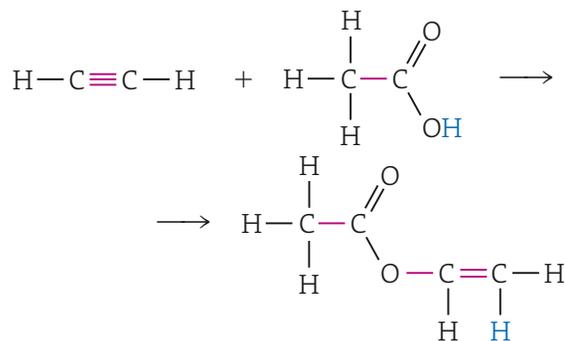
injetado inicialmente sofre conversão, o restante é reenviado de volta ao ciclo.

O reator é revestido internamente de ebonite (borracha vulcanizada). O catalisador consiste em uma solução aquosa de cloreto de cobre II,  $\text{CuCl}_2$ , ácido clorídrico,  $\text{HCl}$ , e cloreto de amônio,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . A temperatura é de  $80^\circ\text{C}$ , e a pressão, ligeiramente maior que 1 atm.

No local obtém-se acrilonitrila com concentração de 99,5%, destinada principalmente à fabricação de fibras e resinas sintéticas.

### Obtenção do acetato de vinila

O acetato de vinila é obtido pela reação entre o acetileno e o ácido acético.



A reação normalmente é feita borbulhando-se acetileno gasoso sobre ácido acético glacial (na forma de cristais) na proporção, respectivamente, de 75% para 25%. Procura-se manter a temperatura da reação (que é exotérmica) num intervalo entre  $75^\circ\text{C}$  e  $80^\circ\text{C}$ .

A catálise (heterogênea) é obtida pela adição de grânulos de carvão ativado, impregnados de acetato de zinco,  $\text{Zn}(\text{H}_3\text{C}-\text{COO})_2$ .

O produto da reação é purificado por meio de uma série de destilações para separar as impurezas, gerando no final o acetato de vinila numa concentração próxima a 99,5%. O acetato de vinila tem forte tendência a polimerização e, por isso, precisa receber a adição de agentes estabilizantes antes de ser estocado.

### Trabalho em equipe

Em relação ao acetileno, pesquise:

- Como funcionam e do que são constituídos os maçaricos oxiacetilênicos?
- Entre os gases mais utilizados em maçaricos profissionais estão o acetileno e o MAPP (mistura de metilacetileno ou propino e propadieno). Pesquise sobre as vantagens e desvantagens de cada tipo.
- Quais as principais medidas de segurança no uso do maçarico?

A sala pode ser dividida em grupos. Cada grupo vai pesquisar um tópico e apresentá-lo aos demais.

## 3) Reações de eliminação

As reações de eliminação são aquelas em que, partindo-se de um único composto orgânico, obtêm-se outros dois, um orgânico e um inorgânico.

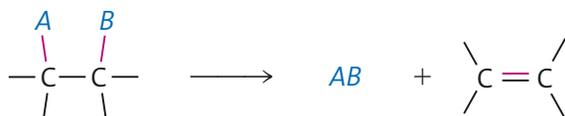
Podem ser intramoleculares (*intra* = dentro) ou intermoleculares (*inter* = entre, no meio).

### • Eliminações intramoleculares

Ocorrem quando uma molécula do composto orgânico elimina alguns de seus átomos.

Geralmente o grupo de átomos eliminado dá origem a uma molécula de água ou de um haleto de hidrogênio. Forma-se, desse modo, um composto orgânico insaturado (com dupla-ligação).

Esquematizando de maneira geral, temos:



### • Eliminações intermoleculares

Ocorrem quando duas moléculas do composto orgânico interagem unindo-se numa única molécula com a eliminação simultânea de determinado grupo de átomos.

Obedecem ao seguinte esquema geral:



## Desidratação de álcoois

No caso da desidratação de álcoois a eliminação de água pode ser intramolecular ou intermolecular. Consequentemente, o produto orgânico formado vai depender das condições em que ocorre a reação, como mostra o quadro a seguir.

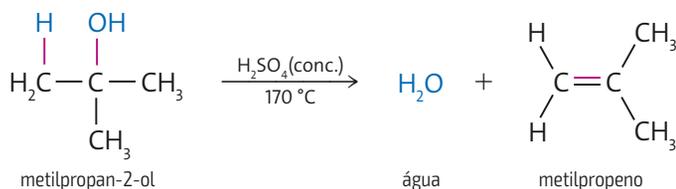
Desidratação	Intramolecular	Intermolecular
Catalisador	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (conc.) ou Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ou SiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (conc.)
Temperatura	Aquecimento mais alto, pelo menos 170 °C	Aquecimento mais baixo, até 140 °C
Produto formado	Alceno e água	Éter e água
Exemplo: etanol	Eteno e água	Etoxietano e água
Reação	H <sub>3</sub> C—CH <sub>2</sub> OH → H <sub>2</sub> C=CH <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O	H <sub>3</sub> C—CH <sub>2</sub> OH → H <sub>5</sub> C <sub>2</sub> —O—C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> + H <sub>2</sub> O

Veremos agora exemplos mais detalhados de cada caso, principalmente quando existe a possibilidade de formar mais de um produto orgânico diferente.

## Desidratação intramolecular de álcoois

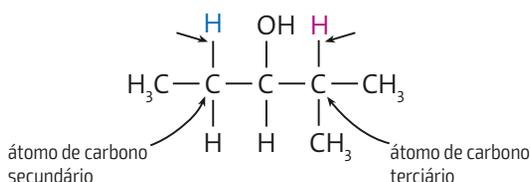
Algumas vezes existe apenas uma possibilidade de hidrogênio que pode ser eliminado junto ao grupo — OH da molécula do álcool.

Exemplo: desidratação intramolecular do metilpropan-2-ol produzindo o metilpropeno.



Mas há casos em que existem duas possibilidades diferentes de hidrogênio que pode ser eliminado junto ao grupo — OH da molécula do álcool, formando produtos diferentes.

É o caso, por exemplo, da molécula do 2-metilpentan-3-ol, cuja fórmula estrutural encontra-se esquematizada a seguir.



Em casos como esse, o resultado da reação será uma mistura dos dois compostos resultantes de cada eliminação.

A quantidade obtida de cada composto depende do tipo de átomo de carbono ao qual o átomo de hidrogênio que será eliminado estiver ligado.

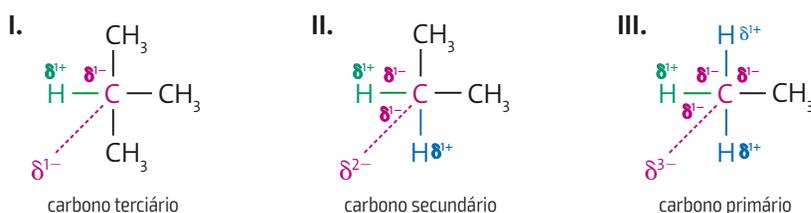
Formam-se em maior quantidade compostos provenientes de eliminação de hidrogênio de carbono terciário, depois de carbono secundário e, por último, de carbono primário.

Isso pode ser explicado em termos de eletronegatividade:

- I. O carbono terciário (que estabelece ligações com outros três átomos de carbono) tem caráter  $\delta^{1-}$ .
- II. O carbono secundário (que estabelece ligações com outros dois átomos de carbono) tem caráter  $\delta^{2-}$ .
- III. O carbono primário (que estabelece ligações com apenas um outro átomo de carbono) tem caráter  $\delta^{3-}$ .

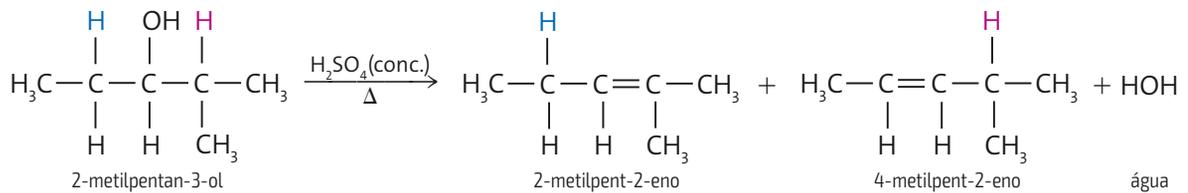
Quanto menor o caráter negativo do carbono, mais fraca será a ligação com o hidrogênio e, portanto, mais facilmente ele será eliminado da molécula.

Observe o esquema a seguir:



Na desidratação intramolecular do 2-metilpentan-3-ol (equação não balanceada esquematizada a seguir), vamos obter uma mistura de:

- 2-metilpent-2-eno (em maior quantidade) e
- 4-metilpent-2-eno (em menor quantidade).

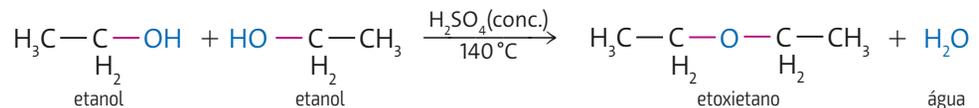


Os coeficientes da reação não foram indicados porque, da mesma forma que nas reações de substituição, **o balanceamento não se baseia apenas numa questão de estequiometria**. Os átomos se conservam dos reagentes para os produtos, mas **a quantidade de cada substância formada é estatística**.

### Desidratação intermolecular de álcoois

Com aquecimento mais baixo que o usado para a desidratação intramolecular (cerca de 140 °C) e na presença de ácido forte, os álcoois sofrem desidratação intermolecular e produzem éteres.

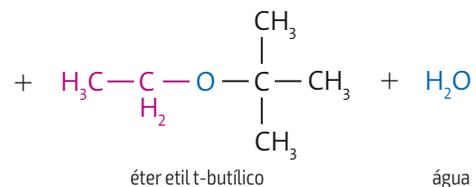
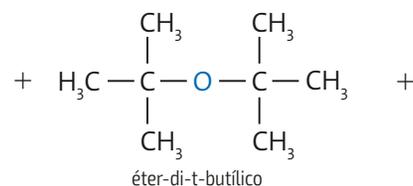
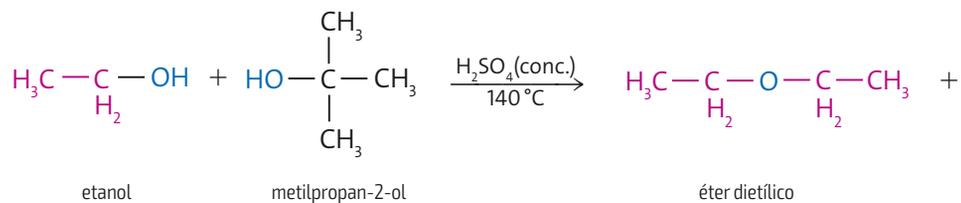
Exemplo: desidratação intermolecular do etanol produz o éter dietílico (etoxietano), que também é conhecido por éter sulfúrico, justamente porque sua obtenção envolve a participação do ácido sulfúrico.



A desidratação intermolecular também pode ocorrer com uma mistura de dois ou mais álcoois.

Nesse caso, forma-se uma mistura de éteres provenientes das combinações possíveis entre as diversas moléculas de álcoois presentes.

Exemplo: desidratação intermolecular de uma mistura de etanol e de metilpropan-2-ol, que produz éter dietílico, éter di-t-butílico e éter etil-t-butílico.



Uma das principais aplicações do éter sulfúrico é como solvente. Em hospitais, por exemplo, ele pode ser utilizado para remover a cola do esparadrapo que fica no corpo após a retirada de um curativo.

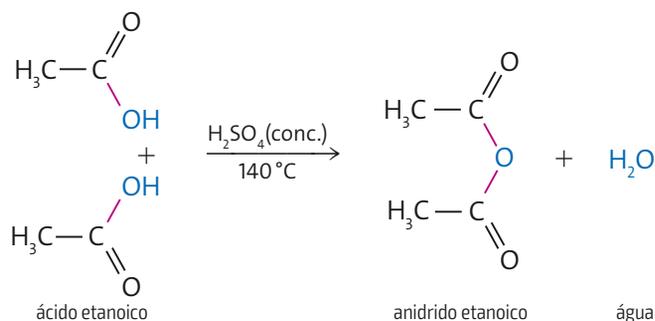


## Desidratação de ácidos carboxílicos

Os ácidos carboxílicos sofrem desidratação intermolecular na presença de agentes desidratantes como o pentóxido de difósforo,  $P_2O_5$ , ou o ácido fosfórico,  $H_3PO_4$ , e aquecimento, produzindo **anidridos de ácido carboxílico**.

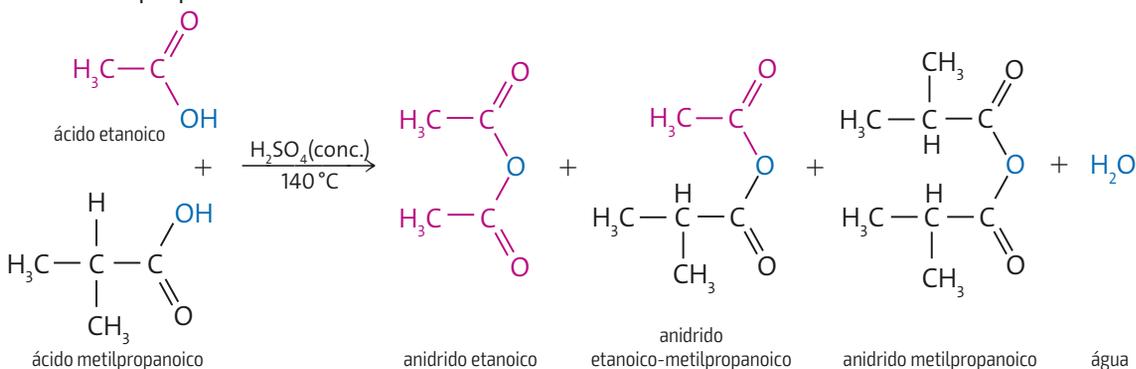
Os anidridos são mais reativos que os ácidos carboxílicos dos quais se originaram, por isso são muito empregados em sínteses orgânicas.

O composto mais importante da classe dos anidridos é o anidrido acético, utilizado na produção de acetato de celulose, matéria-prima utilizada na fabricação de vários produtos, como fibras têxteis e filmes fotográficos. O anidrido acético pode ser obtido pela desidratação intermolecular do ácido acético (ácido etanoico) conforme mostra a reação abaixo:

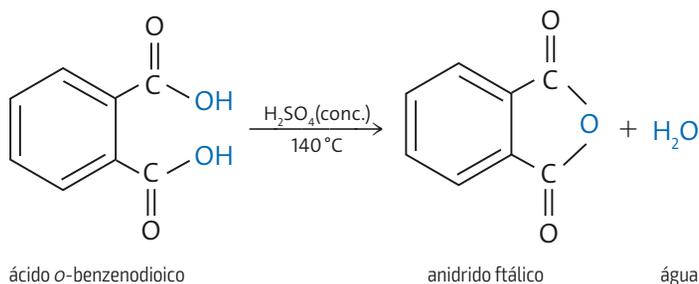


Também nesse caso, a desidratação intermolecular pode ocorrer com uma mistura de dois ou mais ácidos carboxílicos. Forma-se, então, uma mistura de anidridos provenientes das combinações possíveis entre as diversas moléculas de ácidos carboxílicos presentes.

Exemplo: desidratação intermolecular de uma mistura de ácido etanoico e ácido metilpropanoico.



Outro composto importante da classe dos anidridos é o anidrido ftálico, que é obtido pela desidratação intramolecular do ácido ftálico ou 1,2-benzeno-dioico, conforme mostra a reação abaixo:

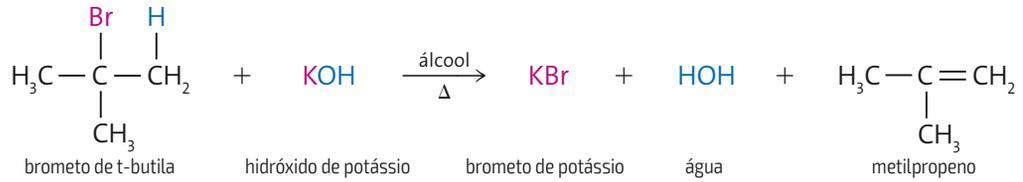


O anidrido ftálico é usado na fabricação de resinas, plastificantes, corantes e indicadores como a fenolftaleína.

## Eliminação em haletos orgânicos

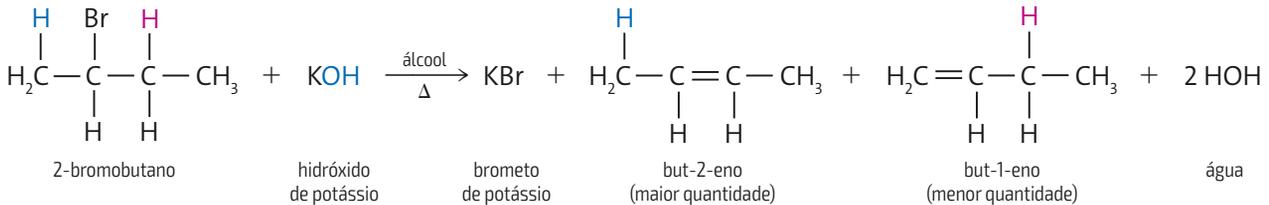
Os haletos orgânicos reagem com hidróxido de potássio, KOH, na presença de álcool etílico (como solvente) e produzem alcenos.

Exemplo: eliminação de brometo de hidrogênio do brometo de t-butila, que produz metilpropeno.



Nos casos em que existem duas possibilidades diferentes de hidrogênio que pode ser eliminado junto ao halogênio da molécula do haleto orgânico, ocorre a formação de uma mistura dos dois compostos resultantes de cada eliminação, formando-se em maior quantidade compostos provenientes de eliminação de hidrogênio de carbono terciário, depois de carbono secundário e, por fim, de carbono primário.

Exemplo: eliminação de brometo de hidrogênio do 2-bromobutano, produzindo but-2-eno e but-1-eno.



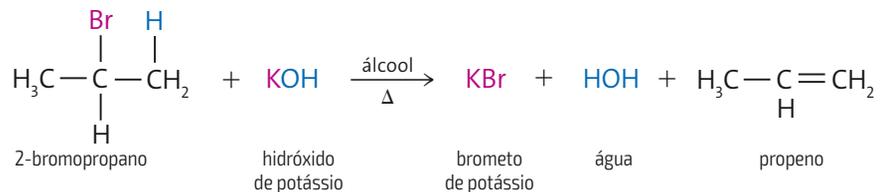
Os haletos orgânicos também sofrem reação de substituição produzindo álcoois (página 163), na presença de base forte, como o hidróxido de sódio, NaOH, um solvente polar, como a água, e sem aquecimento.

Para favorecer a eliminação e obter o alceno em vez do produto da substituição (álcool), é necessário usar um solvente não muito polar, como o **álcool etílico**, uma base forte, como o KOH, e **temperaturas altas**.

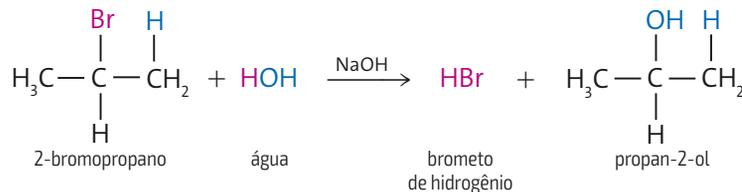
Na realidade, ao final da reação é comum obter uma mistura de produtos resultantes da eliminação e da substituição. Alterando-se as condições em que ocorre a reação, pode-se favorecer a formação de um dos produtos.

Um exemplo é a reação de eliminação ou de substituição do 2-bromopropano:

- Produto da eliminação: alceno (propeno)



- Produto da substituição: álcool (propan-2-ol)



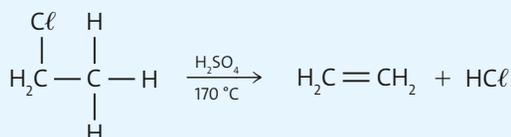
## Exercício resolvido

**3** (PUC-SP) O monoclóro-etano produz etileno em um processo conhecido como eliminação de HCl. Relativamente a tais reações de eliminação, pedem-se:

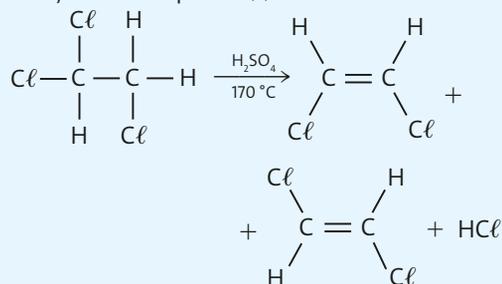
- a equação da transformação sofrida pelo monoclóro-etano;
- a explicação para o fato de a reação de “eliminação” de uma molécula de HCl, na substância 1,1,2-tricloro-etano, produzir dois isômeros.

### Resolução

a) Equação de eliminação intramolecular do monoclóro-etano.



b) Eliminação no composto 1,1,2-tricloroetano.



Quando a molécula de 1,1,2-tricloroetano sofre eliminação de um hidrogênio e de um cloro de carbonos vizinhos, ocorre a formação de uma molécula com ligação dupla e dois ligantes diferentes entre si em cada carbono da dupla, o que caracteriza diastereoisomeria com formação de dois isômeros, o *cis*-1,2-dicloroeteno e o *trans*-1,2-dicloroeteno.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**12** (UFRJ) A crise do petróleo fez ressurgir o interesse pela produção de hidrocarbonetos a partir de álcool, que pode ser produzido por fonte de matéria-prima renovável.

O etanol, por exemplo, no Brasil, é largamente produzido a partir da cana-de-açúcar.

- Escreva a equação da reação utilizada para transformar etanol em eteno.
- O eteno pode ser utilizado para a produção de diversos compostos orgânicos da cadeia petroquímica. Qual é o produto da reação do eteno com o hidrogênio?

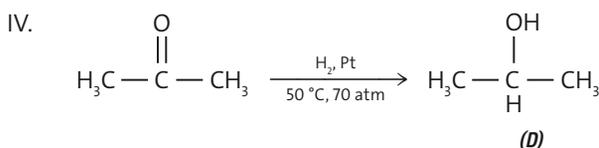
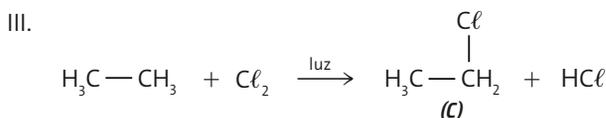
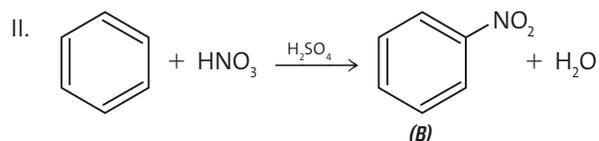
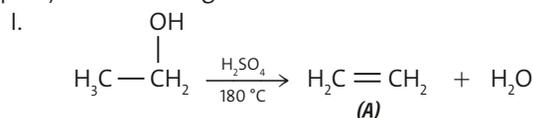
**13** (Vunesp-SP) O terc-butilmetiléter, agente antidetonante da gasolina, pode ser obtido pela reação de condensação entre dois álcoois em meio a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(aq).

- Escreva a fórmula estrutural do éter.
- Escreva as fórmulas estruturais e os nomes oficiais dos álcoois que formam o éter por reação de condensação.

**14** (Fuvest-SP) Em condições adequadas, etanol quando tratado com ácido sulfúrico concentrado pode sofrer uma reação de desidratação intermolecular. O produto formado nessa reação é:

- X
- éter dietílico ou etileno, conforme a temperatura.
  - acetato de etila ou etileno, conforme a temperatura.
  - acetileno ou acetato de etila, conforme a temperatura.
  - acetileno ou éter dietílico, conforme a temperatura.
  - acetato de etila e etileno, conforme a temperatura.

**15** (UFC-CE) Os produtos (A), (B), (C) e (D) das reações mostradas a seguir têm as mais variadas aplicações. O etileno (A) é utilizado na obtenção de plásticos, o nitrobenzeno (B) é usado na preparação de anilina, o cloreto de etila (C) é largamente utilizado como solvente e anestésico tópico e o álcool isopropílico (D) é usado na composição de anticongelantes.



- Classifique as reações dadas, considerando as categorias: adição, substituição ou eliminação.
- Dê os nomes dos reagentes orgânicos, presentes nas reações citadas, que originaram os produtos (A), (B), (C) e (D).



Alin Brotea/Shutterstock/Glow Images

A queima completa é uma oxidação da matéria orgânica que produz gás carbônico,  $\text{CO}_2(\text{g})$ .

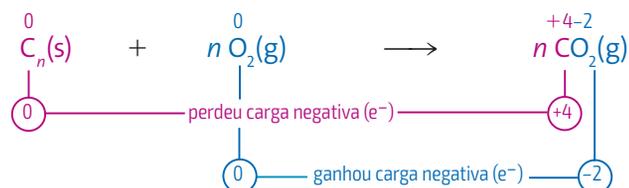
## 4 Reações de oxirredução

Quando numa reação um mesmo elemento químico aparece com NOx diferente no reagente e no produto, significa que ocorreu uma transferência de elétrons, ou seja, a reação é de oxirredução.

Caso estejam envolvidas substâncias iônicas, dizemos que a transferência de elétrons foi efetiva.

Se estiverem envolvidas substâncias covalentes – como é o caso da maioria dos compostos orgânicos –, dizemos que a transferência de elétrons foi aparente.

Considere, por exemplo, a reação de formação do gás carbônico:

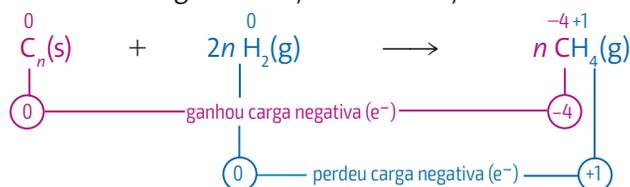


Nessa reação ocorre uma transferência (aparente) de elétrons do carbono para o oxigênio. Como o valor do NOx do carbono aumenta (seu caráter negativo diminui), dizemos que ele sofreu oxidação.

O elemento que, numa reação química, tem o valor de seu NOx aumentado sofre oxidação.

A substância que provocou a oxidação do carbono, nesse caso o gás oxigênio, atua como agente oxidante.

Observe agora a reação de formação do metano:



Nessa reação ocorre uma transferência (aparente) de elétrons do hidrogênio para o carbono.

Como o valor do NOx do carbono diminui (seu caráter negativo aumenta), dizemos que ele sofreu redução.

O elemento que, numa reação química, tem o valor de seu NOx reduzido sofre redução.

A substância que provocou a redução do carbono, nesse caso o gás hidrogênio, atua como agente redutor.

Quando se trata de compostos orgânicos, é comum que haja variação no NOx do carbono em qualquer tipo de reação.

Sendo assim, estudaremos as reações de oxirredução provocadas especificamente pelo oxigênio (oxidação) e pelo hidrogênio (redução).



Zig Koch/Pulsar Imagens

Na decomposição do lixo ocorre a redução da matéria orgânica, o que forma metano,  $\text{CH}_4(\text{g})$ . Depósito de lixo clandestino, em Juazeiro (BA), 2012.

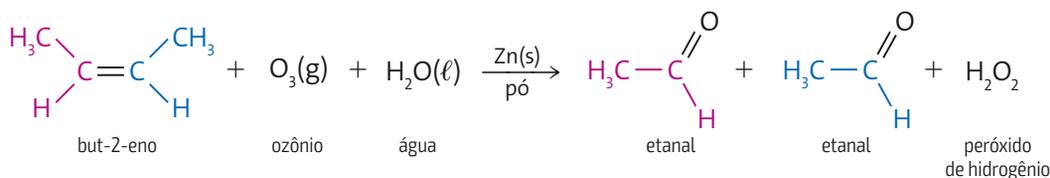
## Ozonólise de alcenos

É a reação de alcenos com ozônio,  $O_3(g)$ , e água,  $H_2O(\ell)$ , catalisada pelo zinco metálico,  $Zn(s)$ , formando aldeídos e/ou cetonas, além de  $H_2O_2$ .

O produto obtido depende da localização da ligação dupla.

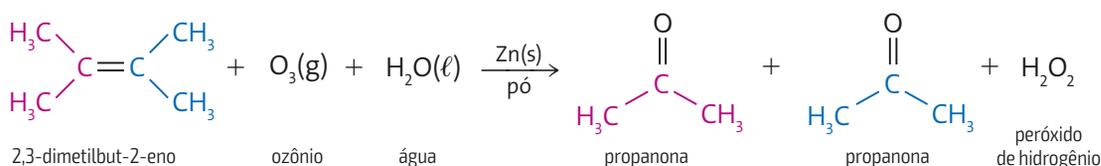
- Se a **ligação dupla** se encontra **entre dois carbonos não ramificados**, obtêm-se como produto orgânico apenas aldeídos.

Exemplo: ozonólise do but-2-eno.



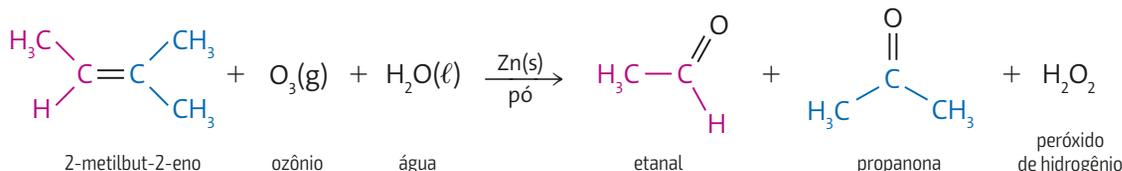
- Se a **ligação dupla** se encontra **entre dois carbonos ramificados**, obtêm-se como produto orgânico apenas cetonas.

Exemplo: ozonólise do 2,3-dimetilbut-2-eno.



- Se a **ligação dupla** se encontra **entre um carbono não ramificado** (primário ou secundário) **e outro ramificado** (terciário), obtêm-se como produto orgânico uma mistura de aldeído e cetona.

Exemplo: ozonólise do 2-metilbut-2-eno.



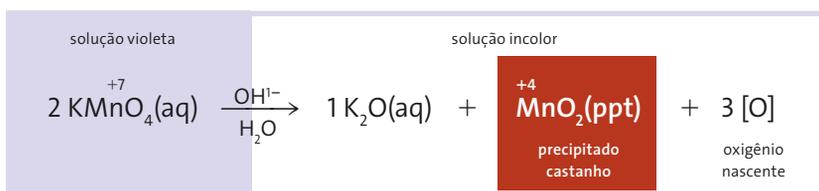
## Oxidação branda de alcenos

Para promover a oxidação de um composto orgânico em laboratório, utilizamos um agente oxidante, normalmente um sal inorgânico.

Um agente oxidante bastante conhecido é o denominado **reagente de Baeyer**, ou seja, uma solução aquosa de permanganato de potássio que, dependendo do meio em que se encontra, pode provocar uma oxidação branda ou uma oxidação energética do composto orgânico.

A oxidação branda de alcenos é feita com o reagente de Baeyer,  $KMnO_4(aq)$ , em meio básico, que atua como agente oxidante.

Em meio básico,  $OH^-(aq)$ , ou neutro, o permanganato de potássio sofre decomposição, que pode ser representada de modo simplificado da seguinte maneira:



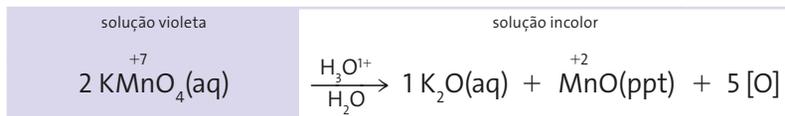
As reações de oxidação de compostos orgânicos estão muito presentes em nosso dia a dia; por exemplo, nos alimentos que necessitam de antioxidantes para ter sua duração prolongada. Para verificar a ação de um antioxidante, faça o seguinte experimento: corte uma maçã ao meio. Pingue vitamina C em gotas em uma das metades e deixe a outra sem proteção. Aguarde alguns minutos. O que você observa?



## Oxidação energética de alcenos

A oxidação energética de hidrocarbonetos em geral é feita utilizando-se o reagente de Baeyer em meio ácido.

Na presença de íons  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ , o permanganato de potássio sofre decomposição, que pode ser representada de modo simplificado da seguinte maneira:



A redução do manganês em meio ácido é mais intensa do que em meio básico. Observe na equação acima que o NOx do manganês passa de +7 para +2.

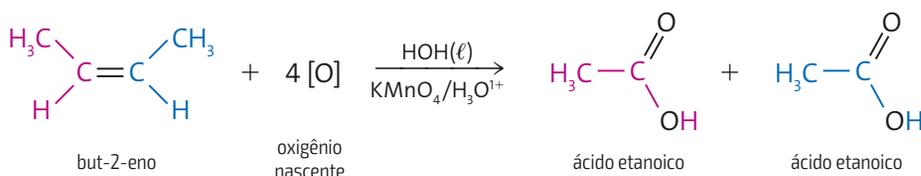
A proporção de oxigênio atômico (nascente) liberado, nesse caso, é de 5 para cada 2 de  $\text{KMnO}_4$  que se decompõem.

A oxidação do composto orgânico também será energética, ocorrendo a **ruptura da molécula**, ou seja, quebra simultânea das duas ligações da dupla.

O produto resultante da oxidação energética de um alceno depende da localização da dupla-ligação no alceno.

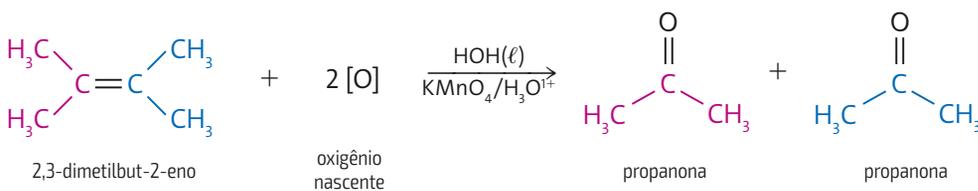
- Se a **ligação dupla** se encontra **entre dois carbonos não ramificados** (secundários), obtêm-se como produto orgânico apenas ácidos carboxílicos.

Exemplo: oxidação energética do but-2-eno.



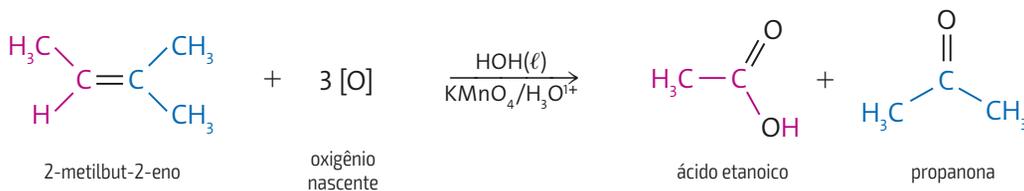
- Se a **ligação dupla** se encontra **entre dois carbonos ramificados** (terciários), obtêm-se como produto orgânico apenas cetonas.

Exemplo: oxidação energética do 2,3-dimetilbut-2-eno.



- Se a **ligação dupla** se encontra **entre um carbono não ramificado** (secundário) e **outro ramificado** (terciário), obtêm-se como produto orgânico uma mistura de ácido carboxílico e cetona.

Exemplo: oxidação energética do 2-metilbut-2-eno.

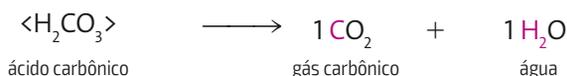
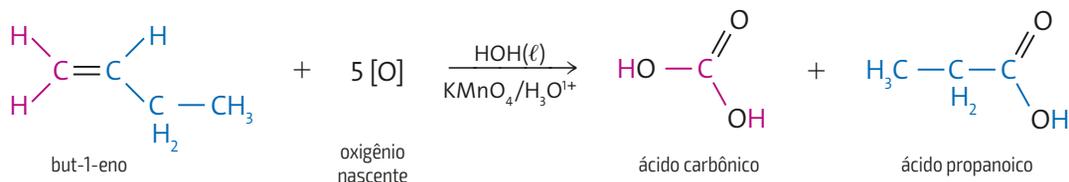


Vaughan Fleming/SP/Latinstock



Há outros sais inorgânicos, como o dicromato de potássio,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , que podem ser usados para oxidar compostos orgânicos por meio de sua decomposição em determinadas condições. As condições (meio básico ou meio ácido) em que ocorre a decomposição do sal dão origem a uma oxidação branda ou a uma oxidação energética do composto orgânico e são propriedades características de cada sal.

- Se a **ligação dupla** estiver localizada na **extremidade da cadeia carbônica** (em carbono primário), obtém-se ácido carbônico,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , que, por ser instável devido à presença de diol gêmeo, irá se decompor em água e dióxido de carbono. Exemplo: oxidação energética do but-1-eno.



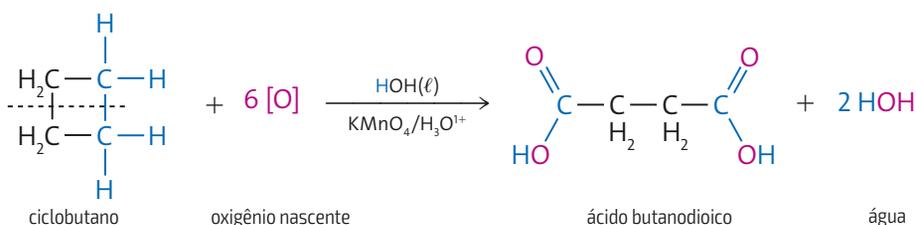
Lembre-se, porém, de que essa explicação é teórica. O ácido carbônico,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , nunca foi isolado como tal e é considerado por muitos pesquisadores como uma solução aquosa de gás carbônico,  $\text{CO}_2(\text{aq})$ .

## Oxidação energética de ciclanos

Os ciclanos não sofrem oxidação branda, mas podem sofrer oxidação energética na presença de  $\text{KMnO}_4(\text{aq})$  em meio ácido, com abertura da cadeia cíclica.

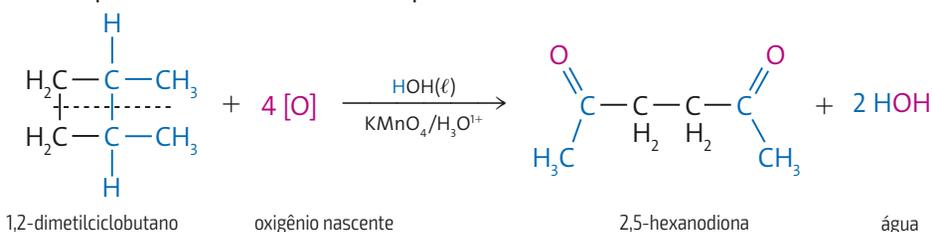
O produto orgânico obtido na oxidação energética depende de o ciclano possuir cadeia carbônica normal ou cadeia carbônica ramificada.

- Se o ciclano possuir cadeia carbônica normal, forma-se um diácido. Exemplo: ciclobutano produzindo ácido butanodioico.



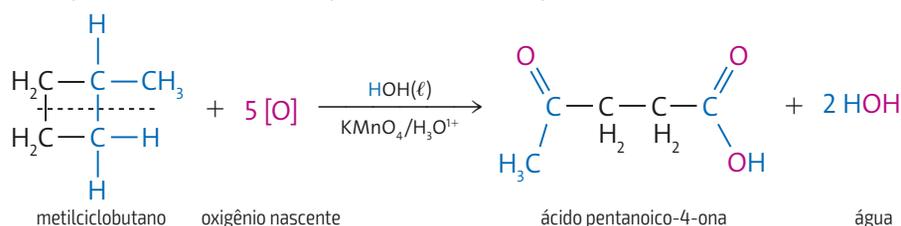
- Se o ciclano possuir cadeia carbônica com duas ramificações em carbonos vizinhos, forma-se uma diona. Exemplo: 1,2-dimetilciclobutano produzindo 2,5-hexanodiona.

Exemplo: 1,2-dimetilciclobutano produzindo 2,5-hexanodiona.



- Se o ciclano possuir cadeia carbônica com apenas uma ramificação, forma-se um composto de função mista ácido carboxílico-cetona. Exemplo: metilciclobutano produzindo ácido pentanoico-4-ona.

Exemplo: metilciclobutano produzindo ácido pentanoico-4-ona.



## Exercício resolvido

**4** (PUC-SP) Dois hidrocarbonetos isômeros, A e B, de fórmula molecular  $C_4H_8$ , produziram, respectivamente, por ozonólise seguida de hidrólise em presença de Zn em pó, propanal e acetona.

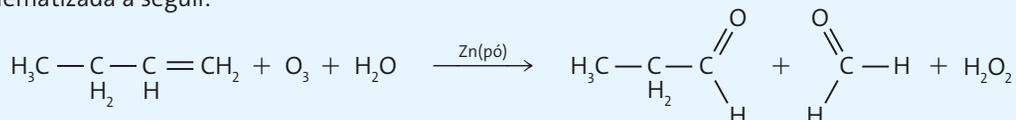
a) Identifique esses hidrocarbonetos, dando seus nomes e suas fórmulas estruturais.

b) Equacione a reação:

$B \longrightarrow$  produtos,  
dando os nomes dos produtos formados.

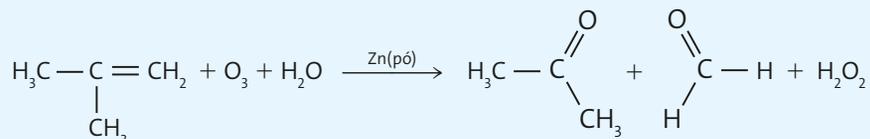
### Resolução

a) O hidrocarboneto A, de fórmula  $C_4H_8$ , que produz o aldeído propanal é o but-1-eno, conforme mostra a reação esquematizada a seguir.



O hidrocarboneto B, de fórmula  $C_4H_8$ , que produz a cetona propanona (acetona) é o metilpropeno, conforme mostra a equação da reação esquematizada no item b.

b) A ozonólise de B produz propanona (acetona) e metanal, além de peróxido de hidrogênio.



## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**16** (Cesgranrio-RJ) Assinale a opção que corresponde aos produtos orgânicos da oxidação energética (feita na presença de permanganato de potássio em meio ácido,  $\text{KMnO}_4$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) do composto 2-metil-pent-2-eno.

- a) Propanal e ácido propanoico.  
b) Ácido butanoico e etanol.  
c) Metoximetano e butanal.  
x d) Propanona e ácido propanoico.  
e) Etanoato de metila e ácido butanoico.

**17** (Ufes) Dois compostos A e B apresentam a mesma fórmula molecular  $C_6H_{12}$ . Quando A e B são submetidos, separadamente, à reação com  $\text{KMnO}_4$ , em solução ácida a quente, o composto A produz  $\text{CO}_2$  e ácido pentanoico, enquanto o composto B produz somente ácido propanoico. Dê as fórmulas estruturais e os nomes, de acordo com as normas oficiais (IUPAC), para os compostos A e B.

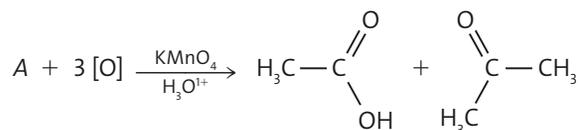
**18** (Unisinos-RS) A oxidação energética de um composto orgânico, tendo como agente oxidante o permanganato de potássio em solução ácida, resultou em três substâncias, assim identificadas:

- substância 1: é um isômero estável do propanal.
- substância 2: gás carbônico.
- substância 3: água.

As informações disponíveis permitem afirmar que o composto orgânico inicialmente oxidado é:

- x a) metilpropeno.                      d) benzeno.  
b) eteno.                                e) dimetilbut-2-eno.  
c) but-1-eno.

**19** (Unifor-CE) Dada a reação de oxidação de uma substância orgânica esquematizada a seguir, a fórmula molecular de A é:



- x a)  $C_5H_{10}$ .                      c)  $C_4H_{10}$ .                      e)  $C_4H_6$ .  
b)  $C_5H_6$ .                      d)  $C_4H_8$ .

**20** (Cefet-PR) Um composto X, submetido à oxidação com solução de permanganato de potássio em meio ácido, forneceu ácido acético e butanona. O nome oficial do composto X é:

- a) 3-metilpent-1-eno.                      x d) 3-metilpent-2-eno.  
b) 2-metilpent-2-eno.                      e) hex-2-eno.  
c) 2-metilpent-1-eno.



Andrew Lambert Photography/SPL/Latinstock

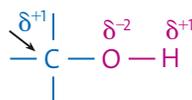
O primeiro tubo de ensaio, à esquerda, contém propan-1-ol (álcool primário) na presença de solução de dicromato de potássio,  $K_2Cr_2O_7$ , em meio ácido (cuja cor é amarela). O segundo tubo de ensaio, à direita, contém o ácido propanoico, produto da oxidação total do propan-1-ol, além de óxido de crômio III,  $Cr_2O_3$  (ppt), produto da redução do dicromato de potássio em meio ácido (cuja cor é verde).

## 5 Oxidação de álcoois

O carbono que sofre oxidação em um álcool é sempre aquele que possui o grupo funcional, isto é, o carbono ligado ao grupo —OH.

Como o oxigênio é mais eletronegativo que o carbono, ele atrai para perto de si o elétron da ligação feita com o carbono e adquire caráter negativo.

Esse carbono, por sua vez, adquire um caráter positivo, o que o torna mais propício que os demais carbonos do composto a sofrer um ataque do oxigênio nascente do meio oxidante.



O ataque ocorre da seguinte forma: se o carbono ligado ao grupo —OH fizer alguma ligação com hidrogênio, o oxigênio nascente vai se colocar no meio da ligação carbono-hidrogênio, formando um grupo carbono-oxigênio-hidrogênio.



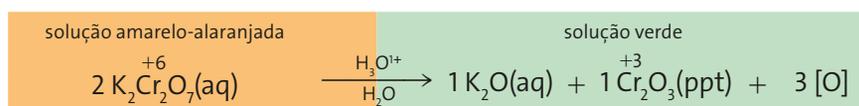
Como a estrutura diol gêmeo (dois grupos —OH no mesmo carbono) é altamente instável, a molécula vai se decompor, liberar água e produzir cetonas, aldeídos ou ácidos carboxílicos, conforme o tipo de álcool e o meio oxidante utilizado.

Um agente oxidante muito utilizado é uma solução aquosa de dicromato de potássio,  $K_2Cr_2O_7$ , em meio ácido,  $H_3O^{1+}$  (aq).

No dicromato de potássio,  $K_2Cr_2O_7$ , o crômio apresenta  $NOx = +6$  e a solução tem coloração amarelo-alaranjada.

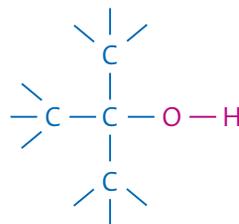
Se ocorrer oxidação do álcool e, portanto, redução do crômio de  $NOx = +6$  para  $NOx = +3$ , a solução passa a ter coloração verde e, assim, o processo pode ser visualizado.

O dicromato de potássio é normalmente utilizado em bafômetros.



## Álcoois terciários

Nos **álcoois terciários**, o átomo de carbono que possui o grupo —OH está ligado a três outros átomos de carbono, como mostra o esquema a seguir.

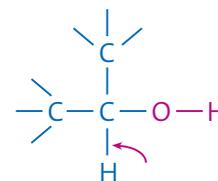


Como o carbono que possui o grupo —OH não faz ligação com nenhum hidrogênio, os **álcoois terciários não sofrem reação de oxidação**.

## Oxidação de álcoois secundários

Nos álcoois secundários, o carbono que possui o grupo —OH está ligado a dois outros átomos de carbono e a um único átomo de hidrogênio. Logo, há apenas um ponto na molécula que pode ser atacado pelo oxigênio nascente.

Numa primeira etapa, vai se formar um diol gêmeo, que, por ser instável, sofre decomposição, libera água e forma um composto do grupo cetona. Na cetona, o carbono do grupo funcional não faz ligação com hidrogênio e, por isso, a oxidação não pode ir adiante.

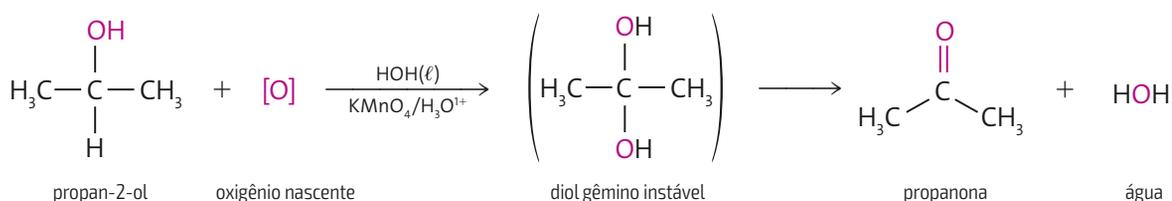


Álcool secundário. A seta indica o local em que pode ocorrer oxidação.

A oxidação de álcoois secundários produz cetonas.

A oxidação de álcoois secundários também pode ser feita na presença de permanganato de potássio em meio ácido,  $\text{KMnO}_4/\text{H}_3\text{O}^{1+}$  (aq).

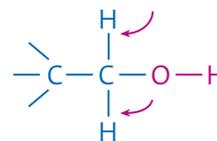
Exemplo: oxidação do propan-2-ol, que produz propanona e água.



## Oxidação de álcoois primários

Nos álcoois primários, o carbono que possui o grupo funcional —OH está ligado a dois átomos de hidrogênio e a um único outro átomo de carbono.

Portanto, há dois pontos da molécula que podem ser atacados pelo oxigênio nascente. Isso permite que os álcoois primários sofram oxidação parcial (branda), produzindo aldeídos, ou total, produzindo ácidos carboxílicos.



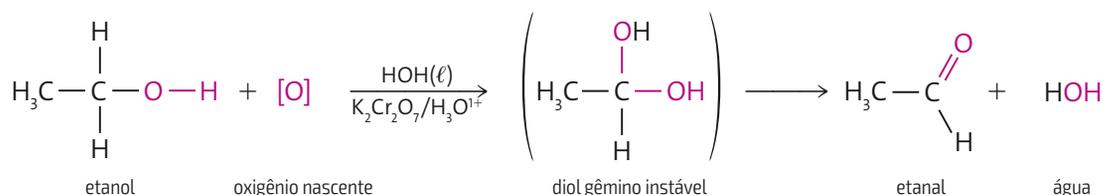
Álcool primário. As setas indicam os locais em que podem ocorrer oxidação.

### Oxidação parcial de álcoois primários

Como a oxidação de álcoois primários a aldeídos necessita de agentes oxidantes mais fortes que a oxidação de aldeídos a ácidos carboxílicos, torna-se difícil interrompê-la no estágio do aldeído.

Um modo de contornar essa situação é realizar a reação numa temperatura superior ao ponto de ebulição do aldeído que se pretende obter, para que ele seja destilado à medida que for sendo formado.

Exemplo: oxidação do etanol produzindo etanal (cujo ponto de ebulição é igual a 20 °C) e água.



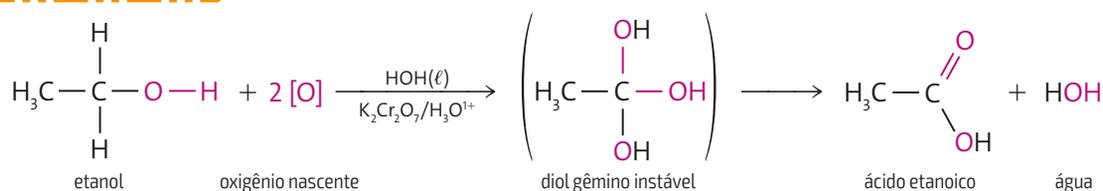
Desse modo, se a oxidação do etanol for realizada em uma temperatura superior a 20 °C e se o reator estiver acoplado a um aparelho de destilação, será possível obter como único produto orgânico o etanal.

O vinagre de vinho (solução aquosa de ácido acético) pode ser obtido pela oxidação energética do álcool etílico do vinho promovida pela ação do fungo *Mycoderma aceti* na presença de oxigênio.

## Oxidação total de álcoois primários

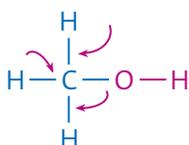
A oxidação total ou energética de um álcool primário produz ácido carboxílico e água e pode ser feita, por exemplo, utilizando-se soluções aquosas de permanganato de potássio,  $\text{KMnO}_4$ , em meio ácido.

Exemplo: oxidação do etanol produzindo ácido etanoico e água.



## Oxidação do metanol

O metanol é o único álcool em que o carbono que possui o grupo  $\text{—OH}$  está ligado a três átomos de hidrogênio, conforme mostra o esquema ao lado. Assim, o metanol tem três pontos na molécula que podem ser atacados pelo oxigênio nascente.



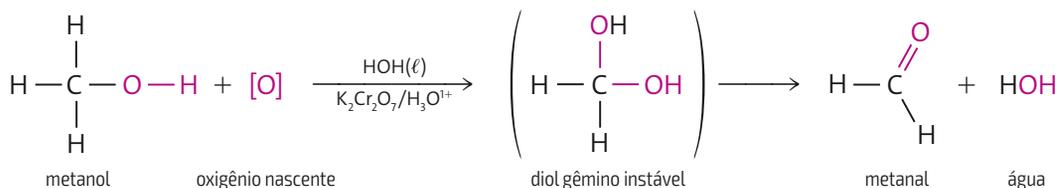
Metanol. As setas indicam os locais em que podem ocorrer oxidação.

A oxidação do metanol tem como produtos intermediários o metanal e o ácido metanoico.

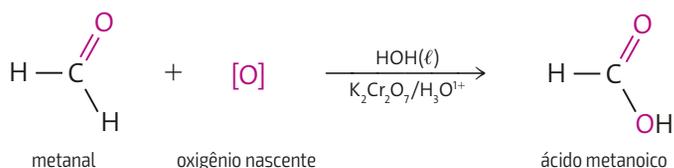
Como o ácido metanoico ainda possui ligação com hidrogênio, ele é oxidado a ácido carbônico,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , que, por ser instável devido à presença de diol gêmeo, se decompõe em água e gás carbônico.

Veja a seguir cada etapa de oxidação do metanol.

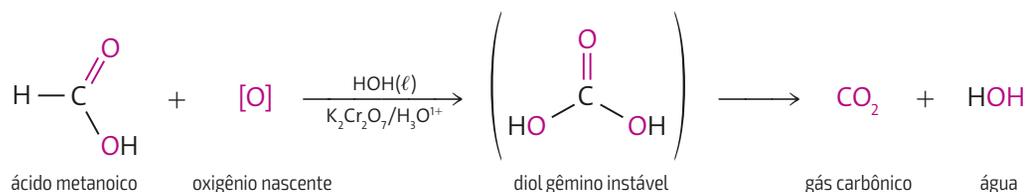
### • Etapa 1: oxidação do metanol a metanal



### • Etapa 2: oxidação do metanal a ácido metanoico



### • Etapa 3: oxidação do ácido metanoico a ácido carbônico, que se decompõe em gás carbônico e água



Note que a reação foi mostrada em etapas por questões didáticas. Na prática tudo ocorre rápida e simultaneamente e não em etapas distintas.



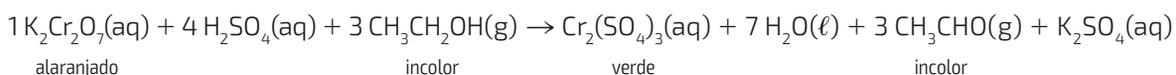
## Como funciona o bafômetro?

O uso do bafômetro, também chamado etilômetro, se baseia no fato de que o álcool não é digerido imediatamente após sua ingestão, permanecendo na circulação sanguínea de uma a duas horas sem sofrer modificações químicas significativas. À medida que o sangue passa pelos pulmões, parte do álcool atravessa os alvéolos e é exalada, pois o álcool é uma substância volátil e evapora do sangue. A concentração de álcool no ar alveolar está relacionada com a concentração de álcool no sangue. À medida que o álcool no ar alveolar é exalado, pode ser detectado pelo bafômetro.

O bafômetro é constituído de um sistema para colher a amostra do hálito do suspeito; dois frascos de vidro com a mistura para a reação química; e fotocélulas ligadas a um medidor que avalia a mudança de cor causada pela reação.

Para medir o álcool, é preciso assoprar dentro do dispositivo. A amostra de ar exalada borbulha em um dos frascos através de uma mistura de ácido sulfúrico, dicromato de potássio, nitrato de prata (que age como catalisador) e água.

A detecção da ingestão de álcool por esse instrumento é visual, e a reação ocorre conforme a equação descrita a seguir:



alaranjado

incolor

verde

incolor

O grau de mudança de cor está diretamente relacionado com o nível de álcool no ar exalado.

Para determinar a quantidade de álcool naquela amostra de ar, a mistura que sofreu reação é comparada à de um frasco com uma mistura que não sofreu reação no sistema de fotocélulas e produz uma corrente elétrica que faz a agulha do medidor se mover do seu ponto de repouso. O operador, então, gira um botão para trazer a agulha de volta ao ponto de repouso e lê o nível de álcool pelo botão: quanto mais o operador precisar girar o botão para retorná-lo ao repouso, maior é o nível de álcool no sangue do motorista.

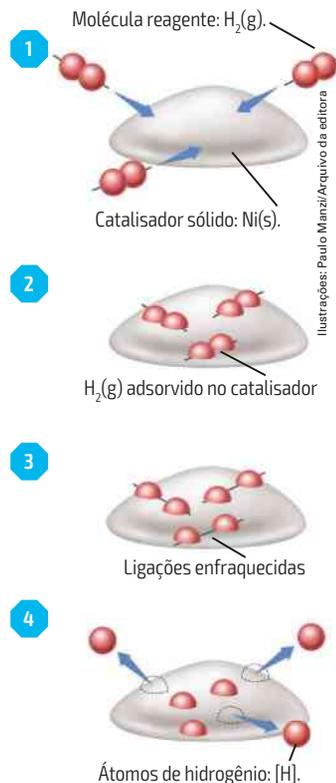
A legislação atual não admite que se dirija com qualquer quantidade de álcool no sangue, ou seja, considera o ato de dirigir com qualquer concentração de álcool no sangue infração gravíssima, prevendo suspensão da carteira de habilitação por um ano, além de multa e retenção do veículo até a apresentação de um condutor habilitado. Se for constatado um nível de álcool no sangue acima de 0,6 g/L, o motorista também é detido.



Teste do bafômetro utilizando o etilômetro.

Ernesto Reghran/Pulsar Imagens

## 6 Reações de redução



A reação de redução é inversa à reação de oxidação, isto é, se um composto *A* por oxidação forma um composto *B*, esse composto *B* por redução formará novamente o composto *A*.

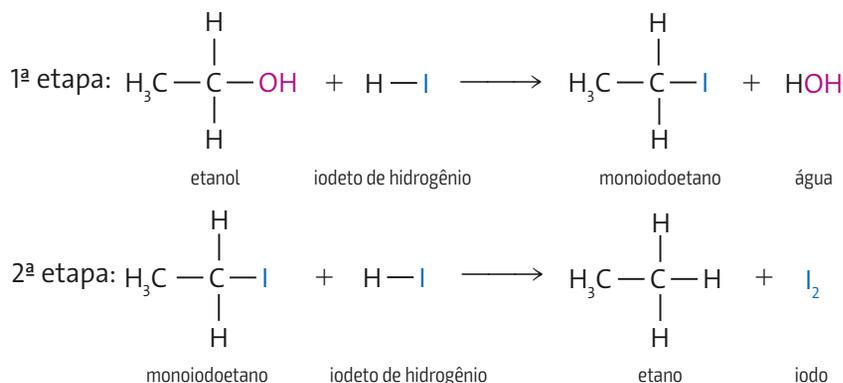
A redução de um composto orgânico é feita pela reação com hidrogênio atômico ou nascente,  $[H]$ , obtido no próprio meio reagente, por exemplo, por meio da ação catalítica do níquel metálico sobre moléculas de gás hidrogênio,  $H_2(g)$ .

Nesse caso, trata-se de um processo de catálise heterogênea, como mostra o esquema ao lado.

### Redução de álcoois

O químico orgânico francês Pierre Eugène Berthelot (1827-1907) observou que os álcoois reagem com iodeto de hidrogênio,  $HI$ , concentrado e a quente, e formam alcanos com o mesmo número de carbonos na cadeia, água e iodo. A reação, **que pode ser descrita em duas etapas**, é conhecida atualmente como reação de Berthelot.

Exemplo: redução do etanol, produzindo etano, água e iodo.



### Redução de ácidos carboxílicos

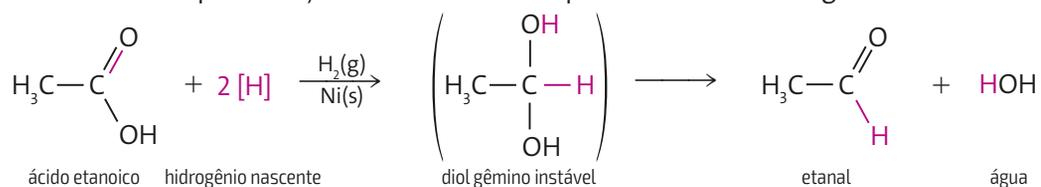
Os ácidos carboxílicos podem sofrer redução parcial e produzir aldeídos, ou redução total e produzir álcoois primários.

Acompanhe os exemplos a seguir.

#### • Redução parcial

Essa redução produz aldeídos e ocorre pelo rompimento de uma das ligações da dupla entre o carbono e o oxigênio e o preenchimento das valências livres resultantes com átomos de hidrogênio.

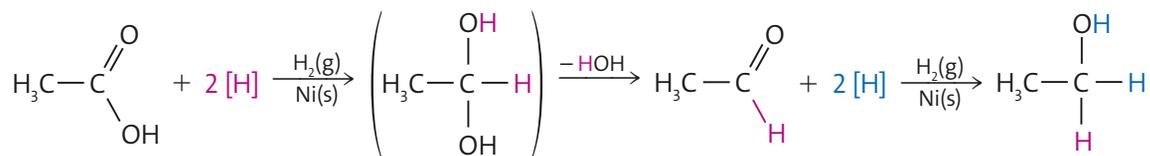
Exemplo: redução do ácido etanoico produzindo etanal e água.



É difícil interromper a redução do ácido carboxílico na formação do aldeído; a única forma de obter aldeído dessa maneira é separá-lo do meio reagente na medida em que for sendo formado.

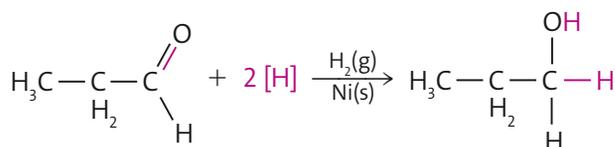
## ● Redução total

A redução total de ácidos carboxílicos produz álcoois primários.  
Exemplo: redução do ácido etanoico (acético) produzindo etanol.



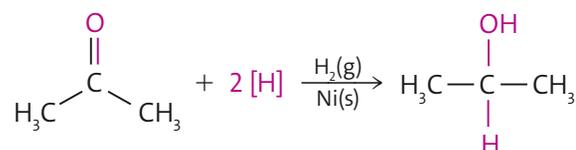
## Redução de aldeídos e cetonas

Como vimos, a redução de **aldeídos** forma álcoois primários.  
Exemplo: redução do propanal produzindo propan-1-ol.



No caso das **cetonas**, como o grupo funcional se encontra, por definição, entre dois carbonos, a redução desses compostos forma álcoois secundários.

Exemplo: redução da propanona produzindo o propan-2-ol.

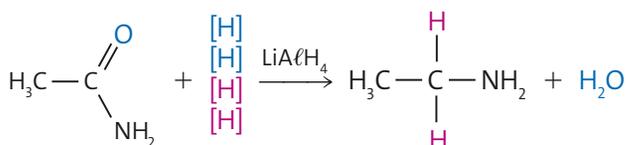


## Redução de compostos nitrogenados

A redução total de compostos orgânicos nitrogenados, como as amidas e os nitrocompostos, produz **aminas**.

Nos compostos nitrogenados que possuem oxigênio na fórmula (como é o caso das amidas), o processo de redução também libera água.

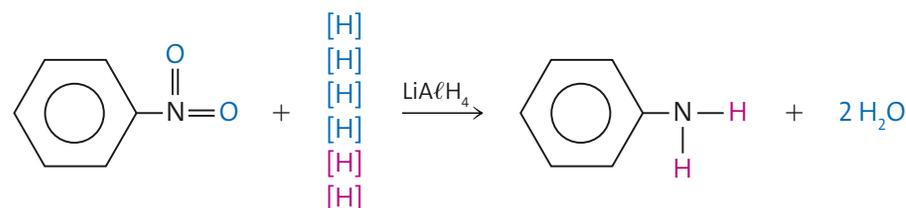
Exemplo: redução da etanamida produzindo etilamina.



Na redução de nitrocompostos, ocorrem o rompimento da ligação insaturada estabelecida entre o nitrogênio e o oxigênio do grupo funcional e o preenchimento das valências livres resultantes com átomos de hidrogênio.

Nesse caso, também ocorre a liberação de água.

Exemplo: redução do nitrobenzeno produzindo fenilamina.



## Exercício resolvido

- 5** (UEM-PR) Assinale a(s) alternativa(s) correta(s). A resposta é a soma dos números das alternativas assinaladas.
01. O eteno pode reagir com o ácido clorídrico e formar o cloroetano.  
02. Um álcool secundário pode ser oxidado e formar uma cetona.  
04. O etanol pode ser oxidado e formar o etanal.  
08. No Brasil, à temperatura ambiente, os alcanos que possuem de 1 a 3 átomos de carbono são líquidos.  
16. Álcoois terciários podem ser facilmente oxidados.  
32. O benzeno, em condições normais, sofre facilmente reação de adição.  
64. O eteno, na presença de hidrogênio gasoso e catalisador, pode formar o etano.

### Resolução

04. Verdadeiro. Numa primeira etapa, o etanol pode ser oxidado a etanal, permanecendo no meio reagente, a oxidação prossegue formando ácido etanoico.  
08. Falso. No Brasil, à temperatura ambiente, os alcanos que possuem 1 a 3 átomos de carbono são gases.  
16. Falso. Álcoois terciários não sofrem oxidação.  
32. Falso. Devido à ressonância dos elétrons da ligação dupla, o benzeno é um composto bastante estável, sofrendo, preferencialmente, reações de substituição. Porém, o benzeno pode sofrer reações de adição de halogênios na presença de luz.  
Resposta: 71. São corretos os itens: 01, 02, 04 e 64.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**21** (FEI-SP) Analise as afirmações relativas à oxidação dos álcoois por agentes oxidantes:

- Por oxidação parcial o álcool primário transforma-se em aldeído.
- Por oxidação completa o álcool primário transforma-se em ácido carboxílico.
- Os álcoois secundários, por oxidação, são transformados em cetonas.
- Os álcoois terciários não sofrem oxidação. Condições drásticas podem “quebrar” a molécula do álcool.
- É impossível a transformação de um álcool primário ou secundário em outras substâncias, mediante a ação de agentes oxidantes, pois são todos inflamáveis.

É (São) verdadeira(s):

- a) todas. d) apenas IV e V.  
b) nenhuma. x e) apenas I, II, III e IV.  
c) apenas V.

**22** (Cefet-PR) “Cientistas trabalhando para a Nasa descobriram que algumas plantas trepadeiras são ótimas para remover o formaldeído do ar, um possível agente cancerígeno encontrado em muitas casas. Eles dizem que, em média, uma casa pode ser completamente livre do gás formaldeído pela instalação de 70 trepadeiras. Os pesquisadores analisaram um número razoável de plantas, mas as trepadeiras apresentaram absorção cinco vezes maior do gás do que qualquer outra rival. Não se sabe muito bem como elas o fazem. Cientistas recomendam uma planta para cada 2,5 m<sup>2</sup> em casas e escritórios.”

*(Chemistry in the Marketplace, 4. ed., Ed. Harcourt Brace, 1994.)*

O formaldeído quando sofre reação de oxidação dá origem a um  $\text{HCHO}$  chamado  $\text{HCOOH}$ .

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- a) álcool, metanol.  
b) éster, metanoato.  
c) ácido, ácido etanoico.  
x d) ácido, ácido metanoico.  
e) álcool, etanol.

**23** A redução de um álcool segundo o método de Berthelot – reação com ácido iodídrico, HI, concentrado e a quente – produziu o alcano mais simples que sofre isomeria óptica. Em relação a essa informação, indique:

- a) o nome do álcool;  
b) o nome do alcano;  
c) a equação da reação que produziu o alcano.

**24** (Vunesp-SP) Sabendo-se que os aldeídos são reduzidos a álcoois primários e as cetonas, a álcoois secundários, escreva as fórmulas estruturais e os nomes dos compostos utilizados na preparação de butan-1-ol e de butan-2-ol por processos de redução.

**25** Qual o nome oficial do composto obtido pela redução total do:

- a) 2-metilbutanal.  
b) metilbutanona.  
c) propan-2-ol (segundo Berthelot).

## FOI NOTÍCIA!



## Hitler, formigas e transições

Um dos assuntos mais delicados do movimento ambiental é [o tamanho da] população. O argumento é o seguinte: mudanças climáticas, extinções de espécies, colapso dos ecossistemas, caos ambiental são apenas sintomas. A doença é uma só: há demais de nós. Há uma infestação de humanos na Terra e é isso a causa de todo o resto dos problemas. [...]

Esse assunto é delicado por razões históricas e emocionais.

Históricas: falar de superpopulação faz lembrar das campanhas eugênicas de esterilização forçada e de eutanásia dos nazistas. [...]. Faz lembrar que é hábito de ditaduras controlar o ritmo de crescimento da população.

Emocionais: a ideia central do ambientalismo é tentar poupar o planeta para as gerações futuras. [...] Se começarmos a dizer que não temos que ter filhos ou netos, a coisa começa a perder o sentido. Por isso, nenhuma organização ambiental importante defende que as pessoas deixem de ter filhos [...].

Hoje me deparei com uma entrevista inteligente com um químico alemão chamado Michael Braungart, professor da Universidade Erasmus de Rotterdam. Braungart teve a coragem de enfrentar esse assunto delicado. Olha o que ele disse:

'A biomassa das formigas é quatro vezes maior que a dos humanos. E, como elas trabalham mais duro do que nós, o seu consumo de calorias equivale ao de uma população de 30 bilhões de humanos. Mas elas não são um problema para o ambiente.'

Ou seja, mesmo com uma população imensa, é possível não destruir recursos finitos. Achei chocante pensar que, se você colocar a população mundial de formigas numa balança, ela vai pesar o quádruplo da população humana, e que seu consumo de energia para viver é quase o quádruplo do nosso. Mas isso, obviamente, não resolve nosso problema. Nós produzimos esgoto, emitimos carbono, queimamos a mata e espalhamos sacos plásticos e latinhas de cerveja por onde passamos – elas não.

Mas, no mínimo, Braungart faz a gente pensar. A explosão populacional humana certamente é parte do problema – simplesmente não haverá recursos para todo mundo se continuarmos nos comportando como quando éramos 1 bilhão de pessoas. Mas isso não quer dizer que a única solução possível para nós seja reduzir a população. Há [...] outra: reduzir drasticamente o impacto negativo que cada um de nós causa. De preferência, reduzir a zero, de forma que o aumento da população deixe de ser um problema.

Braungart é pesquisador do Instituto Holandês de Pesquisa para Transições (Drift, na sigla holandesa). O papel do Drift é imaginar um *design* para uma nova era. No futuro imaginado por eles, os produtos não consomem recursos da Terra, nem um pouquinho. Tudo aquilo que não consumimos é reaproveitado, compostado, reciclado. Tudo é eficiente, não se joga fora nem energia. Tudo é feito para durar. Mais ou menos como as formigas fazem. [...]"

BURGIERMAN, Denis Russo. Disponível em: <[www2.redesul.am.br/Mensagens/hitler-formigas-e-transicoes/1183/](http://www2.redesul.am.br/Mensagens/hitler-formigas-e-transicoes/1183/)>. Acesso em: 3 fev. 2016.

*Você leu uma matéria afirmando que é possível reduzir ou zerar os impactos negativos que causamos ao planeta e que Michael Braungart tem uma proposta para concretizar isso. Você sabe qual é essa proposta?*

## 1 Polímeros

Polímeros são **macromoléculas** obtidas pela combinação de um número imenso (da ordem de milhares) de moléculas pequenas, os **monômeros**. O processo pelo qual isso é feito é denominado **polimerização**.

Esse processo é conhecido em laboratório desde 1860, mas foi em 1864 que se desenvolveu o primeiro polímero com aplicações práticas, o celuloide (nitrato de celulose).

O aproveitamento prático do celuloide, porém, sempre foi limitado, uma vez que ele é altamente inflamável e sofre decomposição quando exposto à luz ou ao calor. Essas características do celuloide acabaram gerando certo descrédito em relação à classe dos polímeros.

Foi um químico belga, Leo Hendrik Baekeland (1863-1944), que, investindo em pesquisas, conseguiu desenvolver em 1909 uma resina plástica de propriedades extraordinárias, com resistência excepcional ao calor. Essa resina foi denominada, em sua homenagem, baquelite.

A partir daí, o número de polímeros desenvolvidos aumentou de maneira surpreendente.

Não é muito dizer que a nossa sociedade está vinculada a esses materiais, ou seja, estamos vivendo na “era dos plásticos”.

Os polímeros podem ser naturais ou artificiais.

### Polímeros naturais

Celulose, amido, látex natural, caseína (proteína do leite), seda, fios de teia de aranha (proteína tipo betaqueratina), que veremos na Unidade 4.

### Polímeros sintéticos

Poliétileno, politetrafluoretileno (*teflon*), náilon, borracha sintética, poliéster, acrílico (que serão estudados mais adiante).

Os polímeros sintéticos são denominados plásticos.

Os plásticos são materiais artificiais, normalmente de origem orgânica, que em algum estágio de sua fabricação adquiriram forma com a ajuda de calor, pressão e o emprego de moldes.

O sucesso crescente do uso de plásticos deve-se à combinação de baixos custos de produção, versatilidade, ótima resistência e boa aparência.

O maior problema dos plásticos em geral é a poluição que podem causar ao meio ambiente a longo prazo, uma vez que permanecem milhões de anos sob condições adversas sem se degradar.

Tanto os polímeros naturais como os plásticos podem ser classificados em termoplásticos ou termorrígidos.

Vamos fazer um experimento utilizando um polímero termoplástico para observar como sua estrutura pode ser modificada?

A baquelite atua como isolante térmico e elétrico e é utilizada na confecção de cabos de frigideiras e painéis, interruptores de luz, tomadas, plugues e peças industriais elétricas.

O plástico atualmente substitui com sucesso as mais diversas matérias-primas na fabricação de utensílios domésticos.





## Modificando a estrutura do polímero

### Material necessário

- poliacetato de vinila, PVA (cola branca solúvel em água)
- bórax (tetraborato de sódio deca-hidratado,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ), encontrado em farmácias
- água
- corante alimentício
- palito de madeira (palito de sorvete)
- 1 colher de café de plástico
- 3 copos de plástico descartáveis para suco (copos grandes)
- 3 copos de plástico descartáveis para café (copos pequenos)
- 1 par de luvas de borracha

### Como fazer

Vista as luvas de borracha e comece o experimento preparando uma solução aquosa de bórax com título igual a 0,04 (4% em massa). Para isso, a rigor, teríamos de diluir 4 g de bórax em 96 g de água. Obter medidas tão precisas de substâncias exige aparelhagens sofisticadas e treinamento para utilizá-las. Então, vamos fazer algumas aproximações.

Utilize o copo descartável pequeno ( $\approx 50 \text{ mL}$ ) como medida.

Coloque dois copos pequenos de água em um copo grande e adicione uma colher de café (não muito cheia) de bórax. Mexa bem até dissolver todo o sólido. Está pronta a solução aquosa de bórax com título em massa aproximadamente igual a 0,04 (4%). Esta é a sua solução 1. Reserve.

Prepare agora uma solução aquosa diluída de PVA com título em volume igual a 50%, ou

seja, utilizando volumes iguais de água e cola branca. Você pode, por exemplo, utilizar novamente o copo pequeno como medida e colocar um copo pequeno de cola e outro de água dentro do copo grande. Mexa com o palito de sorvete até a mistura ficar homogênea e acrescente algumas gotas do corante alimentício de sua cor preferida. Esta é a sua solução 2. Analise a consistência dessa solução. Como você a descreveria em termos de viscosidade e fluidez?

Coloque agora, no terceiro copo grande, partes iguais (em volume) das soluções 1 e 2 (utilize novamente o copo pequeno como medida). Misture bem com o palito de madeira. O que aconteceu?

Você pode retirar a mistura do copo (que chamaremos de solução 3) e manuseá-la com as mãos (agora não precisa mais usar as luvas, porque o bórax não oferece mais perigo em contato com a pele).

Se quiser, pode guardar a mistura por algum tempo. Nesse caso, mantenha-a num pote de plástico com tampa ou em um saco plástico fechado.

### Descarte de rejeitos

Jogue a mistura no lixo comum. Não jogue na pia nem no vaso sanitário.

### Investigue

1. Como você explica a solubilidade do PVA em água? Analise a estrutura do polímero na página 202.
2. Como você descreve a consistência da solução 2?
3. Como você descreve a consistência da solução 3?
4. Qual o papel do ânion  $[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4]^{2-}$  na formação da solução 3? Que tipo de interação pode haver entre esse ânion e as macromoléculas de PVA?
5. Por que é preciso guardar a solução 3 em recipiente fechado?



**CUIDADO!**  
Responsabilidade é tudo!

#### Dica de segurança

Use as luvas de borracha ao manipular o bórax, pois o contato com a pele ou mucosas

pode causar irritação, vermelhidão, coceira e dor. A inalação do bórax pode causar irritação ao sistema respiratório, os sintomas incluem tosse e diminuição da frequência respiratória. A ingestão pode causar náusea, vômito, diarreia e, em certos casos, pode levar à morte. A dose letal situa-se entre 15 g e 20 g.

Olga Drabovich/Shutterstock



As esponjas de "lavar louça" são feitas de poliuretano flexível, um exemplo de polímero termorrígido. Seu uso é prejudicial ao meio ambiente porque:

- 1) como absorvem a sujeira da louça e a umidade, transformam-se em um ambiente ideal para a proliferação de germes e bactérias que podem causar doenças;
- 2) por isso precisam ser trocadas com frequência (para uso intenso recomenda-se a troca a cada 7 dias);
- 3) e não são recicláveis. Uma opção melhor são as esponjas de aço que se degradam quimicamente e não causam grandes impactos na natureza.

## Termorrígidos ou termofixos

São polímeros infusíveis e insolúveis, que adquirem, por aquecimento ou outro tratamento qualquer, estrutura tridimensional e rígida com ligações cruzadas. Seu formato não pode ser modificado. Não permitem reprocessamento. Não é reciclável.

Exemplos: caseína, poliuretano, baquelite, borracha vulcanizada, epóxi, silicone.

## Termoplásticos

São polímeros que podem ser fundidos por aquecimento e que se solidificam por resfriamento. Seu formato pode ser modificado, embora estejam sujeitos a um grau de degradação química, o que limita o número de reciclagens (que pode ser repetida algumas vezes).

Exemplos: celulose, poliamida, polietileno, policloreto de vinila, politetrafluoretileno, polipropileno, poliestireno, poliácilonitrila.

A reciclagem de um termoplástico pode ser:

### ● Reciclagem primária

Consiste na regeneração de um único tipo de resina separadamente. Esse tipo de reciclagem absorve 5% do plástico consumido no país e, em geral, é associado à produção industrial pré-consumo, ou seja, reaproveitamento das aparas produzidas na própria indústria durante a fabricação de determinado produto.

### ● Reciclagem secundária

Consiste no processamento de plásticos, misturados ou não, entre os mais de quarenta existentes no mercado.

Novas tecnologias já estão disponíveis para possibilitar o uso simultâneo de diferentes resíduos plásticos, sem que haja incompatibilidade entre elas e a consequente perda de resistência e qualidade dos produtos fabricados a partir desse material.

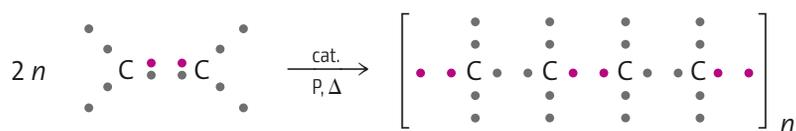
### ● Reciclagem terciária

Consiste na aplicação de processos químicos para recuperar as resinas que compõem o lixo plástico, fazendo-as voltar ao estágio químico inicial. Ainda não é feita no Brasil.

## Polímeros de adição comum

São formados pela reação de adição de um número muito grande de monômeros iguais, que originam uma única molécula.

Essa adição é feita pelo rompimento de uma das ligações da dupla, com posterior formação de ligação simples entre as moléculas.



A reação de polimerização geralmente ocorre sob pressão, na presença de catalisador e aquecimento.

No esquema ao lado cada "bolinha" representa um elétron, e duas "bolinhas" alinhadas representam um par de elétrons compartilhados (ligação covalente). As cores foram utilizadas para fins didáticos. Elétrons não têm cor.

## Polímeros de adição comum

Polímero/ monômero	Reação de obtenção	Propriedades e aplicações
Polietileno/etileno	$n \begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array} \xrightarrow[\text{P, } \Delta]{\text{cat.}} \left[ \begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_n$	<p>Apresenta alta resistência à umidade e ao ataque de substâncias químicas como solventes em geral. É um material de baixo custo. Tem boa flexibilidade, mas baixa resistência mecânica. É usado em películas plásticas e folhas de embalagens de alimentos, embalagens de produtos farmacêuticos, recipientes diversos, revestimentos de fios, cabos, tubos, brinquedos e utensílios domésticos.</p>
Policloreto de vinila (PVC)/cloro eteno	$n \begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{Cl} \end{array} \xrightarrow[\text{P, } \Delta]{\text{cat.}} \left[ \begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{H} & \text{Cl} \end{array} \right]_n$	<p>Apresenta resistência química e térmica (devido ao elevado teor de cloro). Pode ser misturado a plastificante (PVC flexível) ou não (PVC rígido). O PVC flexível é usado na confecção de calças plásticas para bebês, toalhas de mesa, cortinas de chuveiro, bolsas e roupas de couro artificial, brinquedos e estofamentos de automóveis. O PVC rígido é utilizado na fabricação de dutos e tubos rígidos para água e esgoto.</p>
Politetrafluoretileno (PTFE)/tetrafluoreto	$n \begin{array}{c} \text{F} & & \text{F} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{F} & & \text{F} \end{array} \xrightarrow[\text{P, } \Delta]{\text{cat.}} \left[ \begin{array}{cc} \text{F} & \text{F} \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{F} & \text{F} \end{array} \right]_n$	<p>Apresenta elevada resistência química e térmica, baixo coeficiente de atrito e baixa aderência. É usado em isolamento elétrico, revestimento de equipamentos químicos, antenas parabólicas, válvulas, torneiras, revestimento de painéis e frigideiras e na fabricação de órgãos artificiais.</p>
Poliestireno (PS)/vinilbenzeno	$n \begin{array}{c} \text{HC} = \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \xrightarrow[\text{P, } \Delta]{\text{cat.}} \left[ \begin{array}{cc} \text{H} & \text{H}_2 \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{C}_6\text{H}_5 & \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_n$	<p>É resistente a ácidos, bases e sais; amolece pela ação de hidrocarbonetos. É isolante térmico e elétrico. Conforme o tratamento, pode assemelhar-se ao vidro ou formar o isopor (quando expandido a quente por meio de injeção de gases ao sistema). É usado em utensílios domésticos rígidos, transparentes ou não, embalagens de equipamentos, embalagens isolantes, construção civil, painéis de automóveis e espumas.</p>

Polímeros de adição comum		
Polímero/ monômero	Reação de obtenção	Propriedades e aplicações
Polipropileno (PP)/ propeno	$n \begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{CH}_3 \end{array} \xrightarrow[\text{P, } \Delta]{\text{cat.}} \left[ \begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{H} & \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$	Incolor, de baixo custo, apresenta tolerância a solventes e a substâncias reativas. Boa resistência térmica, elétrica e ao impacto. É usado em utensílios domésticos, na fabricação de equipamentos médicos (pode ser esterilizado), de componentes eletrônicos e de tubos e dutos (pode ser soldado).
Poliacrilonitrila (orlon ou PAN)/ cianeto de vinila	$n \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} = \text{CH} \\   \\ \text{C} \equiv \text{N} \end{array} \xrightarrow[\text{P, } \Delta]{\text{cat.}} \left[ \begin{array}{cc} \text{H}_2 & \text{H} \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ & \text{C} \equiv \text{N} \end{array} \right]_n$	É predominantemente amorfo, mas adquire alta resistência após tração, quando as macromoléculas são orientadas numa direção preferencial. Apresenta boa resistência a solventes. É inflamável e sua queima libera gás cianeto, HCN(g), um veneno mortal. É usado na fabricação de fibras como substituto da lã. É a fibra sintética mais utilizada para fabricar malhas de inverno.
Polimetilmetacrilato (PMMA)/metacrilato de metila	$n \begin{array}{c} \text{H} & & \text{CH}_3 \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{C} \\ & &    \\ & & \text{O} \\ & &   \\ & & \text{O} - \text{CH}_3 \end{array} \xrightarrow[\text{P, } \Delta]{\text{cat.}} \left[ \begin{array}{cc} \text{H} & \text{CH}_3 \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{H} & \text{C} \\ &    \\ & \text{O} \\ &   \\ & \text{O} - \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$	Transparência cristalina (semelhante ao vidro), resistência ao intemperismo (agentes atmosféricos), à radiação ultravioleta, à ação de produtos químicos, à tensão, ao impacto e ao risco. É usado em painéis decorativos e estruturais, letreiros, decorações e partes de móveis, sistemas de vidros de automóveis, pisos iluminados translúcidos, janelas e capotas.
Poliacetato de vinila (PVA)/acetato de etenila	$n \begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{O} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ & &    \\ & & \text{O} \end{array} \xrightarrow[\text{P, } \Delta]{\text{cat.}} \left[ \begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{H} & \text{O} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ &    \\ & \text{O} \end{array} \right]_n$	Alta adesividade. Transparente e incolor. Insolúvel em água, mas torna-se disperso em meio aquoso na presença de um agente emulsificante. É usado na fabricação de tintas de parede (do tipo látex), em colas e adesivos para papel e em goma de mascar.



## Sacolinhas plásticas

As sacolas plásticas podem ser:

- **Comuns, de polietileno de baixa densidade**

Feitas de matéria-prima derivada do petróleo. Segundo o especialista professor da Universidade Estadual de Campinas Marco-Aurelio De Paoli, esse tipo de sacolinha, quando exposta ao meio ambiente (luz, calor e umidade), sofre degradação em cerca de dez anos. Sabemos, porém, que essas condições não se verificam nos lixões, aterros sanitários e oceanos (os destinos mais comuns).

- **Feitas de “polietileno verde”**

Feitas de matéria-prima derivada da cana-de-açúcar. O polietileno assim obtido é idêntico ao que é obtido a partir do petróleo.

- **Biodegradável**

É um tipo de plástico que serve de nutriente para microrganismos (bactérias ou fungos) existentes no meio ambiente. Pode ser feito de milho, mandioca ou bagaço de cana-de-açúcar.

Para que a biodegradação ocorra (entre 90 e 180 dias) é necessário que haja condições para a proliferação desses microrganismos, como: temperatura, pH, umidade e presença de oxigênio. Novamente, isso não ocorre em lixões e aterros sanitários.

- **Com carga biodegradável**

São sacolinhas de polietileno que contêm em sua formulação uma “carga” de componente biodegradável como, por exemplo, o amido. Somente o componente biodegradável sofre a ação dos microrganismos. De qualquer forma, a quantidade do componente não degradável nessas sacolas é menor.

- **Compostável**

São sacolas feitas de um tipo de plástico que se degrada quando enterrado em determinadas condições de temperatura e umidade. Por exemplo: termoplásticos de amido (TPS), poliácido láctico (PHA), poli-hidroxibutirato (PHB) ou, até mesmo, poliésteres sintéticos específicos feitos de petróleo bruto ou de gás natural.

Assim, sacolas compostáveis não são necessariamente biodegradáveis.

- **Oxibiodegradável**

Plástico que contém um catalisador D2W, feito de um composto de metal de transição que acelera o processo de degradação do plástico, reduzindo-o a pequenos fragmentos.

O plástico oxibiodegradável é compostável, mas **não é biodegradável** (os fragmentos não são nutrientes para microrganismos).

Além disso, causa contaminação pelos resíduos do metal de transição.

“Ao propor a substituição das sacolas convencionais pelas biodegradáveis, a lei gera no imaginário das pessoas a falsa ideia de que as novas embalagens poderiam ser descartadas sem qualquer dano ao meio ambiente, o que não é verdade. Essas embalagens supostamente biodegradáveis são plásticos oxidodegradáveis ou fragmentáveis, que recebem aditivos químicos para acelerar o processo de degradação”, afirma Roberto [Fernando de Souza Freitas].

De acordo com [ele, que é] o coordenador do Grupo de Pesquisa em Géis e Polímeros da UFMG, a degradação química promove uma poluição invisível, com a quebra dos sacos plásticos em milhares de pequenas moléculas que não desaparecerão na natureza. ‘Elas se transformarão em resíduos, em pó, e vão parar em leitos de rio, cursos d’água e permanecerão no solo. Com isso, esses resíduos de plásticos quimicamente tratados podem ser incorporados à nossa dieta e na dos animais. Do ponto de vista ambiental, é uma catástrofe’, diz o professor.”

SARAPU, Paula. *Estado de Minas*, 19 dez. 2011. Disponível em: <[www.em.com.br/app/noticia/gerais/2011/12/19/interna\\_gerais,268149/sacolas-biodegradaveis-sao-reprovadas-em-teste-de-laboratorio-da-ufmg.shtml](http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2011/12/19/interna_gerais,268149/sacolas-biodegradaveis-sao-reprovadas-em-teste-de-laboratorio-da-ufmg.shtml)>. Acesso em: 3 fev. 2016.



Impacto do plástico nos animais.

Reprodução/Arquivo da editora

## Exercício resolvido

**1** (Funrei-MG) Os plásticos estão muito presentes no dia a dia. O seu uso se torna cada vez mais frequente e a razão para isso é que eles são duráveis e baratos. No entanto, os plásticos representam um problema para o meio ambiente. O problema relacionado ao descarte dos plásticos é que eles:

- são derivados do petróleo, um recurso que não é renovável e pode acabar para sempre.
- ao serem depositados nos lixões, liberam substâncias voláteis para a atmosfera que podem produzir chuvas ácidas.
- se acumulam no ambiente, permanecendo durante décadas ou mesmo séculos sem se degradar.

d) são o grupo de materiais de composição mais diversificada existente no planeta Terra.

### Resolução

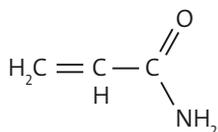
Um dos maiores inconvenientes dos materiais plásticos é, paradoxalmente, a sua maior qualidade: a extrema resistência. Plásticos não apodrecem como a madeira e não oxidam como o ferro, mas também não se degradam quando descartados, e isso significa um grave problema de poluição ambiental, principalmente se levarmos em conta a grande velocidade com que são consumidos e imediatamente descartados.

Alternativa **c**.

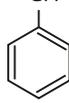
## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**1** Os médicos utilizam um polímero biodegradável, a poliacrilamida, na forma de um fio cirúrgico usado para dar os pontos que fecham os cortes resultantes de uma cirurgia. Após um período de cerca de quinze dias, o corte já está cicatrizado e o organismo já absorveu os pontos da cirurgia, que não precisam mais ser retirados. Sabendo que a poliacrilamida é um polímero de adição comum e dada a fórmula estrutural do seu monômero, a acrilamida, forneça a equação de obtenção da poliacrilamida.



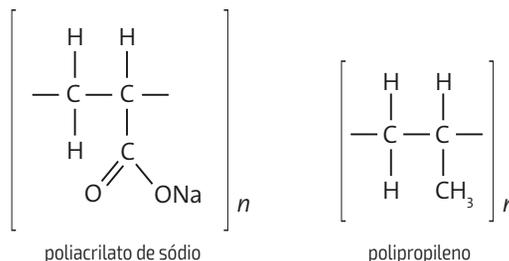
**2** (Cesgranrio-RJ) Na tabela a seguir, na coluna A estão representadas as fórmulas estruturais de alguns monômeros e na coluna B, alguns polímeros que podem ser obtidos a partir desses monômeros.

A	B
(1) $\text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2$	(5) PVC
(2) $\text{H}_2\text{C} = \text{CHCl}$	(6) poliestireno (isopor)
(3) $\text{H}_2\text{C} = \text{CH}$ 	(7) teflon
(4) $\text{F}_2\text{C} = \text{CF}_2$	(8) náilon
	(9) polietileno

Assinale a opção que possui todas as associações corretas:

- (1) – (5); (2) – (9); (3) – (6); (4) – (8).
- (1) – (8); (2) – (5); (3) – (6); (4) – (7).
- x** (1) – (9); (2) – (5); (3) – (6); (4) – (7).
- (1) – (9); (2) – (5); (3) – (7); (4) – (6).
- (1) – (9); (2) – (6); (3) – (8); (4) – (7).

**3** (UFMG) Diversos materiais poliméricos são utilizados na fabricação de fraldas descartáveis. Um deles, o poliacrilato de sódio, é responsável pela absorção da água presente na urina; um outro, o polipropileno, constitui a camada que fica em contato com a pele. Analise a estrutura de cada um desses dois materiais:



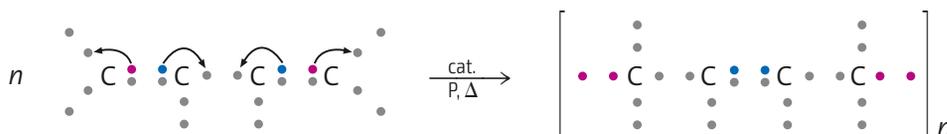
Considerando-se esses dois materiais e suas respectivas estruturas, é CORRETO afirmar que

- x** a) o poliacrilato de sódio apresenta ligações covalentes e iônicas.
- b) o poliacrilato de sódio é um polímero apolar.
- c) o polipropileno apresenta grupos polares.
- d) o polipropileno tem como monômero o propano.

## 2 Polímeros de adição 1,4

As borrachas em geral – tanto as naturais como as sintéticas – são denominadas elastômeros (polímeros que possuem alta elasticidade) e são formadas pela autopolimerização por adição 1,4 de alcadienos conjugados. A adição 1,4 ocorre por causa da ressonância dos elétrons das ligações duplas.

Esse tipo de reação pode ser representado pelo seguinte esquema de Lewis:



Cada “bolinha” representa um elétron, e duas “bolinhas” alinhadas representam um par de elétrons compartilhados (ligação covalente).

As cores utilizadas para representar os elétrons na estrutura abaixo são para fins didáticos. Elétrons não têm cor.

### Borracha natural ou poli-isopreno

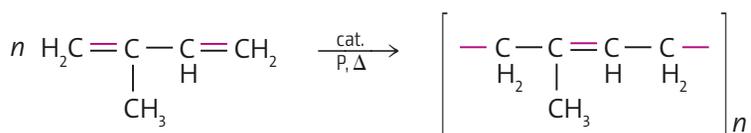
É obtida a partir do metilbut-1,3-dieno, conhecido como isopreno.

A borracha natural, também denominada cauchu (do idioma indígena *caa*, ‘madeira’, e *o-chu*, ‘que chora’), pode ser extraída da seringueira, *Hevea brasiliensis*. Cerca de 30% do total de elastômeros consumidos mundialmente são borracha natural dessa árvore.

O látex é obtido fazendo-se incisões na árvore, de modo que o líquido se acumule em pequenas tigelas, que devem ser recolhidas com frequência. O látex é então transportado para estações centrais, onde é coado e recebe adição de amônia,  $\text{NH}_3(\text{g})$ , que atua como conservante. A borracha é separada por um processo conhecido como coagulação, que ocorre quando se adicionam vários ácidos ou sais ao látex. A borracha separa-se do líquido na forma de uma massa branca, pastosa, que é moída e processada (calandrada) para remover contaminantes e secar. A borracha comercial é embarcada em fardos de tamanho conveniente, sendo suficientemente estável para ser estocada durante vários anos.

#### ● Reação de obtenção

A reação é feita sob pressão, aquecimento e com catalisador.



#### ● Propriedades

Após a vulcanização (processo descrito na página 207) a borracha natural apresenta grande elasticidade, baixa histerese e baixa deformação permanente.

#### ● Aplicações

Preservativos (camisinhas), luvas cirúrgicas, balões de aniversário, bicos de mamadeira, bicos de chupeta, elásticos, borrachas escolares e pneus de grande porte (como os de trator).

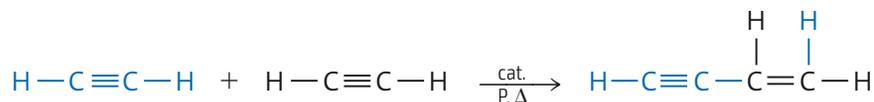


Processo de extração da borracha natural da seringueira.

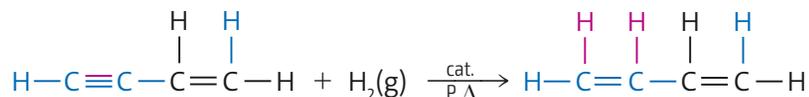
## Borracha sintética, polibutadieno

A borracha sintética pode ser obtida a partir do acetileno,  $C_2H_2(g)$ , de acordo com as seguintes etapas.

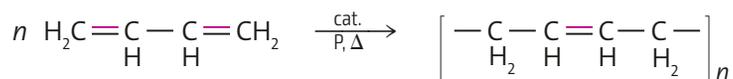
**1) Dimerização do acetileno:** duas moléculas de acetileno associam-se para formar o vinilacetileno.



**2) Reação com gás hidrogênio:** o vinilacetileno reage com gás hidrogênio e produz o monômero but-1,3-dieno (eritreno).



**3) Reação de polimerização:** monômero but-1,3-dieno formando o polibutadieno.



### • Propriedades

Semelhantes às da borracha natural quando vulcanizada. Baixa histerese, maior resistência à abrasão e menor recuperação elástica que a borracha natural.

### • Aplicações

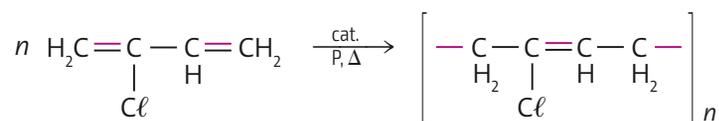
São as mesmas que as da borracha natural. Só não substitui a borracha natural quando é necessária maior elasticidade, em aplicações do tipo “goma pura”.

## Polineopreno

O monômero que dá origem ao polineopreno é o 2-clorobut-1,3-dieno, conhecido como cloropreno.

A reação também pode partir da dimerização do acetileno; a diferença é a adição de cloreto de hidrogênio,  $HCl(g)$ , ao vinilacetileno.

### • Reação de obtenção



### • Propriedades

É viscoso (não pegajoso). Quando vulcanizado, é mais resistente ao calor, aos óleos minerais e ao ozônio que a borracha natural. Apresenta baixa inflamabilidade. É sensível a radiações de alta energia, que causam a formação de ligações cruzadas e o enrijecem. Adere a metais.

### • Aplicações

Artefatos expostos à água do mar, cobertura de cabos submarinos, correias transportadoras, roupas, luvas e revestimentos industriais, mangueiras e adesivos.

Histerese é um fenômeno que consiste na resposta de um sistema a uma solicitação externa ao sofrer algum tipo de atraso ou atenuação. Por exemplo, se você apertar um pedaço de borracha não vulcanizada e, em seguida, deixá-lo em repouso, ele vai demorar um certo tempo (atraso) para readquirir seu formato original (possui alta histerese). Se você fizer o mesmo com um pedaço de borracha vulcanizada, ele volta rapidamente ao formato original (possui baixa histerese).



Reprodução/Arquivo da editora

Colete náutico feito de polineopreno.

## Vulcanização da borracha

As borrachas obtidas pelos processos descritos – denominadas borrachas cruas – têm características que restringem seu uso industrial, como baixa resistência ao calor e à variação de temperatura (tornando-se moles e pegajosas no verão, duras e quebradiças no inverno).

Além disso, apresentam pequena resistência à tração, solubilidade em solventes orgânicos e facilidade de serem oxidadas.

Para que possam ser mais bem aproveitadas industrialmente, é necessário submetê-las a um processo denominado vulcanização.

Vulcanização é a adição de 2% a 30% de enxofre à borracha, sob aquecimento e na presença de catalisadores como o litargírio, PbO, que forma um polímero tridimensional com o enxofre servindo de ponte entre as cadeias carbônicas.

As ligações duplas na molécula da borracha natural são importantes no processo de vulcanização porque tornam os hidrogênios alílicos (os átomos de hidrogênio que estão ligados ao carbono vizinho ao carbono da dupla ligação) altamente reativos. Na vulcanização os átomos de enxofre tomam o lugar desses hidrogênios alílicos e estabelecem as pontes de enxofre que ligam as cadeias de poli-isopreno.

As pontes de enxofre, em proporção não muito acentuada, constituem ligações flexíveis entre as moléculas e permitem o deslizamento de umas sobre as outras sempre que uma força externa estique o objeto; de certa forma agem como amortecedores. Cessada a força, a borracha volta à sua forma inicial.

A rigor, quanto à elasticidade, não há diferença entre a borracha vulcanizada e a crua. A borracha vulcanizada, porém, retorna bem mais rapidamente à forma inicial do que a borracha crua e parece, por isso, ter mais elasticidade.

A quantidade de agentes vulcanizantes em uma borracha varia com o tipo de aplicação do material: aumentando-se a proporção de enxofre, a elasticidade diminui e a dureza da borracha aumenta.

- Borrachas comuns para fabricação de artefatos em geral: o teor de enxofre varia de 2% a 10%.
- Borrachas usadas na fabricação de câmaras de ar de pneus: o teor de enxofre varia de 1,5% a 5%.
- Borrachas empregadas em revestimentos protetores de máquinas e aparelhos da indústria química (ebonite ou caucho duro): o teor de enxofre alcança valores de aproximadamente 30%.

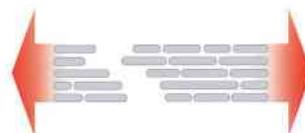
Conforme o teor de enxofre utilizado na vulcanização da borracha, o polímero tridimensional formado será um material termofixo. Por isso, para determinadas aplicações, a vulcanização da borracha tem de ser feita simultaneamente com a modelagem do objeto desejado, pois, uma vez pronto, não há como mudar sua forma.

As propriedades dos polímeros podem ser ajustadas para a aplicação que se deseja pela adição de outras substâncias (aditivos) que atuam melhorando, modificando ou adaptando o polímero à necessidade.

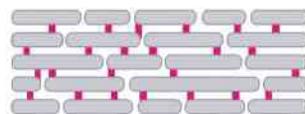
As ilustrações estão fora de escala. Cores fantasia.



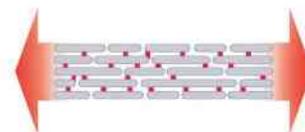
Borracha crua não vulcanizada (sem pontes de enxofre).



As macromoléculas deslizam umas sobre as outras e podem se separar quando a borracha é esticada, rompendo o material.



Borracha vulcanizada. As pontes de enxofre ligam as macromoléculas umas às outras.



As pontes de enxofre dificultam o rompimento da borracha vulcanizada quando ela é esticada. O material fica mais resistente.

Ilustrações: Luis Moura/Arquivo de editora

## Exercício resolvido

**2** O processo de vulcanização foi desenvolvido em 1838, independentemente, pelo inventor norte-americano Charles Goodyear (1800-1860) e pelo inventor inglês Thomas Hancock (1786-1865). A ideia de Goodyear era melhorar as propriedades da borracha, utilizando um processo semelhante ao do curtimento do couro, por isso ele empregou em princípio o aquecimento da borracha em presença do enxofre. Hoje já é possível vulcanizar a borracha a frio, utilizando uma solução de cloreto de enxofre,  $SCl_2$  (ℓ), em meio a dissulfeto de carbono,  $CS_2$  (ℓ).

- Quais modificações ocorreram nas cadeias do polímero de borracha após esse processo?
- Cite as principais propriedades físicas e químicas adquiridas pelo polímero após a vulcanização.

### Resolução

- No processo de vulcanização da borracha ocorre a formação de pontes de enxofre entre as várias cadeias do polímero, formando uma estrutura rígida tridimensional.
- Após a vulcanização, a borracha adquire maior elasticidade, podendo voltar a seu formato original mais rapidamente (histerese). Torna-se ainda mais resistente ao calor e aos agentes químicos, como óleos minerais e ozônio.

Conforme a aplicação que se deseja dar à borracha vulcanizada, aumenta-se o teor de enxofre. Quanto maior o teor de enxofre adicionado no processo, maior será a dureza do material e menor a sua elasticidade.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**4** (Unisinos-RS) Polímeros (do grego *poli*, 'muitas', *meros*, 'partes') são compostos naturais ou artificiais formados por macromoléculas que, por sua vez, são constituídas por unidades estruturais repetitivas, denominadas \_\_\_\_\_. Assim, entre outros exemplos, podemos citar que o amido é um polímero originado da glicose, que o polietileno se obtém do etileno, que a borracha natural, extraída da espécie vegetal *Hevea brasiliensis* (seringueira), tem como unidade o \_\_\_\_\_ e que o polipropileno é o resultado da polimerização do \_\_\_\_\_. As lacunas são preenchidas, correta e respectivamente, por:

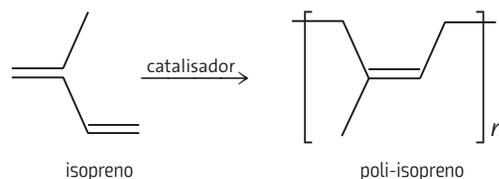
- elastômeros, estireno e propeno.
- monômeros, isopreno e propeno.
- anômeros, cloropreno e neopreno.
- monômeros, propeno e isopreno.
- elastômeros, eritreno e isopreno.

**5** (ITA-SP) Quais afirmações são corretas?

- A reação da borracha natural com enxofre é denominada vulcanização.
- Polímeros termoplásticos amolecem quando aquecidos.
- Polímeros termofixos apresentam alto ponto de fusão.
- Os homopolímeros polipropileno e politetrafluoretileno são sintetizados por meio de reações de adição.
- Mesas de madeira, camisetas de algodão e folhas de papel contêm materiais poliméricos.

- Apenas I, II, IV e V.
- Apenas I, II e V.
- Apenas III, IV e V.
- Apenas IV e V.
- Todas.

**6** (UEL-PR) A borracha natural é obtida de *Hevea brasiliensis*, espécie arbórea comumente chamada de seringueira, de onde é extraído o látex. O látex é uma solução rica em isopreno, que, sob a ação de um catalisador presente na seringueira, produz a borracha natural, como mostrado na equação abaixo:



As cadeias poliméricas da borracha natural, após serem submetidas a tensões de alongamento moderadas, voltam à sua conformação original, porém, em dias muito frios, perdem esta propriedade, tornando-se quebradiças. Esse fato limitou sua utilização, até que por volta de 1830 Charles Goodyear descobriu que o aquecimento de borracha natural em presença de enxofre produz, mediante uma reação de adição, um material bastante elástico e insensível a variações ordinárias de temperatura. Esse processo foi denominado vulcanização em referência a Vulcano, o deus do fogo. Com base nas informações anteriores e nos seus conhecimentos, é incorreto afirmar:

- O número de átomos de hidrogênio no isopreno é igual a 8.
- A reação de adição se processa na dupla-ligação.
- O isopreno pode ser denominado como 2-metil-1,3-butadieno.
- O isopreno é uma molécula insaturada.
- Poli(isopreno) é inerte ao  $Cl_2$  (g).



# RETOMANDO A NOTÍCIA

*A reportagem da página 197 afirma que é possível reduzir ou zerar o impacto negativo que causamos no planeta, mesmo que a população continue crescendo, e que o químico Michael Braungart tem uma proposta para concretizar isso. Você sabe do que se trata essa proposta?*

## **Alternativa berço a berço**

Por que as formigas, cuja biomassa é quatro vezes maior do que a nossa e cujo consumo equivale ao de uma população de 30 bilhões de pessoas, conseguem viver sem causar nenhum impacto no planeta?

A resposta é relativamente simples: porque tudo o que elas produzem para viver não gera resíduo tóxico, ou seja, seu lixo é alimento para o solo, que nutre e fertiliza a terra, que em troca produz o que as formigas precisam para viver num ciclo fechado.

Então, o problema não é consumir nem gerar lixo, o problema é "planejar o que devemos consumir" e o "tipo de lixo que devemos gerar".

O químico Michael Braungart (ex-ativista do Greenpeace e fundador do Partido Verde da Alemanha) e o arquiteto industrial americano William McDonough escreveram o livro *Cradle to cradle: criar e reciclar ilimitadamente*, em que argumentam que, ao planejar a fabricação de um produto, devemos ter em mente que um dia ele será descartado e, portanto, precisamos nos certificar de que quando isso acontecer ele servirá de alimento para a biosfera ou de matéria-prima de qualidade para a tecnosfera.

Parece complicado e utópico? Mas é simples e concreto.

Veja um exemplo real: uma tecelagem na Suíça se deparou com o seguinte problema: seus rejeitos eram muito tóxicos e perigosos ao meio ambiente. Não podiam ser descartados ou queimados, e o efluente gerado estava ameaçando o ecossistema local. Essa tecelagem recebeu um ultimato: ou mudava seu processo ou mudava de endereço.

Felizmente decidiram mudar o processo. Com a ajuda de Braungart, começaram pesquisando uma fibra natural para substituir a fibra sintética utilizada na fabricação dos tecidos e chegaram a uma mistura de algodão e rami que atendia perfeitamente às necessidades da empresa e era totalmente biodegradável.

Faltava ainda encontrar corantes totalmente inócuos para tingir os tecidos. Após algumas dificuldades, conseguiram ajuda de uma multinacional

e, de 1600 corantes pesquisados, apenas 16 se mostraram realmente inofensivos ao meio ambiente. Misturando esses corantes em diferentes proporções era possível obter todas as tonalidades de cores desejadas.

Com esse novo processo implantado, a tecelagem não descarta mais os seus rejeitos, mas os vende na forma de um feltro que os agricultores compram para proteger as plantações de morango no inverno.

Exposto ao meio ambiente, o tecido se decompõe e se torna alimento para o morango que irá crescer na primavera (algo que as formigas aprovam). E a água que a empresa utiliza no processo agora sai da fábrica mais limpa do que quando entrou.

Outro exemplo real é a embalagem de sorvetes que eles desenvolveram para uma multinacional holandesa. Essa embalagem só fica rígida (sólida) a baixas temperaturas. Quando exposta a temperatura ambiente ela se degrada (liquefaz) em poucas horas. Mas não é só isso: essa embalagem vem impregnada de sementes de árvores ou plantas diversas. Imagine então a seguinte cena: você vai ao parque num dia ensolarado e resolve tomar um sorvete de frutas. Abre a embalagem e a joga na terra. Após algumas horas, a embalagem se degrada e libera as sementes que vão germinar no momento propício. E você devolve à terra o que tirou dela, como fazem os pássaros, cujo excremento é rico em nutrientes e sementes capazes de germinar no solo.

Esses são exemplos (há vários outros) de produtos planejados para alimentar a biosfera.

E o que fazer com os materiais que não se decompõem como os metais e os plásticos, que não podem ser utilizados como nutrientes para o solo? Os produtos fabricados com esses materiais devem ser planejados para alimentar a tecnosfera quando forem descartados.

Um bom exemplo é o próprio livro *Cradle to cradle*, de Braungart e McDonough. A edição norte-americana foi impressa em material plástico,



portanto à prova d'água, e com uma tinta que se apaga quando o livro é aquecido. Dessa forma o plástico do livro pode ser amolecido e utilizado para fazer um novo livro.



Reprodução <<http://pdsblogs.org/>>

A edição norte-americana do livro *Cradle to cradle* foi impressa em material plástico: planejar o que se fabrica e o que se compra pode ser a chave para o desenvolvimento sustentável.

Observe que não se trata de uma reciclagem comum. Na verdade, segundo Braungart, o que fazemos não é reciclagem, mas uma sub-reciclagem, ou seja, podemos fabricar um lindo abajur com garrafas PET ou mesmo misturar o PET ao algodão para fazer calças *jeans*, mas produtos assim estão destinados a terminar em aterros ou lixões, num processo que eles classificam como "do berço ao túmulo".

No caso do livro de Braungart, o material plástico e a tinta utilizados na impressão da edição norte-americana foram planejados para fazer parte de um processo "berço a berço", em que o livro sempre se transforma em um novo livro e depois em outro livro, e assim por diante.

Mas você pode pensar: fabricar produtos no conceito "berço a berço" exige um investimento financeiro altíssimo tanto para as pesquisas necessárias como para a implantação do processo. Por que grandes empresas se interessariam em fazer isso?

A resposta é fácil: porque precisam vender, e para isso devem agradar seus consumidores. Se esses consumidores forem exigentes em relação aos produtos que compram, se questionam o destino que terão quando descartados, se não admitem que uma indústria polua o ar onde moram ou a água que bebem, as empresas terão de se adequar.

O conceito "do berço ao berço" já é uma realidade em algumas indústrias, em alguns países, embora sua implantação ainda esteja no início. Mas é algo em que devemos acreditar, em que devemos apostar. Afinal, se deu certo com as formigas, por que não daria conosco?

Assista ao documentário:

*A alternativa berço a berço.*

Parte 1: <[www.youtube.com/watch?v=DkWG-09ZRUXk](http://www.youtube.com/watch?v=DkWG-09ZRUXk)>.

Parte 2: <[www.youtube.com/watch?v=RR-0a1M-VtJs](http://www.youtube.com/watch?v=RR-0a1M-VtJs)>. Acessos em: 1ª nov. 2015.

Veja também o documentário:

*A história das coisas.* Disponível em: <[www.youtube.com/watch?v=F8pL8ZxkDMo](http://www.youtube.com/watch?v=F8pL8ZxkDMo)>.

Acesso em: 1ª nov. 2015.



Calça confeccionada em tecido 100% biodegradável.

O quadro a seguir fornece a estrutura química dos três exemplos de copolímeros mencionados anteriormente, suas propriedades e aplicações.

<b>Copolímeros</b>	
<b>Buna-S – copolimerização entre o but-1,3-dieno e o vinilbenzeno catalisada pelo sódio</b>	
<b>Reação de obtenção</b>	$n \text{ H}_2\text{C}=\underset{\text{H}}{\text{C}}-\underset{\text{H}}{\text{C}}=\text{CH}_2 + n \text{ HC}=\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}_2} \xrightarrow[\text{P}, \Delta]{\text{cat.}} \left[ \text{---} \underset{\text{H}_2}{\text{C}}-\underset{\text{H}}{\text{C}}=\underset{\text{H}}{\text{C}}-\underset{\text{H}_2}{\text{C}}-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{C}}-\underset{\text{H}}{\text{C}}-\underset{\text{H}_2}{\text{C}} \text{---} \right]_n$
<b>Propriedades e aplicações</b>	<p>Deve ser vulcanizada e necessita de carga reforçadora de negro de fumo, <math>\text{C}_n(\text{s})</math>, para apresentar resistência mecânica satisfatória. Feito isso, torna-se muito resistente ao atrito. É usado nas bandas de rodagem de pneus, solados, cabos de isolamento e outros artefatos diversos.</p>
<b>Buna-N – copolimerização entre o but-1,3-dieno e a acrilonitrila catalisada pelo sódio</b>	
<b>Reação de obtenção</b>	$n \text{ H}_2\text{C}=\underset{\text{H}}{\text{C}}-\underset{\text{H}}{\text{C}}=\text{CH}_2 + n \text{ H}_2\text{C}=\underset{\text{C}\equiv\text{N}}{\text{CH}} \xrightarrow[\text{P}, \Delta]{\text{Na}} \left[ \text{---} \underset{\text{H}_2}{\text{C}}-\underset{\text{H}}{\text{C}}=\underset{\text{H}}{\text{C}}-\underset{\text{H}_2}{\text{C}}-\underset{\text{C}\equiv\text{N}}{\text{C}}-\underset{\text{H}}{\text{C}} \text{---} \right]_n$
<b>Propriedades e aplicações</b>	<p>Deve ser vulcanizada e recebe carga de negro de fumo, <math>\text{C}_n(\text{s})</math>, que é um carvão finamente pulverizado, o que o torna resistente ao atrito, ao calor e à variação de temperatura. É usado em mangueiras, gaxetas (para completar a vedação nas juntas de canalização ou nas juntas de peças de automóveis), revestimento de tanques e de válvulas que entram em contato com gasolina e outros fluidos apolares.</p>
<b>ABS – copolimerização entre a acrilonitrila, o but-1,3-dieno e o vinilbenzeno</b>	
<b>Reação de obtenção</b>	$n \text{ H}_2\text{C}=\underset{\text{C}\equiv\text{N}}{\text{CH}} + n \text{ H}_2\text{C}=\underset{\text{H}}{\text{C}}-\underset{\text{H}}{\text{C}}=\text{CH}_2 + n \text{ HC}=\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}_2} \xrightarrow[\text{P}, \Delta]{\text{cat.}} \left[ \text{---} \underset{\text{H}_2}{\text{C}}-\underset{\text{C}\equiv\text{N}}{\text{C}}-\underset{\text{H}_2}{\text{C}}-\underset{\text{H}}{\text{C}}-\underset{\text{H}}{\text{C}}=\underset{\text{H}_2}{\text{C}}-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{C}}-\underset{\text{H}_2}{\text{C}} \text{---} \right]_n$
<b>Propriedades e aplicações</b>	<p>Apresenta elevada resistência térmica, elétrica e mecânica. É utilizado na fabricação de painéis de automóveis, telefones, invólucros de aparelhos elétricos e em embalagens.</p>



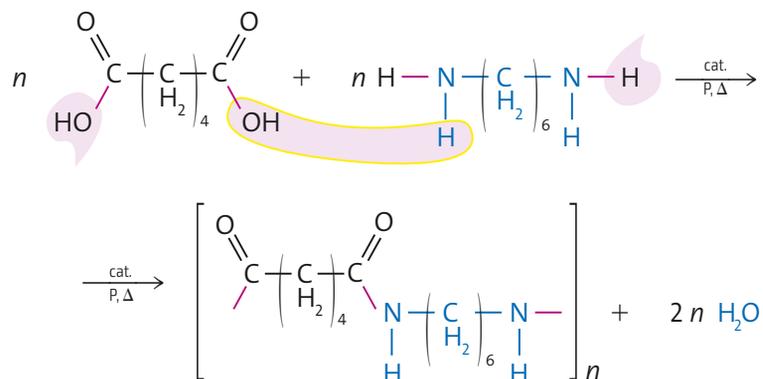
Veja no quadro abaixo os polímeros de condensação mais importantes e utilizados, bem como suas características principais.

Polímeros de condensação	
<b>Poliuretano / di-isocianato de parafenileno e etan-1,2-diol (etilenoglicol)</b>	
<b>Reação de obtenção</b>	
<b>Propriedades e aplicações</b>	<p>Apresenta elevada resistência mecânica, principalmente à abrasão. É isolante acústico, mas é extremamente inflamável e ao queimar libera gás cianeto, HCN(g), um veneno mortal. É apontado como uma das principais causas da morte de 241 jovens no incêndio que ocorreu em 27 de janeiro de 2013 em Santa Maria (RS). Seu uso como isolante só é indicado quando misturado a um retardante de chamas. É usado em isolamentos, revestimentos internos de roupa, espumas para estofados e colchões, pranchas de surfe, forração de tapetes, de couros sintéticos, em substituição à madeira, em peças de móveis e molduras, em aglutinantes de combustível de foguete.</p>
<b>Baquelite / benzenol (fenol) e metanal</b>	
<b>Reação de obtenção da resina termoplástica</b>	
<b>Propriedades e aplicações</b>	<p>A resina termoplástica apresenta resistência mecânica, química e térmica. Tem baixo custo, odor penetrante. A resina termorrígida, de estrutura tridimensional, apresenta propriedades semelhantes e atua como isolante térmico e elétrico.</p> <p>A resina termorrígida é obtida a partir da resina termoplástica, em meio básico com excesso de metanal e aquecimento. É infusível e insolúvel. É o estado final após o processo denominado cura da resina.</p> <p>A resina termoplástica é empregada na composição de diversos revestimentos como tintas e vernizes e em cola para madeira. A resina termorrígida é utilizada em cabos de painéis, interruptores de luz, tomadas, plugues, peças industriais elétricas, tampas, telefones e laminados fenólicos.</p>

## Polímeros de condensação

### Náilon (poliamida) / ácido hexanodioico (ácido adípico) e hexano-1,6-diamina

#### Reação de obtenção



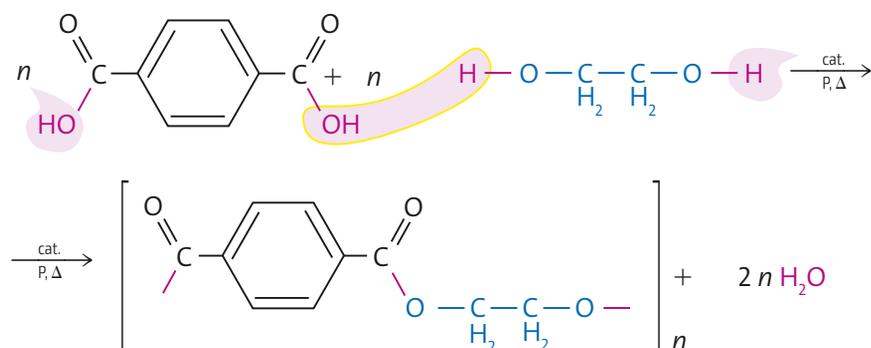
#### Propriedades e aplicações

É um material bastante resistente à abrasão e ao ataque químico. É forte e facilmente moldável. Apresenta baixo coeficiente de atrito e não propaga o fogo.

É usado em rolamentos sem lubrificação, engrenagens, pneumáticos, embalagens, fibras têxteis, fios de pesca, fabricação de tapetes, meias, cerdas de escovas, acessórios elétricos e velcros.

### Poliéster (dácron ou terilene) / ácido *p*-benzenodioico e etan-1,2-diol (etilenoglicol)

#### Reação de obtenção



#### Propriedades e aplicações

Tem grande versatilidade, baixo custo de processamento, resistência térmica, mecânica e química. Apresenta ainda boa transparência e brilho.

Usado na construção civil em massas para reparos, em laminados, esquis, linhas de pesca, fibras têxteis, fitas de vídeo, fabricação de garrafas plásticas para refrigerante (garrafas PET, polietileno tereftalato). Misturado ao algodão, o poliéster forma o tecido conhecido como tergal. Na medicina é utilizado na fabricação de válvulas cardíacas e como protetor para facilitar a regeneração de tecidos que sofreram queimaduras (não causa alergias).

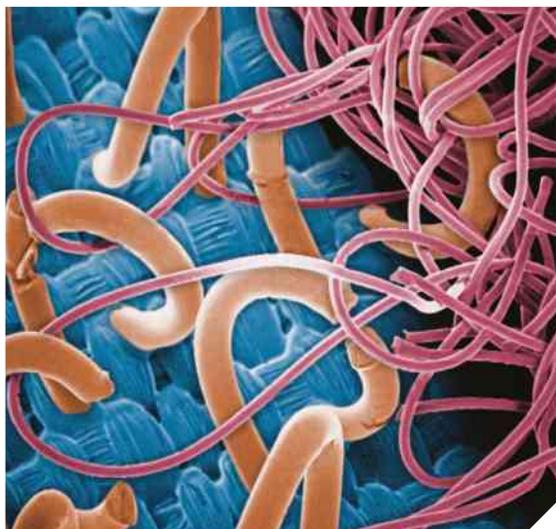


## Como foi inventado o velcro?

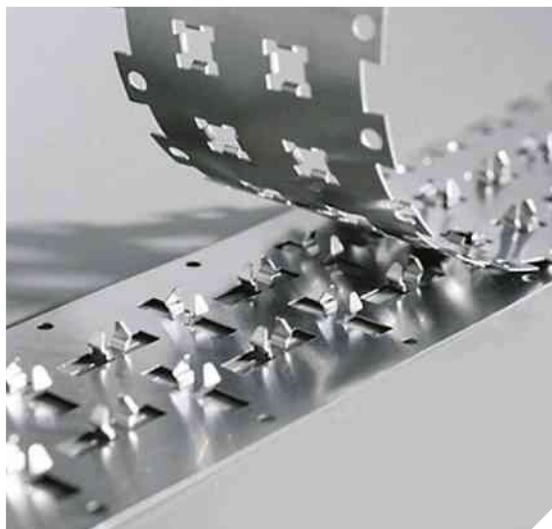
Esse dispositivo de fechamento foi inventado pelo engenheiro suíço George de Mestral em 1941. Ele notou carrapichos presos à sua roupa e aos pelos de seu cachorro após um passeio pelo bosque e quis descobrir como isso acontecia.

George usou um microscópio e observou que os carrapichos possuíam minúsculos ganchos que se prendiam a determinadas superfícies enoveladas, como roupas e pelos de animais. Assim, teve a ideia de criar um fecho que tivesse essa característica.

Hoje esse fecho é feito geralmente de náilon, mas outros materiais podem ser empregados, como o aço, por exemplo, capaz de suportar uma força de mais de 30 toneladas.



Velcro feito de náilon (visto ao microscópio).



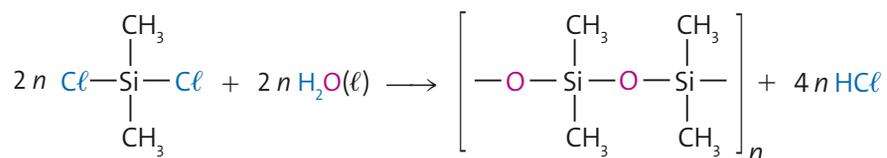
Velcro feito de aço.

## Silicones

São polímeros que apresentam o silício como elemento principal.

Um exemplo importante é o silicone obtido pela condensação do dicloro-dimetil-silano, que forma o polidimetil-siloxano.

### ● Reação de obtenção



### ● Propriedades

Os polímeros de silicone podem ser obtidos tanto na forma de óleos de viscosidade variável como na forma de borrachas. São estáveis à variação de temperatura entre  $-63^\circ\text{C}$  e  $204^\circ\text{C}$ , inertes e pouco inflamáveis, além de atóxicos.

### ● Aplicações

Os polímeros fluidos são usados em lubrificação de moldes, vedação de janelas, cosméticos e em próteses para cirurgia plástica. As borrachas de silicone são usadas em equipamentos industriais e em autopeças.

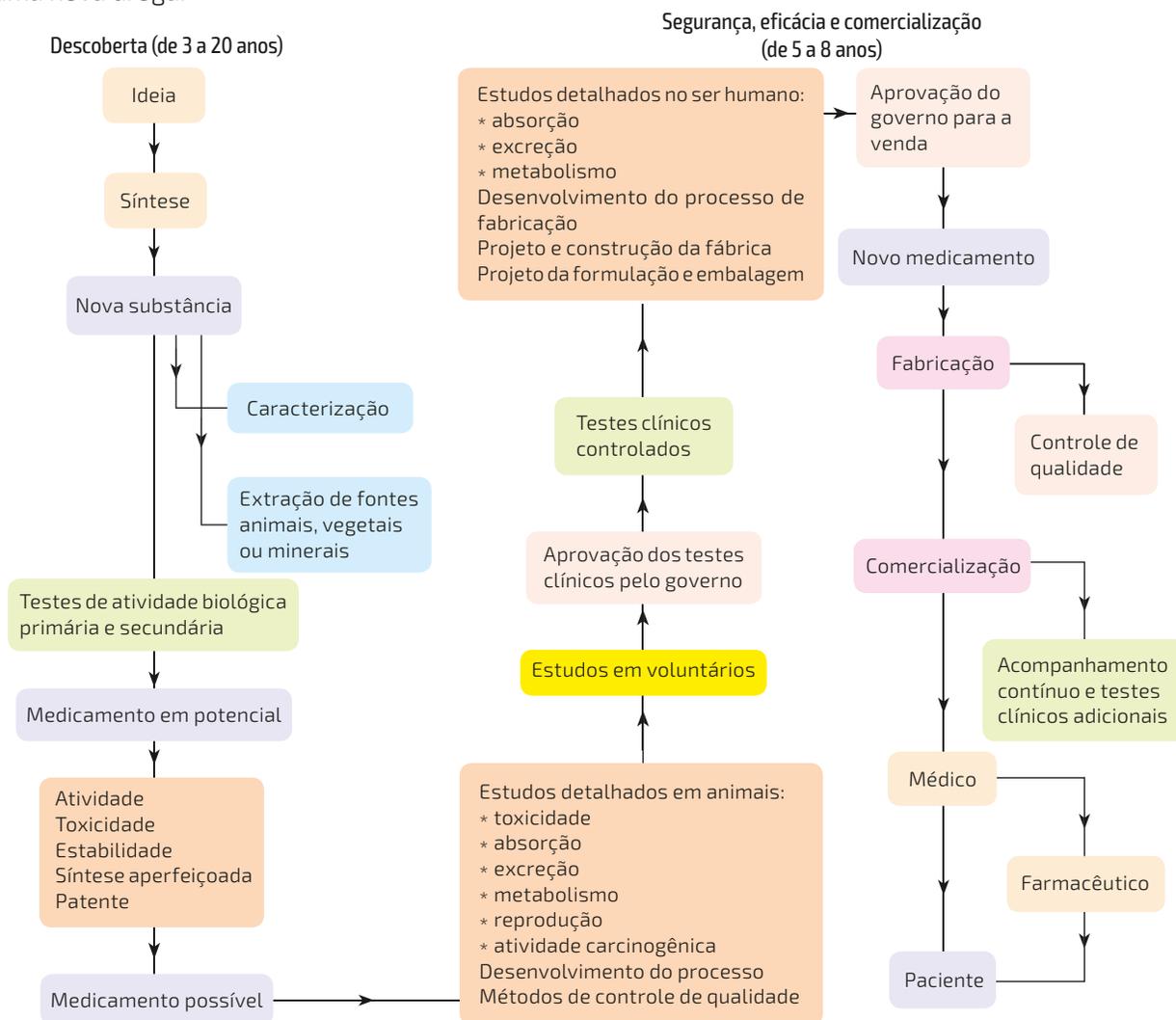


Prótese de silicone utilizada em cirurgia plástica.

## Desenvolvimento de fármacos

Os fármacos, porém, são os produtos que mais demandam investimentos, pesquisas e cuidados ao longo de seu desenvolvimento, principalmente em relação ao aspecto toxicológico, antes de efetivamente serem lançados no mercado.

O fluxograma a seguir fornece uma ideia dos processos que estão envolvidos no desenvolvimento de uma nova droga.



No decorrer do processo, as propriedades físicas e químicas do princípio ativo são esmiuçadas. Ao mesmo tempo, a farmacologia (campo de ação e efeitos) procura determinar a dose apropriada aos diversos níveis de enfermidade e a melhor forma de administração.

Um pesquisador sozinho não consegue realizar nada de prático no campo farmacêutico. O trabalho nessa área exige equipes integradas de especialistas altamente qualificados de diversas áreas. A penicilina, descoberta pelo bacteriologista escocês Alexander Fleming (1881-1955), por exemplo, só pôde ser disponibilizada após o trabalho de 17 grupos ingleses e 22 grupos norte-americanos que resultou em um processo de fermentação, usado até hoje para obter a substância pura.

## Exercício resolvido

**3** A cidade de Venlo, na Holanda, aceitou o desafio de viver sem lixo e ser ultrassustentável. Em 2012, foi inaugurado o Innovatoren, um prédio feito inteiramente de painéis solares e materiais que absorvem gás carbônico, dentro do parque ecológico Floriade (<www.floriade.com/the-park/entry/innovatoren>), onde ficará a sede regional de pesquisa para agricultura, alimentação e nutrição segundo o conceito de sustentabilidade de berço a berço.

Em relação a esse assunto, responda aos itens a seguir:

- O que significa planejar produtos que, ao serem descartados, vão alimentar a biosfera ou a tecnosfera?
- Pode-se dizer que uma pessoa que recicla seu lixo e prefere produtos feitos com material reciclado está praticando o conceito de “berço a berço”? Justifique.

### Resolução

- O metabolismo biológico é constituído pelos ciclos nutrientes da natureza. Um exemplo são as embalagens biodegradáveis destinadas a ser utilizadas e devolvidas com segurança ao meio ambiente, para alimentar sistemas vivos. O metabolismo técnico é baseado em recursos de alta tecnologia que devem integrar um ciclo perpétuo de produção, recuperação e refabricação.
- Não, embora esteja agindo da forma mais correta possível ecologicamente, essa pessoa não pratica o conceito de “berço a berço”, porque a reciclagem atualmente prevê uma utilização progressivamente inferior para o material que passa a ser de segunda linha. No conceito de “berço a berço”, o material utilizado volta ao ciclo produtivo numa aplicação igual ou superior à que tinha anteriormente, ou seja, continua um material de “primeira linha”.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**7** (PUC-SP) O poliestireno, o náilon e o policloreto de vinila, PVC, são substâncias poliméricas obtidas respectivamente por:

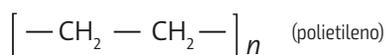
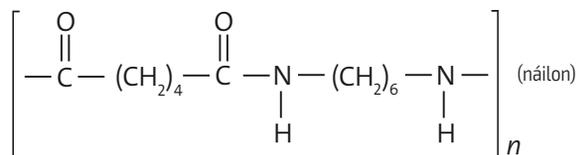
- polimerização em cadeia (adição), copolimerização e policondensação.
- copolimerização, policondensação e polimerização em cadeia (adição).
- polimerização em cadeia (adição), policondensação e policondensação.
- polimerização em cadeia (adição), policondensação e polimerização em cadeia (adição).
- polimerização em cadeia (adição), polimerização em cadeia (adição) e policondensação.

**8** (Unicamp-SP) Para se ter uma ideia do que significa a presença de polímeros sintéticos na nossa vida, não é preciso muito esforço: imagine o interior de um automóvel sem polímeros, olhe para sua roupa, para seus sapatos, para o armário do banheiro.

A demanda por polímeros é tão alta que, em países mais desenvolvidos, o seu consumo chega a 150 kg por ano por habitante.

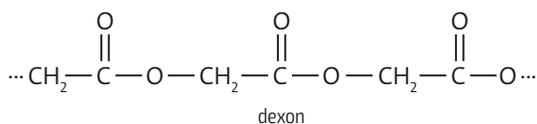
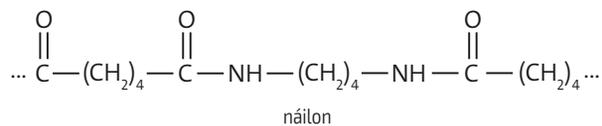
Em alguns polímeros sintéticos, uma propriedade bastante desejável é a sua resistência à tração.

Essa resistência ocorre, principalmente, quando os átomos de cadeias poliméricas distintas se atraem. O náilon, que é uma poliamida, e o polietileno, representados a seguir, são exemplos de polímeros.



- Admitindo-se que as cadeias desses polímeros são lineares, qual dos dois é mais resistente à tração? Justifique.
- Desenhe os fragmentos de duas cadeias poliméricas do polímero que você escolheu no item **a**, identificando o principal tipo de interação existente entre elas que implica a alta resistência à tração.

**9** (Vunesp-SP) Estão representados a seguir fragmentos dos polímeros náilon e dexton, ambos usados como fios de suturas cirúrgicas.



- Identifique os grupos funcionais dos dois polímeros.
- O dexton sofre hidrólise no corpo humano, sendo integralmente absorvido no período de algumas semanas. Escreva a fórmula estrutural do produto e identifique essas funções.

# Compreendendo o Mundo

Segundo o *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*, consumir é sinônimo de ‘destruir(-se) totalmente, mortificar-se, aborrecer-se, causar ou sofrer dano (à saúde), abater-se, debilitar-se, gastar (determinado tempo) fazendo algo ou vivendo certa experiência (por vezes desagradável), gastar até o fim, dilapidar [...] comprar em demasia e frequentemente sem necessidade’.

Nossa sociedade está consumindo demais, consumindo drogas, combustíveis fósseis, recursos hídricos, energia, garrafas PET, sacolas plásticas, consumindo florestas na forma de bifés, consumindo propaganda e alimentos sintéticos, refinados, processados, aditivados, plastificados. Nesse ponto você pode questionar o uso da química em alimentos. Saiba que em uma maçã orgânica tem tanta química quanto em uma caixa de biscoitos recheados, só que uma química em ação, com reações em desenvolvimento, com nutrientes, vitaminas e enzimas que o corpo absorve prontamente, e sem “rejeitos tóxicos” (vamos discutir esse assunto melhor na próxima Unidade).

E por que se instalou entre nós essa cultura de consumo que degrada o ambiente e as relações humanas? Independentemente das respostas que cada um encontrar, o fato é que sabemos que não precisa ser assim.

Há várias propostas, ideias e tecnologias sendo desenvolvidas para mudar o rumo que tomamos. Pessoalmente, podemos adotar os 5 Rs como filosofia de vida. E o que são os 5 Rs?

**1. Reduzir.** É a melhor forma de nos afastarmos da possibilidade de um colapso ambiental. Reduzindo o consumo de produtos em geral, estaremos consequentemente reduzindo o consumo de água, de energia e de recursos naturais e diminuindo a produção de lixo.

**2. Reutilizar.** É verificar a possibilidade de aumentar a vida útil de embalagens vazias, garrafas, caixas de papelão, antes de enviá-las para a reciclagem ou para o aterro sanitário.

**3. Reciclar.** É separar todo o lixo que pode ser reciclado (metais, plásticos, papel, vidro) para enviá-lo às cooperativas que fazem esse trabalho, em vez de descartar esses materiais no lixo comum. Proponha a implantação da reciclagem do lixo no seu condomínio, na sua escola, no seu bairro.

**4. Reeducar.** É manter-se informado sobre as questões ambientais. A ignorância sobre os problemas ambientais é a maior ameaça à sustentabilidade do ser humano na Terra.

**5. Replanejar.** É repensar nossos hábitos, gastos, estilo de vida e o nosso consumismo.

Podemos também dar preferência a produtos cujos processos de fabricação gerem a menor quantidade possível de rejeitos ou até mesmo que não gerem rejeito algum.

Podemos exigir que as autoridades invistam em energia solar e eólica, afinal vivemos num país em que o Sol se faz presente o ano inteiro.

Podemos adotar o conceito de “berço a berço” de modo a reciclar produtos para obter novamente a matéria-prima da qual foram feitos ou para obter produtos melhores que os iniciais.

Não seria bom ir ao supermercado e voltar para casa com as compras guardadas em sacolas de plástico que sejam de fato biodegradáveis e que, misturadas à terra do jardim, serviriam para alimentar as plantas e não mais com sacolas de polietileno que hoje entopem os aterros ou ficam circulando em massa compacta nos oceanos levadas pelas correntes marítimas?

Podemos usar nosso poder de voto para fazer valer nossas escolhas: “Queremos plástico biodegradável, agora! Ou não votamos mais em vocês”.

E podemos comprar somente aquilo que precisamos de fato, após a leitura atenta do rótulo de cada produto antes de colocá-lo no carrinho. Não precisamos mais comprar por impulso, como zumbis teleguiados pela propaganda.

Podemos até deixar de comer carne um ou dois dias da semana, ou até mais. E experimentar um pouco da soja que é destinada a alimentar o boi. Podemos mudar nosso hábitos e assim colaborar de modo concreto para diminuir o problema da fome no mundo.

Há tanta coisa que podemos fazer.

Vamos fazer algo agora? Qual é a sua ideia?



Campanha "Segunda sem carne" da Sociedade Vegetariana Brasileira.

## 4

# Alimentos e aditivos para alimentos

Hoje em dia, os alimentos que encontramos disponíveis em larga escala não são nem de longe os mais adequados à nossa saúde. Esses alimentos são altamente refinados e gordurosos, com muitos aditivos e poucos nutrientes, o que colabora para o desenvolvimento de doenças crônicas e para uma saúde frágil.

Por outro lado, dietas de restrição de carboidratos, de proteínas ou de gorduras e alimentos *light*, *diet* ou de zero caloria também têm seu lado negativo. Você sabe dizer qual é?

Nesta unidade vamos estudar a importância de cada nutriente para o organismo, a função dos aditivos e esclarecer como podemos ter uma alimentação saudável, escolhendo melhor o que consumimos.

## FOI NOTÍCIA!



## Preocupações ambientais

Estamos rodeados de 'quimiofobia', de um medo irrazoável e irracional do que fazemos. Os meios de comunicação parecem estar envolvidos em uma conspiração contra nós [...] permitam-me usar a história do Alar [...] para defender algumas ideias sobre a química e a democracia.

O Alar, ou daminozida, um regulador de crescimento [que pode ser aplicado] legalmente às maçãs durante o processo de maturação. [...] Uma parte muito pequena do Alar é absorvida pelas maçãs e metabolizada como uma dimetil-hidrazina assimétrica – ou UDMH (de seu nome em inglês *Unsymmetrical Dimethyl Hydrazine*), para abreviar. Os níveis de UDMH nas maçãs são provavelmente insuficientes para provocar efeitos biológicos em seres humanos.

Um grupo de vigilância pública, o Conselho de Defesa dos Recursos Naturais, noticiou o uso do Alar e, de diversas maneiras alarmistas, divulgou a carcinogenicidade do metabolito de UDMH. As maçãs tratadas com Alar, já motivo de preocupação (razoável ou não) para os supermercados que as vendiam, foram rapidamente retiradas das prateleiras. Por fim, a Uniroyal Chemical, que produzia o Alar, interrompeu as vendas do hormônio.

Muitos químicos reagiram instintivamente a esse episódio: 1) queixando-se das preocupações, 2) rejeitando os motivos do grupo de vigilância pública [...] e 3) citando a história como um exemplo típico e irracional de 'quimiofobia'.

[...] Minha reação inicial como químico e como ser humano foi: 'Nossa, eu não sabia que havia produtos químicos sintéticos nas minhas maçãs!'. Eu não sabia da existência do Alar. Sabia, é claro, que as maçãs eram tratadas de várias maneiras, com fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas, agentes de maturação. Havia aprendido desde criança a lavar as frutas, para

tirar a sujeira delas. Sutilmente, ao longo dos anos, a razão real para se lavar as frutas passou a ser a remoção de quaisquer resíduos químicos. Sou o único a ter essa sensação? Não o creio. Mas não sabia, ou talvez não quisesse saber, o que podia ser encontrado dentro dela, o que não havia sido degradado. [...]

Não gostava disso – um bacharel pela universidade de Columbia com um doutorado em Harvard e supostamente um bom químico. E não sei o que há nas maçãs! E mesmo quando ouvi o que havia nelas – Alar, daminozida – não sabia o que era aquilo. Não estava contente comigo mesmo por não saber, não estava contente com os produtores de maçãs por introduzirem esses produtos químicos e não me informarem sobre o fato. [...]

Assumir a ideia de que mesmo se nós não sabemos, outras pessoas sabem e de que devemos confiar nessas outras pessoas para defenderem nossa saúde é ingênuo, anticientífico e antidemocrático. Antidemocrático porque não é só nosso direito saber, mas, o que é mais importante como cidadãos [...], é nosso dever saber. Se os químicos não sabem, quem então saberá? [...]

Acreditar que outras pessoas sabem o que é anticientífico, em vista do que nós, cientistas, aprendemos muito cedo – analisar, verificar, não confiar no rótulo."

HOFFMANN, Roald. Ganhador do Prêmio Nobel de Química em 1981 por aplicar a teoria da Mecânica quântica na análise de reações químicas. *O mesmo e o não mesmo*. São Paulo: Ed. da Unesp, 2007.

*Você leu um texto de um ganhador do Prêmio Nobel de Química indignado com o fato de não saber quais aditivos eram utilizados nas maçãs que consumia. Você sabe quais informações podemos obter dos rótulos de alimentos? Essas informações são confiáveis?*

## 1 Compostos bioquímicos

A Bioquímica estuda os processos químicos que ocorrem nos organismos vivos, animais e vegetais, os compostos bioquímicos, que em geral possuem massa molar elevada, e sua importância industrial.

De modo simplificado, para efeito de estudo, dividimos os compostos bioquímicos em três classes principais:

- lipídios: são ésteres (ceras) ou triésteres (óleos e gorduras);
- hidratos de carbono ou carboidratos: são açúcares simples ou monossacarídeos, como glicose e frutose, e complexos ou polissacarídeos, como amido e celulose;
- proteínas: são poliamidas, formadas pela condensação de  $\alpha$ -aminoácidos (como a albumina da clara de ovo ou a caseína do leite).

Iniciaremos o nosso estudo de Bioquímica pelos lipídios, mas antes precisamos conhecer alguns compostos bioquímicos importantes, como os álcoois e ácidos graxos, que constituem os lipídios.

### Álcoois graxos

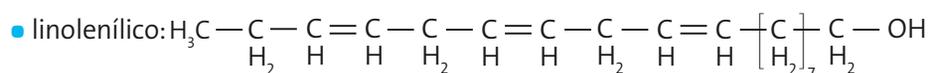
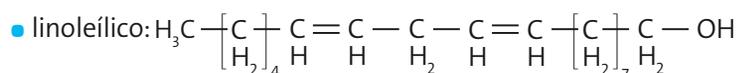
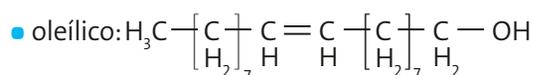
Os **álcoois graxos** são álcoois primários, ou seja, possuem o grupo —OH ligado ao carbono primário, com mais de 8 átomos de carbono na cadeia, que geralmente é linear.

Em condições ambientes, os álcoois graxos que possuem de 8 a 11 átomos de carbono são líquidos oleosos e os que possuem acima de 11 átomos de carbono são sólidos.

Compostos com essas características, que apresentam 16 ou mais átomos de carbono na cadeia, são denominados **álcoois graxos superiores**.

Os álcoois graxos saturados (aqueles em que os átomos de carbono fazem apenas ligações simples) mais importantes são o octílico,  $C_8H_{17}OH$ , o decílico,  $C_{10}H_{21}OH$ , o laurílico,  $C_{12}H_{23}OH$ , o miristílico,  $C_{14}H_{29}OH$ , o cetílico,  $C_{16}H_{33}OH$ , e o estearílico,  $C_{18}H_{35}OH$ .

Entre os insaturados (que possuem uma ou mais ligações duplas) comercialmente mais importantes estão os seguintes álcoois:

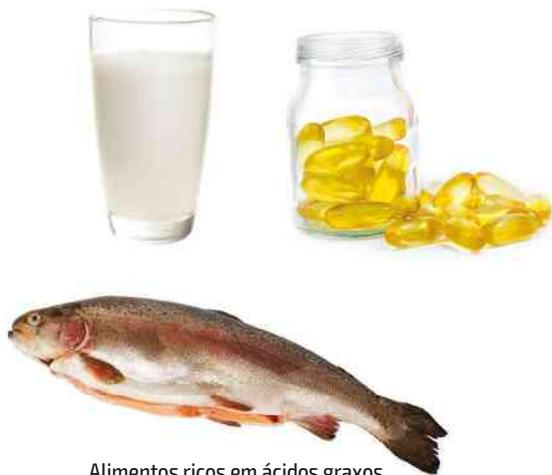


Os álcoois graxos são usados como solventes para graxas, ceras, gomas, em pomadas de uso farmacêutico, aditivos para óleos lubrificantes e como **tensoativos não iônicos** para obtenção de emulsões de óleo disperso em água.

A capacidade de dissolver tais substâncias está ligada ao fato de a cadeia dos álcoois graxos apresentar uma extremidade polar (grupo —OH) que não se ioniza, mas estabelece ligações de hidrogênio com moléculas de água, e outra extremidade praticamente apolar, que estabelece ligações do tipo dipolo induzido com moléculas de óleo.

A palavra emulsão vem do latim *emulsu*, que significa 'ordenhado', por causa da aparência leitosa da maioria das emulsões. Trata-se de um sistema formado pela mistura de dois líquidos imiscíveis, de tal forma que um deles – o que se apresenta em maior quantidade – faz o papel de dispersante, enquanto o outro se distribui em gotículas bem pequenas difundidas em suspensão no primeiro, fazendo o papel de disperso. As emulsões são instáveis, porém certas substâncias podem agir como emulsificantes, dando estabilidade às emulsões; é o caso dos álcoois graxos (tensoativos não iônicos).





Alimentos ricos em ácidos graxos.

## Ácidos graxos

De modo genérico, são denominados ácidos graxos todos os ácidos obtidos a partir de óleos e gorduras animais ou vegetais.

Os ácidos graxos são compostos monocarboxílicos, ou seja, apresentam um único grupo  $\text{—COOH}$ , terminal (na extremidade da cadeia), com um total de 4 a 22 átomos de carbono (geralmente um número par de átomos de carbono, incluindo o do grupo carboxila).

A foto ao lado mostra alimentos ricos em ácidos graxos benéficos à saúde – óleo de fígado de bacalhau, leite integral, salmão selvagem. O quadro a seguir traz outros exemplos.

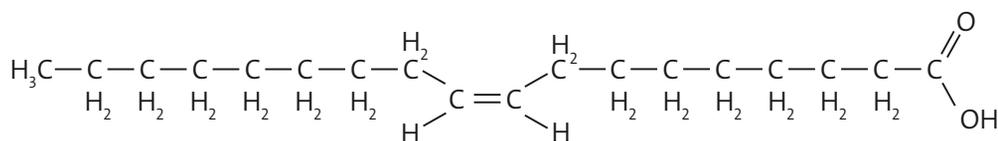
Principais ácidos graxos saturados			
Nome comum	Nome sistemático	Fórmula	Alimentos em que são encontrados
Butírico	Butanoico	$\text{H}_3\text{C—}[\text{CH}_2]_2\text{—COOH}$	Gordura do leite.
Caproico	Hexanoico	$\text{H}_3\text{C—}[\text{CH}_2]_4\text{—COOH}$	Gordura do leite, óleos de coco e de babaçu.
Caprílico	Octanoico	$\text{H}_3\text{C—}[\text{CH}_2]_6\text{—COOH}$	Gordura do leite, óleos de coco, de babaçu e de semente de uva.
Láurico	Dodecanoico	$\text{H}_3\text{C—}[\text{CH}_2]_{10}\text{—COOH}$	Óleos de semente de laurácea, gordura do leite.
Mirístico	Tetradecanoico	$\text{H}_3\text{C—}[\text{CH}_2]_{12}\text{—COOH}$	Óleos de noz-moscada e de coco, gordura do leite.
Palmítico	Hexadecanoico	$\text{H}_3\text{C—}[\text{CH}_2]_{14}\text{—COOH}$	Óleos de palma, de soja, de algodão, de oliva, de abacate, de amendoim, de milho, manteiga de cacau, toucinho.
Esteárico	Octadecanoico	$\text{H}_3\text{C—}[\text{CH}_2]_{16}\text{—COOH}$	Gordura animal, manteiga de cacau.
Araquídico	Eicosanoico	$\text{H}_3\text{C—}[\text{CH}_2]_{18}\text{—COOH}$	Óleo de amendoim.
Lignocérico	Tetracosanoico	$\text{H}_3\text{C—}[\text{CH}_2]_{22}\text{—COOH}$	Óleos de amendoim, de mostarda, de gergelim, de colza e de girassol.

Fonte: RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. *Química de alimentos*. 2. ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

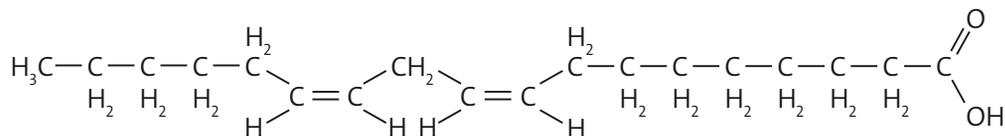
Os compostos dessa classe que possuem mais de 10 átomos de carbono, isto é, do ácido láurico em diante, são chamados de **ácidos graxos superiores** e são utilizados como lubrificantes e na fabricação de fármacos e cosméticos.

Os ácidos graxos insaturados mais importantes – essenciais para a nutrição animal – são:

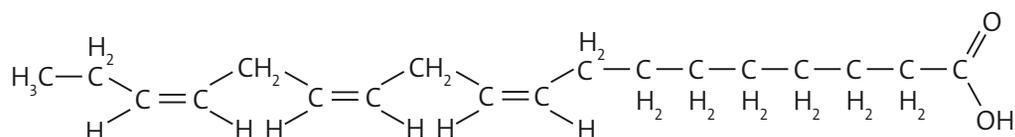
- ácido oleico ou ácido cis-9-octadecenoico: ácido monoinsaturado que constitui 83% do óleo de oliva.



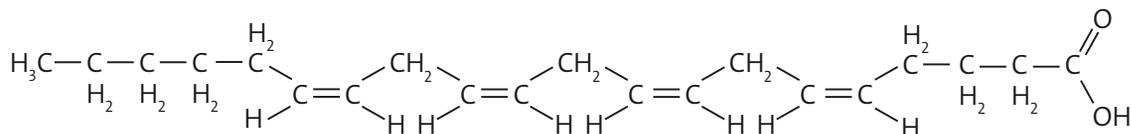
- ácido linoleico ou ácido cis-9-cis-12-octadecadienoico: ácido poli-insaturado (duas ligações duplas) encontrado nos óleos de cártamo, de soja e de milho. Conhecido por ômega-6.



- ácido linolenílico ou ácido cis-9-cis-12-cis-15-octadecatrienoico: ácido poli-insaturado (três ligações duplas) encontrado nos óleos de linhaça e de canola. Conhecido por ômega-3.



- ácido araquidônico ou ácido cis-5-cis-8-cis-11-cis-14-eicosatetraenoico: ácido poli-insaturado (quatro ligações duplas) encontrado em vegetais.



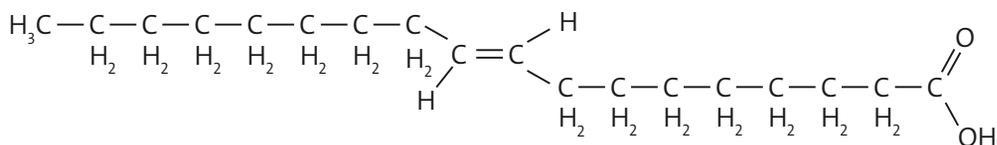
- ácido cis-3-cis-5-cis-8-cis-11-cis-14-eicosapentenoico: possui cinco ligações duplas, é conhecido pela sigla EPA e é encontrado em peixes gordurosos, como salmão, sardinha, arenque e cavalinha, ou no óleo de fígado de bacalhau.

O consumo desses alimentos é recomendado para diminuir o risco de doenças coronárias.

Em condições ambientes, os ácidos graxos podem ser encontrados nas fases líquida, semissólida (pastosa) ou sólida.

## Isomeria cis-trans nos ácidos graxos

Observe que os ácidos graxos essenciais para a nutrição animal, de ocorrência natural, são todos isômeros geométricos de **configuração cis**. Os isômeros *trans* dos ácidos graxos, como o ácido *trans*-9-octadecenoico, representado abaixo, ocorrem nos animais em pequenas quantidades e não ocorrem naturalmente nos vegetais.



No processo de fabricação das margarinas a partir de óleos vegetais líquidos, porém, ocorre a formação de ácidos graxos de configuração *trans*, numa quantidade que varia entre 3% e 7% da gordura total no produto final.

Comercialmente, a presença da gordura *trans* é um ganho; os pães e as massas folhadas ganham uma aparência mais dourada, as frituras ficam mais crocantes e os chocolates adquirem melhor consistência e sabor, mas para a saúde esse tipo de gordura é muito prejudicial.

# RETOMANDO A NOTÍCIA

*A reportagem da página 221, escrita por um ganhador do Prêmio Nobel de Química, reivindica o direito à informação sobre aditivos utilizados nos alimentos que consumimos e sobre sua ação em nosso organismo. Você sabe quais informações podemos obter dos rótulos de alimentos? Essas informações são confiáveis?*

No dia 22 de março de 2001 foi publicada pela Agência de Vigilância Sanitária (Anvisa) a Resolução RDC 40, estabelecendo que todos os rótulos de alimentos e bebidas deverão apresentar uma tabela com a composição nutricional informando:

- a quantidade de cada nutriente, numa porção individual do produto;
- o correspondente valor diário de referência (VD), isto é, quanto essa quantidade de nutriente representa para a dieta do consumidor (baseado na ingestão de 2 000 ou 2 500 kcal, conforme o produto).

A medida faz parte das ações estabelecidas pelo Ministério da Saúde com o objetivo de orientar a população a consumir produtos mais saudáveis e ter subsídios para fazer a escolha adequada dos alimentos que vão compor sua dieta. Nesse sentido, é importante também observar as seguintes informações no rótulo dos produtos:

- Os ingredientes contidos no alimento ou na bebida devem ser listados em ordem decrescente de quantidade, ou seja, o primeiro alimento da lista de ingredientes é o que foi utilizado em maior quantidade na fabricação do produto, e assim por diante.
- Verificar na lista de ingredientes a presença de **aditivos químicos**, nem sempre saudáveis quando consumidos em grande quantidade (já que estão distribuídos em diversos alimentos consumidos ao longo do dia). Esses aditivos alimentares são declarados depois dos ingredientes, pois não apresentam nenhum valor nutritivo.
- A data de validade, segundo a Anvisa, deve estar legível e devem constar pelo menos o mês e o ano para aqueles produtos que tenham duração mínima superior a três meses. O consumidor deve ter cuidado redobrado com alimentos em promoção; ocasionalmente podem ser produtos com validade próxima ao vencimento ou com embalagens em condições impróprias para o consumo.

Além do direito à informação, o objetivo do Ministério da Saúde ao padronizar a rotulagem de alimentos é fazer com que a sociedade passe a discutir mais o tema alimentação saudável e, assim, diminuir os números alarmantes de doenças relacionadas aos maus hábitos alimentares, como é o caso da obesidade, das doenças cardiovasculares, de certos tipos de câncer, entre outras.

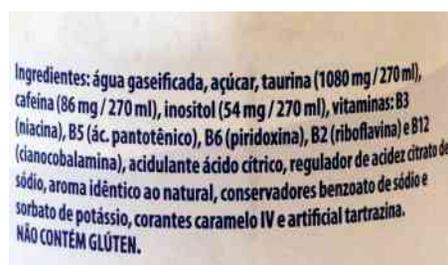
E podemos confiar nas informações dos rótulos? Como não temos os instrumentos e as técnicas necessários para analisar os alimentos que consumimos em casa, a única saída é estarmos atentos às análises feitas esporadicamente por alguns órgãos do governo ou mesmo particulares e, de posse dessa informação, reavaliarmos constantemente nossos hábitos de consumo.

Mantenha-se informado, avise familiares e amigos, exija os seus direitos, exerça sua cidadania.

Veja alguns sites que publicam avaliações de produtos (alimentícios e outros) comparando o resultado dos testes com as informações dos rótulos:

- <[www.inmetro.gov.br/consumidor/prodAnalizados.asp](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/prodAnalizados.asp)>.
- <[www.proteste.org.br](http://www.proteste.org.br)>.
- <[www.idec.org.br](http://www.idec.org.br)>.
- <[www.portaldoconsumidor.gov.br](http://www.portaldoconsumidor.gov.br)>.
- <[www.procon.sp.gov.br](http://www.procon.sp.gov.br)>.
- <[www.ital.sp.gov.br](http://www.ital.sp.gov.br)>.
- <[www.consumidorbrasil.com.br](http://www.consumidorbrasil.com.br)>.

Acessos em: 1ª nov. 2015.



Fernando Favoretto/  
Arquivo da editora

Rótulo de bebida "energética".

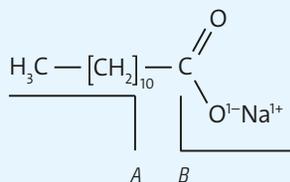


Há uma diversidade muito grande de aditivos intencionais (incorporados intencionalmente aos alimentos) utilizados nos produtos que consumimos, como mostra o quadro abaixo.

Aditivos	Função no alimento	Exemplos
Corantes	São utilizados para colorir, intensificar ou devolver a cor original do alimento, que normalmente é perdida durante o processamento, tornando-o mais atraente para o consumidor. Usados em: balas, sorvetes, laticínios, carnes, queijos, xaropes, cereais.	Caramelo, urucum, cochonilha, amarelo de tartrazina.
Espessantes	São polímeros que interferem na percepção tátil da boca, acentuando a textura do produto durante a mastigação. Promovem o espessamento, a gelificação e a estabilização do produto, garantindo sua consistência. Usados em: pudins, flans, molhos, balas, cremes, embutidos de carne.	Goma arábica, goma konjac, carragena, goma xantana, amido, gelatina, albumina.
Aromatizantes e flavorizantes	Têm a finalidade de modificar, intensificar ou mascarar o aroma e o sabor do alimento ou da bebida, ou, ainda, devolver o aroma e o sabor perdidos durante o processamento industrial do produto. Usados em: bebidas e alimentos industrializados em geral.	Vanilina (baunilha), aldeído cinâmico (canela), butanoato de etila (morango).
Estabilizantes	Mantêm o equilíbrio químico dos alimentos ou das bebidas, impedindo mudança na forma ou na natureza química dos produtos, principalmente emulsões, mantendo sua homogeneidade. Usados em: maioneses, margarinas, sorvetes, iogurtes, embutidos, bolos.	Lecitinas, silicato hidratado de Mg e Al, mono e diglicerídeos, polifosfato.
Acidulantes	São utilizados principalmente para intensificar o gosto ácido de bebidas e alimentos e para ajustar o pH do produto. Usados em: refrigerantes, sucos de frutas, coalhadas, margarinas, embutidos.	Ácido acético, ácido benzoico, ácido cítrico, ácido fosfórico.
Edulcorantes	São substâncias orgânicas artificiais, não açucaradas, que dão sabor doce aos alimentos, podendo, ou não, ser metabolizadas pelo organismo. Usados em: bebidas e alimentos do tipo <i>diet</i> e <i>light</i> em geral.	Sacarina, ciclamato de sódio, acessufame-K, aspartame, sucralose.
Umectantes	São substâncias que protegem os alimentos da perda de umidade em ambientes de baixa umidade relativa, mantendo o grau de umidade necessário ao produto. Usados em: bolos prontos, panetones e pães em geral.	Glicerina, sorbitol, propilenoglicol, lactato de sódio.
Antiumectantes	São substâncias que apresentam a propriedade de reduzir a característica que certos alimentos possuem de absorver água, repelindo a umidade nociva ao produto. Usados em: bolachas, biscoitos, salgadinhos, batatas fritas.	Carbonato de cálcio, fosfato de cálcio, dióxido de silício.
Conservantes	São substâncias que impedem ou retardam as alterações provocadas por microrganismos ou enzimas. São inibidores de degradação. Usados em: bebidas e alimentos industrializados em geral.	Benzoato de sódio, dióxido de enxofre, propionato de cálcio.
Antioxidantes	São substâncias que sofrem oxidação mais facilmente do que aquelas que constituem o alimento ou a bebida, protegendo o produto da oxidação. Usados em: sucos de frutas, maioneses, margarinas, chocolates.	Ácido ascórbico, tocoferol, butil-hidroxitolueno (BHT).
Sequestrantes	São substâncias que apresentam a propriedade de prender ou inativar um íon metálico, ajudando a proteger o alimento da oxidação. Usados em: maioneses, margarinas, molhos, óleos vegetais, conservas.	Etilenodiaminotetracético (EDTA), citrato de isopropila.

## Exercício resolvido

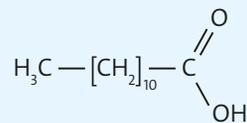
1 (Fatec-SP) Na composição de um sabão foi encontrada a substância laurato de sódio, cuja fórmula molecular está esquematizada a seguir:



Sobre essa substância, são feitas as seguintes afirmações:

- I. A parte A da molécula é predominantemente apolar, e sua parte B é predominantemente polar.
- II. Na limpeza de um objeto, a parte B da molécula apresenta forte interação com as gorduras presentes na sujeira, enquanto a parte A se dissolve em água.

III. O laurato de sódio pode ser obtido pela adequada interação entre o hidróxido de sódio, NaOH, e o ácido láurico:



Dessas afirmações, está(ão) correta(s) apenas:

- a) I e II.
- b) I e III.
- c) II e III.
- d) I.
- e) II.

### Resolução

A afirmação II é falsa. Na limpeza de um objeto, a parte B da molécula, que é polar, se dissolve em água (também polar), enquanto a parte A (apolar) apresenta forte interação com gordura (também apolar). Alternativa **b**.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

1 (Fuvest-SP) A tabela traz a % em mol de ácidos graxos na porção ácida obtida da hidrólise de óleos vegetais:

Ácido graxo	Fórmula	Óleo de soja	Óleo de milho
Palmitico	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	11,0	11,0
Esteárico	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	3,0	3,0
Oleico	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	28,6	52,4
Linoleico	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	57,4	33,6

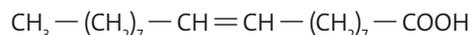
Comparando-se quantidades iguais (em mol) das porções ácidas desses dois óleos, verifica-se que a porção ácida do óleo de milho tem, em relação à do óleo de soja, quantidade (em mol) de:

- |    | ácidos saturados | ligações duplas |
|----|------------------|-----------------|
| a) | igual            | maior           |
| b) | menor            | igual           |
| c) | igual            | menor           |
| d) | menor            | maior           |
| e) | maior            | menor           |

2 (Unifal-MG) Dodecilsulfato de sódio (SDS) é um detergente iônico, frequentemente encontrado em xampus e pasta de dentes. Com relação a esse detergente, assinale a alternativa **incorreta**:

- a) A cadeia carbônica é a parte polar do SDS.
- b) O ânion do SDS é carregado negativamente.
- c) SDS é um sal.
- d) SDS possui uma cadeia com 12 átomos de carbono ligada ao grupo sulfato.
- e) O ânion do SDS contém 4 átomos de oxigênio.

3 (UEPG-PR) A estrutura a seguir representa:



- a) um aminoácido.
- b) um hidrato de carbono.
- c) um ácido graxo.
- d) uma vitamina.
- e) um alceno.

4 (UFRS) As funções predominantes no óleo de soja, óleo *diesel* e óleo de xisto betuminoso são, respectivamente,

- a) hidrocarbonetos, hidrocarbonetos e hidrocarbonetos.
- b) ésteres, ésteres e ésteres.
- c) hidrocarbonetos, ésteres e hidrocarbonetos.
- d) ésteres, hidrocarbonetos e ésteres.
- e) ésteres, hidrocarbonetos e hidrocarbonetos.

5 (UFRJ) "Um modo de prevenir doenças cardiovasculares, câncer e obesidade é não ingerir gordura do tipo errado. A gordura pode se transformar em uma fábrica de radicais livres no corpo, alterando o bom funcionamento das células.

As consideradas boas para a saúde são as insaturadas de origem vegetal, bem como a maioria dos óleos. Quimicamente os óleos e as gorduras são conhecidos como glicerídeos, que correspondem a ésteres de glicerina, com radicais graxos."

(Adaptado de: *Jornal do Brasil*, 23 ago. 1991.)

A alternativa que representa a fórmula molecular de um ácido graxo de cadeia carbônica insaturada é:

- a) C<sub>12</sub>H<sub>24</sub>O<sub>2</sub>.
- b) C<sub>14</sub>H<sub>30</sub>O<sub>2</sub>.
- c) C<sub>16</sub>H<sub>32</sub>O<sub>2</sub>.
- d) C<sub>18</sub>H<sub>34</sub>O<sub>2</sub>.

## Lipídios

Os lipídios são compostos altamente energéticos (fornecem cerca de 8,98 kcal/g ou  $\approx 38$  kJ/g) e pouco solúveis, por isso são utilizados pelo organismo como a maior forma de armazenamento de energia.

Os lipídios constituem o tecido adiposo (gorduroso), que ajuda a manter os órgãos e os nervos no lugar, protegendo-os contra choques e lesões traumáticas. Além disso, a camada subcutânea de gordura isola o organismo, preservando o calor do corpo e mantendo a temperatura constante.

Os lipídios também auxiliam no transporte e na absorção de vitaminas lipossolúveis, isto é, solúveis em gordura, como as vitaminas A, D e E, amenizam as secreções gástricas e produzem sensação de saciedade.

As fontes de lipídios na alimentação são óleos, azeites, manteiga, margarina, maionese e outros alimentos gordurosos, como nozes, amendoim, abacate, coco e chocolate.

Quimicamente define-se:

Muitos lipídios\* são ésteres que, ao sofrer hidrólise, formam um ácido graxo superior e um monoálcool graxo superior, ou um poliálcool (glicerina) e, eventualmente, outros compostos.

Conforme os produtos formados na hidrólise, os lipídios são divididos em diferentes classes. Vamos estudar três delas: os cerídeos, os glicerídeos e os esteroides.

### Cerídeos

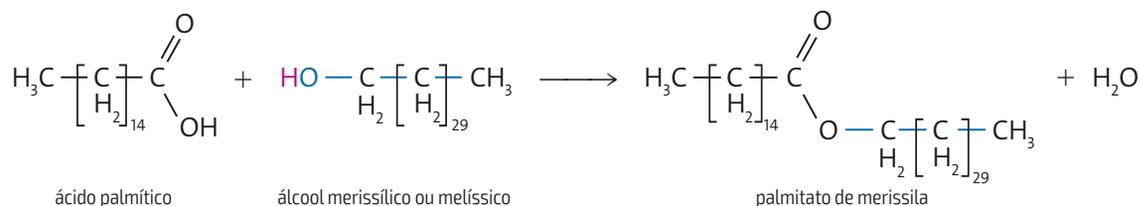
São conhecidos como ceras, podem ser de origem animal ou vegetal e apresentam ação lubrificante.

São usados na fabricação de cosméticos, velas, sabões, graxas de sapato, ceras de assoalho, entre outras aplicações.

Os cerídeos são ésteres formados a partir de um ácido graxo superior e de um álcool graxo superior.

Os exemplos a seguir mostram a formação de cerídeos encontrados em ceras naturais.

- Palmitato de merissila (encontrado nos favos de cera de abelhas).



A cera de abelhas, obtida dos favos nas colmeias, contém 72% de ésteres, 13,5% de ácidos livres e 12,5% de hidrocarbonetos. É usada na fabricação de pomadas e, na presença de uma substância alcalina (bicarbonato de sódio ou hidróxido de sódio), torna-se um agente emulsionante.

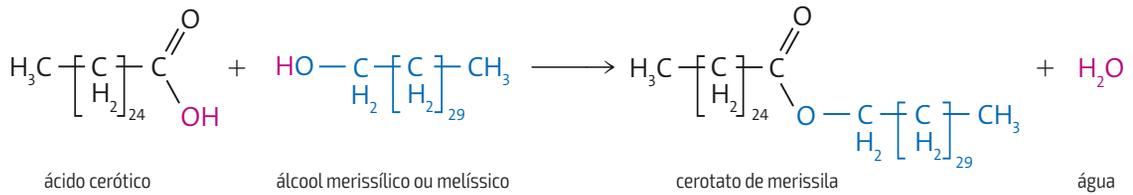


M.Unal Orzmen/Shutterstock

Chocolates são alimentos ricos em lipídios. Chocolates do tipo *diet*, indicados para diabéticos, apresentam um teor de gordura ainda maior que o do chocolate não *diet*, pois a retirada do açúcar cria a necessidade do aumento de gordura para manter a consistência do produto.

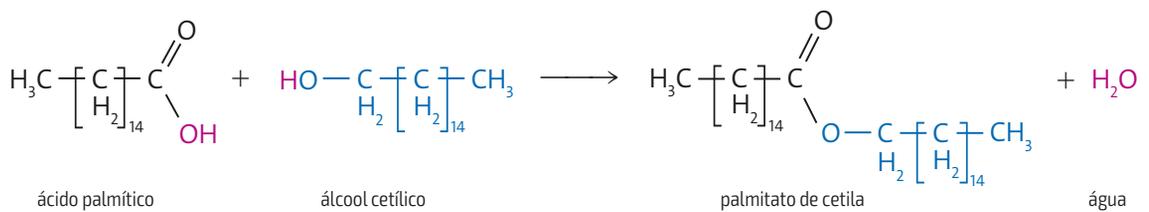
\* Na realidade lipídios são biomoléculas que exibem uma grande variedade estrutural. Moléculas como óleos e gorduras são ésteres; mas esteroides, carotenoides e fosfolipídios, que muito diferem dos óleos e gorduras tanto em suas estruturas como em suas funções, também são considerados lipídios.

- Cerotato de merissila (encontrado na carnaúba).



A cera de carnaúba é extraída da *Copernicia prunifera*, uma planta palmácea carnaubeira. Apresenta-se como um sólido de ponto de fusão entre 82 °C e 85 °C, pouco solúvel em solventes apolares. Dissolve-se bem em acetona aquecida e em álcool etílico a 82 °C. É usada como veículo excipiente (para o transporte de princípios ativos) na fabricação de cremes e pomadas.

- Palmitato de cetila (encontrado no espermacete extraído do crânio dos cachalotes).



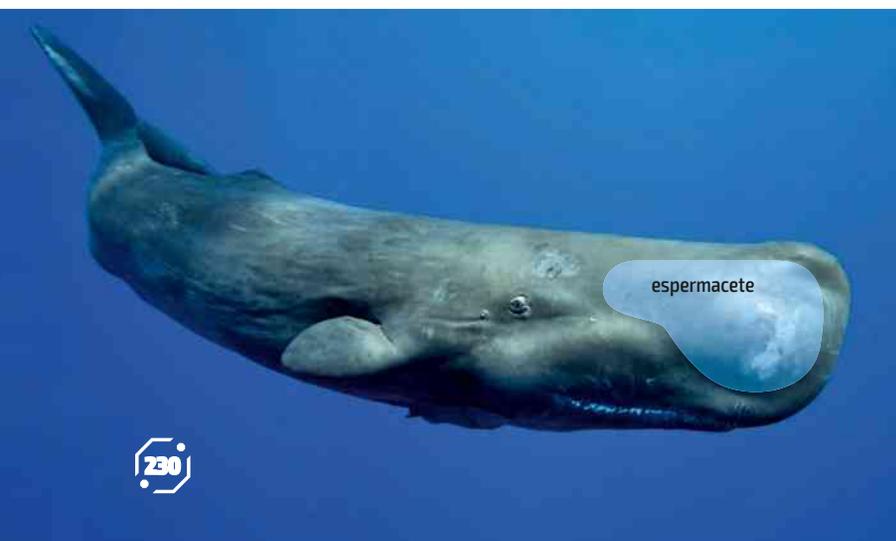
O espermacete é a parte solidificável do óleo contido nas cavidades cartilaginosas do crânio dos cachalotes, uma espécie de baleia.

A cabeça do cachalote representa mais de 1/3 de sua massa corporal, e 90% da massa da cabeça corresponde ao órgão do espermacete. A função dessa massa oleosa é manter a densidade do cachalote igual à densidade da água ambiente, que varia muito conforme a profundidade.

Na superfície do oceano, as águas são mais quentes e menos densas e vão se tornando mais frias e mais densas à medida que se tornam mais profundas. Quando o cachalote mergulha a cerca de 1000 metros de profundidade ou mais, à procura de lulas, seu principal alimento, o espermacete se cristaliza (solidifica), em função da diminuição da temperatura da água, e sua densidade aumenta, igualando-se à densidade das águas profundas. Quando o cachalote retorna à superfície, o espermacete funde (fica líquido), devido ao aumento de temperatura, diminuindo a densidade.

O espermacete contém, além do éster palmitato de cetila, os álcoois cetílico e estearílico, que lhe proporcionam a propriedade de reter água (por meio de ligações de hidrogênio). Ele é um sólido branco, quase inodoro, insolúvel em água, mas solúvel em álcool etílico fervente. Apresenta propriedades emolientes (suavizantes) e já foi muito utilizado na fabricação de cremes e pomadas.

A ilustração está fora de escala. Cores fantasia.



James R.D. Scott/Getty Images

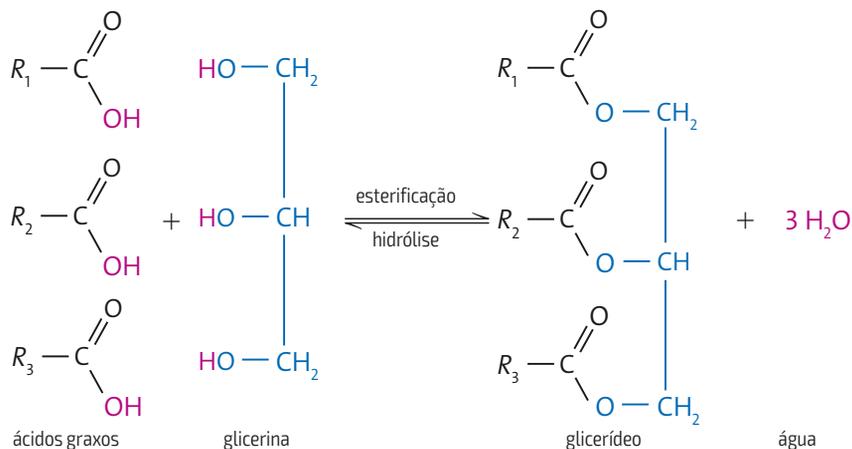
O espermacete de baleia já foi muito utilizado na fabricação de cremes e pomadas.

## Glicerídeos

São óleos ou gorduras e podem ser de origem animal ou vegetal.

Os glicerídeos são triésteres formados a partir de três moléculas de ácidos graxos superiores (iguais ou diferentes) e uma molécula do triálcool glicerina (propanotriol).

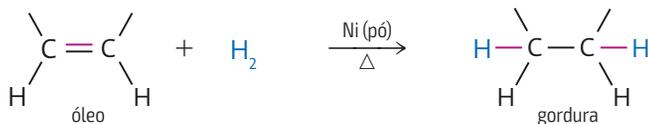
Se considerarmos  $R_1 - \text{COOH}$ ,  $R_2 - \text{COOH}$  e  $R_3 - \text{COOH}$  como ácidos graxos superiores genéricos (com  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  iguais ou diferentes entre si), teremos o seguinte esquema de formação de um glicerídeo:



O glicerídeo formado pode ser um óleo ou uma gordura, conforme as características dos radicais  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ , consideradas a 25°C e 1 atm.

- **Óleos:** são derivados predominantemente de **ácidos graxos insaturados** e apresentam-se na fase líquida em condições ambientes.
- **Gorduras:** são derivadas predominantemente de **ácidos graxos saturados** e apresentam-se na fase sólida em condições ambientes.

Como a insaturação é a única diferença química entre um óleo e uma gordura, é possível transformar óleos em gorduras pela adição catalítica de hidrogênio (método que a indústria utiliza para fabricar margarina ou gordura vegetal a partir de óleos vegetais).



Os triglicerídeos representam cerca de 95% dos lipídios da dieta. Também é possível combinar apenas um ou dois ácidos graxos com uma molécula de glicerina para formar, respectivamente, monoglicerídeos e diglicerídeos.

Essas substâncias são fabricadas sinteticamente com o objetivo principal de ser usadas como aditivos estabilizantes (emulsificantes) de maionese, margarinas e sorvetes, por exemplo.



Óleo



Gordura

Artbox/Shutterstock/Glow Images



Andrea Izotti/Shutterstock/Glow Images

Em algumas espécies de tubarão, o fígado, de onde é retirado o óleo denominado esqualeno, corresponde a 25% da massa do animal.

Tal procedimento, utilizado pelas indústrias na obtenção de margarinas (80% de óleos), cremes vegetais (60% de óleos) ou halvatinas (margarinas *light*, 40% de óleos), é feito na presença de catalisador metálico (em geral, níquel finamente pulverizado) e aquecimento em torno de 150 °C.

Os glicerídeos podem ser encontrados em animais e vegetais:

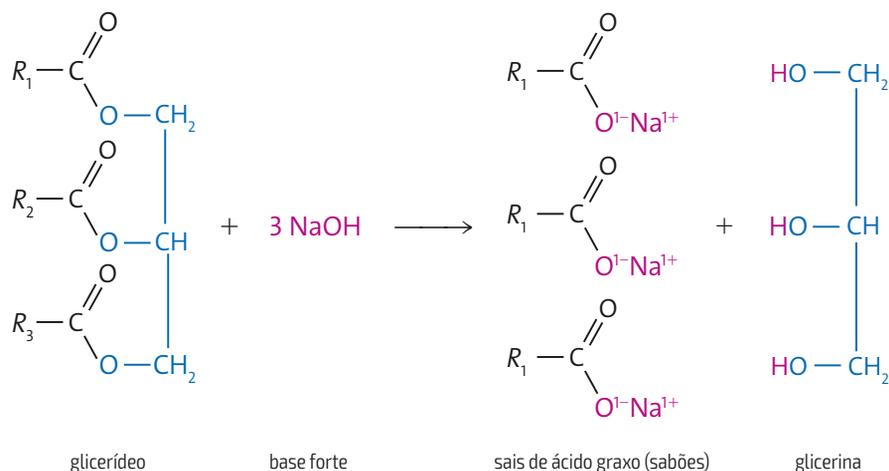
- Óleos animais: de capivara, de fígado de bacalhau, de fígado de tubarão (esqualeno), de baleia, de tartaruga.
- Óleos vegetais: de oliva, de milho, de soja, de amendoim, de canola, de girassol.
- Óleos secativos: de linhaça, de tungue, de oiticica.
- Gorduras animais: manteiga de leite, banha suína, sebo de vaca.
- Gorduras vegetais: manteiga de cacau, manteiga de coco, manteiga de abacate.

Os óleos secativos são constituintes importantes de tintas e vernizes, pois a secagem efetiva desses materiais ocorre por meio de uma reação de polimerização dos óleos insaturados provocada pelo oxigênio do ar. Forma-se assim uma película orgânica resistente, que protege a superfície onde foi aplicado o verniz ou a tinta.

## Fabricação de sabão

As gorduras animais, como os sebos de porco ou de boi, são usadas na fabricação de sabão.

Sabões são sais de ácido graxo obtidos (junto com a glicerina) pela reação entre um glicerídeo e uma base forte (NaOH ou KOH).



Sabões feitos com óleo de cozinha usado. Uma forma de reciclagem que protege o meio ambiente.



Reprodução <www.blogodorium.com.br>



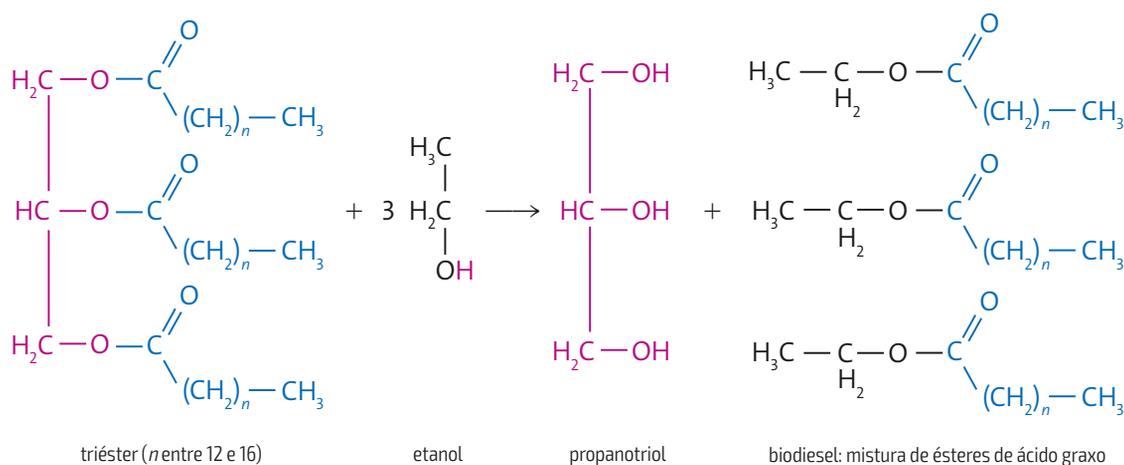
## Biodiesel

O biodiesel é um combustível renovável, obtido a partir de óleos e gorduras (triésteres).

Entre os óleos que estão sendo usados e/ou testados para a obtenção desse combustível estão os da semente de pinhão-mansão, os de soja, palma, babaçu, mamona, girassol, amendoim, dendê, algodão e colza. Além deles, outras fontes alternativas também estão sendo testadas, como o pequi (fruta nativa do Cerrado) e a escuma (gordura sobrenadante) de esgotos domésticos e de resíduos industriais.

O biodiesel tem a vantagem de ser renovável, e muitas vezes os resíduos resultantes da extração dos óleos vegetais para a sua fabricação podem ser aproveitados como adubo orgânico, como ração animal e para a produção de energia pela queima do bagaço.

Atualmente, o biodiesel é produzido por um processo chamado transesterificação, em que o óleo vegetal é filtrado e processado com materiais alcalinos para remover a acidez. Em seguida, é misturado com álcool etílico e um catalisador. As reações formam uma mistura de ésteres de monoalquila e propanotriol (glicerol), que é separado. Essa mistura de ésteres de monoalquila é denominada biodiesel.



O ponto de combustão do biodiesel puro é de mais de 150 °C contra 52 °C do *diesel* de petróleo. O ponto de combustão mais alto torna o transporte e o armazenamento desse combustível, assim como os equipamentos a biodiesel, mais seguros.

Apesar de ser um combustível renovável, a sua capacidade de produção depende das áreas agrícolas disponíveis (que também são usadas para a produção de alimentos). Atualmente, a agricultura é direcionada ao mercado alimentício. Todos os fertilizantes e defensivos utilizados são caros porque são voltados a produtos de consumo humano.

No mercado de biocombustível isso não é necessário, ou seja, os insumos utilizados não precisam ser de primeira linha. E não é conveniente criar um núcleo competitivo com a produção de alimentos. O ideal seria desenvolver plantações específicas para esse fim, usando componentes mais baratos e obtendo ganho de escala, pois para substituir o *diesel* importado já refinado é necessário dobrar a produção de oleaginosas, o que, a princípio, gera emprego e renda no campo. Pesquisas de universidades e institutos estudam outras fontes de biodiesel, como óleo de fritura, lixo e esgoto, sempre tendo como meta o desenvolvimento de tecnologias mais simples e baratas.

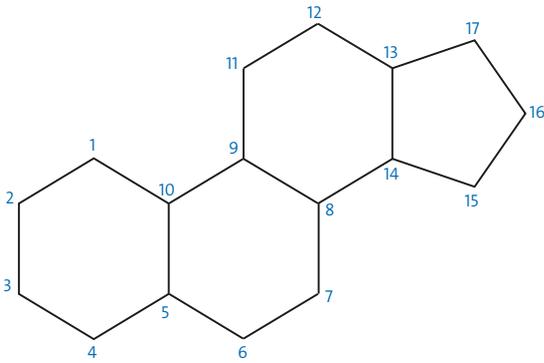
Alguns ambientalistas, no entanto, alertam que grande parte da água que poderia ser usada em lavouras de alimentos está sendo usada agora para a produção da mamona, que não é comestível. A longo prazo, isso poderia encarecer os alimentos e aumentar a fome.

## Esteroides

Os lipídios, conhecidos como esteroides (do grego *stereos*, que significa 'sólido', e *eidos*, que significa 'semelhante'), não apresentam a função éster como os demais grupos dessa classe.

Os esteroides são compostos que possuem em comum uma mesma estrutura de hidrocarboneto que contém 17 átomos de carbono ligados na forma de quatro ciclos, como mostra o esquema ao lado, com grupos funcionais diversos (álcool, cetona, enol, ácido carboxílico, etc.).

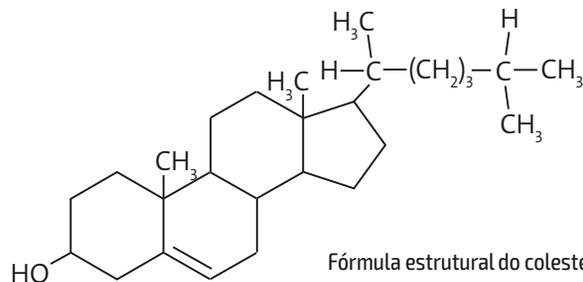
Alguns exemplos importantes de esteroides de ocorrência natural são o colesterol e os hormônios sexuais masculino (testosterona) e feminino (estradiol). Quantidades bem pequenas dessas substâncias apresentam uma grande atividade biológica no organismo humano.



Estrutura básica de um esteroide.

## Colesterol

O colesterol é um álcool secundário, monoinsaturado e de aspecto gorduroso, que serve de base a centenas de processos químicos desenvolvidos no organismo.



Fórmula estrutural do colesterol.

Todas as células do corpo humano, principalmente as do fígado e do intestino, podem sintetizar o colesterol, que também pode ser obtido por meio da alimentação. Ele é encontrado em carnes, nata, manteiga e ovos. Quanto mais colesterol o corpo absorve da dieta, menos ele produz, e vice-versa.

O colesterol também é encontrado no cérebro e no tecido nervoso, onde forma parte da mielina, a membrana estável que reveste as células nervosas.

O colesterol é insolúvel em água. Para ir de um tecido a outro pelo plasma sanguíneo (meio aquoso), ele é transportado na forma de lipoproteínas plasmáticas,

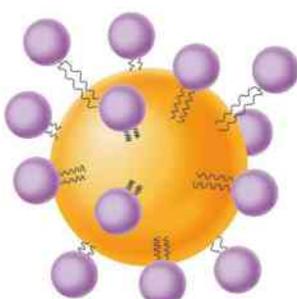
que são micelas ou agregados esféricos que contêm colesterol e lipídios no centro (hidrófobos) cercados de proteínas na superfície (hidrófilas).

Lembre-se de que o termo hidrófobo significa 'aversão à água', e o termo hidrófilo, ao contrário, significa 'afinidade com a água'.

Diferentes combinações de colesterol, lipídios e proteínas produzem lipoproteínas plasmáticas com densidades diferentes.

A ilustração está fora de escala. Cores fantasia.

Luís Moura/Arquivo da editora



Lipoproteína



Os dois tipos mais comuns de colesterol são:

- **HDL: lipoproteínas com alta densidade (colesterol “bom”)**

Esse tipo de proteína possui densidade entre 1,063 g/mL e 1,210 g/mL, contém 2% em massa de colesterol livre e é conhecido por **colesterol “bom”**. Cerca de 30% do colesterol sanguíneo é carregado nas lipoproteínas de alta densidade, que transportam o colesterol dos tecidos do corpo humano de volta para o fígado, para o metabolismo ou excreção da biliar.

Assim, altos níveis de colesterol HDL estão associados a uma redução do risco de doenças cardíacas, como a arteriosclerose.

Em geral, os alimentos fornecem cerca de um terço do colesterol que circula pelo organismo; o restante é liberado das células do intestino e/ou é resultante do fluido biliar (necessário para a digestão da gordura dos alimentos).

- **LDL: lipoproteínas com baixa densidade (colesterol “ruim”)**

Esse tipo de proteína possui densidade entre 1,006 g/mL e 1,063 g/mL, contém 8% em massa de colesterol livre e é conhecido por **colesterol “ruim”**.

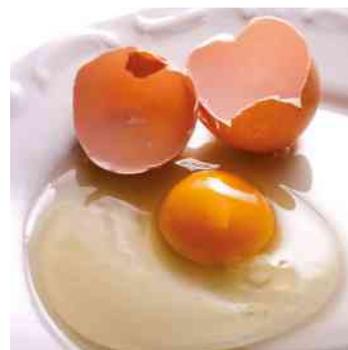
Aproximadamente 70% do colesterol sanguíneo é carregado nas lipoproteínas de baixa densidade, que transportam o colesterol do fígado (onde é sintetizado) para os tecidos do corpo humano, onde é utilizado, por exemplo, para a síntese da membrana celular e a produção de hormônios esteroides, dentre eles os hormônios sexuais masculino e feminino.

Seu excesso na corrente sanguínea produz arteriosclerose, ou seja, o colesterol deposita-se em placas nas paredes interiores das artérias, que engrossam e enrijecem. O fluxo sanguíneo nessa artéria obstruída vai diminuindo até que os tecidos servidos por ela não recebam mais sangue.

Os níveis de colesterol sanguíneo são influenciados pelo tipo de gordura alimentar consumido na dieta. Os níveis de colesterol total e LDL no sangue podem ser reduzidos substituindo-se parcialmente a gordura saturada, encontrada em alimentos de origem animal, como carne vermelha, laticínios, ovos, etc., pela gordura poli-insaturada.

Acredita-se que modificações no tipo de gordura dos alimentos reduzam os níveis de colesterol sanguíneo em 5%.

A bilis é uma substância amarelo-esverdeada, segregada pelo fígado e acumulada na vesícula biliar, que é lançada no duodeno (porção inicial do intestino delgado) para atuar na saponificação das gorduras e impedir a putrefação do bolo alimentar. Depósitos anormais oriundos da bilis na vesícula dão origem aos cálculos biliares, que contêm grande quantidade de colesterol.



Shanov/Shutterstock/Glow Images

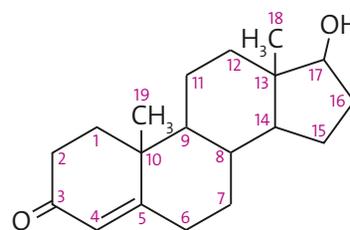
O ovo fornece colesterol, matéria-prima para o organismo sintetizar hormônios sexuais.

## Hormônios sexuais

A função dos hormônios é levar informações de um órgão para outro integrando e regulando as várias funções do organismo.

Os hormônios têm um curto período de vida. Geralmente são secretados pelas glândulas endócrinas, transportados pela corrente sanguínea até o seu alvo, onde realizam seu trabalho, como influenciar a taxa de desenvolvimento de uma reação, ou atuar na síntese de proteínas específicas, e depois são rapidamente inativados.

A testosterona é o principal hormônio masculino, e o estradiol é produzido nos ovários a partir da testosterona e é a base dos hormônios sexuais femininos – denominados estrógenos –, como a progesterona, por exemplo, que está relacionada ao ciclo menstrual.



Testosterona.

Constatou-se que os derivados da testosterona utilizados como anabolizantes, que possuem um grupo metil no carbono 17, são responsáveis por um número maior de óbitos.



## Esteroides anabolizantes

Os esteroides anabolizantes são drogas relacionadas ao hormônio masculino testosterona. Todos são derivados do colesterol e transportados através da corrente sanguínea às várias células do organismo, onde atuam regulando diversas funções biológicas.

Há várias indicações para o uso clínico de anabolizantes, sempre sob rigoroso controle médico. Por exemplo, no hipogonadismo (patologia em que testículos produzem pouca testosterona, causando diminuição da libido e da fertilidade), em doenças musculares e em portadores de HIV, para recuperar a perda de massa muscular.

O problema começa quando um jovem saudável ou um atleta faz uso dessas substâncias para ganhar massa muscular, ficar forte, aumentar a resistência e a *performance*. De fato os anabolizantes produzem esse resultado, mas a um custo muito alto: eles alteram todo o equilíbrio bioquímico do organismo. Na adolescência, por exemplo, podem provocar maturação esquelética prematura e puberdade acelerada, levando a um crescimento raquítico. No homem adulto, os anabolizantes podem causar a atrofia (diminuição do tamanho) dos testículos, impotência, redução na contagem de espermatozoides, infertilidade, calvície, crescimento de mamas, dificuldade ou dor para urinar e aumento da próstata.

Na mulher, podem causar aumento dos caracteres masculinos, como crescimento de pelos faciais, alterações ou ausência de ciclo menstrual, aumento do clitóris, voz grossa, diminuição dos seios. Em qualquer caso, podem provocar doenças hepáticas, tumores no fígado, lesões musculares e morte súbita (geralmente por infarto).

Atualmente há mais de vinte diferentes anabolizantes sendo comercializados na forma de comprimidos ou soluções injetáveis.

Em geral, esses compostos são produzidos a partir do material retirado dos testículos do boi.

Além dos anabolizantes vendidos com receita médica, existem dezenas de outros que entram ilegalmente no país e são comercializados em farmácias e academias.

Muitas das substâncias vendidas como anabolizantes são falsificadas e acondicionadas em ampolas não esterilizadas ou misturadas a outras drogas. Alguns usuários chegam a utilizar produtos veterinários à base de esteroides, sem que se conheçam os riscos do uso desses medicamentos em humanos.

O organismo do homem produz naturalmente cerca de 7 mg de testosterona por dia, por meio do seguinte sistema: a hipófise, glândula localizada no cérebro, libera uma substância chamada gonadotrofina, que "avisa" aos órgãos reprodutores quando é necessário fabricar testosterona, que é produzida nos testículos e passa para a circulação sanguínea até atingir um nível ideal no organismo. Nesse momento, um mecanismo químico desliga a hipófise, que para de enviar sinais aos órgãos reprodutores; estes, por sua vez, param de produzi-la.

Assim, quando se consome testosterona sintética, o organismo suspende o comando de liberação de gonadotrofina pela hipófise e, conseqüentemente, as funções dos testículos, onde se fabricam não só o hormônio, mas também os espermatozoides. Por isso, a ingestão de anabolizantes sintéticos causa infertilidade, que, às vezes, pode ser revertida pela suspensão de seu uso.

Para se obter o efeito anabólico, isto é, aumento de massa muscular e diminuição da gordura, costumam-se utilizar doses cem vezes maiores que o normal, ou seja, de até 700 mg de testosterona (ou de um derivado seu) por dia. Isso ocorre porque os anabolizantes geram **dependência psíquica**, inclusive com quadros de depressão quando seu uso é interrompido.

Podem ocorrer variação de humor, agressividade e raiva incontroláveis, ciúme patológico, extrema irritabilidade, insônia, sentimentos de invencibilidade, distração, confusão mental e esquecimentos.

O uso de anabolizantes também pode levar ao consumo de outras drogas mais "pesadas". Constatou-se que muitos jovens foram levados a experimentar o ópio pela primeira vez para combater a insônia causada pelos anabolizantes.

## Exercício resolvido

**2** (UEL-PR) O biodiesel obtido pela reação de transesterificação de um óleo vegetal com monoálcoois, mais especificamente com metanol ou etanol, é resultante da quebra de moléculas dos triglicerídeos, dando origem a uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos dos ácidos carboxílicos correspondentes e glicerina como subproduto. O peso molecular desses monoésteres é próximo ao do *diesel* derivado do petróleo, que contém entre 9 e 20 átomos de carbono na molécula.

Com base no texto e nos conhecimentos sobre as propriedades químicas e físicas do petróleo, analise as afirmativas a seguir.

- A substituição do *diesel* derivado do petróleo pelo biodiesel reduz a emissão de óxidos de enxofre e de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos na atmosfera.
- Dentro da realidade brasileira, o etanol é o álcool menos recomendável para utilização no processo de produção do biodiesel, devido à sua origem fóssil e à sua alta toxicidade.

III. O biodiesel pode ser representado pela fórmula geral:  $R - CO - R'$ .

IV. O biodiesel e o *diesel* de petróleo podem ser misturados em variadas proporções.

V. Quimicamente, o biodiesel é um monoalquil éster de ácido carboxílico.

Estão corretas apenas as afirmativas:

- a) I e II. b) I e III. c) II e III. d) I, IV e V. e) III, IV e V.

### Resolução

I. Certa. Combustíveis fósseis possuem compostos de enxofre na sua composição, o que não ocorre com óleos vegetais.

II. Errada. O etanol não é combustível fóssil. É o álcool de menor toxicidade.

III. Errada. Biodiesel é um éster de fórmula geral  $R - COO - R'$ .

IV. Certa. Ambos possuem cadeias apolares, que são miscíveis.

V. Certa. Reação de formação.

Alternativa **d**.

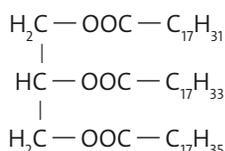
## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**6** O álcool cetílico,  $C_{15}H_{31}CH_2OH$ , é um sólido branco de aspecto ceroso. É parcialmente solúvel em etanol e éter e é insolúvel em água. É usado na fabricação de cosméticos, produtos farmacêuticos e como estabilizante de espuma em detergentes.

O ácido cerótico,  $CH_3(CH_2)_{24}COOH$ , apresenta-se na forma de cristais brancos e inodoros. É insolúvel em água, mas solúvel em etanol e éter, e é combustível. Forneça a reação de formação do cerotato de cetila, principal componente da lanolina, substância extraída da lã do carneiro.

**7** (FCC-SP) A fórmula estrutural refere-se a moléculas de:



- a) óleo vegetal saturado. d) sabão de ácidos graxos saturados.  
b) óleo animal saturado. saturados.  
c) óleo vegetal ou animal insaturado. e) detergentes.

**8** (UFSM-RS) O triglicerídeo presente na dieta humana é digerido no trato gastrointestinal pelas enzimas digestivas e produz:

- a) aminoácidos. x d) ácido graxo e glicerol.  
b) glicose. e) sacarose.  
c) glicerídeo.

**9** (Enem) As “margarinas” e os chamados “cremes vegetais” são produtos diferentes, comercializados em embalagens quase idênticas. O consumidor, para diferenciar um produto do outro, deve ler com atenção os dizeres do rótulo, geralmente em letras muito pequenas. As figuras que seguem representam rótulos desses dois produtos.

Peso líquido: 500 g  
**MARGARINA**  
65% de lipídios  
Valor energético por  
porção de 10 g: 59 kcal

Peso líquido: 500 g  
**CREME VEGETAL**  
35% de lipídios  
Valor energético por  
porção de 10 g: 32 kcal  
Não recomendado  
para uso culinário

Uma função dos lipídios no preparo de massas alimentícias é torná-las mais macias.

Uma pessoa que, por desatenção, use 200 g de creme vegetal para preparar uma massa cuja receita pede 200 g de margarina não obterá a consistência desejada, pois estará utilizando uma quantidade de lipídios que é, em relação à recomendada, aproximadamente

- a) o triplo.  
b) o dobro.  
x c) a metade.  
d) um terço.  
e) um quarto.

## FOI NOTÍCIA!



## Por pressão, planos de educação de 8 estados excluem 'ideologia de gênero'

**P**ressionados pelas bancadas religiosas e com respaldo das igrejas evangélicas e católica, deputados de ao menos 8 estados retiraram dos Planos Estaduais de Educação referências a identidade de gênero, diversidade e orientação sexual. Esses planos traçam diretrizes para o ensino nos próximos dez anos.

Entre os trechos vetados estão metas de combate à 'discriminação racial, de orientação sexual ou à identidade de gênero', censos sobre situação educacional de travestis e transgêneros e incentivo a programas de formação sobre gênero, diversidade e orientação sexual.

As bancadas religiosas afirmam que essas expressões valorizam uma 'ideologia de gênero', corrente que deturparia os conceitos de homem e mulher, destruindo o modelo tradicional de família.

Já os que defendem a manutenção dessas referências dizem que as escolas precisam estar preparadas para combater a discriminação de gênero e para dar formação básica sobre sexualidade.

O plano inclui temas como número de alunos por sala e remuneração de professores, mas a questão do gênero acabou dominando a discussão.

Dos 13 estados onde já foi aprovado, 8 eliminaram trechos que faziam referências à discussão de gênero, como Pernambuco, Espírito Santo, Paraná e Distrito Federal.

### Argumentos em relação [aos] termos:

#### Contrários

- Inclusão do termo 'gênero' seria imposição da 'ideologia de gênero', que desconstrói o modelo tradicional de família.
- Não é papel da escola, e sim da família, dar orientação sexual e moral às crianças e jovens, que não teriam capacidade crítica para analisar o tema.

#### Favoráveis

- Escolas precisam estar preparadas para combater a discriminação de gênero, assim como outras formas de preconceito.
- Dar orientação sexual não significa incentivar crianças e jovens a serem homossexuais e seria importante, por exemplo, para evitar a gravidez precoce. [...]

Um ano após a criação do Plano Nacional de Educação [PNE], pouco mais da metade das cidades brasileiras (2 942) tem um plano local para o setor. [...]

O PNE definiu metas para a educação ao longo da próxima década, até 2024, mas apontou objetivos mais imediatos, como a aprovação, já em 2015, de uma Lei de Responsabilidade Educacional.

A intenção é responsabilizar os gestores pela qualidade da escola pública."

BRITO, Patrícia; REIS, Lucas. Disponível em: <[www1.folha.uol.com.br/educacao/2015/06/1647528-por-pressao-planos-de-educacao-de-8-estados-excluem-ideologia-de-genero.shtml](http://www1.folha.uol.com.br/educacao/2015/06/1647528-por-pressao-planos-de-educacao-de-8-estados-excluem-ideologia-de-genero.shtml)>. Acesso em: 6 nov. 2015.

*Você acabou de ler uma matéria sobre os deputados que retiraram do texto dos Planos Estaduais de Educação metas de combate à discriminação racial, de orientação sexual ou à identidade de gênero. Você sabe o que ocorre a uma sociedade que não é educada para conviver com as diferenças?*

## 1) A função dos carboidratos

Os carboidratos, também chamados de hidratos de carbono ou glucídios, são a fonte de energia mais facilmente aproveitável pelo organismo. Fornecem 4,02 kcal/g (independentemente da fonte).

Os carboidratos são usados pelos organismos vivos essencialmente na produção de energia.

Dietas com restrição de carboidratos, geralmente feitas "para emagrecer", são prejudiciais, porque forçam a queima de gordura para obtenção de energia. Como os carboidratos são necessários para a queima da gordura, na sua ausência essa queima (oxidação) é incompleta e produz toxinas que podem levar à acidose (diminuição do pH do sangue), ao desequilíbrio de sódio e à desidratação.

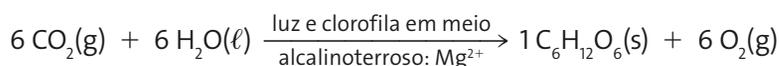
As fontes de carboidrato na alimentação são as massas, os pães e os alimentos ricos em amido (arroz, milho, batata) e em açúcar (frutas, principalmente as frutas secas e doces).

Quimicamente define-se:

Os carboidratos ou hidratos de carbono são compostos de função mista, poliálcool-aldeído ou poliálcool-cetona, ou qualquer outro que, ao sofrer hidrólise, se transforme num composto desse tipo.

O nome hidrato de carbono foi devido ao fato de que praticamente todos os compostos dessa classe inicialmente estudados obedeciam à seguinte fórmula geral:  $C_x(H_2O)_y$ .

As plantas fabricam os hidratos de carbono por meio da reação de fotossíntese, na qual, utilizando a clorofila para reter a energia luminosa, combinam água e gás carbônico para produzir glicose,  $C_6H_{12}O_6$ .



A reação de fotossíntese acima é simplificada. Na realidade, a reação entre o gás carbônico e a água não ocorre diretamente, mas desenvolve-se por meio de uma série de reações, com a participação de várias enzimas (catalisadores).

O processo de fotossíntese pode ser dividido em duas fases: uma que se processa em presença de luz, a etapa de claro, e outra que independe de luz, a etapa de escuro.

Moléculas de glicose (um hidrato de carbono) são então combinadas para formar dois polímeros de condensação naturais importantíssimos: a **celulose**, que constitui a parede celular, um reforço externo das células vegetais, e o **amido**, que é armazenado em diferentes órgãos vegetais.

Ao ser ingerido pelos animais, o amido e, em certos casos, a celulose são decompostos novamente em unidades de glicose que são então recombinadas pelo fígado na forma de glicogênio ou "amido animal",  $(C_6H_{10}O_5)_n$ .

Quando há necessidade, ou seja, o organismo precisa de energia, o glicogênio é decomposto em glicose, que é transportada pelo sangue até os tecidos para ser oxidada, voltando à forma original de água, gás carbônico e energia.

Triff/Shutterstock



No processo de fotossíntese, gás carbônico e água são utilizados na produção de glicose com liberação de oxigênio.



bit24/Shutterstock/Glow Images

É importante frisar que o organismo humano não consegue transformar a celulose, pois não tem a enzima celulase, necessária para isso. Somente o amido é metabolizado (oxidado ou “queimado”). A ingestão de celulose, porém, na forma de saladas de folhas verdes, é importante para o organismo porque as fibras estimulam a secreção de saliva e suco gástrico e normalizam o tempo de trânsito intestinal dos alimentos.

A ingestão diária de saladas é muito importante para o funcionamento adequado do organismo.

## Saúde e sociedade

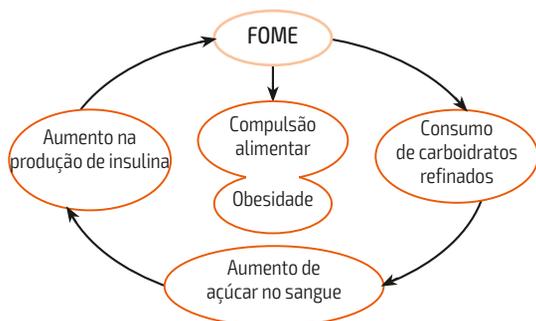


### Índice glicêmico

É fato que o consumo exagerado de carboidratos refinados (arroz branco, pão branco) é nocivo porque eles são quebrados rapidamente no intestino e se transformam em glicose (açúcar).

A elevação do açúcar no sangue estimula a produção de insulina pelo pâncreas. O excesso de insulina abaixa rapidamente o nível de glicose na circulação sanguínea, provocando sensação de fraqueza e muita fome.

A fome pode levar ao consumo de mais carboidratos, o que eleva o açúcar no sangue e estimula a produção de mais insulina, estabelecendo um ciclo vicioso que culmina na compulsão alimentar, na obesidade e em suas consequências, como os problemas cardiovasculares.



Para romper esse ciclo, o ideal é privilegiar o consumo de alimentos com carboidratos de baixo índice glicêmico, um indicador da velocidade com que o carboidrato ingerido eleva a taxa de açúcar no sangue.

- Alimentos com alto índice glicêmico elevam rapidamente a taxa de açúcar no sangue.

- Alimentos com baixo índice glicêmico elevam lentamente a taxa de açúcar no sangue.

A tabela de índice glicêmico (IG) a seguir fornece alguns exemplos. Os valores são adimensionais e foram estabelecidos tomando-se a glicose como base (para IG da glicose = 100).

Índice glicêmico dos alimentos		
IG baixo	IG médio	IG alto
Soja: 18	Laranja: 44	Croissant: 67
Amendoim: 15	Macarrão: 45	Sorvete cremoso: 61
iogurte: 31	Cenoura: 49	Beterraba: 64
Pera: 37	Banana: 54	Nhoque: 67
Feijão-preto: 30	Arroz branco: 58	Purê de batata: 70
Maçã: 38	Pipoca: 55	Pão branco: 71

Fonte: GALLOP, Rick. *A dieta do índice glicêmico*. São Paulo: Sextante/GMT, 2004.

De modo geral, carboidratos refinados têm índice glicêmico bem mais alto que os carboidratos integrais. Além disso, no processo de refinamento dos carboidratos grande parte das fibras alimentares é perdida.

O branqueamento da farinha de trigo e do amido é feito com substâncias como o cloro, o cloreto de nitrosila ou o permanganato de potássio, que destroem as vitaminas e os sais minerais e originam um alimento esteticamente bonito, mas pobre em nutrientes.

## Oses

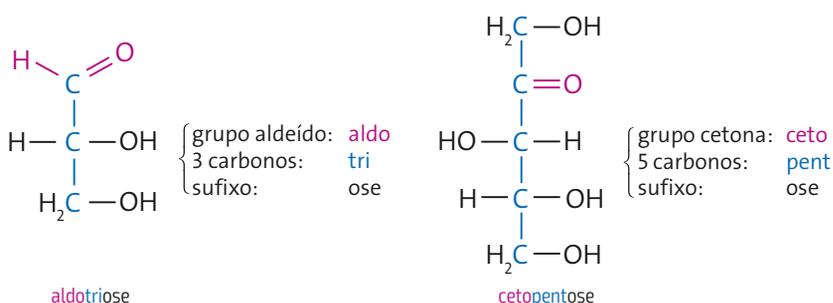
As oses são as unidades básicas de carboidratos e, portanto, não sofrem hidrólise. Possuem apenas uma estrutura poliálcool-aldeído ou poliálcool-cetona e são classificadas como monossacarídeos.

Os monossacarídeos podem ser denominados cetoses (se apresentarem o grupo cetona) ou aldoses (se apresentarem o grupo aldeído).

A nomenclatura de uma ose obedece às seguintes regras:

- o nome começa pelo prefixo **aldo**, caso se trate de uma aldose; ou por **ceto**, no caso de uma cetose;
- em seguida, indica-se o número de átomos de carbono da cadeia pelos infixos: **tri**, **tetr**, **pent** ou **hex**;
- por fim, junta-se ao infixo adequado o sufixo **ose** sem que haja nenhuma separação entre as partes do nome, exceto nos casos em que o infixo começar pela letra **h** (**hex**).

Observe os exemplos a seguir:



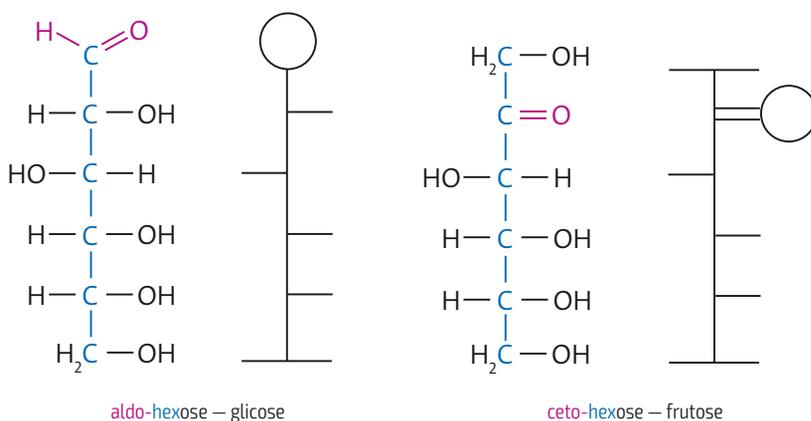
Note que a frutose, também conhecida por levulose, é um isômero funcional da glicose. A frutose é utilizada em alimentos *light* porque, por ter um poder adoçante maior que o da sacarose, é empregada em menor quantidade, tornando o alimento menos calórico.

## Simplificação das fórmulas

A fórmula estrutural de uma ose é simplificada da seguinte maneira:

- A cadeia carbônica é substituída por uma linha vertical.
- Os grupos —OH são representados por traços horizontais, à direita ou à esquerda da linha vertical.
- O átomo de carbono que possui ligação com dois hidrogênios (da(s) extremidade(s) da cadeia) terá um traço horizontal em ambos os lados.
- Os grupos aldeído e cetona são representados por círculos.
- O círculo que representa o grupo aldeído é ligado ao início da linha vertical e o que representa o grupo cetona é ligado à linha vertical por dois traços.

Observe os exemplos a seguir:



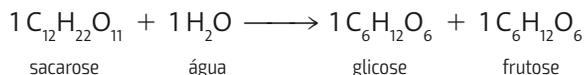
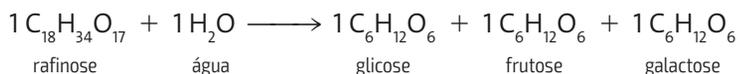
## Osídeos

Os osídeos são os carboidratos que sofrem hidrólise produzindo oses. São classificados conforme o número de oses que podem produzir.

### Oligossacarídeos

Sofrem hidrólise em meio ácido produzindo um número pequeno de unidades de oses (monossacarídeos), iguais ou diferentes.

Exemplos: rafinose e sacarose.



A **hidrólise da sacarose** (reação acima) é chamada de inversão da sacarose, e a mistura de glicose e frutose obtida é denominada **açúcar invertido**. Essa mistura tem sabor mais doce que o da sacarose e, portanto, se a indústria hidrolisa a sacarose antes de usá-la para adoçar um produto, acaba gastando menos açúcar.

A inversão da sacarose pode ocorrer tanto em meio ácido como pela ação de uma enzima denominada invertase.

Na fabricação de bombons com recheio líquido, por exemplo, prepara-se uma pasta feita com essência, sacarose, água e uma enzima denominada invertase.

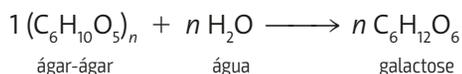
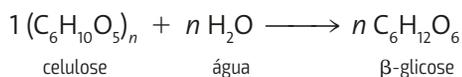
Em seguida, essa pasta, ainda na fase sólida, é coberta com chocolate. Na presença da enzima invertase, a sacarose sofre hidrólise e forma uma molécula de glicose e uma molécula de frutose, como mostra a reação acima.

Como a glicose e a frutose são mais solúveis em água que a sacarose, a pasta que recheia o bombom passa para a fase líquida.

### Polissacarídeos

Sofrem hidrólise em meio ácido e produzem um número grande de unidades de oses (iguais ou diferentes).

Exemplos: celulose e ágar-ágar.



O ágar-ágar é uma substância gelatinosa, semelhante a uma cola, obtida de certas algas rodofíceas asiáticas, como a *Gelidium amansi* e a *Gracilaria lichenoides*.

É empregado como meio de cultura em bacteriologia, em ponte salina para a montagem da pilha de Daniell e na indústria alimentícia como espessante de sorvetes e na fabricação de balas de goma.

Os **polissacarídeos** também são divididos em dois grupos: o dos halo-sídeos e o dos heterosídeos. Neste livro estudaremos apenas os halosídeos.



O recheio dos bombons permanece na fase líquida, pois é feito de glicose e frutose, mais solúveis em água do que a sacarose.

Quando for comprar um chocolate, analise o rótulo. Como os ingredientes são dispostos em ordem decrescente de quantidade, fuja daqueles que começam com sacarose ou manteiga de cacau, pois são puro açúcar e gordura, e não fazem bem. Escolha os que começam com massa de cacau, pois são mais saudáveis, já que fornecem flavonoides que agem como antioxidantes. Mesmo assim, coma com moderação!



Por ser resistente aos sucos digestivos, o ágar-ágar também é usado como laxante.

## Halosídeos

Halosídeos são polissacarídeos que sofrem hidrólise produzindo apenas oses. Os mais importantes estão relacionados a seguir.

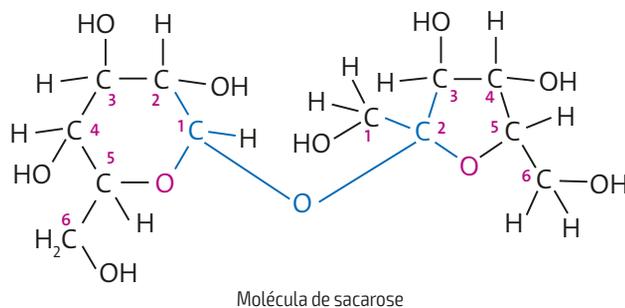
### ● Sacarose ou sucrose

Industrialmente é o dissacarídeo mais importante.

A sacarose é obtida pelo esmagamento da cana-de-açúcar ou pela osmose da beterraba branca cortada em fatias finas, mas também é encontrada na maioria das frutas e dos vegetais. É conhecida como açúcar comum ou “açúcar de mesa” por causa de seu uso como adoçante doméstico.

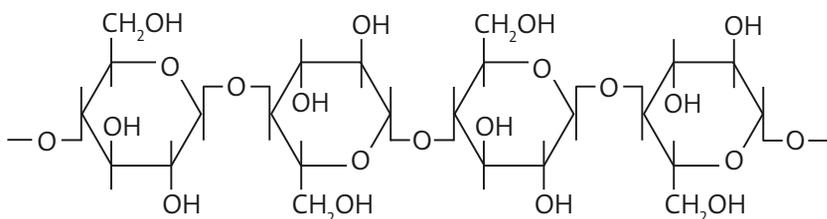
Enormes quantidades de sacarose são consumidas anualmente. Calcula-se que, nos Estados Unidos, cada pessoa consuma por ano em torno de 50 kg de sacarose. Só a indústria de refrigerantes norte-americana utiliza cerca de 1/5 do açúcar produzido nos Estados Unidos.

A sacarose é formada pela condensação de uma molécula de glicose e uma molécula de frutose (com liberação simultânea de uma molécula de água).



### ● Celulose

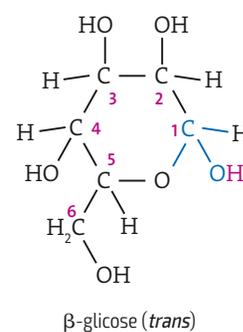
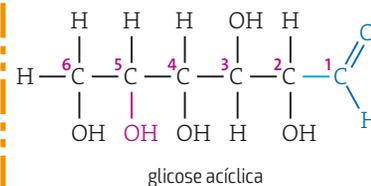
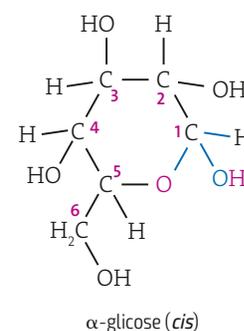
Cada molécula de celulose (abaixo) é formada por 10 000 ou mais unidades de moléculas de  $\beta$ -glicose numa cadeia não ramificada, formando um polímero de estrutura linear rígida. Essa estrutura torna a celulose fibrosa, resistente e insolúvel em água.



O inverso ocorre com os polímeros em que as unidades de glicose estão ligadas em sua forma  $\alpha$ , como o amido e o glicogênio, que podem se enrolar e formar grânulos densos que absorvem água.

Justamente por causa das ligações  $\beta$ , a celulose não pode ser digerida pelo organismo humano. Só alguns animais ruminantes, como o cavalo e o boi, e insetos, como o cupim, podem digerir a celulose.

Os aldeídos e as cetonas podem reagir com álcoois formando compostos denominados semiacetais. Como a glicose tem os grupos aldeído e álcool na mesma molécula, quando esses grupos reagem entre si a cadeia carbônica da glicose torna-se cíclica, podendo formar uma estrutura *cis* ( $\alpha$ ) ou *trans* ( $\beta$ ), conforme mostrado abaixo.





## Testes de aditivos com animais

A inocuidade (quantidade não prejudicial) de um aditivo intencional para alimentos não é estudada em humanos antes de o aditivo ser lançado no mercado. A inocuidade é relacionada com um determinado coeficiente de segurança calculado com base no conhecimento do coeficiente máximo de ingestão que não produz reação desfavorável em animais de experimentação.

Estabelecido esse coeficiente de segurança para animais, conhecido por NOEL (No Observed Effect Level – Nível sem Efeito Observado), é feito o cálculo do IDA (Ingestão Diária Aceitável) para humanos. Em seguida, o aditivo recebe um número de inscrição, INS (International Numeration System), e é lançado no mercado.

A análise toxicológica de um único aditivo alimentar leva de 4 a 5 anos para ser concluída, utiliza aproximadamente 650 animais de laboratório (ratos, camundongos, coelhos, cães), e seu custo pode chegar a US\$ 1 milhão (um milhão de dólares), pois inclui um grande número de testes, como o DL50, do termo inglês Lethal Dose 50 Percent (dose letal 50%). Esse teste foi criado em 1920 para detectar qual a quantidade de substância que matará a metade do grupo de animais, num determinado intervalo de tempo, e, dessa forma, medir a toxicidade de certas substâncias, incluindo os aditivos para alimentos.

Reprodução <www.unleashed.org.au/change\_the\_world/animal\_testing/>



**Cão da raça beagle no sexto dia de um teste DL50.**

O cão entrou em convulsão, está com grande dificuldade para respirar e não consegue mais ficar em pé. Apresenta hemorragia da mucosa ocular.

Estudos epidemiológicos acompanham o consumo e a aceitação do organismo humano ao aditivo, o que pode levar a uma das seguintes situações:

- O aditivo mostra-se seguro ou os seus efeitos no organismo humano (como alergias, por exemplo) tornam-se conhecidos e bem estabelecidos. Nesse caso, o aditivo recebe a letra E antes do número (INS) e permanece no mercado.
- O aditivo mostra-se causador de problemas sérios, doenças potencialmente graves ou intolerância significativa por grande parte da população. Nesse caso, seu uso é proibido para humanos e o aditivo é retirado do mercado.

### Toxicidade subcrônica e crônica

O estudo da toxicidade subcrônica consiste nas seguintes etapas:

- Exposição de grupos de animais a dietas contendo diferentes níveis do produto por um período de tempo nunca inferior a 1/10 da vida do animal (90 dias para ratos e camundongos e 1 ano para cães).
- Exames periódicos de sangue e urina.
- Histopatologia (estudo microscópico dos tecidos vivos que apresentaram lesões para estabelecer como se originaram).
- Conclusão: níveis que não causam efeito (NOEL).

Se o aditivo se mostrar promissor nessa primeira fase, é feito um estudo mais prolongado para estabelecer a toxicidade crônica:

- Exposição de grupos de animais a dietas contendo diferentes níveis do produto por um tempo de 2 anos para ratos, 1,5 ano para camundongos e 5 anos para cães.
- Histopatologia.
- Oncogenicidade (estudo da capacidade de a substância causar um tumor).
- Conclusão: níveis que não causam efeito (NOEL).

Após essa fase são feitos ainda estudos de reprodução, teratogênese e mutagenicidade:

- Avaliação do potencial de efeitos sobre a reprodução (interesse pelo acasalamento, fertilidade, ocorrência de abortos, etc.) ao longo de, no mínimo, duas gerações.
- Avaliação do potencial teratogênico: defeitos e deformações no nascimento e efeitos tóxicos sobre o desenvolvimento do feto.
- Danos genéticos e mutações, toxicidade celular.
- Estudo *in vitro* com células microbianas e de mamíferos.
- Estudo *in vivo* com animais.
- Conclusão: níveis que não causam efeito (NOEL).

### Avaliação de risco

Considere, por exemplo, que tais estudos levem (resumidamente) às seguintes conclusões sobre determinado aditivo alimentar:

* Estudo (animais)	NOEL (ingestão diária em mg/kg)
Crônico (ratos)	15
Crônico (camundongos)	25
Crônico (cães)	32,5
Reprodução (ratos)	28,5
Teratogênese (coelhos)	50
Teratogênese (ratos)	30

\* Os dados da tabela são fictícios e servem apenas de exemplo para mostrar como é feito o cálculo do IDA a partir dos dados experimentais extraídos dos testes com animais.

Com esses dados é calculado o IDA (ingestão diária aceitável).

O IDA é calculado dividindo-se o menor valor encontrado para o NOEL por um fator de segurança igual a 100.

Esse fator de segurança considera o ser humano 10 vezes mais sensível que qualquer outro animal (fator interespecífico) e também que, entre os seres humanos, há aqueles 10 vezes mais sensíveis que os seus semelhantes (fator intraespecífico).

Logo:  $10 \cdot 10 = 100$ .

$$IDA = \frac{\text{menor NOEL}}{\text{fator de segurança}}$$

No nosso exemplo o IDA seria:

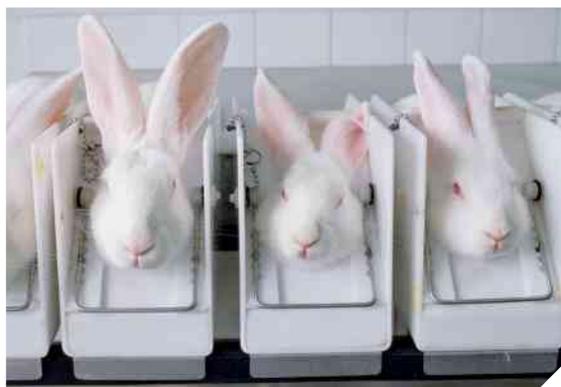
$$IDA = \frac{15}{100} \Rightarrow IDA = 0,15 \text{ mg/kg}$$

Logo, um ser humano adulto (**o IDA não é estabelecido para crianças**) pode ingerir “com segurança” uma quantidade máxima de 0,15 mg do aditivo por quilograma de massa corpórea por dia.

De fato, esse cálculo é feito para proporcionar uma boa margem de segurança, mas, como a fisiologia de ratos, coelhos e cães é diferente da fisiologia humana, o resultado final pode não ser o previsto, como ocorreu com a goma konjac quando a Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) publicou um decreto em 2002 proibindo o ingresso, a comercialização e a exportação ao consumo de sobremesas, balas e similares que tivessem esse aditivo depois que a goma konjac foi apontada como responsável por casos de asfixia e morte de crianças no Canadá, Estados Unidos e países asiáticos, incluindo Taiwan.

Além dos aditivos para alimentos, várias outras substâncias utilizadas em cosméticos e produtos de limpeza ainda são testadas em animais, como o teste de irritação ocular que mede a nocividade das substâncias presentes nesses produtos por meio da observação dos danos causados por essas substâncias aos olhos dos animais.

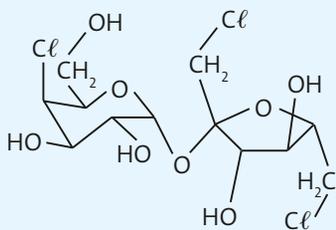
Há diversas opções no mercado de produtos de qualidade que não foram testados em animais.



Coelhos preparados para teste de sensibilidade ocular.

## Exercício resolvido

**1** A sucralose (fórmula abaixo) é um derivado halogenado da sacarose utilizada como adoçante artificial.



A sucralose apresenta um poder adoçante entre 320 e 1 000 vezes maior que o da sacarose (conforme o pH do alimento) e praticamente não é metabolizada pelo organismo, fornecendo apenas 1,6 kcal/100 mL.

Se submetemos a sucralose a determinadas condições em que ocorra a substituição dos átomos de cloro por grupos —OH e posterior hidrólise, que oses serão obtidas?

### Resolução

Com a substituição dos átomos de cloro por grupos —OH, teremos a molécula da sacarose.

A hidrólise da sacarose fornece as oses glicose e frutose.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**1** (ITA-SP) Em relação à sacarose são feitas as seguintes afirmações:

- I. É uma substância apolar.
- II. É muito solúvel em benzeno.
- III. Por hidrólise, um mol de sacarose fornece dois mols de dextrose.
- IV. Suas soluções aquosas não apresentam condutividade elétrica apreciável.
- V. Suas soluções aquosas podem girar o plano de polarização da luz.

Das afirmações acima, estão corretas:

- a) todas.
- b) apenas I.
- c) apenas I, II e III.
- d) apenas II e IV.
- e) apenas IV e V.

**2** (Unirio-RJ) “Quanto mais se investiga, mais assustador fica o escândalo dos remédios falsificados [...] A empresa é acusada de ter produzido quase 1 milhão de comprimidos de farinha como sendo o medicamento Androcur, usado no tratamento de câncer de próstata.”

[http://veja.abril.com.br/300998/p\\_103.html](http://veja.abril.com.br/300998/p_103.html).

O principal componente químico da farinha é o amido, que é um:

- a) lipídio.
- b) poliéter.
- c) peptídeo.
- d) poliéster.
- e) polissacarídeo.

**3** (Vunesp-SP) O gliceraldeído, que é o menor dos açúcares considerados aldoses, apresenta isomeria óptica. O seu nome químico é 2,3-di-hidroxipropanal.

- a) Usando sua fórmula molecular, escreva a equação química que representa a reação de combustão do gliceraldeído.
- b) Desenhe a sua fórmula estrutural e assinale com uma seta o carbono que justifica a existência de isomeria óptica.

**4** (Unifor-CE) As fibras musculares estriadas armazenam um carboidrato a partir do qual se obtém energia para a contração. Essa substância de reserva se encontra na forma de:

- a) amido.
- b) glicose.
- c) maltose.
- d) sacarose.
- e) glicogênio.

**5** (Unifor-CE) O amido, o glicogênio e a celulose têm fórmula molecular  $[C_6H_{10}O_5]_n$ . A diferença entre esses compostos está na maneira como os monômeros se ligam e no valor de  $n$ . Todos são polímeros naturais, cujo monômero é:

- a) o etilenoglicol.
- b) o glicerol.
- c) a sacarose.
- d) a glicose.
- e) a frutose.

**6** No site do PEA (Projeto Esperança Animal): <[www.pea.org.br/crueldade/testes/index.htm](http://www.pea.org.br/crueldade/testes/index.htm)>, encontramos o seguinte texto:

“De acordo com o Dr. Albert Sabin, pesquisas em animais prejudicaram o desenvolvimento da vacina contra a pólio. A primeira vacina contra pólio e contra raiva funcionou bem em animais, mas matou as pessoas que receberam a aplicação.

Albert Sabin reconhece que o fato de haver realizado pesquisas em macacos Rhesus atrasou em mais de dez anos a descoberta da vacina para a pólio. [...]”

Já existem inúmeros métodos substitutivos eficientes e eficazes que podem e já estão sendo usados nessa área. [...] Sem falar que culturas de tecidos, provenientes de biópsia, cordões umbilicais ou placentas descartadas, dispensam o uso de animais.

Vacinas também podem ser fabricadas a partir da cultura de células do próprio homem”.

Leia o boxe das páginas 244 e 245, faça uma pesquisa na internet e escreva um texto argumentando contra ou a favor a prática do ser humano de utilizar animais em testes diversos, discutindo a ética e a validade desses testes.



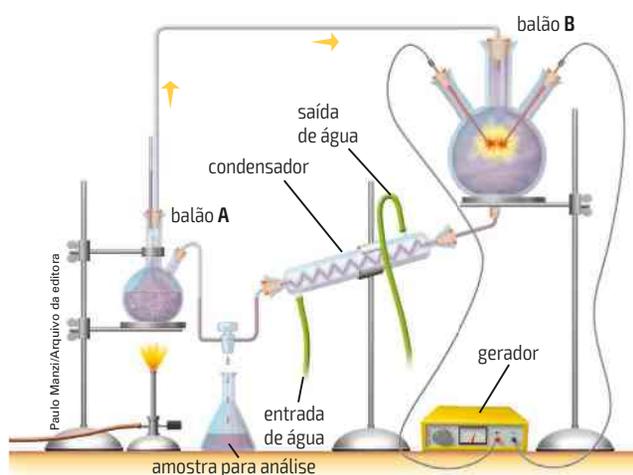


A ilustração está fora de escala. Cores fantasia.

## Origem da vida

Em 1951, o químico americano Stanley Lloyd Miller (1930-2007), sob a orientação de seu professor Harold Clayton Urey (1893-1981), planejou um experimento que simulava as condições numa Terra primitiva para se verificar a possibilidade da formação de compostos orgânicos.

A aparelhagem utilizada consistia de um balão **A** com água que simulava o oceano e, por aquecimento, produzia vapor de água que era conduzido através de um tubo de vidro para um outro balão **B**, que simulava a atmosfera primitiva. Para compor essa atmosfera, foi retirado todo o ar do sistema e, em seguida, introduzida uma mistura de gás hidrogênio,  $H_2(g)$ , gás nitrogênio,  $N_2(g)$ , gás amônia,  $NH_3(g)$ , gás sulfeto de hidrogênio,  $H_2S(g)$ , e vapor de água,  $H_2O(v)$ .



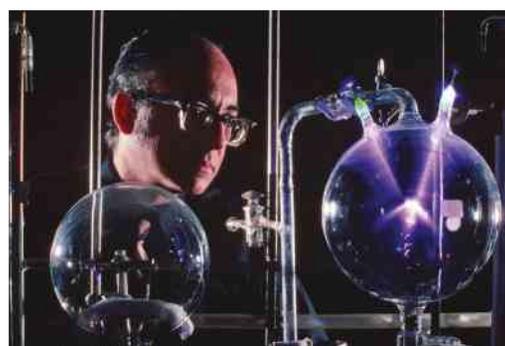
No balão **B** foram instalados dois eletrodos de tungstênio, para a produção de uma descarga elétrica contínua que simularia as tempestades elétricas, os raios e os trovões, que se acredita terem ocorrido intensamente no início dos tempos. As descargas elétricas e a presença de vapor de água proveniente do balão **A** provocavam "chuvas" no balão **B**, e reações entre os gases presentes na atmosfera, que formam novos compostos.

Para recolher as águas das "chuvas" e os compostos formados, o balão **B** era ligado a um condensador que resfriava a mistura e que, por sua vez, estava ligado a um tubo em U conectado ao balão

**A**. Assim, os compostos mais complexos formados na atmosfera (balão **B**) iam se acumulando nos mares (balão **A**), onde poderiam reagir.

O experimento foi iniciado com a produção de uma descarga elétrica contínua que durou aproximadamente sete dias. Após esse tempo, Miller observou que um material de coloração laranja-avermelhada começou a se acumular no interior da aparelhagem. A análise mostrou que esse material era uma mistura de compostos orgânicos como ácidos graxos, açúcares e nove aminoácidos, sendo quatro do tipo  $\alpha$ -aminoácido (formadores de proteínas). Cerca de 10% a 15% do carbono havia sido convertido em compostos orgânicos, e 2% do carbono estava na forma de aminoácidos.

O experimento de Miller, cujos resultados experimentais foram publicados em 1953, demonstrou a facilidade com que substâncias orgânicas, inclusive os aminoácidos (constituintes fundamentais de proteínas e enzimas), podem ser formadas por processos totalmente abióticos (desprovidos de vida).



Dr. Stanley Miller e o equipamento que utilizou para realizar o experimento.

Esse fato levou alguns cientistas a propor uma teoria segundo a qual as proteínas dos primeiros seres vivos teriam sido constituídas apenas por esses doze  $\alpha$ -aminoácidos. Os outros oito  $\alpha$ -aminoácidos restantes teriam surgido ao longo do tempo ou por reações de síntese que envolvem um ou mais desses doze  $\alpha$ -aminoácidos e outros compostos pré-bióticos, ou então por reações metabólicas; nesse caso, seriam um produto da evolução dos seres vivos.



## Aditivos não intencionais

Os **aditivos não intencionais** são aqueles incorporados involuntariamente ao alimento durante a produção, o processamento, a embalagem ou a estocagem. Esses "aditivos" podem ser divididos em nove grupos principais:

- Antibióticos e outros agentes usados para prevenção e controle de doenças: encontrados como resíduos em leites, carnes bovinas, carnes suínas, frangos, peixes.



Scott Barrow/LuckyPix/Corbis/Latinstock

Animais criados para abate em regime de confinamento estão sujeitos a uma série de doenças que precisam ser prevenidas com a administração de diversas drogas.

- Hormônios (substâncias promotoras de crescimento): encontrados como resíduos em leites e carnes bovinas.
- Organismos parasitas: encontrados como resíduos em miúdos, principalmente de origem bovina e suína, mas também em carnes de aves e peixes.
- Resíduos de pesticidas (inseticidas, fungicidas, herbicidas, etc.): encontrados como resíduos tanto em produtos de origem vegetal (verduras, legumes e frutas) como em produtos de origem animal (carnes, ovos, peixes) devido à contaminação da ração consumida pelo animal.
- Resíduos de animais (por exemplo, pelos de ratos, insetos e partes de insetos) encontrados principalmente em cereais que foram processados, como farinhas de trigo, de arroz, de centeio, amido, etc.



Jonas Oliveira/Folha Imagem

Como o uso de venenos em locais onde se armazenam alimentos não é adequado pelo risco de contaminar os produtos, é difícil obter um controle total sobre insetos e roedores.

- Metais tóxicos e compostos metálicos: resíduos provenientes do material de pulverização (fungicidas aplicados em sementes ou fumegantes aplicados nos grãos após a colheita), de equipamentos metálicos ou provenientes do material da embalagem.
- Produtos químicos de fontes externas (inclusive vapores e solventes): por exemplo, resíduos de lubrificantes provenientes de máquinas e esteiras de uso industrial.
- Substâncias provenientes dos materiais de embalagem: recipientes de papel e de lata são potenciais fontes de contaminação de alimentos, pois podem transferir substâncias.
- Compostos radioativos: provenientes, por exemplo, de culturas tratadas com fertilizantes fosfatados, naturalmente ricos em urânio-238, e, conseqüentemente, de seus produtos de decaimento. Em certa etapa ocorre a formação de radônio-222, um gás inerte e bastante denso que vai se acumulando numa camada baixa da atmosfera, envolvendo o cultivo. Alguns produtos do decaimento do radônio-222, como o polônio-218 e o chumbo-214, penetram nas folhas do cultivo e se estabelecem em seu interior e, em pouco tempo, decaem produzindo chumbo-210, cuja meia-vida é de 21 anos. Desse modo, a concentração de chumbo-210 é crescente.

A legislação em vigor reconhece a existência dos aditivos não intencionais e estabelece quantidades máximas aceitáveis de cada um deles (o que varia com o tipo de alimento), prevendo punições para o fabricante que ultrapassar os limites.

## Formação de proteínas

O nome proteína vem do grego *proteios* (primeiro) devido à importância fundamental que esses compostos têm para a vida.

Os  $\alpha$ -aminoácidos que formam proteínas são subdivididos, de acordo com as suas características químicas, em sete categorias:

- Alifáticos não polares: glicina, alanina, leucina, valina e isoleucina.
- Aromáticos não polares: fenilalanina e triptofano.
- Hidroxílicos: serina, treonina e tirosina.
- Função ácida: ácido aspártico e ácido glutâmico.
- Função básica: lisina, arginina e histidina.
- Sulfurosos: metionina, cisteína e cistina.
- Iminoácidos: prolina e hidroxiprolina.

Como cada alimento fornece uma proteína diferente, formada por alguns  $\alpha$ -aminoácidos em detrimento de outros, o ideal é ter uma alimentação o mais variada possível para suprir todas as necessidades do organismo.

As proteínas são compostos formados pela reação de polimerização (por condensação) de um número muito grande de  $\alpha$ -aminoácidos.

A maioria das proteínas apresenta entre 100 e 10 000 unidades de  $\alpha$ -aminoácidos – são macromoléculas (poliamidas) – e massas molares que variam entre 10 000 g/mol até mais de 1 000 000 g/mol.

As proteínas são os constituintes básicos dos músculos, do sangue, dos tecidos, da pele, dos hormônios, dos nervos, dos tendões, dos anticorpos e das enzimas que catalisam as reações que mantêm nosso organismo em funcionamento.

A hidrólise das mais diversas proteínas nos fornece um conjunto de apenas 20  $\alpha$ -aminoácidos diferentes, mas as combinações possíveis entre eles para formar proteínas são praticamente infinitas.

Alguns desses  $\alpha$ -aminoácidos são sintetizados pelo organismo humano; outros, apesar de serem vitais ao nosso desenvolvimento, não são sintetizados e devem necessariamente ser obtidos por meio da alimentação.

Os  $\alpha$ -aminoácidos que não são sintetizados pelo organismo são ditos **essenciais**.

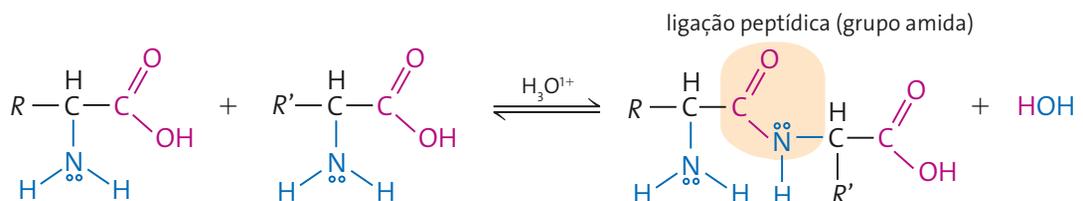
Os 20  $\alpha$ -aminoácidos são: glicina, alanina, valina (essencial), leucina (essencial), isoleucina (essencial), fenilalanina (essencial), triptofano (essencial), serina, treonina (essencial), tirosina, ácido aspártico, ácido glutâmico, lisina (essencial), arginina, histidina (essencial), metionina (essencial), cisteína, cistina, prolina e hidroxiprolina.

Além desses 20  $\alpha$ -aminoácidos, há outros três compostos derivados que aparecem constantemente na constituição das proteínas: a asparagina (derivada do ácido aspártico), a glutamina (derivada do ácido glutâmico) e a hidroxilisina (derivada da lisina).

## Ligação peptídica

É a ligação que se estabelece quando ocorre reação entre dois aminoácidos: o grupo amina de um aminoácido se liga com o grupo carboxílico do outro aminoácido.

Considere, por exemplo, dois  $\alpha$ -aminoácidos genéricos em que  $R$  e  $R'$  são substituintes quaisquer.



Observe que essa reação é reversível, isto é, em meio ácido a ligação peptídica (amídica) sofre hidrólise originando novamente os aminoácidos.



## A cor da pele

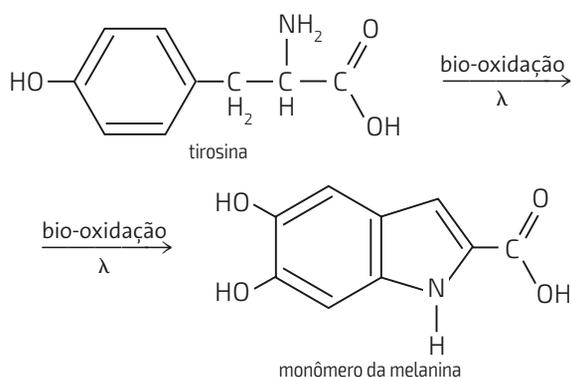
Tudo o que existe no Universo interage de alguma maneira, direta ou indiretamente. Toda forma de vida tem basicamente a mesma essência: átomos que se combinam para formar moléculas, moléculas que reagem para formar os mais diversos compostos, íons que transmitem impulsos elétricos, reações de síntese e de análise que ocorrem constantemente, que formam e decompõem seres num ciclo interminável.

Por incrível que pareça, o número de átomos que constitui o Universo é praticamente constante (embora de uma grandeza inimaginável) e esses átomos, que estão aqui desde o início dos tempos, são trocados a todo momento entre os seres vivos e entre estes e o meio ambiente através da respiração e da alimentação.

Já que somos fundamentalmente combinações diferentes de uma mesma matéria, o que faz algumas pessoas pensarem que são melhores ou piores do que outras, com base em coisas tão superficiais como a cor da pele, por exemplo?

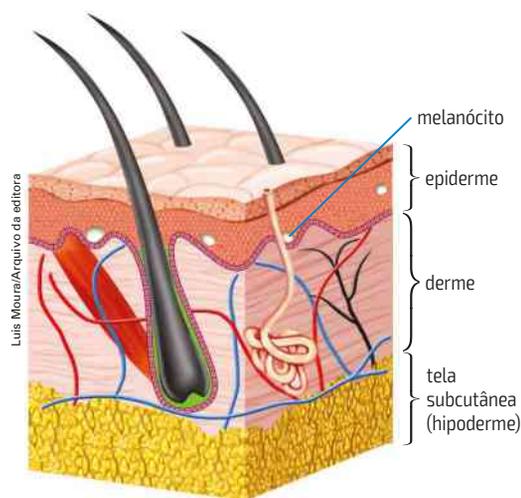
Cientificamente sabe-se que a cor da pele depende da quantidade de melanina que o organismo produz.

A melanina é um pigmento biológico. Quimicamente é um polímero de massa e complexidades variáveis, sintetizado nos melanócitos (células situadas na camada basal da pele, entre a epiderme e a derme) pela oxidação progressiva do aminoácido tirosina.



A ilustração está fora de escala. Cores fantasia.

Quanto maior a quantidade de melanina produzida, mais escuro será o tom de pele e vice-versa.



Agora, pensando bem, faz algum sentido julgar o valor de uma pessoa pela quantidade de melanina que sua pele produz? O que leva ao preconceito? Qual o mecanismo que induz o ser humano a valorizar melanócitos e a desprezar neurônios?

O que é mais importante numa pessoa? Seu caráter ou a cor da sua pele? O respeito que ela tem pelos seus semelhantes ou a religião que ela segue? A força de vontade, o bom humor ou a sua condição social? A solidariedade que ela demonstra ou a sua orientação sexual? O que leva ao preconceito?

Quando vamos aprender que as diferenças físicas e culturais são na verdade a maior riqueza que possuímos? São justamente aquilo que nos torna únicos apesar de tão iguais. Quando vamos perceber que a única maneira de sermos aceitos incondicionalmente é aceitando e respeitando as demais pessoas, erradicando de vez toda espécie de preconceito?



Holder Almeida/Shutterstock/ Glow Images



*A reportagem da página 238 fala sobre o veto às metas de combate à discriminação racial, de orientação sexual ou à identidade de gênero nas escolas. Você sabe o que ocorre a uma sociedade que não é educada para conviver com as diferenças?*

**A** diferenças existem. Apesar de sermos todos de uma mesma espécie (humana), somos absolutamente diversos em aparência, gostos e opinião.

As sociedades que sabem conviver bem com isso são prósperas, e as que não sabem entram em colapso. A história atual está cheia de exemplos.

Há indivíduos heterossexuais e homossexuais. Não se trata de concordar, mas de respeitar.

Argumenta-se a favor da "família tradicional". Mas o que seria isso? Pai e mãe amorosos, filhos alegres e saudáveis, todos felizes e sorrindo 24 horas por dia tal como um "comercial de margarina"? Quantas famílias você conhece que são assim?

Olhe ao seu redor, veja os jornais. Fervilham notícias de "famílias tradicionais" desajustadas, pais desempregados e alcoólicos, adolescentes drogados, crianças abusadas, mulheres espancadas, pessoas doentes e abandonadas. Por que não olhamos isso? Por que não cuidamos disso?

Argumenta-se a favor da "reprodução". E quanto ao número de casais heterossexuais que hoje em dia optam por não ter filhos e seguem a vida feliz assim? Filhos é uma decisão muito pessoal, exigem situação financeira e emocional estáveis, exigem altruísmo, exigem disponibilidade. Ter um filho sem esses pré-requisitos é receita certa para grandes problemas. Isso sem contar que nós humanos estamos esgotando os recursos do planeta. Água, energia e alimentos estão ficando cada vez mais escassos. Qual o sentido então de se promover a "reprodução pela reprodução", sem a consciência exata do que tudo isso implica?

Veja que não se trata de exaltar essa ou aquela orientação sexual, mas de exaltar o respeito legítimo às escolhas do outro. Quem não gosta de relacionamentos homossexuais não deve ter um, mas tem a obrigação de respeitar quem optou por ter esse relacionamento e é feliz com ele.

E o que dizer sobre as recentes manifestações racistas que têm se propagado pelo Brasil?

Qualquer pessoa minimamente informada (e talvez seja esse o ponto) sabe que a cor da pele se deve à produção de melanina, uma substância química que o corpo utiliza para se proteger das radiações solares.

Fatores genéticos determinam a quantidade de melanina que cada pessoa é capaz de produzir, e esses fatores genéticos estão ligados à história evolutiva do ser humano.

É claro que o ser humano que evoluiu em um ambiente de muito sol e vegetação rasteira tem uma constituição genética que lhe permite produzir uma grande quantidade de melanina; logo, tem a pele negra.

Indivíduos que nasciam nesse ambiente com baixa produção de melanina tinham poucas chances de sobreviver. A isso se dá o nome de seleção natural.

Sendo esse um assunto tão fácil de compreender, por que o racismo?

Por que a dificuldade de enxergar no negro que está ao seu lado a sabedoria de Nelson Mandela, a visão de mundo de Martin Luther King, o talento poético de Milton Nascimento, a coragem de Rosa Parks, a genialidade de William Arthur Lewis?

Por que tanto ódio de um ser humano que apenas tem a cor de pele diferente?

Por que em pleno século XXI ainda existem pessoas que se julgam "superiores" por serem brancas? Que se acham no direito de gritar "macaco" para um jogador de futebol?

Dizem que negros são descendentes de escravos. Não concordo.

Negros são descendentes de seres humanos que foram escravizados por selvagens de pele branca, que, tomados pela ganância, invadiram suas terras para roubar suas riquezas, seus recursos naturais, suas vidas, submetendo-os a todo tipo de tortura, humilhação e violência.

Quem é o ser humano nessa história? Quem é o animal?

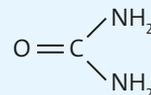
## Exercício resolvido

**2** (Unicamp-SP) O farelo de soja, que apresenta alto teor de proteínas, é um subproduto da fabricação do óleo de soja. Recentemente, compradores internacionais observaram a adulteração de um carregamento de farelo de soja brasileiro, ao qual foram adicionadas ureia,  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , e pedra moída.

Sabe-se que o teor de proteína no farelo é avaliado pelo conteúdo de nitrogênio. Baseando-se nas informações acima, explique por que os falsificadores usaram, conjuntamente, pedra moída e ureia na adulteração do farelo de soja.

### Resolução

A ureia (fórmula abaixo) foi utilizada porque é uma diamida, contém nitrogênio, faz as mesmas reações que as proteínas e é matéria-prima barata.



As pedras moídas foram adicionadas para aumentar o peso, porque a ureia tem massa molar muito baixa, 60 g/mol, em relação às proteínas, que são polímeros de massa molar elevada.

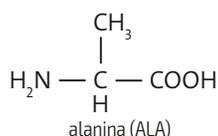
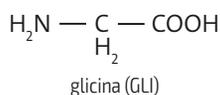
## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**7** (FEI-SP) Entre as inúmeras proteínas que constituem o corpo humano, destaca-se a albumina, ou soroalbumina, por se localizar no soro sanguíneo que, assim como as demais, é originada pela \_\_\_\_\_ entre as moléculas de \_\_\_\_\_. As lacunas do texto são corretamente preenchidas, respectivamente, por:

- a) ligação peptídica/aminoácidos.
- b) reação de esterificação/aminas.
- c) ponte de hidrogênio/aminoácidos.
- d) reação de saponificação/ácidos fortes.
- e) reações de desidratação/glicerol.

**8** (Cesgranrio-RJ) Dados os seguintes aminoácidos:



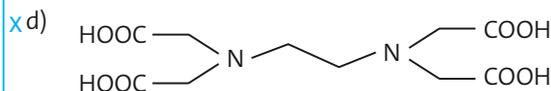
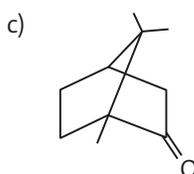
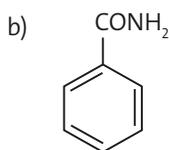
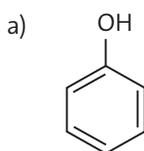
Escreva a fórmula estrutural de um fragmento de proteína GLI-ALA-GLI.

**9** (Unicap-PE) Alguns produtos usados na limpeza de lentes de contato funcionam transformando em aminoácidos as proteínas depositadas sobre a superfície da lente. Esta é uma reação de:

- a) esterificação.
- b) desidratação.
- c) saponificação.
- d) condensação.
- e) hidrólise.

**10** (Ufla-MG) Algumas plantas capturam metais tóxicos presentes nos solos e os transportam até suas partes aéreas, via complexação desses metais com os aminoácidos presentes no xilema das plantas.

Qual das substâncias a seguir deve apresentar comportamento semelhante ao dos aminoácidos do xilema e que pode ser útil na remoção de metais tóxicos contaminantes de solos?



**11** (UFRGS-RS) As proteínas alimentares ingeridas pelos animais não são absorvidas como tais. Eles as degradam por meio de enzimas, rearranjam-nas e assim produzem suas próprias proteínas. Os animais ingerem alimentos proteicos para suprir seu organismo de:

- a) glicerídios.
- b) açúcares.
- c) aminoácidos.
- d) glicogênio.
- e) ácidos carboxílicos.

# De onde vem... para onde vai?



## Curtume

Curtir significa submeter as peles de animais (bovinos, equinos, ovinos, caprinos, além de crocodilos, cobras, lontras, focas, raposas, visons, chinchilas, esquilos, etc.) a tratamentos tais que as tornem resistentes à água e ao apodrecimento.

Inúmeros animais são abatidos com o único intuito de extrair o couro, observe:

- para fazer um par de sapatos de couro de crocodilo, são abatidos 10 animais;
- para uma carteira, 4 crocodilos;

- para fazer uma bolsa, 18 crocodilos.

Para fazer um casaco de pele são abatidos:

- 8 focas, ou 24 raposas marrons, ou 30 lontras, ou 42 raposas-vermelhas, ou 65 visons, ou 100 chinchilas, ou 400 esquilos.

Existem três tipos de curtimento: vegetal, mineral e a óleo (acamuração). Para algumas peles usa-se um processo misto, ou seja, uma combinação de dois desses três processos.

O quadro a seguir fornece mais detalhes.

Curtimento		
Método	No que consiste	Aplicações
Vegetal	Para curtir as peles por esse processo, são empregados os taninos, ou substâncias tânicas, extraídos de uma grande variedade de plantas. Entre as principais estão a aroeira, o barbatimão, o quebracho, o salgueiro e a mimosa. O curtimento resulta de uma combinação química entre as substâncias extraídas dos vegetais e as proteínas da derme, que permite a formação de compostos não solúveis em água e imputrescíveis.	É muito usado no preparo de couros destinados à fabricação de solas e correias de transmissão.
Mineral	Utiliza a propriedade do colágeno de se combinar com metais como o cromo, o alumínio e o zircônio. Desses, o mais empregado é o cromo, sob a forma de mono-hidroxissulfato de cromo III, $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$ , obtido a partir da reação: $1 \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{s}) + 3 \text{SO}_2(\text{g}) + 1 \text{H}_2\text{O}(\ell) \longrightarrow 2 \text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4(\text{aq}) + 1 \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ Reagindo com as proteínas da pele, o $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$ desenvolve uma reação semelhante à dos taninos.	É usado no preparo de couros destinados à fabricação de produtos mais finos, como roupas e estofados.
A óleo	É utilizado em peles mais delicadas, como as de camurça, cabra, cordeiro e coelho. Nesses casos, a transformação das peles é obtida simplesmente banhando-as em óleos de peixe, ricos em ácidos graxos poli-insaturados, e, em seguida, colocando-as ao ar para secagem. Em contato com o $\text{O}_2(\text{g})$ do ar, esses ácidos graxos sofrem oxidação (rompimento de uma das ligações da dupla e a entrada de um grupo $-\text{OH}$ ), e produzem os chamados hidroxiácidos graxos, que se combinam com as proteínas da pele para formar agregados insolúveis.	Esse método produz peles muito macias e flexíveis, de coloração amarelo-clara, usadas na fabricação de bolsas, roupas e luvas.



Anderson Barbosa/Fotarena

Manifestação contra o uso de pele de animais em roupas, em São Paulo (SP). 2011.

## Trabalho em equipe

"No processo geral de curtumes, o volume de água utilizado pode variar [...]. De acordo com o Centro Tecnológico do Couro, SENAI – Rio Grande do Sul, o consumo total médio atual do setor brasileiro está estimado em [...] cerca de 630 litros água/pele salgada. Assim, um curtume integrado de processo convencional que processe 3 000 peles salgadas por dia, consumiria, em média, aproximadamente 1900 m<sup>3</sup> água/dia, equivalente ao consumo diário de uma população de cerca de 10 500 habitantes, considerando-se um consumo médio de 180 litros de água/habitante por dia. Desta forma, verifica-se que água é um insumo importante na operação dos curtumes (na formulação dos banhos de tratamento e nas lavagens das peles) e, dependendo da sua produção e do local onde opera, o impacto de consumo nos mananciais da região pode ser significativo."

SÃO PAULO (Estado). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb). *Curtumes*. São Paulo, 2005. Disponível em: <[www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao\\_limpa/documentos/curtumes.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/documentos/curtumes.pdf)>. Acesso em: 16 jan. 2016.

Em relação aos curtumes, pesquise:

- Qual o tipo de curtimento mais danoso ao meio ambiente?
- Qual o principal efluente gerado na indústria do curtume que também é gerado no esgoto doméstico não tratado?
- O Brasil adota normas ambientais semelhantes às da Alemanha, um país desenvolvido e rico, onde muitos rios urbanos são utilizados como balneários. Uma vez que a realidade social desses dois países é tão distinta, é justo que ambos tenham as mesmas leis ambientais cuja rigidez pode se tornar um “entreve” para a pequena indústria?

A sala pode ser dividida em grupos. Cada grupo vai pesquisar um tópico e apresentá-lo aos demais. Após as apresentações, pode-se fazer um debate entre os alunos para discutir o tema.

## 3 Ácidos nucleicos

Os ácidos nucleicos, ácido desoxirribonucleico (DNA) e ácido ribonucleico (RNA) são as denominadas substâncias da hereditariedade. São polímeros, na realidade poliésteres, que têm um papel fundamental em relação à vida.

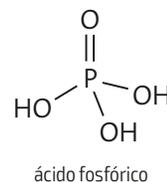
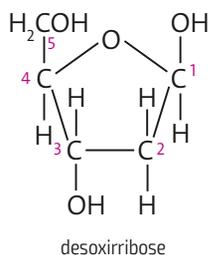
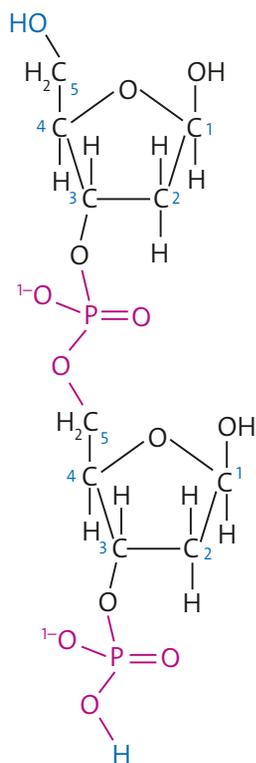
O **DNA** guarda todas as informações genéticas para cada espécie. É a partir do DNA que todas as características físicas de cada indivíduo são determinadas desde o momento da concepção.

Esse polímero determina, por exemplo, se uma pessoa terá olhos castanhos ou azuis, se será alta ou baixa, se terá cabelos crespos ou lisos e se, em sua velhice, terá cabelos brancos ou nenhum cabelo.

O **RNA**, por sua vez, tem o papel de transcrever (reproduzir) essas informações pelas células do organismo, sintetizar proteínas e indicar a sequência de amino-ácidos que deve ser formada.

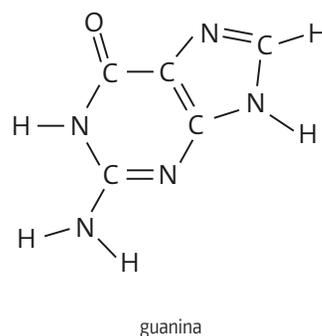
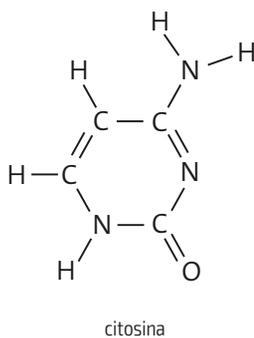
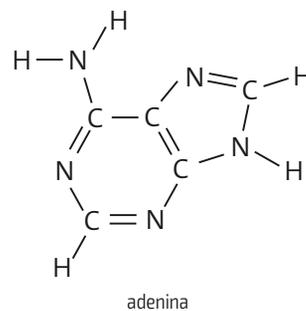
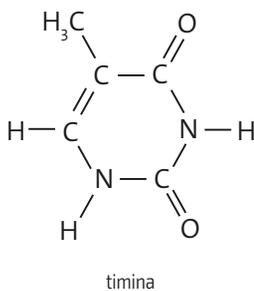
### Macromoléculas de DNA

Dispõem-se no espaço na forma de duas longas cadeias laterais, também chamadas de fitas, que se arrumam numa estrutura helicoidal, em forma de dupla-hélice. Essas cadeias laterais são formadas pela ligação entre o açúcar desoxirribose e o ácido fosfórico.



O esquema ao lado mostra a formação da fita lateral do DNA.

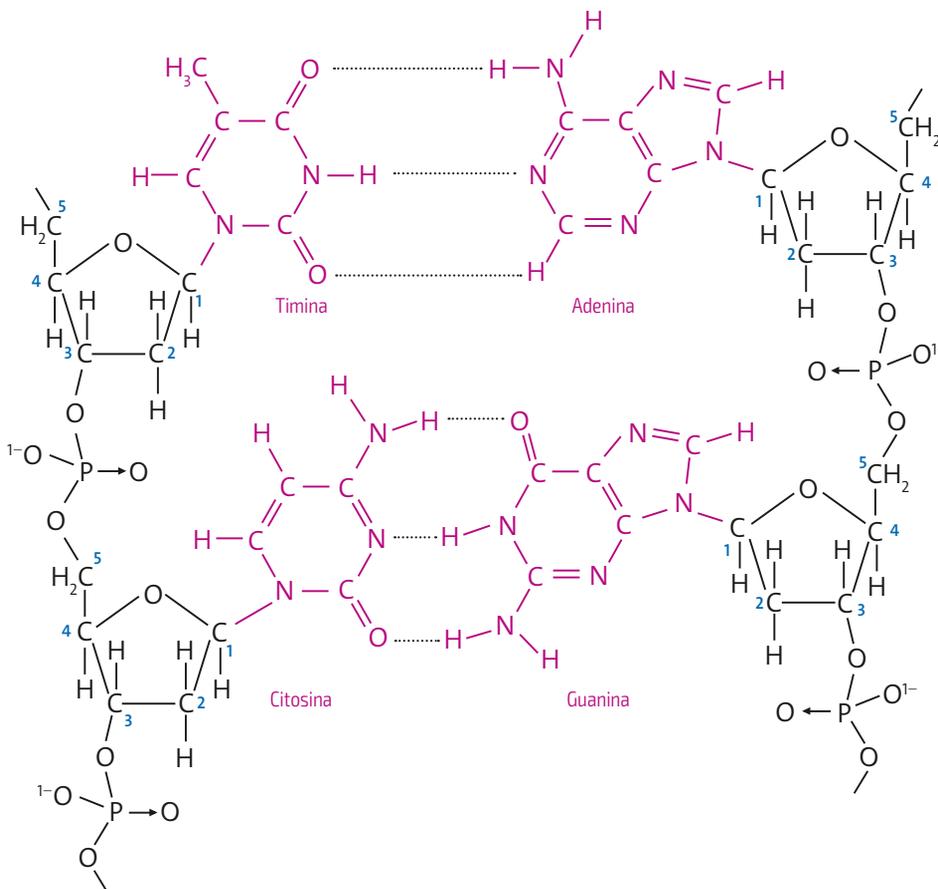
- Uma fita ou estrutura helicoidal une-se à outra por meio de ligações transversais (ou “barras transversais”), formadas por quatro bases nitrogenadas: timina (T), adenina (A), citosina (C) e guanina (G).



Observe que na formação de cada ligação entre o fósforo e o oxigênio do açúcar (esterificação do ácido fosfórico) ocorre a liberação de uma molécula de água (em azul), por meio de uma reação de condensação. Note que são as ligações (em rosa) entre o ácido fosfórico e o açúcar (polialcool) que dão origem à função éster (do fósforo) na molécula.

Veja no esquema abaixo que as ligações entre as bases nitrogenadas são feitas por meio de ligações ou pontes de hidrogênio:

- cada timina de uma fita liga-se somente com uma adenina da outra fita pelas duas ligações de hidrogênio permitidas por suas estruturas; e
- cada citosina de uma fita liga-se somente com uma guanina da outra fita por meio de três ligações de hidrogênio.



Observe que:

- Cada unidade base-açúcar que se repete no DNA ou no RNA é denominada **nucleosídeo**.
- Cada unidade base-açúcar-ácido fosfórico que se repete no DNA ou no RNA é denominada **nucleotídeo**. É por isso que essas macromoléculas são também conhecidas por polinucleotídeos.

Observe que a ligação covalente entre as bases nitrogenadas e as moléculas de açúcar que formam as fitas laterais no DNA ocorre com perda de uma molécula de água.

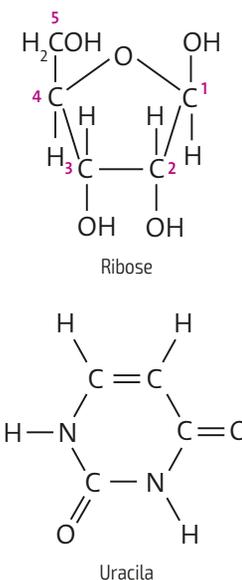
A duplicação da molécula de DNA ocorre quando as ligações de hidrogênio que unem duas fitas são rompidas e cada fita passa a servir de “molde” para a fabricação de uma nova fita complementar.

O processo é catalisado pela enzima “DNA polimerase”, resultando em duas moléculas novas idênticas entre si e à molécula original. Embora o DNA seja constituído de apenas seis tipos de moléculas, as possibilidades de arranjos diferentes são quase infinitas.

### Macromoléculas de RNA

São constituídas por uma cadeia simples, dita unifilar, formada pela esterificação entre o ácido fosfórico e o açúcar ribose (em vez de desoxirribose). As moléculas desse açúcar estabelecem ligações covalentes alternadamente com quatro bases nitrogenadas: adenina (A), guanina (G), citosina (C) e uracila (U) em vez de timina.

Também no RNA a ligação covalente entre as bases nitrogenadas e as moléculas de açúcar ocorre com perda de uma molécula de água.



## Exercício resolvido

**3** Embora o DNA seja constituído de apenas 6 tipos de moléculas, as possibilidades de arranjos diferentes entre elas são praticamente infinitas. O genoma humano é composto de 3,2 bilhões de moléculas A, T, C e G, distribuídas em 23 pares de estruturas chamadas de cromossomos. Cada um dos 100 trilhões de células do organismo carrega no núcleo uma cópia desse código e usa tais informações para produzir e regular a atividade de todas as proteínas que constituem o organismo. Explique a diferença entre DNA e RNA.

### Resolução

O DNA guarda todas as informações genéticas para cada espécie. É a partir do DNA que todas as características físicas de cada indivíduo são determinadas desde o momento da concepção.

As moléculas de DNA são constituídas de duas longas cadeias laterais (fitas), formadas por quatro bases nitrogenadas: timina (T), adenina (A), citosina (C) e guanina (G). Essas fitas se arrumam em forma de dupla hélice pela ligação entre o açúcar desoxirribose e o ácido fosfórico.

O **RNA** tem o papel de reproduzir as informações pelas células do organismo, sintetizar proteínas e indicar a sequência de aminoácidos que deve ser formada.

As moléculas de RNA são constituídas por uma cadeia simples, formada pela esterificação entre o ácido fosfórico e o açúcar ribose. As moléculas de ribose estabelecem ligações covalentes alternadamente em quatro bases nitrogenadas: adenina (A), guanina (G), citosina (C) e uracila (U).

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**12** (Enem) João ficou intrigado com a grande quantidade de notícias envolvendo DNA: clonagem da ovelha Dolly, terapia gênica, testes de paternidade, engenharia genética etc. Para conseguir entender as notícias, estudou a estrutura da molécula de DNA e seu funcionamento e analisou os dados do quadro a seguir:

I. <u>ATCCGGATGCTT</u> <u>TAGGCCTACGAA</u>
II. <u>ATCCGGATGCTT</u> ↓ <u>UAGGCCUACGAA</u>
III. <u>UAGGCCUACGAA</u> ↓ Metionina Alanina Leucina Glutama
IV. Bases nitrogenadas: A = Adenina T = Timina C = Citosina G = Guanina U = Uracila

Em I está representado o trecho de uma molécula de DNA. Observando o quadro, pode-se concluir que:

- X a) a molécula de DNA é formada por duas cadeias caracterizadas por sequências de bases nitrogenadas.  
b) na molécula de DNA, podem existir diferentes tipos de complementação de bases nitrogenadas.  
c) a quantidade de A presente em uma das cadeias é exatamente igual à quantidade de A da cadeia complementar.  
d) na molécula de DNA, podem existir cinco diferentes tipos de bases nitrogenadas.

e) no processo de mitose, cada molécula de DNA dá origem a 4 moléculas de DNA exatamente iguais.

**13** (UEPB) O DNA (ácido desoxirribonucleico), constituído de ácidos nucleicos, participa da formação dos genes e dos cromossomos dos seres vivos. A complexidade genética do organismo humano é tamanha que seu estudo originou o Projeto Genoma Humano, o qual tem por objetivo identificar os genes existentes nos cromossomos humanos. Pode esclarecer e talvez curar doenças hereditárias, fazer testes de identificação de paternidade, clonar seres vivos, etc. Os ácidos nucleicos, de estrutura bastante complexa, constituem o DNA, moléculas que encerram toda a informação genética dos seres vivos. O DNA de uma pessoa é como uma impressão digital, que serve para identificá-la. Entram na formação dos ácidos nucleicos:

- a) polímeros.      X c) glicídeos.      e) compostos  
b) lipídeos.      d) ácidos graxos.      sulfurados.

**14** (PUCCamp-SP) Os itens a seguir referem-se à estrutura, composição e função dos ácidos nucleicos.

– Estrutura:

- I. dupla hélice  
II. cadeia simples

– Composição:

1. presença de uracila  
2. presença de timina

– Função:

- a. síntese de proteínas  
b. transcrição gênica

São características do ácido ribonucleico:

- a) I – 1 – a.      X c) II – 1 – a.      e) II – 2 – b.  
b) I – 2 – b.      d) II – 1 – b.

# Compreendendo o Mundo

O assunto alimentos e aditivos químicos é ignorado pela maioria das pessoas. Não deveria; nossa saúde e qualidade de vida dependem diretamente dos nossos hábitos alimentares, e bons hábitos se adquirem com conhecimento.

Nesse ponto você pode pensar: de que adiantou todo o conhecimento de um Prêmio Nobel de Química na hora de comer maçãs?

De fato, o episódio das maçãs tratadas com Alar, narrado por Roald Hoffmann (no texto da página 221), é, por um lado, um consolo para a nossa própria ignorância, “se ele não sabe, como nós vamos saber...”, mas, por outro lado, é um alerta, mostra o quanto todos nós precisamos estar atentos e o tempo todo em busca de informações.

Se vamos a uma festa ou a uma lanchonete que serve *junk food* (na tradução literal, ‘comida lixo’, com alto teor calórico e baixos níveis de nutrientes) e decidimos: apenas hoje eu vou comer bobagem, tudo bem... O problema começa quando decidimos fazer uma alimentação saudável e, sem suspeitar, ingerimos um monte de aditivos escondidos, por falta de informação ou por má-fé dos produtores.

É o que ocorreu com o caso do salmão, divulgado quase que exclusivamente pelos órgãos de defesa do consumidor há alguns anos.

O salmão selvagem é naturalmente rosa-alaranjado (cor salmão) por causa de sua alimentação à base de camarão e *krill*. Ocorre que apenas 5% de todo o salmão vendido nos Estados Unidos e praticamente 0% do que é vendido no Brasil é do tipo selvagem.

O salmão comercializado na América é criado em fazendas subaquáticas, e sua cor varia do cinza ao bege-claro, passando no máximo por um rosa-pálido. Para ficar no mesmo tom que o salmão selvagem, os animais recebem uma ração com aditivos derivados do petróleo: a astaxantina e a cantaxantina.

O salmão criado em fazendas:

- é dez vezes mais barato que o salmão selvagem, mas é vendido pelo mesmo preço;
- é menos saboroso;
- tem o dobro de gordura total (e o dobro de gordura saturada);
- a análise de algumas amostras indicou a presença de quantidades de antibióticos e pesticidas acima do permitido por lei.

Se consumidos em grande quantidade, os corantes derivados de petróleo utilizados na ração do salmão po-

dem causar problemas de visão e alergias. Técnicos agrícolas da União Europeia recentemente reduziram o nível de cantaxantina nos alimentos para um terço do volume aceito nos Estados Unidos. E no Brasil?

Outro aditivo de uso amplo e polêmico é o amarelo de tartrazina, sintetizado a partir do alcatrão de carvão. A tartrazina é utilizada em laticínios, licores, fermentados, produtos de cereais, preparados de frutas, iogurtes, xaropes artificiais, balas, sorvetes e diversos fármacos.

A quantidade máxima permitida por lei é de 0,01%, mas mesmo assim são comuns os episódios de reações alérgicas e, recentemente, o uso de tartrazina em preparados de frutas foi relacionado a casos de insônia em crianças. Também há relatos de afecção da flora gastrointestinal.

É difícil entender por que um aditivo que causa tantos problemas de alergia em crianças é um dos mais utilizados em alimentos que visam a esse público, ou pior, por que é utilizado em xaropes infantis e remédios para diabetes (doença em que o organismo já está bastante debilitado).

A cor do remédio não pode ser um critério de uso; o único critério cabível é sua eficácia e indicação para o caso. Mistério...

Talvez, mais uma vez, a resposta esteja nos nossos hábitos de consumo. A indústria só fabrica e põe à venda aquilo que sabe que vamos comprar.

Se nossas expectativas forem diferentes, se tivermos critérios de compra mais conscientes, os fabricantes terão que rever seus produtos.

Aliás, consciência e critério (como veremos na próxima Unidade que trata do tema “atividade nuclear”) são qualidades que devemos não apenas desenvolver em nós mesmos, mas também exigir de nossos representantes.

A cor do remédio não deve ser um critério de uso, e sim sua indicação e eficácia.



Africa Studio/Shutterstock

# Atividade nuclear

Nesta última unidade do livro vamos tratar de um tema bastante polêmico, a atividade nuclear. Deixamos para tratar desse tema logo após o estudo da Química orgânica e, especialmente da Bioquímica, para poder compreender melhor os efeitos das radiações ionizantes na formação de radicais livres e sobre as moléculas de DNA, por exemplo, que carregam nosso material genético.

Fala-se muito na possibilidade de um ataque terrorista nuclear, caso algum grupo radical tenha acesso a material radioativo retirado de aparelhos destinados a aplicações pacíficas. E enquanto países fortemente armados estudam diminuir seu arsenal atômico, outros, que não possuem armas nucleares, estão investindo no enriquecimento de urânio, a matéria-prima necessária para fabricá-las. Insensatez.

Por outro lado, não podemos desprezar os inúmeros benefícios que essa tecnologia pode trazer, quando usada com responsabilidade e fiscalização constante.

Ter uma noção mais clara de todos os riscos e possibilidades da atividade nuclear é fundamental para o desenvolvimento da cidadania.

## FOI NOTÍCIA!



## Segurança de usinas nucleares é questionada em seminário no Senado

O engenheiro alemão Dieter Majer [especialista em segurança nuclear] afirmou que o acidente da usina de Fukushima, no Japão, evidencia que a produção de energia nuclear traz riscos inaceitáveis. [...]

'A energia nuclear não tem mais futuro na Alemanha. As 19 usinas do país serão desativadas até 2022', informou. [...]

O engenheiro alemão lembrou que a construção das usinas brasileiras Angra 2 e 3 é baseada em projetos alemães. Segundo Majer, todos os testes mostram que as usinas alemãs que servi-

ram de base para as brasileiras não passariam nos critérios atuais de segurança. [...]

Na visão de Majer, as estruturas teriam de ser refeitas e a usina passar por uma reconstrução completa. Ele acrescentou que Angra 2 também representa um risco de segurança.

'É preciso saber se o público aceita [esse nível de segurança]. As autoridades devem informar a situação à população brasileira', pediu o engenheiro. [...]"

TORRES, Ribas Tércio. Disponível em: <[www12.senado.leg.br/noticias/materias/2015/10/27/seguranca-de-usinas-nucleares-e-questionada-em-seminario-no-senado](http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2015/10/27/seguranca-de-usinas-nucleares-e-questionada-em-seminario-no-senado)>. Acesso em: 2 nov. 2015.

## Destinação de lixo nuclear preocupa participantes de seminário no Senado

A questão da destinação final do lixo nuclear no Brasil, que até hoje não foi resolvida, foi o principal tema em debate, na manhã desta terça-feira (27/10/2015). [...]

Conforme o físico Luiz Pinguelli Rosa, professor emérito da Universidade Federal do Rio de Janeiro e ex-presidente da Eletrobras, ainda não há no mundo uma solução definitiva para esse material, nem garantia total de segurança para o meio ambiente e para a população.

'No Brasil, esse material está armazenado no terreno dos reatores nucleares em Angra dos Reis. O problema é que é uma área com propensão a desabamentos', observou.

Os rejeitos de baixa e média radioatividade são guardados em depósitos provisórios ou permanen-

tes. O grande problema está no lixo de alta radioatividade, como restos do combustível que move as usinas. Esse material, que leva milhares de anos para ter sua radioatividade reduzida, é armazenado provisoriamente em piscinas especiais localizadas próximas ao reator."

TORRES, Ribas Tércio. Disponível em: <[www12.senado.leg.br/noticias/materias/2015/10/27/destinacao-de-lixo-nuclear-preocupa-participantes-de-seminario-no-senado](http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2015/10/27/destinacao-de-lixo-nuclear-preocupa-participantes-de-seminario-no-senado)>. Acesso em: 2 nov. 2015.

*Você acabou de ler matérias sobre a falta de segurança de usinas nucleares e o destino do lixo atômico. Você sabe quais as consequências de um acidente nuclear como os de Chernobyl e Fukushima?*

# 1 Emissões nucleares naturais

Denomina-se radioatividade a atividade que certos átomos têm de emitir partículas e radiações eletromagnéticas de seus núcleos instáveis para adquirir estabilidade.

A emissão de partículas e radiações do núcleo faz com que o átomo instável (radioativo) de determinado elemento químico se transforme em um átomo de outro elemento químico.

## Notações químicas

Note que voltamos a utilizar as seguintes notações químicas vistas no Volume 1:  
 $Z$  = número atômico  
 $p = Z$  = número de prótons  
 $n$  = número de nêutrons  
 $A$  = número de massa  
 $A = p + n \therefore A = Z + n$   
O átomo é eletricamente neutro, portanto:  $e^- = p = Z$   
isótopos: mesmo  $Z$ , diferente  $A$

Atualmente, são conhecidos mais de 40 isótopos naturais radioativos, de número atômico superior a 82. O número de isótopos radioativos artificiais conhecidos ultrapassa 800.

A simbologia usada para qualquer átomo ou partícula subatômica genérica  $X$  é:



No caso de íons, a carga da eletrosfera é representada acima e à direita do símbolo:  $X^{y+}$  ou  $X^{y-}$ .

Em 1900, independentemente, o físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937) e o químico francês Pierre Curie (1859-1906) identificaram experimentalmente as partículas alfa ( $\alpha$ ) e beta ( $\beta$ ) emitidas por um núcleo atômico instável. Nesse mesmo ano o físico francês Paul Ulrich Villard (1860-1934) identificou uma espécie de radiação eletromagnética, emitida por elementos radioativos, a qual denominou radiação gama ( $\gamma$ ).

As emissões  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são classificadas como **radiações ionizantes** porque têm energia suficiente para ionizar (arrancar elétrons e transformar em íons ou em radicais livres) os átomos e as moléculas com as quais interagem.

Como acabamos de estudar em Química orgânica os compostos bioquímicos e a estrutura do DNA (molécula que guarda nossas informações genéticas), vamos agora entender como as radiações ionizantes atuam sobre esses compostos e, portanto, como afetam nossa vida.

## Radiações ionizantes e a vida

As propriedades químicas dos elementos estão relacionadas à configuração eletrônica que eles apresentam na última camada.

Quando a radiação ionizante ( $\alpha$ ,  $\beta$  ou  $\gamma$ ) atinge átomos ou moléculas, transforma-os em íons ou radicais livres, provocando um rearranjo instantâneo de elétrons, que buscam uma configuração mais estável que pode comprometer a função original do átomo ou molécula envolvidos.

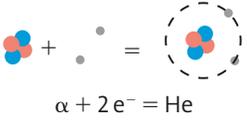
Assim, por exemplo, se uma molécula  $A$  (proteína, carboidrato, DNA, etc.) apresenta propriedades que lhe permitem realizar no organismo a função  $F$ , receber uma dose de radiação ionizante que a transforme em uma molécula  $B$ , a função  $F$  deixará de ser executada.

Denomina-se radiações não ionizantes aquelas que não têm energia suficiente para ionizar os átomos ou moléculas, como a luz visível; a radiação infravermelha; a radiação ultravioleta, as micro-ondas, etc.

Considerando que as moléculas biológicas são constituídas, principalmente, por átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, no caso de irradiação de um ser vivo, os elétrons que provavelmente serão arrancados de um átomo serão elétrons de átomos desses elementos.

Para que ocorra ionização em um material biológico, a energia da radiação deve ser superior ao valor da energia de ligação dos elétrons ligados aos átomos desses elementos.

A transformação de uma molécula específica (água, proteína, açúcar, DNA, RNA, etc.) pela ação das radiações leva à formação de radicais livres, que irão atacar outras moléculas num evento em cadeia prejudicial à vida.

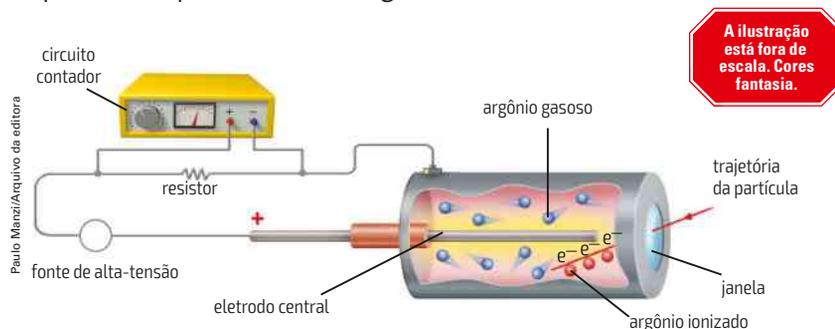
Características e propriedades das emissões			
Emissões	Alfa ${}^4_2\alpha$	Beta ${}^0_{-1}\beta$	Gama ${}^0_0\gamma$
Características	São partículas pesadas, com carga elétrica positiva, constituídas de 2 prótons e de 2 nêutrons (como um núcleo do átomo de hélio).	São partículas leves, com carga elétrica negativa e massa desprezível (semelhantes a elétrons).	São radiações eletromagnéticas. Não possuem carga elétrica nem massa.
Velocidade	Média: cerca de 5% da velocidade da luz.	Chegam a atingir 95% da velocidade da luz.	Velocidade igual à da luz: $\approx 300\,000$ km/s.
Poder de ionização (nº de íons formados por $\text{cm}^3$ na trajetória da partícula)	Alto. A partícula alfa captura 2 elétrons do meio, transformando-se em um átomo de hélio.  $\alpha + 2 e^- = \text{He}$	Médio. Como as partículas beta têm carga elétrica (em módulo) bem menor que a das partículas alfa, a ionização que provocam é menor.	Como a capacidade de ionização está relacionada com a carga, a radiação gama tem pequeno poder de ionização.
Poder de penetração	Pequeno. Podem ser detidas por uma camada de 7 cm de ar, por uma folha de papel ou por uma chapa de alumínio de 0,06 mm.	Médio. São entre 50 e 100 vezes mais penetrantes que as partículas alfa. Podem ser detidas por uma chapa de chumbo de 2 mm ou de alumínio de 1 cm.	Alto. São mais penetrantes que os raios X, pois têm comprimentos de onda bem menores. Atravessam até 15 cm de aço. São detidas por placas de chumbo de 5 cm ou mais e por grossas paredes de concreto.



Photoresearchers/Photo Researchers/LatinStock

## O contador Geiger-Müller

Um dos mais antigos métodos usados para detectar a radioatividade é o contador Geiger-Müller, que funciona de acordo com o poder ionizante das emissões radioativas e pode ser esquematizado da seguinte maneira:



Contador Geiger-Müller

Um tubo metálico é cheio de um gás, normalmente argônio, a baixa pressão. Esse tubo tem uma janela (feita de vidro ou de plástico muito fino) por onde penetra a radiação. No centro do tubo é colocado um fio metálico rígido e isolado, em geral feito de tungstênio, W(s). O tubo metálico é ligado ao polo negativo de uma fonte de alta voltagem (cátodo), e o fio metálico central é ligado ao polo positivo (ânodo).

O gás dentro do tubo normalmente não conduz corrente elétrica. Quando algum tipo de radiação penetra na janela do tubo, o gás sofre ionização. Os íons positivos formados migram para as paredes do tubo. Os elétrons liberados – que se deslocam mais rapidamente – são acelerados em direção ao fio central. No caminho, provocam a ionização de outros átomos do gás e libertam mais elétrons. Esses elétrons provocam no fio um pulso de corrente que é detectado pelo circuito eletrônico do contador.

O pulso ativa um contador digital e, em certos modelos, aciona um alto-falante, que provoca um sinal audível.

## 2 Leis de Soddy

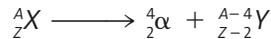
A emissão de partículas do núcleo de um átomo instável (o decaimento radioativo), ocorre de acordo com algumas leis básicas, estabelecidas em 1903 por Ernest Rutherford, pelo físico-químico inglês Frederick Soddy (1877-1956) e colaboradores.

As leis de Soddy baseiam-se nos seguintes fatos:

- Quando um átomo de determinado elemento químico emite uma partícula alfa,  ${}^4_2\alpha$ , ou uma partícula beta,  ${}^0_{-1}\beta$ , ele se transforma em um átomo de outro elemento químico, portanto, a radioatividade transforma um elemento em outro.
- Na radioatividade natural, a radiação gama,  ${}^0_0\gamma$ , nunca é emitida sozinha, mas sempre acompanhando a emissão de uma partícula alfa,  ${}^4_2\alpha$ , ou partícula beta,  ${}^0_{-1}\beta$ .
- A intensidade da emissão radioativa é proporcional à quantidade de elemento radioativo presente na amostra.
- A fração de elemento radioativo que decai (se transforma em outro elemento químico) em determinado intervalo de tempo é constante.

## Primeira lei de Soddy

Quando um átomo emite uma partícula  ${}^4_2\alpha$ , o número atômico ( $Z$ ) do átomo resultante diminui 2 unidades, e o número de massa ( $A$ ) diminui 4 unidades.



Observe que na emissão de partículas  ${}^4_2\alpha$  ocorre conservação da massa,  $A$ , e da carga nuclear,  $Z$ .

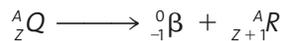
$$A = 4 + (A - 4) \therefore A = A$$

$$Z = 2 + (Z - 2) \therefore Z = Z$$



## Segunda lei de Soddy

Quando um átomo emite uma partícula  ${}^0_{-1}\beta$ , o número atômico ( $Z$ ) do átomo resultante aumenta 1 unidade e o número de massa ( $A$ ) permanece constante.



Observe que na emissão de partículas  ${}^0_{-1}\beta$  também ocorre conservação da massa,  $A$ , e da carga nuclear,  $Z$ .

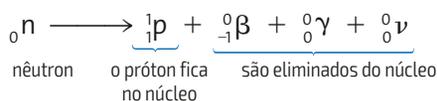
$$A = 0 + A \therefore A = A$$

$$Z = -1 + (Z + 1) \therefore Z = Z$$



O físico italiano Enrico Fermi (1901-1954) lançou a seguinte hipótese para explicar a emissão de partículas  ${}^0_{-1}\beta$  (semelhantes a elétrons) do núcleo de um átomo:

- A partícula  ${}^0_{-1}\beta$  é emitida quando um nêutron instável se desintegra convertendo-se em um próton.

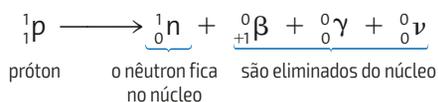


A existência do neutrino ( ${}^0_0\nu$ ) foi prevista matematicamente antes da comprovação de sua existência real pelo físico austríaco Wolfgang Pauli (1900-1958), para explicar a conservação de energia do sistema quando ocorre a desintegração do nêutron.

Seguindo esse mesmo raciocínio, também podemos explicar a formação do pósitron ou partícula beta positiva,  ${}^0_{+1}\beta$ .

O pósitron é usado em uma técnica de diagnóstico em medicina denominada tomografia por emissão de pósitrons (PET), na qual traçadores radioativos inofensivos são acompanhados através do corpo pelos pósitrons que eles emitem.

- A partícula  ${}^0_{+1}\beta$  é emitida quando um próton instável se desintegra convertendo-se em um nêutron.

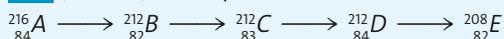


Library of Congress/SPL

Frederick Soddy estudou na Universidade de Oxford. De 1960 a 1902 trabalhou no laboratório de Química da Universidade McGill, Montreal, com Rutherford. Realizou vários trabalhos de investigação experimental, sendo um pioneiro no estudo da radioatividade. Em 1912 elaborou o conceito de isótopo e em 1921 recebeu o Prêmio Nobel de Química.

## Exercício resolvido

**1** (PUC-SP) Na sequência radioativa:

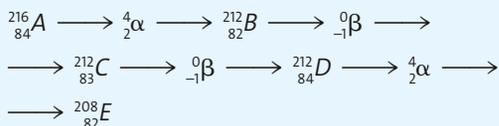


temos, sucessivamente, emissões:

- a)  ${}_{-1}^0\beta$      ${}_{-1}^0\beta$      ${}_{-1}^0\beta$      ${}_{2}^4\alpha$   
 b)  ${}_{2}^4\alpha$      ${}_{-1}^0\beta$      ${}_{-1}^0\beta$      ${}_{2}^4\alpha$   
 c)  ${}_{2}^4\alpha$      ${}_{-1}^0\beta$      ${}_{2}^4\alpha$      ${}_{-1}^0\beta$   
 d)  ${}_{2}^4\alpha$      ${}_{2}^4\alpha$      ${}_{-1}^0\beta$      ${}_{-1}^0\beta$   
 e)  ${}_{-1}^0\beta$      ${}_{2}^4\alpha$      ${}_{2}^4\alpha$      ${}_{-1}^0\beta$

### Resolução

Precisamos analisar – segundo as leis de Soddy – quais partículas foram emitidas na transformação de um átomo em outro.



Alternativa **b**.

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**1** (EEM-SP) Utiliza-se o céσιο como substância radioativa sob a forma de uma liga com outro metal. Dê uma justificativa do porquê se usa a liga e não o céσιο puro.

**2** (Fuvest-SP) Quais as semelhanças e diferenças entre os isótopos de céσιο  ${}_{55}^{133}\text{Cs}$  (estável) e  ${}_{55}^{137}\text{Cs}$  (radioativo), com relação ao número de prótons, nêutrons e elétrons?

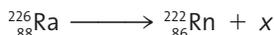
**3** (Faap-SP) O contador Geiger é um aparelho que é usado para saber o nível de:

- a) radioatividade.                      d) molaridade.  
 b) pressão.                                e) temperatura.  
 c) acidez.

**4** (UFU-MG) Em 6 de julho de 1945, no estado do Novo México, nos Estados Unidos, foi detonada a primeira bomba atômica. Ela continha cerca de 6 kg de plutônio e explodiu com a força de 20 000 toneladas do explosivo TNT (trinitrotolueno). A energia nuclear, no entanto, também é utilizada para fins mais nobres como curar doenças, através de terapias de radiação. Em relação à energia nuclear, indique a alternativa incorreta.

- a) Raios  $\alpha$  (alfa) possuem uma baixa penetração na matéria, e os núcleos que emitem essas partículas perdem duas unidades de número atômico e quatro unidades de massa.  
 b) Raios  $\alpha$  (alfa) são formados por um fluxo de núcleos de hélio, combinações de dois prótons e dois nêutrons.  
 c) Raios  $\gamma$  (gama) são uma forma de radiação eletromagnética, que não possui massa ou carga, sendo, portanto, menos penetrantes que as partículas  $\alpha$  (alfa) ou  $\beta$  (beta).  
 d) Partículas  $\beta$  (beta) são elétrons ejetados a altas velocidades de um núcleo radioativo e possuem uma massa muito menor que a massa de um átomo.  
 e) Partículas  $\beta$  (beta) são mais penetrantes que as partículas  $\alpha$  (alfa), e a perda de uma única dessas partículas produz aumento de uma unidade no número atômico do núcleo que a emitiu.

**5** (Vunesp-SP) Em 1902, Rutherford e Soddy descobriram a ocorrência da transmutação radioativa investigando o processo espontâneo:



A partícula  $x$  corresponde a um:

- a)  ${}_{2}^4\text{He}^{2+}$ .                                d)  $e^{-}$ .  
 b)  $n$ .                                        e)  ${}_{1}^1\text{H}$ .  
 c)  $p$ .

**6** (Vunesp-SP) Uma amostra radioativa de potássio ( $Z = 19$  e  $A = 40$ ) foi colocada em um bloco de chumbo com uma abertura. O feixe de radiações produzido pela amostra atravessou perpendicularmente um campo elétrico gerado entre duas placas metálicas. Observou-se que houve separação do feixe, sendo que parte foi atraída para a placa carregada positivamente e parte não sofreu desvio. Baseando-se nesses resultados, os produtos dessa desintegração radioativa são:

- a)  $\text{Ar}$  ( $Z = 18$ ;  $A = 36$ ) +  ${}_{2}^4\alpha$  +  ${}_{-1}^0\beta$   
 b)  $\text{Ar}$  ( $Z = 18$ ;  $A = 40$ ) +  ${}_{-1}^0\beta$  +  ${}_{0}^0\gamma$   
 c)  $\text{Cl}$  ( $Z = 17$ ;  $A = 36$ ) +  ${}_{2}^4\alpha$  +  ${}_{0}^0\gamma$   
 d)  $\text{Ca}$  ( $Z = 20$ ;  $A = 40$ ) +  ${}_{-1}^0\beta$  +  ${}_{0}^0\gamma$   
 e)  $\text{Ca}$  ( $Z = 20$ ;  $A = 44$ ) +  ${}_{2}^4\alpha$  +  ${}_{-1}^0\beta$

**7** (EEM-SP) Um átomo de  ${}_{88}^{226}\text{Ra}$  transforma-se, por emissão de uma partícula beta, no átomo Q; este, por igual processo, transforma-se em X, que, por sua vez, emitindo uma partícula alfa, origina Z. Pergunta-se:

- a) Qual o número atômico e o número de massa do átomo Z?  
 b) Quais átomos são isótopos?

**8** (UEL-PR) As partículas emitidas na transformação radioativa do  ${}_{92}^{239}\text{U}$  a  ${}_{94}^{239}\text{Pu}$  são:

- a)  $2 {}_{2}^4\alpha$ .                                      d)  $1 {}_{2}^4\alpha$  e  $2 {}_{-1}^0\beta$ .  
 b)  $2 {}_{-1}^0\beta$ .                                    e)  $1 {}_{2}^4\alpha$  e  $1 {}_{-1}^0\beta$ .  
 c)  $2 {}_{2}^4\alpha$  e  $1 {}_{-1}^0\beta$ .

## 3) Período de meia-vida

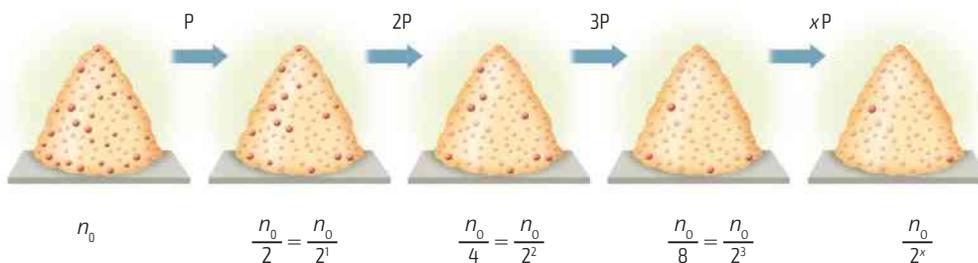
Uma amostra de material radioativo é composta de um grande número de radioisótopos e cada um deles vai emitir radiação para se estabilizar em determinado momento. Entretanto, para a grande quantidade de átomos existente em uma amostra é razoável esperar-se um certo número de emissões ou transformações em cada segundo. Essa “taxa” de emissões é denominada **atividade da amostra**.

O tempo necessário para que a **metade** do número de átomos de uma amostra de determinado isótopo radioativo decaia, ou seja, emita radiação e se transforme em outro elemento químico, é denominado **tempo de meia-vida**.

Considere uma amostra contendo  $n_0$  átomos de um isótopo radioativo qualquer (representado em vermelho).

A atividade de uma amostra com átomos radioativos (ou fonte radioativa) é medida em:

- Bq (Becquerel) = uma desintegração por segundo
- Ci (Curie) =  $3,7 \cdot 10^{10}$  Bq.



Paulo Manzi/Arquivo da editora

A ilustração está fora de escala. Cores fantasia.

Podemos observar que, a cada período de meia-vida,  $P$ , que passa, o número de átomos radioativos na amostra diminui pela metade.

Logo, após  $x$  períodos de meia-vida decorridos, o número de átomos radioativos que resta na amostra,  $n$ , pode ser calculado pelas relações:

$$n = \frac{n_0}{2^x} \quad \text{e} \quad x = \frac{t}{P}$$

em que  $x$  é o número de períodos de meia-vida que se passaram.

- O tempo,  $t$ , necessário para que dos  $n_0$  átomos radioativos iniciais restem apenas  $n$  pode ser calculado pelo produto:  $t = x \cdot P$ .

A expressão  $t = x \cdot P$  pode ser obtida por meio de uma regra de proporção:

1 período ————— tempo  $P$  (definição)

$x$  períodos ————— tempo  $t$  (obtido experimentalmente e característico de cada isótopo radioativo)

$$\frac{1}{x} = \frac{P}{t} \quad \Rightarrow \quad t = x \cdot P$$

- Sendo o número de átomos,  $n$ , diretamente proporcional à massa,  $m$ , de átomos na amostra, vale ainda a relação:

$$m = \frac{m_0}{2^x}$$

- E como a atividade,  $A$ , é também proporcional ao número de átomos radioativos,  $n$ , contidos na amostra, também vale a relação:

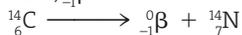
$$A = \frac{A_0}{2^x}$$

A atividade,  $A$ , de uma amostra de um isótopo radioativo depende do número de partículas alfa ou beta emitidas pelo núcleo desse isótopo por unidade de tempo.



A técnica de datação pelo carbono-14 é muito utilizada para determinar a idade de objetos antigos, de múmias e de algas fósseis (foto).

A quantidade de carbono-14 nos tecidos vegetais e animais vivos é praticamente constante, pois, ao mesmo tempo que o carbono é absorvido pela alimentação, ele também decai por emissão de partícula beta,  ${}^0_{-1}\beta$ .



Lembre-se de que:

- o logaritmo de um quociente é igual ao logaritmo do numerador menos o logaritmo do denominador (na mesma base);
- $\log 2 = 0,301$ ;
- $\log 3 = 0,477$  e
- $\log 1 = 0$ .

## Datação pelo carbono-14

Uma aplicação importante do conceito de meia-vida é o método de datação baseado no isótopo 14 do carbono.

Qualquer fóssil, animal ou vegetal, ou mesmo um objeto que seja um subproduto de um ser vivo, como um pedaço de madeira ou um pedaço de pano, podem ter sua idade determinada com certa precisão por esse método.

O carbono-14 forma-se naturalmente no ar atmosférico quando nêutrons dos raios cósmicos colidem com núcleos de nitrogênio:



O carbono-14 reage então com o oxigênio do ar e forma gás carbônico radioativo,  ${}^*\text{CO}_2(\text{g})$ . Note que a simbologia  ${}^*\text{CO}_2(\text{g})$  indica que o gás carbônico possui o isótopo 14 do carbono.



Esse  ${}^*\text{CO}_2(\text{g})$  radioativo é absorvido pelos vegetais por meio da fotossíntese e pelos animais por meio da alimentação. Quando o organismo morre, o  ${}^{14}_6\text{C}$  deixa de ser repostado e a quantidade desse isótopo no organismo começa a decrescer.

Conhecendo o período de meia-vida do carbono-14 ( $\approx 5730$  anos), os cientistas estimam a idade de um fóssil ou de um objeto a partir da relação entre a quantidade de  ${}^{14}_6\text{C}$  restante e a quantidade que existe em uma espécie semelhante atual.

Em 1994, por exemplo, um cientista retirou um fragmento do pano de linho que envolvia uma múmia egípcia e verificou que a emissão de partículas  ${}^0_{-1}\beta$  pelo carbono-14 radioativo nesse material era  $2/3$  da que obteve com um pano de linho atual, semelhante ao encontrado.

Isso significa que a atividade,  $A$ , da amostra de linho retirada da múmia é, hoje,  $2/3$  do que fora inicialmente:

$$A = \frac{2}{3} \cdot A_0$$

Sabendo que a meia-vida,  $P$ , do carbono-14 é igual a 5730 anos, é possível calcular a época em que a múmia foi preparada por meio da relação:

$$A = \frac{A_0}{2^x} \text{ e } t = x \cdot P; \text{ então: } x = \frac{t}{P}. \text{ Logo: } A = \frac{A_0}{2^{t/P}}$$

$$\text{Mas, se nesse caso, } A = \frac{2}{3} \cdot A_0, \text{ então: } \frac{2}{3} \cdot A_0 = \frac{A_0}{2^{t/P}}$$

$$\text{Cancelando } A_0, \text{ temos: } \frac{2}{3} = \frac{1}{2^{t/P}}$$

Para descobrir o valor do expoente  $t/P$ , temos de aplicar logaritmo (na base 10) nos dois membros da equação:

$$\log \frac{2}{3} = \log \frac{1}{2^{t/P}}$$

Como o logaritmo de um quociente é igual ao logaritmo do numerador menos o logaritmo do denominador (na mesma base), temos:

$$\log 2 - \log 3 = \log 1 - \log 2^{t/P}.$$

Sendo:  $\log 2 = 0,301$ ;  $\log 3 = 0,477$  e  $\log 1 = 0$ , teremos:

$$\log 2 - \log 3 = -\frac{t}{P} \cdot \log 2 \Rightarrow \frac{2}{3} \cdot \log 2 = \log 3 - \log 2$$

$$\frac{t}{5730} \cdot 0,301 = 0,477 - 0,301 \Rightarrow t = 5730 \cdot \frac{0,477 - 0,301}{0,301}$$

$$t = 3\,350,4318 \text{ anos ou } \approx 3\,350 \text{ anos}$$

Logo, a múmia foi preparada em:  $3\,350 - 1994 = 1356 \text{ a.C.}$



## Aplicações pacíficas da radioatividade

O uso de radioisótopos na pesquisa e na indústria é bastante diversificado. É possível, por exemplo, estudar o metabolismo das plantas para saber o que elas precisam para crescer marcando algumas moléculas (adicionando átomos radioativos), que mesmo absorvidos em quantidades mínimas podem ser acompanhados por detectores de radiação, mostrando como as raízes ou as folhas assimilam determinado nutriente e em que parte da planta certo elemento químico é mais importante. Essa técnica também possibilita o estudo do comportamento de insetos, como abelhas e formigas, que, ao ingerirem radioisótopos, passam a ser acompanhados pelos detectores.

A marcação de insetos também é útil para eliminação de pragas, identificando qual predador se alimenta de determinado inseto indesejável, para então utilizá-lo no lugar de inseticidas. Outra forma de eliminar pragas é esterilizar os machos da espécie por radiação gama e depois soltá-los no ambiente para competir com os férteis, reduzindo sucessivamente a reprodução da espécie, até que deixem de ser um problema. Também é possível marcar um agrotóxico com um determinado isótopo radioativo para determinar quanto dessa substância fica retida no alimento cultivado e quanto vai para o solo, para a água e para a atmosfera.

Na indústria, a aplicação de radioisótopos mais conhecida é a radiografia de peças metálicas ou gamagrafia industrial (impressão de radiação gama em filme fotográfico). As empresas de aviação fazem inspeções frequentes nos aviões usando essa técnica, para verificar se há fadiga nas partes metálicas e soldas essenciais sujeitas a maior esforço (por exemplo, nas asas e nas turbinas).

Uma outra aplicação dos radioisótopos na indústria é nas linhas de produção. A indicação de nível de um líquido em uma garrafa, por exemplo, é feita colocando-se uma fonte radioativa em um dos lados e, no lado oposto, um detector ligado a um dispositivo (aparelho) de indicação ou de medição. Quando o líquido alcança a altura da fonte, a maior parte da radiação emitida pela

fonte é absorvida por ele e deixa de chegar ao detector, significando que o líquido atingiu aquele nível e que a esteira deve prosseguir.

Para esterilizar materiais que não suportam altas temperaturas a indústria farmacêutica utiliza radiação gama proveniente de uma fonte de  $^{60}\text{Co}$  ou feixes de elétrons de aceleradores de alta energia.

"[...] A radiação ionizante destrói os microrganismos presentes em produtos médicos quebrando suas cadeias moleculares e induzindo reações dos fragmentos com o oxigênio atmosférico ou compostos oxigenados, ou seja, mata os microrganismos e previne sua reprodução. [...]"

A grande quantidade de materiais compatíveis com a radiação por ionização torna extensa a relação de produtos esterilizáveis comercialmente por este processo: seringas descartáveis, agulhas, cateteres, luvas e kits cirúrgicos, suturas, implantes, proteínas, unidades para hemodiálise, placas de Petri, pinças, reagentes, cosméticos, etc."

IPEN. Radioesterilização. Disponível em: <[www.tecnologiaradiologica.com/materia\\_radioesterilizacao.htm](http://www.tecnologiaradiologica.com/materia_radioesterilizacao.htm)>. Acesso em: 20 jan. 2016.



Divulgação/CBE-Embrarad

Suprimentos médicos que podem ser submetidos à radioesterilização.

## 4 Séries ou famílias radioativas

Todos os isótopos radioativos naturais (que ocorrem espontaneamente na natureza) foram originados de um dos 3 isótopos radioativos: tório-232,  ${}^{232}_{90}\text{Th}$ , urânio-238,  ${}^{238}_{92}\text{U}$ , e urânio-235,  ${}^{235}_{92}\text{U}$ . Dizemos então que esses elementos encabeçam uma série ou família radioativa natural.

Série ou família radioativa é o conjunto de átomos que estão relacionados por sucessivos decaimentos.

Cada um desses elementos decai por emissão de partícula  ${}^4_2\alpha$ , dando origem a um 2º elemento, que também irá decair por emissão de partícula  ${}^4_2\alpha$  ou  ${}^0_{-1}\beta$ , produzindo um 3º elemento, e assim sucessivamente, até que o último elemento produzido em cada série seja um isótopo estável do chumbo ( $Z = 82$ ).

Os elementos de cada série encontram-se em equilíbrio radioativo uns com os outros na natureza, isto é, à medida que a quantidade de determinado elemento aumenta pelo decaimento de um elemento anterior na série, a quantidade desse elemento diminui pelo seu próprio decaimento.

Isso faz com que a quantidade de isótopos radioativos naturais seja, por um longo tempo, praticamente constante na natureza.

É o chamado equilíbrio secular.

Os elementos que encabeçam cada série, contudo, não estão sendo repostos, e a tendência é esses elementos se extinguirem um dia.

O quadro a seguir fornece as quatro séries de elementos radioativos.

Série radioativa	Exemplo
Série do tório, ${}^{232}_{90}\text{Th}$ : $4n$	${}^{228}_{88}\text{Ra}$ , porque: $228 \div 4 = 57$ (exato)
Série do urânio, ${}^{238}_{92}\text{U}$ : $A = 4n + 2$	${}^{234}_{90}\text{Th}$ , porque: $234 \div 4 = 58 +$ $+ \text{resto } 2$
Série do urânio, ${}^{235}_{92}\text{U}$ : $A = 4n + 3$	${}^{231}_{91}\text{Pa}$ , porque: $231 \div 4 = 57 +$ $+ \text{resto } 3$
Série do netúnio, ${}^{237}_{93}\text{Np}$ : $A = 4n + 1$	${}^{225}_{89}\text{Ac}$ , porque: $225 \div 4 = 55 +$ $+ \text{resto } 1$

Se contarmos que isso deverá ocorrer sucessivamente com cada elemento da série, chegará o momento em que todos os isótopos radioativos naturais terão se transformado em chumbo estável.

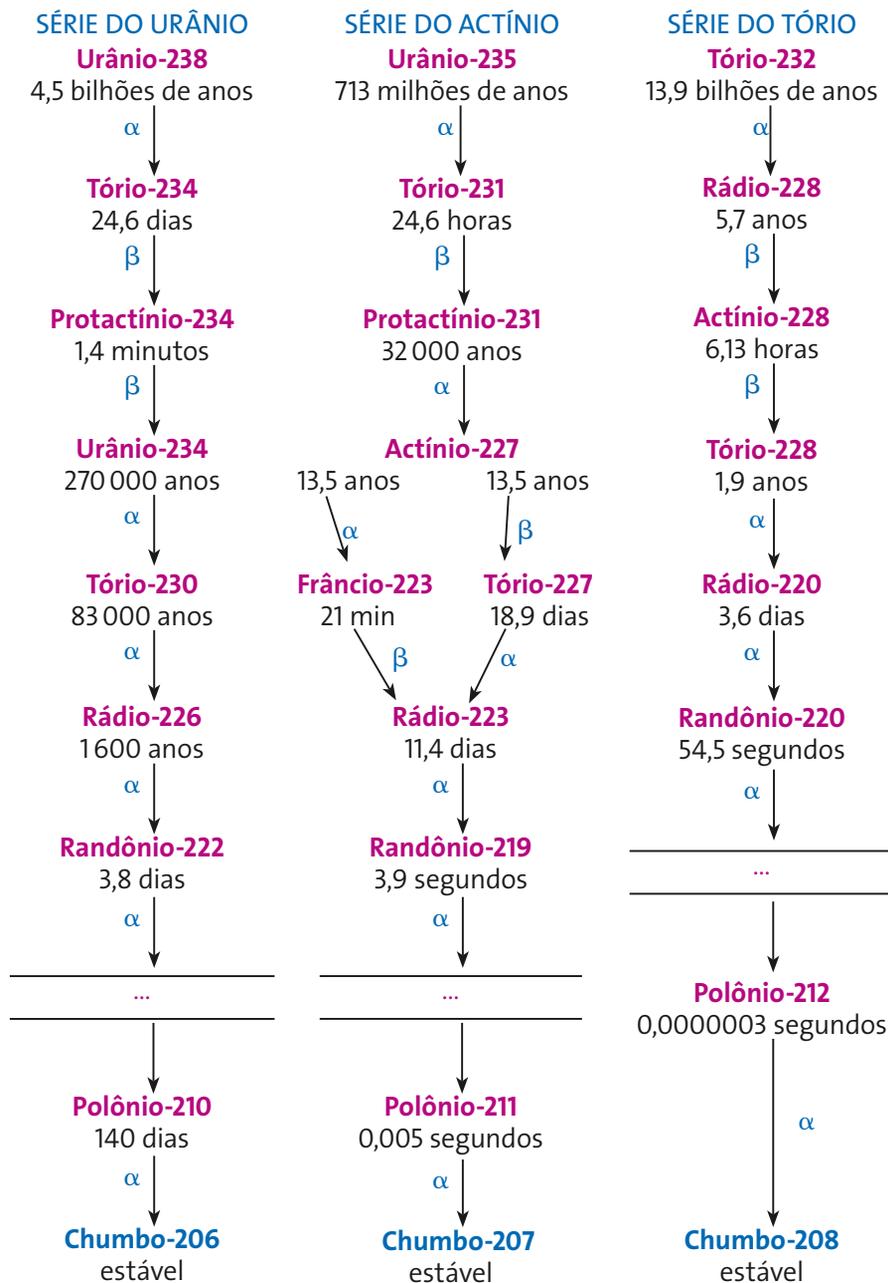
Existe ainda uma quarta série de decaimento encabeçada por um isótopo radioativo artificial, o netúnio-237, o primeiro elemento *trans*-urânico sintético. Seu isótopo mais estável, Np-237, é um subproduto de reatores nucleares que utilizam plutônio como combustível. Foi sintetizado em 1940 na Universidade da Califórnia, Berkeley, por Edwin McMillan (1907-1991) e Philip Abelson (1913-2004).

A abundância na Terra (% em massa contando a litosfera, 16 km da crosta terrestre, os oceanos e a atmosfera) dos elementos que dão nome a cada série radioativa, por serem os primeiros da série ou, no caso do netúnio, por ser o de meia-vida mais longa, é a seguinte:

- Tório-232,  ${}^{232}_{90}\text{Th}$ :  $\approx 10^{-3}\%$  em massa.
- Urânio-238,  ${}^{238}_{92}\text{U}$ :  $\approx 3 \cdot 10^{-4}\%$  em massa.
- Urânio-235,  ${}^{235}_{92}\text{U}$ :  $\approx 2,13 \cdot 10^{-6}\%$  em massa.
- Netúnio-237,  ${}^{237}_{93}\text{Np}$ :  $4 \cdot 10^{-17}\%$  em massa.

O urânio-235 é um dos principais isótopos utilizados como combustível em usinas nucleares e na fabricação das armas atômicas. Observe sua série de decaimento a seguir, os isótopos formados e a meia-vida de cada um deles para entender a dimensão do problema do lixo atômico.

## SÉRIES RADIOATIVAS NATURAIS



BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Disponível em: <[www.cnem.gov.br/component/content/article?id=167](http://www.cnem.gov.br/component/content/article?id=167)>. Acesso em: 5 fev. 2016.

O processo usado para separar o urânio-235 do urânio-238 – conhecido como enriquecimento do urânio – consiste em combinar esses isótopos com o flúor para formar o gás hexafluoreto de urânio. Em seguida, coloca-se a mistura de hexafluoreto de urânio-235,  $^{235}\text{UF}_6(\text{g})$ , e hexafluoreto de urânio-238,  $^{238}\text{UF}_6(\text{g})$ , em um cilindro giratório de duas paredes, sendo a parede interna porosa (ilustração). Como o  $^{235}\text{UF}_6(\text{g})$  é mais leve que o  $^{238}\text{UF}_6(\text{g})$ , ele atravessa primeiro a parede porosa, por difusão, e é recolhido em outro recipiente. O processo deve ser repetido várias vezes para se obter a concentração desejada de  $^{235}\text{UF}_6(\text{g})$ .

Veja acima quanto tempo leva para que uma amostra de  $^{235}\text{U}$  perca metade de sua atividade radioativa.

A ilustração está fora de escala. Cores fantasia.

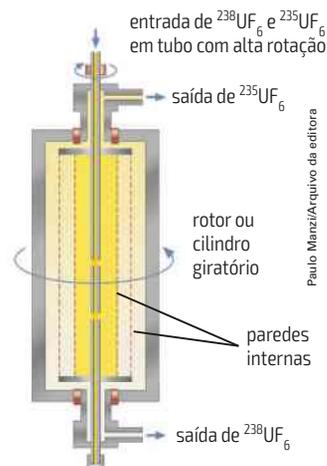


Ilustração esquemática do processo de enriquecimento do urânio.

Paulo Marzili/Arquivo da editora



## O acidente de Goiânia

O Instituto Goiano de Radioterapia (IGR) foi desativado em 1985, após sofrer uma ação de despejo. O prédio foi abandonado e, junto com ele, uma bomba de césio-137, utilizada no tratamento de câncer. Dois anos depois – ao que tudo indica por volta de 13 de setembro de 1987 –, dois sucateiros, vasculhando o local em ruínas em busca de algo que pudessem vender, encontraram o que eles julgaram ser um “bloco de chumbo” e o removeram do local.

A bomba de césio-137 foi vendida a Devair Alves Ferreira, dono de um ferro-velho que, ao desmontar o equipamento para reaproveitar o chumbo, teve acesso a 19,26 g de cloreto de césio, CsCl(s), um sal muito parecido com o cloreto de sódio, mas que é luminescente, ou seja, tem a propriedade de emitir um brilho azulado na ausência de luz.

Devair ficou maravilhado com o brilho emitido por aquele “pó” e passou a exibi-lo a todos e a distribuí-lo entre amigos e parentes.

Seduzidos pela luminescência do césio-137 vários adultos e crianças manipularam o material e o esfregaram na pele para “sentir o brilho no próprio corpo”. Uma menina de 6 anos, sobrinha de Devair, ficou brincando com o sal, encantada, e chegou a ingeri-lo ao comer um pão com as mãos sujas de cloreto de césio, depois o guardou debaixo da cama. Um amigo de Devair colocou um pouco no bolso e voltou para casa em um ônibus lotado. Ao chegar, “enfeitou” a porta da geladeira com o pó e, como a menina, deixou o resto debaixo da cama para admirar seu brilho no escuro da noite.

Resumindo, cerca de 90% do conteúdo inicial de césio contido na bomba foi perdido, espalhado pelo chão, varrido da casa para o quintal de terra contaminando o solo, sendo arrastado pela chuva e carregado pelo vento.

Algumas horas após o contato com o material, algumas pessoas já começaram a apresentar os primeiros sintomas da síndrome da radiação: tonturas, náuseas, vômitos e diarreia, mas ao procurarem farmácias e hospitais, o diagnóstico geralmente era de doença infectocontagiosa.

A esposa de Devair conseguiu relacionar o surgimento de todos aqueles sintomas com a manipulação do “pozinho brilhante” e, no dia 28 de setembro de 1987 (cerca de 15 dias após a violação da bomba de césio), resolveu levar parte da bomba para a sede da Vigilância Sanitária.

No dia 29 foi dado o alerta, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) foi chamada para avaliar a situação, interditar as áreas muito contaminadas e promover a descontaminação das áreas menos afetadas, casas, utensílios e pessoas.

Durante esse processo de “descontaminação”, outras pessoas acabaram contaminadas.

A partir desse ponto, os dados divergem muito. Segundo os dados oficiais da CNEN, “apenas 249 pessoas foram contaminadas, 4 morreram (entre as quais a sobrinha de Devair), e nenhum efeito tardio proveniente do acidente foi observado até o momento”.

Segundo o Greenpeace, 628 pessoas foram contaminadas diretamente (fato reconhecido pelo Ministério Público), 4 pessoas morreram inicialmente e 60 morreram posteriormente, entre funcionários que realizavam a limpeza do local ao qual foram levadas as vítimas, funcionários da Vigilância Sanitária e bombeiros.

A Associação de Vítimas do Césio-137 (AVCésio) estima que mais de 6 mil pessoas foram atingidas em maior ou menor grau pela radiação.

E, por fim, no *site* da Secretaria de Estado da Saúde de Goiás consta que foram identificados e isolados sete focos principais de radiação na região onde houve a contaminação de pessoas e do ambiente e onde havia altas taxas de exposição.

Em função disso, 112 800 pessoas foram monitoradas, observando-se que 6 500 pessoas apresentavam algum grau de irradiação e 249 pessoas apresentavam contaminação interna e/ou externa. Cerca de 120 foram descontaminadas com um banho com água, sabão e vinagre e liberadas em seguida, e as 129 restantes passaram a receber acompanhamento médico regular, mas apenas 20 foram encaminhadas ao Hospital Geral de Goiânia.



## 5 Aceleradores de partículas

### Grande Colisor de Hádrons

A cerca de 100 metros abaixo do solo, na periferia da cidade de Genebra, na Suíça, funciona o maior complexo científico já construído, onde se encontra o maior acelerador de partículas do mundo, o Grande Colisor de Hádrons (ou Large Hadron Collider, LHC, com 26,7 km de circunferência e 7 m de diâmetro. Pode atingir temperaturas da ordem de  $-271,3^{\circ}\text{C}$  (1,9 acima do zero absoluto) usando, para isso, 10 000 toneladas de nitrogênio líquido. Nesse acelerador as partículas dão 11 245 voltas por segundo e geram 15 milhões de gigabites de dados por ano.

O estudo das partículas elementares constituintes do núcleo atômico começou com o primeiro acelerador de partículas desenvolvido em 1929 pelos físicos ingleses John Douglas Cockcroft (1897-1967) e Ernest Thomas Sinton Walton (1903-1995) na Universidade de Cambridge, Inglaterra. Utilizando esse aparelho, Cockcroft e Walton realizaram a primeira reação nuclear induzida artificialmente.

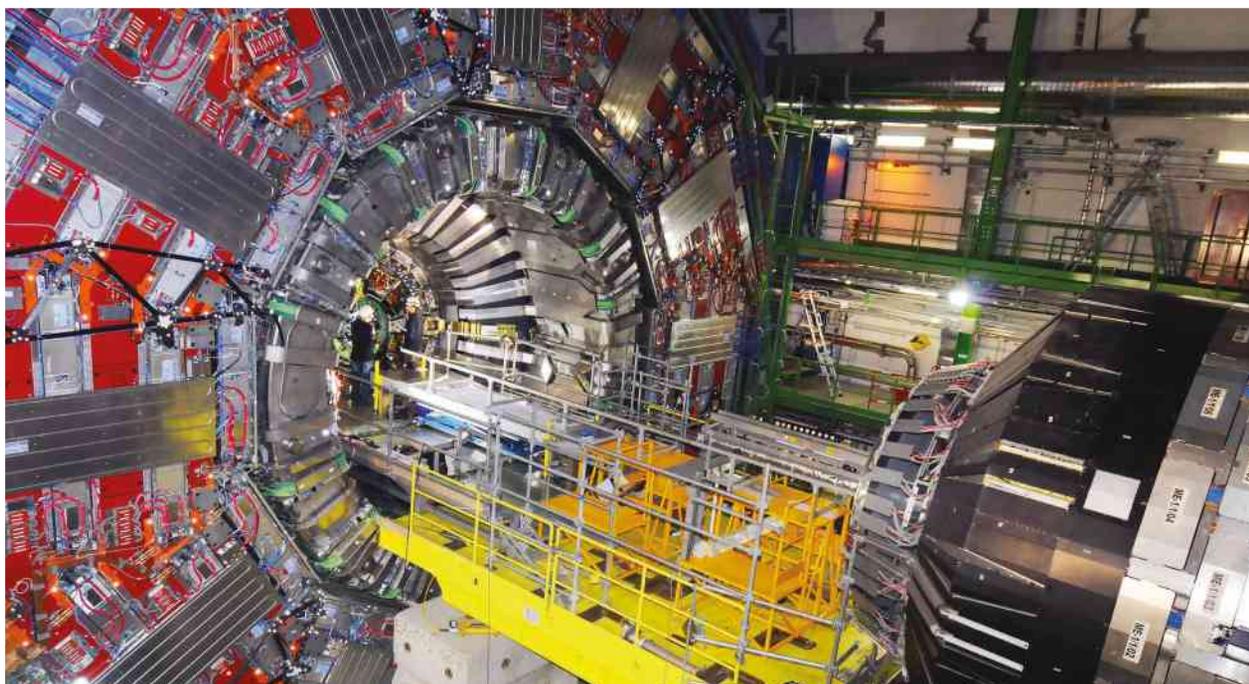
O desenvolvimento de aceleradores de partículas cada vez maiores e mais potentes possibilitou um grande avanço tecnológico em diversas áreas do conhecimento, como na pesquisa em Física básica e aplicada, que permitiu conhecer melhor a estrutura da matéria e a origem do Universo. Essa tecnologia é utilizada na Medicina, em aparelhos de raios X e na obtenção de isótopos radioativos para tratamentos de tumores específicos, na indústria farmacêutica para esterilização de materiais, na indústria química para polimerização de plásticos, e na indústria de eletrônicos no processo de miniaturização de circuitos.

Podemos dizer que a invenção dos aceleradores de partículas mudou completamente nosso modo de viver.

As partículas-projéteis são obtidas da emissão natural de elementos radioativos e para acelerá-las são usados os chamados aceleradores de partículas, cujos principais são: o gerador de Van de Graaf, o acelerador linear e o ciclotron de Lawrence.

O nêutron é a partícula que mais apresenta vantagens nos bombardeamentos de núcleos-alvo em reações de transmutação. Como não tem carga elétrica, não sofre a ação dos campos elétricos dos átomos, seguindo seu trajeto sem perder energia.

As demais partículas (alfa, próton, elétron) precisam ser aceleradas a altíssimas velocidades para adquirir energia suficientemente grande, capaz de fazê-las vencer as forças de repulsão do núcleo-alvo e penetrá-lo.



Grande Colisor de Hádrons

Mark Clifford/Barcroft Media/Getty Images

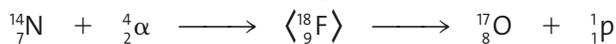
## 6 Radioatividade artificial

Denomina-se reação de transmutação artificial toda reação não natural de transformação dos átomos de um elemento químico *A* em átomos de um elemento químico *B*.

As reações de transmutação artificiais são feitas bombardeando-se átomos, que são denominados alvos, com partículas aceleradas, chamadas projéteis. O produto desse bombardeamento tanto pode ser um isótopo natural do elemento químico como um isótopo artificial.

Em relação à radioatividade artificial:

- A primeira transmutação artificial foi realizada em 1919 por Rutherford, que conseguiu obter oxigênio artificial bombardeando átomos de nitrogênio com partículas  ${}^4_2\alpha$ . O símbolo  $\langle \rangle$  indica instabilidade.



- A descoberta do nêutron por Sir James Chadwick (1891-1974), em 1932, ocorreu quando ele bombardeava placas de berílio com partículas  ${}^4_2\alpha$ .



- O casal de pesquisadores franceses Jean Frédéric Joliot-Curie (1900-1958) e Irène Joliot-Curie (1897-1956) produziu o primeiro isótopo radioativo artificial, o fósforo-30, bombardeando uma placa de alumínio-27 com partículas  ${}^4_2\alpha$ .



O casal Joliot-Curie recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1935 pela descoberta da radioatividade artificial.

- Como o fósforo-30 desintegra-se por emissão de pósitrons,  ${}^0_{+1}\beta$ , transformando-se em silício-30, a descoberta do pósitron ocorreu em 1932 quando Carl David Anderson (1905-1991) estudava a reação que fornece esse isótopo.



As principais partículas usadas como projéteis são as seguintes:

Partícula	Carga	Massa	Notação
Alfa	+2	4	${}^4_2\alpha$
Beta	-1	0	${}^0_{-1}\beta$
Próton	+1	1	${}^1_1\text{p}$
Nêutron	0	1	${}^1_0\text{n}$
Pósitron	+1	0	${}^0_{+1}\beta$
Dêuteron	+1	2	${}^2_1\text{D}$

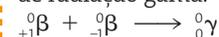
É importante também notar que nas reações de transmutação artificial, assim como em toda reação nuclear, há conservação do número de massa (*A*) e conservação da carga de um membro para outro da reação.

O físico inglês Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1984), que recebeu junto com Erwin Schrödinger o Prêmio Nobel de Física em 1933, sugeriu, em trabalhos puramente teóricos, que as partículas do átomo deveriam ter uma “imagem contrária”, ou seja, uma antipartícula.

Algum tempo depois isso foi constatado na prática. Todas as partículas do átomo têm sua correspondente antipartícula. Antipartículas formam antiátomos que por sua vez formam a antimatéria. A criação de antimatéria na Terra é muito difícil, pois quando matéria e antimatéria se chocam há extinção de ambas e aparecimento de energia, na forma de radiação  $\gamma$  (gama). Por meio de isolamento, empregando campos magnéticos, o Centro Europeu de Pesquisa Nuclear (CERN), em Genebra, na Suíça, conseguiu preparar o anti-hidrogênio, constituído de um antipróton (próton com carga negativa) no núcleo e um antielétron (elétron com carga positiva) na eletrosfera.

A antimatéria pode vir a ser uma fonte imensurável de energia para o futuro. Cálculos teóricos indicam que a energia liberada por 35 miligramas de antimatéria seria suficiente para colocar em órbita um ônibus espacial do tamanho da Challenger, que usava como combustível 2 mil toneladas de hidrogênio líquido. (Os ônibus espaciais foram tirados de circulação.)

O pósitron,  ${}^0_{+1}\beta$ , é na realidade uma antipartícula beta,  ${}^0_{-1}\beta$  – um antielétron. Quando um pósitron e uma partícula beta colidem, há extinção de matéria e liberação de energia na forma de radiação gama.



# De onde vem... para onde vai?



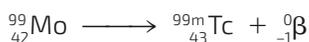
## Gerador de tecnécio

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen) atualmente fabrica e exporta para vários países o gerador de tecnécio, utilizado no diagnóstico de diversas doenças, principalmente as relacionadas ao músculo cardíaco.

O tecnécio foi descoberto em 1937 pelo físico italiano Emilio Gino Segrè (1905-1989) ao bombardear o molibdênio metálico com dêuterons acelerados.



O isótopo do tecnécio utilizado em diagnósticos, porém, é obtido pelo decaimento do molibdênio-99, por emissão de partícula beta.



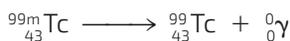
O molibdênio-99, por sua vez, é produzido na fissão (quebra do núcleo) do urânio-235.

O tecnécio-99 é utilizado porque apresenta a propriedade de permanecer por algum tempo num estado denominado metastável, simbolizado pela letra **m**:  ${}_{43}^{99\text{m}}\text{Tc}$ .

Um núcleo metastável é aquele que permanece num estado excitado por período de tempo de pelo menos um nanossegundo,  $10^{-9}$  s.

Trata-se de um fenômeno semelhante ao que ocorre na eletrosfera quando os elétrons são excitados e emitem ondas eletromagnéticas para voltar a um estado de menor energia. O núcleo do tecnécio-99, para passar de um estado excitado (e instável) para outro menos energético, emite ondas eletromagnéticas com comprimento de onda da

ordem de  $10^{-12}$  m, ou seja, radiação gama.



O diagnóstico médico é feito justamente a partir das radiações gama emitidas por esse isótopo, detectadas em um equipamento especial – contador de cintilação –, que proporciona a imagem do órgão afetado. A vantagem de se usar o tecnécio-99 em diagnósticos é que ele apresenta uma meia-vida considerada bastante curta (6,02 horas); assim, a emissão de radiação gama ocorre por um pequeno espaço de tempo, sem que haja danos significativos à saúde do paciente.

O gerador de tecnécio é feito sob encomenda, e o tempo em que ele começa a ser montado, o tempo em que será transportado de avião (no caso de ser fornecido a outro estado ou país), até o momento em que está marcado o exame precisam ser calculados para que tudo se desenvolva satisfatoriamente.

Para analisar as condições do coração, o médico injeta íon estanho II,  $\text{Sn}^{2+}(\text{aq})$ , na veia do paciente e alguns minutos depois administra uma injeção do íon pertecnetato disperso em solução fisiológica. Na presença do íon  $\text{Sn}^{2+}(\text{aq})$ , o íon  ${}_{43}^{99\text{m}}\text{TcO}_4^{1-}$  liga-se às hemácias do sangue. Como a função do coração é bombear o sangue pelo organismo, ele se torna visível num equipamento sensível aos raios gama (aparelho de cintilografia). As imagens permitem avaliar a extensão do dano provocado, por exemplo, por um ataque cardíaco.



Reprodução/Ipen

Gerador de tecnécio fabricado pelo Ipen.

## Trabalho em equipe

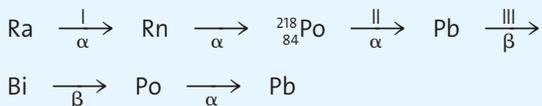
Os exames que se baseiam em diagnóstico por imagem, em geral, são relativamente rápidos e indolores (se comparados a exames invasivos ou cirúrgicos) e, feitos da maneira correta, não oferecem risco à saúde do paciente. Pesquise como são feitos, qual o tipo de radiação utilizada e para que são indicados os seguintes exames:

- Radiografia com contraste.
- Ultrassonografia.
- Tomografia computadorizada por emissão de pósitrons (PET).
- Ressonância magnética.
- Cintilografia para observar tireoide, cérebro, doenças de pele, doenças de sangue e obstruções do sistema circulatório.

A sala pode ser dividida em grupos. Cada grupo vai pesquisar um tópico e apresentá-lo aos demais.

## Exercício resolvido

**3** (Fuvest-SP) Rutherford determinou o valor da constante de Avogadro, estudando a série radioativa abaixo, onde está indicado o modo de decaimento de cada nuclide.



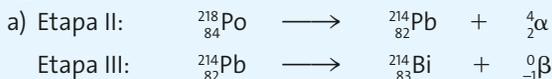
a) Escreva as equações de desintegração dos núcleos nas etapas II e III da série dada. Indique todos os números atômicos e de massa.

b) Calcule a constante de Avogadro, sabendo que:

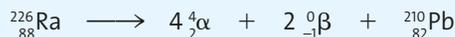
- 1,0 g de rádio, Ra, produz  $3,0 \cdot 10^{15}$  partículas  $\alpha$  por dia, na etapa I da desintegração.
- Uma vez formado o radônio, Rn, este e os demais núcleos que o sucedem se desintegram rapidamente até dar o último nuclide, Pb, da série apresentada.
- As partículas  $\alpha$  transformam-se em átomos de hélio.
- 1,0 g de rádio, Ra, considerando-se todas as etapas da desintegração, produz, em 80 dias, 0,040 mL de gás hélio, medido a 25 °C e 1 atm.

Dado: volume molar dos gases à temperatura de 25 °C e pressão de 1 atmosfera é igual a 25 L/mol.

### Resolução



b) A desintegração do rádio pode ser representada da seguinte maneira:



Assim, na desintegração de 1g de  ${}^{230}_{88}\text{Ra}$ , teremos a formação de  $4 \cdot 3,0 \cdot 10^{15}$  partículas  ${}^4_2\alpha$  por dia.

Logo, no final de 80 dias, teremos  $80 \cdot 4 \cdot 3,0 \cdot 10^{15}$  partículas  ${}^4_2\alpha$ , que se transformam em átomos de hélio.

Então, em 80 dias:

mL de gás He ————— átomos de He

0,040 —————  $80 \cdot 4 \cdot 3,0 \cdot 10^{15}$

$25 \cdot 10^3$  ————— x

$$\frac{0,040}{25 \cdot 10^3} = \frac{80 \cdot 4 \cdot 3,0 \cdot 10^{15}}{x} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = \frac{25 \cdot 10^3 \cdot 80 \cdot 4 \cdot 3,0 \cdot 10^{15}}{0,040} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = 6,0 \cdot 10^{23} \text{ átomos de He}$$

## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**14** Em relação aos aceleradores de partículas, assinale a(s) alternativa(s) correta(s). **Soma: 19**

- X 01. As partículas-projéteis usadas em reações de transmutação artificial precisam ser aceleradas para vencer as forças de repulsão do núcleo-alvo e penetrá-lo.
- X 02. Nos aceleradores lineares os “projéteis” ganham aceleração à custa de impulsos elétricos sucessivos.
04. O acelerador de Van de Graaf gera íons como partículas-projéteis.
08. O nêutron é a partícula mais utilizada em reações de transmutação artificial porque é a que ganha mais velocidade nos aceleradores de partículas.
- X 16. No ciclotron as partículas adquirem aceleração centrífuga.

**15** (UFRGS-RS) Em recente experimento com um acelerador de partículas, cientistas norte-americanos conseguiram sintetizar um novo elemento químico. Ele foi produzido a partir de átomos de cálcio (Ca), de número de massa 48, e de átomos de plutônio (Pu), de número de massa 244. Com um choque efetivo entre os núcleos de cada um dos átomos desses elementos, surgiu o novo elemento químico. Sabendo que nesse choque foram perdidos apenas três nêutrons, os números de prótons, nêutrons e elétrons, respectivamente, de um átomo neutro desse novo elemento são:

- a) 114; 178; 114.                      d) 111; 175; 111.  
 X b) 114; 175; 114.                      e) 111; 292; 111.  
 c) 114; 289; 114.

**16** (UFTM-MG) A terapia para tratamento de câncer utiliza-se da radiação para destruir células malignas.

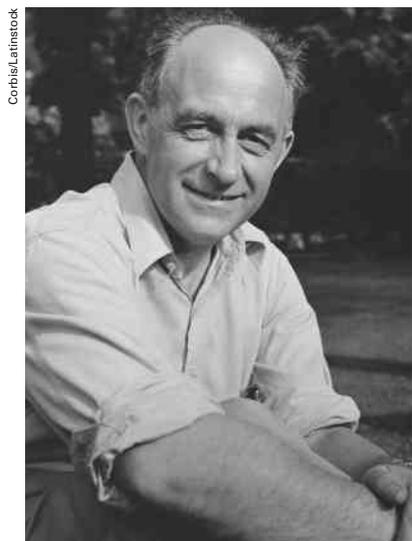
O boro-10, não radioativo, é incorporado a um composto que é absorvido preferencialmente pelos tumores. O paciente é exposto a breves períodos de bombardeamento por nêutrons. Quando bombardeado, o boro-10 decai gerando partículas alfa, cuja radiação destrói as células cancerosas. Assim que o bombardeamento é interrompido, cessa a emissão dessas partículas. No bombardeamento com nêutrons, o boro-10 decai para o nuclide, que é um dos isótopos do

- a) nitrogênio.                      c) berílio.                      e) neônio.  
 b) sódio.                              X d) lítio.

**17** (PUC-RJ) Elementos transurânicos podem ser sintetizados pelo bombardeamento de núcleos mais leves com partículas pesadas. Em 1958, Miller e outros produziram o isótopo  ${}^{254}_{102}\text{No}$  (nobélio) a partir do  ${}^{238}_{92}\text{U}$ . A reação que ocorreu produziu, além do novo elemento, No, ainda 6 nêutrons. Assinale com qual partícula o alvo,  ${}^{238}_{92}\text{U}$ , foi bombardeado.

- a)  ${}^{10}\text{B}$                                       c)  ${}^{12}\text{C}$                                       e)  ${}^{16}\text{O}$   
 b)  ${}^{24}\text{Na}$                                       X d)  ${}^{22}\text{Ne}$

## Fissão nuclear

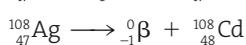


Enrico Fermi recebeu o Prêmio Nobel de Física pela descoberta da fissão nuclear em 1938.

O elemento de número atômico 100, descoberto um ano após a sua morte, recebeu o nome de Férmio em sua homenagem.

Um meio de moderar a velocidade de nêutrons acelerados é fazê-los atravessar um material, como a água pesada,  $D_2O(\ell)$ , a parafina, a grafita ou o berílio. Quando o núcleo de um átomo captura um nêutron, ele fica instável, emite radiação gama e partículas  ${}^0_{-1}\beta$ :

Exemplo:



A perda de massa que se transforma em energia pode ser calculada pela equação de Einstein:

$E = m \cdot c^2$  (c é a velocidade da luz no vácuo).

Por volta de 1933, o físico italiano Enrico Fermi notou que o bombardeamento do núcleo de certos átomos com nêutrons de velocidade moderada fazia com que o núcleo-alvo capturasse o nêutron.

O processo funciona da seguinte maneira: como os nêutrons não têm carga elétrica e não sofrem desvio na sua trajetória em razão do campo eletromagnético do átomo, se eles forem muito acelerados, acabam atravessando o núcleo do átomo-alvo.

Por outro lado, se os nêutrons forem muito lentos, serão rebatidos ao atingir o núcleo. Somente nêutrons lançados com velocidade moderada é que ficam retidos, incorporados ao núcleo-alvo.

Isso levou Fermi a concluir que o bombardeio do urânio ( $Z = 92$ ) com nêutrons moderados deveria produzir elementos transurânicos ( $Z > 92$ ), até então desconhecidos. Alguns experimentos foram feitos nesse sentido. Em um deles, o físico Otto Hahn (1879-1968) e seus colaboradores detectaram a presença de bário ( $Z = 56$ ) após o bombardeamento do urânio com nêutrons moderados. A explicação para o fato foi dada pela física austríaca Lise Meitner (1878-1968), e por seu sobrinho, o físico austríaco Otto Robert Frisch (1904-1979):

"O núcleo do átomo de urânio é instável e, ao ser bombardeado com nêutrons moderados, rompe-se praticamente ao meio, originando dois núcleos médios e liberando 2 ou 3 nêutrons e energia".

O fenômeno descrito por Lise Meitner e Otto Frisch foi denominado fissão nuclear.

Fissão nuclear é a partição de um núcleo atômico pesado e instável, provocada por um bombardeamento de nêutrons com velocidade moderada, que origina 2 núcleos atômicos médios, 2 ou 3 nêutrons e uma quantidade colossal de energia.

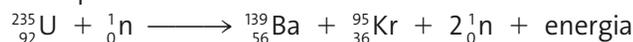
Na natureza são encontrados os seguinte isótopos do urânio, na seguinte proporção:



Desses três isótopos, apenas o  $U^{235}$  sofre fissão.

A fissão do urânio-235 pode ocorrer de diversas maneiras, originando pares de núcleos diferentes.

Exemplos:



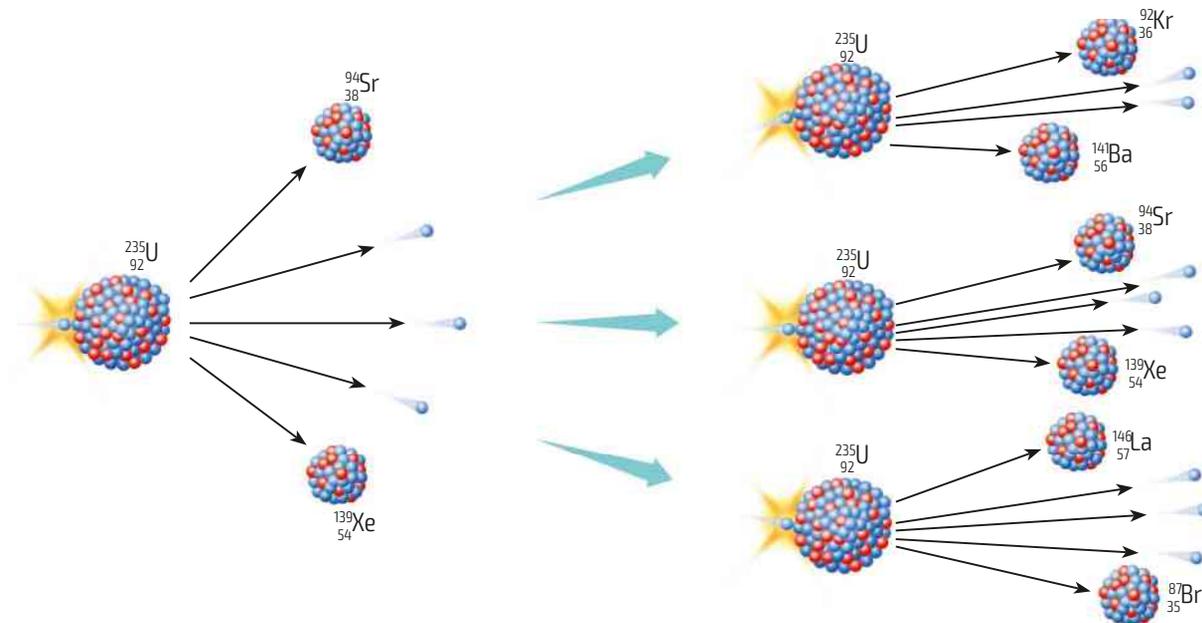
A fissão do núcleo de urânio-235 gerando dois novos núcleos corresponde a um aumento de estabilidade, à medida que ocorre perda de massa que transforma-se em energia.

Na fissão nuclear, cerca de 7/8 da energia liberada aparecem na forma de energia cinética dos produtos da fissão, e cerca de 1/8, na forma de energia eletromagnética (radiante).

## Reação em cadeia

O bombardeamento do núcleo do átomo de urânio-235 com nêutrons moderados causa a fissão do núcleo e a liberação de 2 ou 3 novos nêutrons acelerados (em média, 2,5 nêutrons por fissão).

A ilustração está fora de escala. Cores fantasia.



Paulo Mianzi/Arquivo da editora

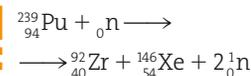
Se for possível frear a velocidade dos nêutrons gerados na fissão misturando água pesada ou grafita ao urânio-235, de modo que esses nêutrons se tornem moderados, é provável que eles provoquem fissão em outros núcleos de urânio-235 que estejam na vizinhança.

Sob determinadas condições, esse processo pode se repetir sucessivamente e assim formar uma reação em cadeia, em que a produção de nêutrons a cada fissão – junto à energia liberada – cresce em progressão geométrica (veja ilustração acima).

Para que a reação em cadeia se sustente, é preciso que:

- A concentração de urânio-235 na massa a ser bombardeada seja da ordem de 98%, pois o urânio-238 absorve os nêutrons moderados diminuindo a probabilidade e a extensão da reação em cadeia.
- A massa de urânio-235 seja tal que o número de nêutrons produzidos na fissão dos núcleos desses átomos,  $n'$ , que venham a causar a fissão do núcleo dos átomos vizinhos seja maior que o número de nêutrons que escapam,  $n$ , da massa físsil para o ambiente.

Descobriu-se mais tarde que o plutônio-239 também sofre fissão ao ser bombardeado com nêutrons moderados.



$$\text{Se } \frac{n'}{n} \geq 1, \text{ ocorre reação em cadeia.}$$

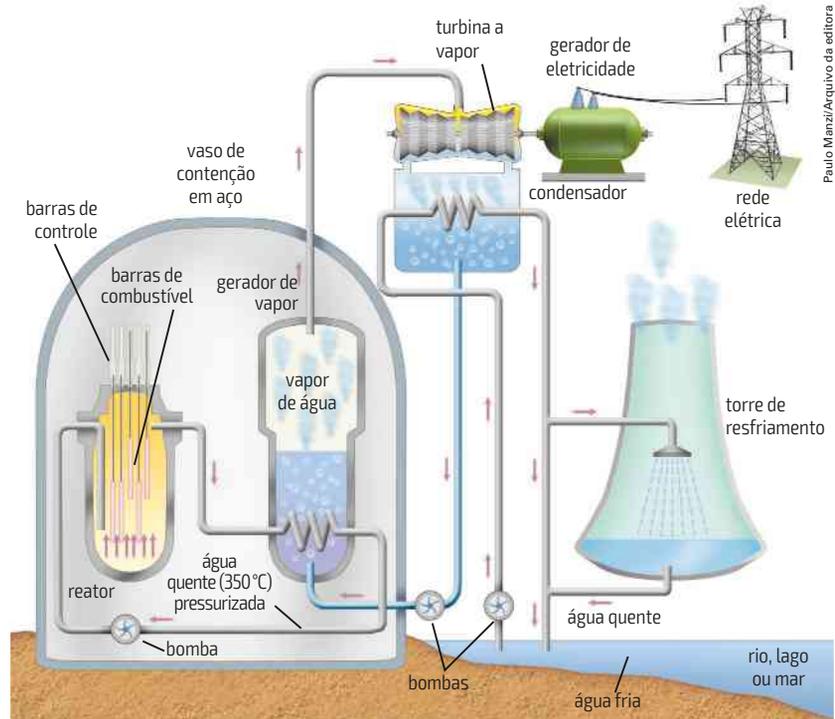
A essa massa físsil, capaz de sustentar uma reação em cadeia, denomina-se massa crítica.

A massa crítica é a menor massa de uma substância fissionável capaz de sustentar uma reação em cadeia.

## Usina nuclear

Uma usina nuclear é um sistema em que a reação de fissão em cadeia é mantida sob controle e a energia liberada é usada como fonte de calor para ferver água, cujo vapor aciona uma turbina geradora que produz eletricidade como numa usina termoelétrica convencional.

Observe o esquema a seguir.



Paulo Manzi/Arquivo da editora

Observações:

- A barra de combustível físsil é composta de pequenas pastilhas de urânio. Apenas duas dessas pastilhas podem suprir de energia elétrica uma residência média durante um mês. Uma vareta combustível contém cerca de 400 pastilhas com potencial energético para atender a demanda de uma cidade com 20 000 pessoas durante 24 horas.
- Os reatores têm uma couraça de contenção feita de concreto especial de alta densidade, que protege os trabalhadores da intensa radiação. Geralmente, é usado o concreto de barita,  $\text{BaSO}_4(\text{s})$ , do qual são feitas paredes com espessura de pelo menos 1,50 metro.

A ilustração está fora de escala. Cores fantasia.

Em alguns reatores, há também um refletor de nêutrons, geralmente de grafita, com cerca de 30 cm de espessura, cuja finalidade é refletir para dentro do reator 93% dos nêutrons que batem em sua superfície. Também são necessários certos mecanismos complexos para separar os produtos da fissão. Muitos desses produtos, como o  $^{135}_{54}\text{Xe}$ , absorvendo os nêutrons, podem impedir a reação em cadeia.

O reator é montado de maneira que intercale barras de combustível físsil (urânio-235 ou plutônio-239, metálicos ou na forma de óxidos) com barras de moderador de nêutrons, denominadas barras de controle. As barras de controle são feitas de material que absorve nêutrons (como aço-boro, cádmio ou háfnio) e têm a função de diminuir a velocidade dos nêutrons liberados nas fissões do urânio ou do plutônio, possibilitando assim o prosseguimento da reação em cadeia de forma controlada. Movimentando-se as barras de controle, para baixo ou para cima, é possível administrar a quantidade de energia liberada nas barras de combustível. As barras de controle também são utilizadas para interromper a reação em cadeia e “desligar” o reator nuclear.

O calor gerado eleva a temperatura da água no interior do reator. Uma bomba circula a água quente para um gerador de vapor de água, e o vapor aciona uma turbina, que opera um gerador elétrico.

O vapor da turbina exaurido entra no condensador, onde passa para a fase líquida na serpentina de refrigeração. A água utilizada na refrigeração do condensador provém de um rio, mar ou lago situado nas vizinhanças do reator.

Um dos maiores problemas do uso de reatores nucleares, sem contar a possibilidade de um acidente, são os produtos residuais radioativos, o lixo atômico, produzidos em grande escala, uma vez que o combustível nuclear deve ser trocado a cada três ou cinco anos.

# RETOMANDO A NOTÍCIA



*A reportagem da página 261 fala sobre a falta de segurança de usinas nucleares e sobre o destino incerto do lixo atômico. Você sabe quais as consequências de um acidente nuclear como os de Chernobyl e Fukushima?*

O acidente nuclear de Chernobyl ocorreu em 26 de abril de 1986, no reator 4, durante um teste de rotina. Várias regras de segurança foram desrespeitadas e a reação em cadeia atingiu níveis incontroláveis. O sistema de circulação de água do sistema primário, responsável pelo resfriamento do núcleo do reator, foi interrompido, gerando um superaquecimento do reator, que criou uma verdadeira bola de fogo dentro do edifício da planta, resultando em uma explosão que destruiu sua cobertura (explosão térmica e não nuclear), matando 31 pessoas e provocando a evacuação de mais de 130 000 habitantes da região. Depois do acidente surgiram vários casos de câncer, principalmente na glândula tireoide de crianças. Chernobyl liberou para a atmosfera 400 vezes mais material radioativo do que a bomba atômica de Hiroshima.

Os quase 50 mil moradores da cidade de Pripyat, vizinha à usina, na Ucrânia, tiveram que deixar suas casas. O local permanece inabitável.

O acidente de Fukushima ocorreu em 11 de março de 2011, quando o Japão foi atingido por um terremoto de magnitude 9,0 na escala Richter, seguido de um *tsunami* com ondas acima de 10 metros.

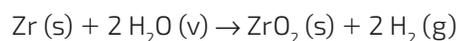
Os reatores de Fukushima são do tipo BWR (Boiling Water Reactor, ou reatores de água pressurizada).

Nos reatores BWR a água é o líquido refrigerador e também moderador, mas não está sob pressão, e ferve no reator. O vapor obtido passa diretamente da parte superior do reator para os turbogeradores.

O terremoto destruiu o acesso da usina às fontes externas de energia elétrica que mantinham o

sistema de refrigeração dos reatores em funcionamento. Imediatamente os geradores de emergência (que ficavam no subsolo, protegidos de desabamentos) foram acionados, e o controle foi retomado. Uma hora depois chegou o *tsunami*. A água invadiu a usina e danificou os geradores, desligando o sistema de refrigeração. A usina ainda contava com baterias de *backup* com 8 horas de duração, mas esse tempo não foi suficiente para o conserto dos geradores e, assim que a energia das baterias acabou, a temperatura dentro dos reatores começou a subir.

A 1200 °C ocorreu a reação do zircônio (que reveste as barras de combustível nuclear) com a água. Essa reação produziu gás hidrogênio.



O  $\text{H}_2$ (g) provocou a explosão do prédio da usina.

Os técnicos continuaram tentando resfriar o reator bombeando água do mar com ácido bórico (que tem a propriedade de capturar nêutrons, moderando a reação de fissão), mas a situação ficou fora de controle. A temperatura no interior do reator ultrapassou a marca de 2 800 °C, suficiente para fundir os cilindros de óxido de urânio (combustível nuclear). Essa temperatura fundiu as paredes de aço que protegiam o reator e deixou que uma quantidade imensa de elementos radioativos e seus produtos de decaimento vazassem para o ambiente.



Vista da central nuclear de Chernobyl, palco do maior acidente nuclear do mundo, em 1986. Desde o acidente, a cidade de Pripyat está desabitada, é uma cidade fantasma. Ucrânia, 2006.



Esquema da bomba atômica

## A bomba atômica

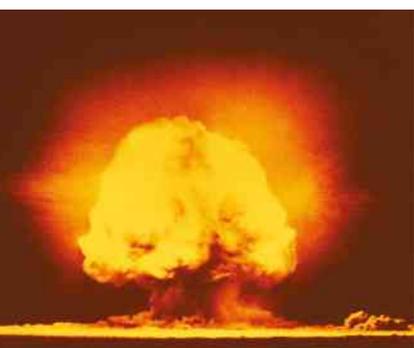
A bomba atômica é uma aplicação bélica do fenômeno de fissão nuclear. A destruição que ela causa é devida à imensa quantidade de energia e às radiações que são liberadas numa reação de fissão em cadeia. Sua construção obedece ao esquema ao lado, no qual:

- Divide-se uma massa crítica de material físsil ( $^{235}_{92}\text{U}$ ,  $^{239}_{94}\text{Pu}$ ) em diversas massas subcríticas (B).
  - Cercam-se essas massas subcríticas com cargas de TNT, trinitrotolueno (A).
    - No centro das massas dispostas em (B), coloca-se uma fonte de nêutrons (C).
- Quando a bomba é detonada, as cargas de TNT (A) explodem simultaneamente, forçando as massas subcríticas (B) a se juntarem, formando uma massa crítica que, penetrando na fonte de nêutrons (C), dá origem à reação de fissão em cadeia, com uma colossal liberação de energia e de radiações.

## Os efeitos das bombas atômicas

A ação destrutiva de uma bomba atômica pode ser descrita em etapas:

- O início da explosão da bomba atômica corresponde ao início da reação em cadeia que ocorre em pleno ar, pois a bomba normalmente é lançada a mais de mil metros de altitude e ao ser detonada atinge temperaturas da ordem de milhões de graus Celsius.
- Após  $10^{-4}$  segundo, a massa gasosa em que a bomba se transformou emite elevadas quantidades de raios X e raios ultravioleta, além de outras radiações eletromagnéticas, cuja luminosidade pode destruir a retina e cegar as pessoas que a encarem diretamente.
- Entre  $10^{-4}$  e 6 segundos, a radiação já foi totalmente absorvida pelo ar ao redor, que se transforma numa enorme bola de fogo, cuja expansão provoca a destruição de todos os materiais inflamáveis num raio médio de 1 quilômetro, assim como queimaduras de até 3º grau.
- Após 6 segundos, a esfera de fogo atinge o solo, iniciando uma onda de choque que se propaga com deslocamento de ar comparável ao de um furacão, com ventos de 200 km/h a 400 km/h.



Teste de explosão nuclear. A primeira bomba atômica foi desenvolvida nos Estados Unidos e lançada experimentalmente em 16 de julho de 1945 na Base Aérea de Alamogordo, no deserto do Novo México.

- Após 2 minutos, a esfera de fogo já se transformou completamente num cogumelo, que vai atingir a estratosfera. As partículas radioativas espalham-se pela atmosfera levadas pelos fortes ventos e acabam se precipitando em diversos pontos da Terra durante muitos anos.

A potência de uma bomba atômica é normalmente medida em quilotons, sendo que **1 quiloton corresponde a 1000 toneladas de TNT**.

Em 6 de agosto de 1945 os americanos lançaram uma bomba atômica de urânio-235, com potência de 21 quilotons, na cidade japonesa de Hiroxima, matando 66 000 pessoas e ferindo 69 000; e, em 9 de agosto, lançaram uma bomba de plutônio-239, com potência de 21 quilotons, na cidade de Nagasáqui, matando 39 000 pessoas e ferindo outras 25 000.

Mary416/Shutterstock/Glow Images



The Atomic Bomb Dome (a cúpula da bomba atômica), monumento em memória dos que morreram com o lançamento da bomba atômica em Hiroxima, Japão.

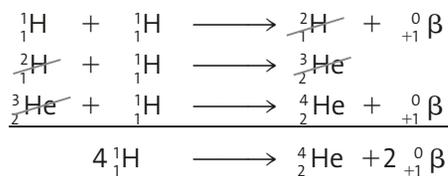
## 8) Fusão nuclear

A fusão de núcleos leves, como o hidrogênio, o deutério ou o trítio, produzindo um núcleo de hélio, por exemplo, equivale a um aumento na energia de empacotamento dos núcleons e, portanto, a uma perda de massa.

Fusão nuclear é a junção de dois ou mais núcleos leves originando um único núcleo com a liberação de uma quantidade colossal de energia.

Isso implica o aumento da estabilidade nuclear, o que gera uma grande liberação de energia, calculada pela equação de Einstein ( $E = m \cdot c^2$ ).

A energia liberada por estrelas, como o Sol, é resultado de uma série de reações de fusão que devem ocorrer, possivelmente, de acordo com o mecanismo abaixo:

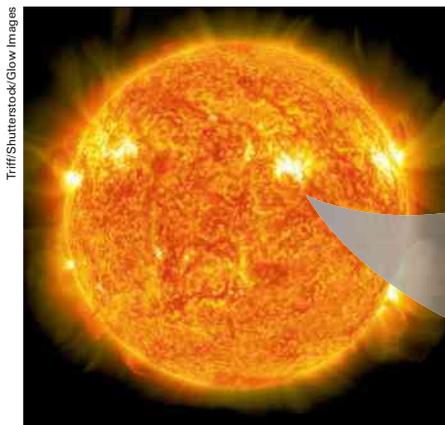


Uma reação desse tipo, em que 4 prótons se unem para formar o núcleo de um átomo de hélio com liberação de pósitrons, exige, para ser iniciada, uma temperatura da ordem de 100 milhões de graus Celsius ( $10^8$  °C).

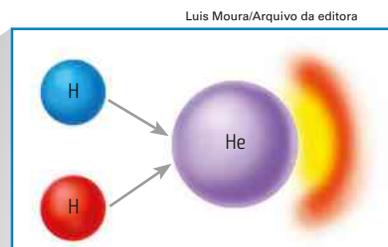


Edward Teller, o "pai" da bomba de hidrogênio, em foto de 1958.

Lawrence Livermore National Laboratory/  
Universidade da Califórnia, EUA



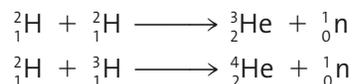
Triff/Shutterstock/Glow Images



Luis Moura/Arquivo da editora

A energia que recebemos do Sol e da qual depende a vida na Terra é proveniente de reações de fusão nuclear.

Há outras reações de fusão – como as que indicamos abaixo – que requerem uma quantidade bem menor de energia, sempre, porém, superior a 1 milhão de graus Celsius.



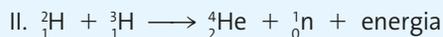
Temperaturas dessa ordem jamais haviam sido atingidas na Terra até a explosão da primeira bomba atômica.

Em 1949, sabendo que os russos possuíam a bomba atômica, o presidente americano Harry S. Truman (1884-1972) ordenou que as pesquisas sobre uma possível bomba de fusão fossem aceleradas.

Essas pesquisas estavam sendo feitas desde 1944 pelo físico húngaro Edward Teller (1908-2003), que trabalhava na equipe que estava construindo a primeira bomba atômica.

## Exercício resolvido

**4** (PAS-UnB-DF) O termo combustível nuclear é comumente empregado para designar o material que pode sofrer fissão nuclear. I e II são processos nucleares:



De posse dessas informações e de outros conceitos relativos à radioatividade, julgue os itens a seguir.

- (01) O combustível nuclear utilizado nas reações I e II são, respectivamente, urânio e hidrogênio.  
 (02) A reação II ocorre nos reatores das usinas nucleares para produção de energia elétrica.  
 (03) A energia desprendida na reação II é maior que na I.

(04) Os átomos de hidrogênio na equação II são isótopos, por apresentarem semelhantes propriedades químicas.

### Resolução

(01) Falsa. A reação II é de fusão nuclear.

O termo combustível nuclear não é adequado para esse tipo de reação (de acordo com próprio enunciado do exercício).

(02) Falsa. Nas usinas nucleares ocorrem reações de fissão controladas, e não fusões nucleares. Atualmente os reatores a fusão são de pequeno porte e estão sendo utilizados apenas para pesquisas científicas.

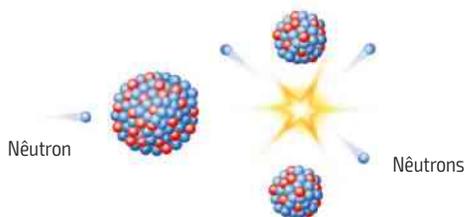
As afirmações 03 e 04 são verdadeiras.

Resposta: 3 + 4 = 7.

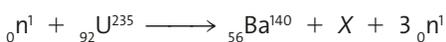
## Exercícios

**ATENÇÃO!**  
Não escreva no seu livro!

**18** (Unimontes-MG) Entre as consequências causadas pelo fenômeno *tsunami*, ocorrido no Japão em março de 2011, temos a explosão da Usina Fukushima, uma usina termonuclear que produz energia a partir de um processo controlado de fissão nuclear, representado através do esquema e da reação a seguir:



Paulo Manzi/Arquivo da editora



Em relação ao processo de fissão nuclear, marque a alternativa CORRETA.

- X a) X pode ser representado por um isótopo do criptônio (Kr).  
 b) O núcleo do urânio desintegra-se ao liberar um nêutron.  
 c) A fissão é a junção de núcleos com absorção de energia.  
 d) Os produtos gerados não representam risco à população.

**19** (Cesgranrio-RJ) A partir da década de 40, quando McMillan e Seaborg obtiveram em laboratório os primeiros elementos transurânicos ( $Z > 92$ ), o urânio natural foi usado algumas vezes para obter tais elementos. Para tanto, ele era bombardeado com núcleos de

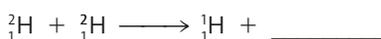
elementos leves. Na obtenção do plutônio, do califórnio e do fêrmio as transmutações ocorreram da forma a seguir:



Sendo assim, os valores de A, B e C que indicam as quantidades de nêutrons obtidas são, respectivamente:

- a) 1, 4 e 5. d) 3, 4 e 5.  
 b) 1, 5 e 4. X e) 3, 5 e 4.  
 c) 2, 4 e 5.

**20** (Faap-SP) A complementação da reação nuclear



corresponde à formação de:

- a) partícula  ${}^4_2\alpha$ .  
 X b) trítio.  
 c) partículas  ${}^0_{-1}\beta$ .  
 d) radiação  ${}^0_0\gamma$  e partícula  ${}^4_2\alpha$ .  
 e) partículas  ${}^4_2\alpha$  e  ${}^0_{-1}\beta$ .

**21** (UFMA) A bomba de hidrogênio funciona de acordo com a seguinte reação nuclear:



Portanto, podemos afirmar:

- X a) é reação de “fusão”.  
 b) é reação de “fissão”.  
 c) é reação com emissão apenas de partículas  ${}^4_2\alpha$ .  
 d) é reação com emissão apenas de partículas  ${}^0_{-1}\beta$ .  
 e) é reação com emissão apenas de partículas  ${}^0_0\gamma$ .

# Compreendendo o Mundo

O tema desta Unidade foi atividade nuclear. Vimos que as aplicações pacíficas relacionadas a esse fenômeno são muito diversificadas e importantes, e vão da área médica à agricultura, da pesquisa com radioisótopos à síntese de nanopartículas, da indústria de alimentos à construção civil, da indústria farmacêutica à produção de energia elétrica. Tantas aplicações e possibilidades não podem ser ignoradas, como também não podem ser ignorados os riscos inerentes de se trabalhar com a radioatividade.

Vimos que dominar a tecnologia do enriquecimento de urânio e possuir armas nucleares faz um país ser “levado a sério”. Em busca desse objetivo ou de outros menos evidentes, países como a Coreia do Norte e o Irã estão seguindo por esse caminho, mesmo sem o aval da Organização das Nações Unidas (ONU), deixando o mundo apreensivo.

Isso sem contar a possibilidade, ainda que remota, de um ataque terrorista com armas nucleares ou com materiais radioativos retirados de aparelhos destinados a aplicações pacíficas, ou ainda de novos acidentes por falhas nos sistemas de segurança das usinas de energia.

O acidente de Chernobyl, por exemplo, só ocorreu porque as normas de segurança foram sendo desrespeitadas uma a uma sequencialmente, até que o fenômeno fugiu do controle. Na realidade, a falha de segurança de Chernobyl começou no projeto da usina: não havia envoltório de contenção de radioatividade como há em todas as usinas do Ocidente, inclusive nas do Brasil.

E se houvesse, teria feito alguma diferença?

Sim, provavelmente o vazamento de radioatividade teria ficado restrito à área da usina, como ocorreu no acidente na usina nuclear de Three-Mile Island, na Pensilvânia, Estados Unidos, em 1979 (sete anos antes do de Chernobyl).

Por falha no sistema de refrigeração de um dos reatores, o calor gerado nas reações de fissão fez a água pressurizada inundar a área do reator, provocando um enorme vazamento de radioatividade. Mas como essa usina tinha o envoltório de contenção (cúpula) composto de camadas de aço e cimento, para proteção tanto interna como externa, a maior parte da radiação que vazou ficou retida no local. Além disso, como a área do envoltório de contenção é restrita, nenhum operador foi afetado, e ninguém morreu no acidente, embora o núcleo do reator tenha fundido (exatamente como o de Chernobyl) e a usina americana continue até hoje inoperável.

De fato, falhas acontecem, sejam de procedimento humano, sejam de equipamentos. As consequências de falhas, quando se lida com radioatividade, podem ser fatais; então, não podemos nem devemos “ficar tranquilos”.

É preciso conscientização, informação, vigilância, educação e preparo para prever os problemas, não deixar que aconteçam, e para agir corretamente se acontecerem, de modo que se consiga reduzir os danos.

O acidente de Goiânia também só ocorreu por falta de cuidado e de informação. Uma fonte de cézio-137 não pode ser abandonada em um prédio vazio, como se fosse uma sucata qualquer.

Vários acidentes semelhantes já ocorreram no mundo todo por causa desse “desleixo” dos responsáveis. A situação pode se agravar na medida em que aumentam as aplicações pacíficas de isótopos radioativos. São mais e mais aparelhos sendo fabricados, aparelhos que se tornam obsoletos muito antes que a atividade do isótopo que ele contém comece a diminuir, ou seja, o volume de sucata radioativa tende a se tornar cada vez maior. Precisamos prever um destino certo para isso ou vamos ter problemas.

O que também colaborou de forma decisiva para o acidente de Goiânia foi a falta de informação das pessoas, desde o sucateiro que levou a bomba do prédio abandonado, o dono do ferro-velho que a violou e de todos que manipularam inocentemente o cézio-137.

Se essas pessoas, ou pelo menos alguma delas, tivessem noção do material com o qual estavam lidando, isso não teria acontecido.

Esse episódio fica então como resposta para os alunos que perguntam: – Por que eu tenho que estudar radioatividade? O que isso tem a ver com o meu dia a dia? Onde eu vou usar esse conhecimento? (etc., etc., etc.)

Se Devair tivesse tido a oportunidade de estudar radioatividade, hoje ele estaria vivo.



Manifestação pública contra o uso da energia nuclear. Paris, França, 2014.

# Sugestões de leitura, filmes e sites

## Sugestões de leituras

- ♦ *A ação da Química em nossa vida*. Maria Teresa Escoval. Barcarena, Portugal: Presença, 2010.
- ♦ *A ética da alimentação: como nossos hábitos alimentares influenciam o meio ambiente e o nosso bem-estar*. Peter Singer, Jim Mason. Rio de Janeiro: Campus, 2007.
- ♦ *A história e a química do fogo*. Aécio Pereira Chagas. São Paulo: Átomo, 2005.
- ♦ *Barbies, bambolês e bolas de bilhar*. Joe Schwarcz. São Paulo: Jorge Zahar, 2009.
- ♦ *Cotidiano e educação em Química*. Mansur Luft. Ijuí: Ed. da Unijui, 1990.
- ♦ *Foi alguma coisa que você comeu? – Intolerância alimentar: causas e prevenções*. John Emsley, Peter Fell. Rio de Janeiro: Campus, 2001.
- ♦ *Introdução à Química forense*. Robinson Fernandes de Farias. São Paulo: Átomo, 2008.
- ♦ *Libertação animal*. Peter Singer. Porto: Via Optima, 2008.
- ♦ *O mesmo e o não mesmo*. Roald Hoffmann. São Paulo: Ed. da Unesp, 2007.
- ♦ *O que Einstein disse a seu cozinheiro*. Robert L. Wolke. São Paulo: Jorge Zahar, 2003.
- ♦ *Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a História*. Penny Le Couteur, Jay Burreson. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.
- ♦ *Os ferrados e os cromados*. Mansur Luft. Ijuí: Ed. da Unijui, 1992.
- ♦ *Química das sensações*. Carolina Godinho Retondo, Pedro Faria. São Paulo: Átomo, 2008.
- ♦ *Vaidade, vitalidade e virilidade: a ciência por trás dos produtos que você adora consumir*. John Emsley. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006.

## Sugestões de filmes

- ♦ *A alternativa berço a berço*: <<http://canalbrasil.com/2012/04/08/acervo-alternativa-berco-a-berco/>>.
- ♦ *A carne é fraca*: <<https://www.youtube.com/watch?v=EP6sDOzLD3E&p=2F95F2DF7BF92EF5>>.
- ♦ *A engrenagem*: <<https://www.youtube.com/watch?v=KmlprNpcd94>>.
- ♦ *A evolução da humanidade: armas, germes e aço* (Guns, Germs and Steel): <<https://www.youtube.com/watch?v=Al6yEPe5mHU>>.
- ♦ *A garota que calou o mundo por seis minutos*: <<https://www.youtube.com/watch?v=SlZi6iffOGc>>.
- ♦ *A história das coisas* (The Story of Stuff with Annie Leonard / Louis Fox / EUA / 2007).
- ♦ *Avisos da natureza: lições não aprendidas – o chumbo vital*: <[www.youtube.com/watch?v=dP2jN8zc1fA](http://www.youtube.com/watch?v=dP2jN8zc1fA)>.
- ♦ *Capitalismo: uma história de amor* (Capitalism: A Love Story / Michael Moore / EUA / 2009).
- ♦ *Comércio de sucata: vendendo lixo para a China*: <[https://www.youtube.com/watch?v=I\\_sqHvxOVL8](https://www.youtube.com/watch?v=I_sqHvxOVL8)>.
- ♦ *Comida industrializada* (Food Inc.): <<https://www.youtube.com/watch?v=T2ttG8XjcQ4>>.
- ♦ *Diamante de sangue* (Blood Diamonds / The History Channel / EUA / 2006).
- ♦ *Escritores da liberdade*: <<https://www.youtube.com/watch?v=uV4OBYdcEps>>.
- ♦ *Especial drogas: os perigos do alcoolismo*. Vejapontocom: <<http://youtu.be/EEPVGHjCmsE>>.
- ♦ *Especial drogas: segredos para parar de fumar*. Vejapontocom: <<http://youtu.be/KYtRWwWl1o>>.
- ♦ *Fluoreto: a decepção*: <<https://www.youtube.com/watch?v=mTzpePHPmpM>>.
- ♦ *Legendas da Ciência: misturar*: <[www.youtube.com/watch?v=bnrSv4ZPQo8](http://www.youtube.com/watch?v=bnrSv4ZPQo8)>.
- ♦ *Materiais e suas propriedades: calcário*: <[www.youtube.com/watch?v=Jrm5NHiQcmw](http://www.youtube.com/watch?v=Jrm5NHiQcmw)>.
- ♦ *Materiais e suas propriedades: rochas*: <[www.youtube.com/watch?v=xcflecZzX7g](http://www.youtube.com/watch?v=xcflecZzX7g)>.
- ♦ *Morrendo por não saber* (Dying to Have Know): <<https://www.youtube.com/watch?v=bg2knVhRzms>>.
- ♦ *Não matarás*: <[https://www.youtube.com/watch?v=zKljT3s\\_hCI&list=PL2C2C731E88431185](https://www.youtube.com/watch?v=zKljT3s_hCI&list=PL2C2C731E88431185)>.
- ♦ *Nuclear Reactors in Japan: Periodic Table of Videos*: <<http://youtu.be/-bcrLiATLq0>>.
- ♦ *O lado negro do chocolate* (The Dark Side of Chocolate / Bastard Film and TV / 2010): <<https://www.youtube.com/watch?v=ozSRWm7VcVE>>.
- ♦ *Ouro azul: a guerra mundial pela água*: <<https://www.youtube.com/watch?v=uBvxjx53pVg>>.
- ♦ *Pão nosso de cada dia* (Unser täglich brot): <<https://www.youtube.com/watch?v=ZdFsZDV4MP8>>.

- ♦ *Racismo: uma história* (Racism: a History): <<https://www.youtube.com/watch?v=f-Ax0h8rBq0>>.
- ♦ *Terráqueos* (Earthlings): <<https://www.youtube.com/watch?v=wZHOW-HwLmQ>>.
- ♦ *Trabalho infantil: Radiohead and MTV EXIT: All I Need* (2008): <[www.youtube.com/watch?v=DV1hQSt2hSE](http://www.youtube.com/watch?v=DV1hQSt2hSE)>.
- ♦ *Zeitgeist: Addendum* (Zeitgeist: Addendum / Peter Joseph / EUA / 2008).
- ♦ *Zeitgeist: Moving Forward* (Zeitgeist: Moving Forward / Peter Joseph / EUA / 2011).
- ♦ *Zeitgeist: o filme* (Zeitgeist / Peter Joseph / EUA / 2007).

Acesso em: 11 fev. 2016.

## Sites

- ♦ A graça da Química: <[www.agracadaquimica.com.br](http://www.agracadaquimica.com.br)>.
- ♦ Associação Brasileira da Indústria Química: <[www.abiquim.org.br](http://www.abiquim.org.br)>.
- ♦ Associação Brasileira de Nutrologia: <[www.abran.org.br](http://www.abran.org.br)>.
- ♦ Como tudo funciona: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br>>.
- ♦ Ensino de Química: <<http://ensquimica.blogspot.com/>>.
- ♦ Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro): <[www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br)>.
- ♦ Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor: <[www.idec.org.br](http://www.idec.org.br)>.
- ♦ Molecularium – Simulações em Química-Física: <<http://nautilus.fis.uc.pt/molecularium>>.
- ♦ Ponto Ciência: <<http://pontociencia.org.br/>>.
- ♦ Portal do Meio Ambiente: <[www.portaldomeioambiente.org.br](http://www.portaldomeioambiente.org.br)>.
- ♦ Química Nova na Escola: <[http://qnesc.sbq.org.br/index\\_site.php](http://qnesc.sbq.org.br/index_site.php)>.
- ♦ Unidade de Pesquisas em Álcool e Drogas (Uniad): <[www.uniad.org.br](http://www.uniad.org.br)>.
- ♦ Vídeos para o ensino da Física e da Química: <[www.ensinofisicaquimica.blogspot.com](http://www.ensinofisicaquimica.blogspot.com)>.
- ♦ WebElements: <[www.webelements.com](http://www.webelements.com)>.
- ♦ WWF-Brasil: <[www.wwf.org.br](http://www.wwf.org.br)>.

Acesso em: 11 fev. 2016.

## Bibliografia

- ♦ ALLINGER, Norman L. et al. *Química orgânica*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1978.
- ♦ ATKINS, Peter; JONES, Loretta. *Princípios de Química: questionando a vida moderna*. São Paulo: Bookman, 2006.
- ♦ BRADY, James E.; HUMISTON, Gerard E. *Química geral*. Rio de Janeiro: LTC, 1986. v. 1 e 2.
- ♦ BRUCE, Paula Yurkanis. *Química orgânica*. Rio de Janeiro: Prentice Hall Brasil, 2006. v. 1 e 2.
- ♦ BUENO, Willie A.; LEONE, Francisco de A. *Química geral*. São Paulo: McGraw-Hill, 1978.
- ♦ CHAGAS, Aécio Pereira. *Como se faz Química: uma reflexão sobre a Química e a atividade do químico*. 2. ed. Campinas: Ed. da Unicamp, 1992.
- ♦ EBBING, Darrell D. *Química geral*. Rio de Janeiro: LTC, 1998. v. 1.
- ♦ KOTZ, John C.; TREICHEL JR., Paul. *Química e reações químicas*. Rio de Janeiro: LTC, 1998. v. 1 e 2.
- ♦ LEE, J. D. *Química inorgânica não tão concisa*. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1996.
- ♦ LOURENÇO, Maria da Graça. *Química, ciências físico-químicas*. Porto: Porto Editora, 1996.
- ♦ MCMURRY, John. *Química orgânica: combo*. Rio de Janeiro: LTC, 2004. v. 1 e 2.
- ♦ MORRISON, Robert T.; BOYD, Robert N. *Química orgânica*. 13. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.
- ♦ PERRY, Robert H.; GREEN, Don W. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 6. ed. Kansas: McGraw-Hill, 1984. (Chemical Engineering Series).
- ♦ PIMENTEL, George C. (Org.). *Química: uma ciência experimental*. 4. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1963.
- ♦ ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. *Introdução à Química ambiental*. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- ♦ SNYDER, Carl H. *The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1995.
- ♦ SPENCER, James N.; BODNER, George M.; RICKARD, Lyman H. *Química: estrutura e dinâmica*. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

# Tabela periódica dos elementos

n: o número de níveis de energia do átomo no estado fundamental  
n = 1

## Legenda

As cores indicam o período em que o elemento foi descoberto

- Antes de 1800
- Entre 1800 e 1849
- Entre 1850 e 1899
- Entre 1900 e 1949
- Entre 1950 e 2011
- Entre 2012 e 2016

Subníveis mais energéticos do átomo no estado fundamental, pelo diagrama de energia

Nome do elemento em português

Massa atômica relativa ao isótopo <sup>12</sup>C (incerteza no último dígito indicada entre parênteses).

\*Indica isótopo radioativo

Número atômico do isótopo mais estável do elemento

Símbolo do elemento

Origem do nome ou do símbolo

18  
s<sup>2</sup>

HELIUM  
4.0026  
**He**  
HELÍOS

13 14 15 16 17  
s<sup>2</sup>p<sup>1</sup> s<sup>2</sup>p<sup>2</sup> s<sup>2</sup>p<sup>3</sup> s<sup>2</sup>p<sup>4</sup> s<sup>2</sup>p<sup>5</sup> s<sup>2</sup>p<sup>6</sup>

2  
s<sup>2</sup>

1 s <sup>1</sup>	2 s <sup>2</sup>	3 s <sup>2</sup> d <sup>1</sup>	4 s <sup>2</sup> d <sup>2</sup>	5 s <sup>2</sup> d <sup>3</sup>	6 s <sup>2</sup> d <sup>4</sup>	7 s <sup>2</sup> d <sup>5</sup>	8 s <sup>2</sup> d <sup>6</sup>	9 s <sup>2</sup> d <sup>7</sup>	10 s <sup>2</sup> d <sup>8</sup>	11 s <sup>2</sup> d <sup>9</sup>	12 s <sup>2</sup> d <sup>10</sup>	13 s <sup>2</sup> p <sup>1</sup>	14 s <sup>2</sup> p <sup>2</sup>	15 s <sup>2</sup> p <sup>3</sup>	16 s <sup>2</sup> p <sup>4</sup>	17 s <sup>2</sup> p <sup>5</sup>	18 s <sup>2</sup> p <sup>6</sup>
LÍTIUM 6,94(1) 3 LITHOS	BÉRIUM 9,012 4 BERYLLOS	ESCÂNDIO 44,956 21 SCANDIUM	TITÂNIO 47,88(7) 22 TITAN	VANÁDIO 50,942 23 VANADIS	CRÔMIO 51,996 24 CHROMA	MANGANÊS 54,938 25 MAGNÊS	FÉRRICO 55,845(2) 26 FERRUM	COBALTO 58,933 27 KOBALT	NÍQUEL 58,693 28 NICKEL	COPRE 63,546(3) 29 CUPRUM	ZINCO 65,409(4) 30 ZINK	BÓRO 10,81(1) 5 BORAX	CARBONO 12,011 6 CARBONIUM	NITROGÊNIO 14,007 7 NITROGENOS	OXIGÊNIO 15,999 8 OXÍGENOS	FLUOR 18,998 9 FLUOR	NEÔNIO 20,180 10 NEÓS
RUBÍDIO 85,468 37 RUBIDIUM	ESTRÔNIO 87,62 38 STRONTIUM	ÍTRIO 88,906 39 YTERBY	ZIRCONÍO 91,224(2) 40 ZIRCONIUM	NÍOBIO 92,906 41 NIÓBE	MOLIBDÊNIO 95,94 42 MOLYBDOS	TÉCNICIO 98,906* 43 TECHNETOS	RÚTENIO 101,07(2) 44 RUTHENIUM	RÓDIO 102,91 45 RHODON	PALÁDIO 106,42 46 PALLAS	PRATA 107,87 47 ARGENTUM	CÁDMIO 112,41 48 KADMEIA	ALUMÍNIO 26,882 13 ALUMEN	SILÍCIO 28,086 14 SILEX	FÓSFORO 30,974 15 PHOSPHORUS	ENXOFRE 32,06(6) 16 SULFUR	CLORO 35,453 17 KHLOROS	ARGÔNIO 39,948 18 ARGOS
CÉSIO 132,91 55 CAESIUS	BÁRIO 137,33 56 BARYS	HÁFNIO 178,49(2) 72 HAFNIA	TÂNTALO 180,95 73 TANTALOS	RÊNIO 186,21 74 RENO	ÓSMIO 190,23(3) 75 OSMÊ	IRÍDIO 192,22 76 IRIS	PLATINA 195,08(3) 77 PLATINA	ROUPELO 196,97 78 ROENTGENIUM	COBALTO 200,59(2) 79 AURUM	CHUMBO 207,2 80 HYDRARGYRUS	TÁLIO 204,38 81 THALLOS	BERILÓRIO 90,122(2) 4 BERYLLIOS	BÉRIUM 90,122(2) 4 BERYLLIOS	MAGNÉSIO 24,305 12 MAGNÊSIA	CÁLCIO 40,078(4) 20 CALX	POTÁSSIO 39,098 19 KALIUM	SÓDIO 22,990 11 NATRIUM
FRÂNCIO 223* 87 FRANÇA	RÁDIO 226* 86 RADIUS	RÚTENIO 101,07(2) 44 RUTHENIUM	RÓDIO 102,91 45 RHODON	PALÁDIO 106,42 46 PALLAS	PRATA 107,87 47 ARGENTUM	CÁDMIO 112,41 48 KADMEIA	COBALTO 58,933 27 KOBALT	NÍQUEL 58,693 28 NICKEL	COPRE 63,546(3) 29 CUPRUM	ZINCO 65,409(4) 30 ZINK	BÓRO 10,81(1) 5 BORAX	CARBONO 12,011 6 CARBONIUM	NITROGÊNIO 14,007 7 NITROGENOS	OXIGÊNIO 15,999 8 OXÍGENOS	FLUOR 18,998 9 FLUOR	NEÔNIO 20,180 10 NEÓS	

104 Rf RUTHERFORDIUM	105 Db DUBNÍO	106 Sg SEABÓRGIO	107 Bh BOHRÍO	108 Hs HASSÍO	109 Mt MEITNERÍO	110 Ds DARMSHTADTIUM	111 Rg ROENTGENIUM	112 Cp COPERNICÍO	113 Nh NIHONÍO	114 Fl FLEROVÍO	115 Uup UNUNPENTÍO	116 Lv LIVERMÓRE	117 Uus UNUNSEPTÍO	118 Og OKEANO
57 La LANTHÂNIO	58 Ce CÉRIO	59 Pr PRASEODÍMIO	60 Nd NEODÍMIO	61 Pm PROMÉCIO	62 Sm SAMÁRIO	63 Eu EUROPIÓ	64 Gd GADOLÍNIO	65 Tb TÉRBIO	66 Dy DISPRÓSIOS	67 Ho HÓLMIO	68 Er ERBÍO	69 Tm TÚLIO	70 Yb ÍTERBIO	71 Lu LUTÉCIO
89 Ac ACTÍNIO	90 Th TÓRIO	91 Pa PROTÁCTÍNIO	92 U URÂNIO	93 Np NETÚNIO	94 Pu PLUTÓNIO	95 Am AMÉRICIO	96 Cm CÚRIO	97 Bk BERKELEY	98 Cf CALIFÓRNIA	99 Es EINSTEIN	100 Fm FERMI	101 Md MENDELÉEV	102 No NOBEL	103 Lr LAWRENCE

Série dos lantanídeos

Série dos actinídeos

Fontes dos dados:  
IUPAC: <http://iupac.org/highlights/periodic-table-of-the-elements.html>; WebElements Periodic Table: <http://webelements.com/>. Acesso em: 10 fev. 2016.  
A síntese dos elementos de número atômico 113, 115, 117 e 118 já foi reportada e, até janeiro de 2016, esses elementos estavam em processo de análise para serem referendados pela IUPAC. Os elementos serão renomeados após serem referendados.

**Manual  
do Professor**

**Química**  
**VOLUME 3**

# Sumário

<b>1</b>	Apresentação e objetivos da coleção.....	291
<b>2</b>	Organização do conteúdo.....	291
<b>3</b>	Trabalho com textos .....	293
<b>4</b>	Sobre o desenvolvimento dos conteúdos.....	293
<b>5</b>	Proposta metodológica.....	294
<b>6</b>	Sugestão de planejamento.....	295
<b>7</b>	Avaliação .....	296
<b>8</b>	Proposta de atividade: Quimicurta .....	297
<b>9</b>	Referências bibliográficas.....	301
<b>10</b>	Capítulo a capítulo em sala de aula .....	302
<b>11</b>	Sugestão de atividade interdisciplinar .....	366
<b>12</b>	Referências bibliográficas.....	368

## 1 Apresentação e objetivos da coleção

Esta coleção está organizada em três volumes com cinco unidades cada um.

Para o desenvolvimento de cada unidade, foram escolhidos temas ambientais ou sociais que são os assuntos-chave para o estudo dos conceitos químicos expostos na coleção. Dessa forma, à medida que vão sendo abordadas e discutidas questões pertinentes ao meio ambiente, à cidadania e à tecnologia, o conteúdo é desenvolvido.

É importante ressaltar ao professor que o livro didático é um instrumento de auxílio para que se possam trabalhar os conteúdos. O professor tem autonomia para utilizar o material da forma que lhe for mais conveniente para facilitar o aprendizado dos seus alunos.

A partir dessa perspectiva, o principal objetivo da coleção é que o aluno utilize o aprendizado de Química para entender melhor o mundo à sua volta, podendo, assim, exercer de forma mais consciente o papel de cidadão na sociedade, preparando-se para o mercado de trabalho e para o prosseguimento dos estudos.

O objetivo deste Manual é oferecer algumas sugestões que possam guiar o trabalho do professor em sala de aula.

A seguir, apresentamos os temas abordados nos três volumes do livro.

### VOLUME 1

- Mudanças climáticas
- Oxigênio e ozônio
- Poluição eletromagnética
- Poluição de interiores
- Chuva ácida

### VOLUME 2

- Meteorologia e as variáveis do clima
- Poluição da água
- Poluição térmica
- Corais
- Lixo eletrônico

### VOLUME 3

- Petróleo
- Drogas lícitas e ilícitas
- Consumismo
- Alimentos e aditivos
- Atividade nuclear

## 2 Organização do conteúdo

Para melhor organização do conteúdo, cada livro apresenta cinco unidades cujas aberturas são apresentadas em uma página com um texto que introduz o tema.

Cada unidade é dividida em capítulos, que contam com as seguintes seções e boxes:

### Foi notícia!

Todos os capítulos se iniciam com a seção **Foi notícia!**, composta de textos jornalísticos (integrais ou parciais) relacionados ao tema da unidade. Isso foi feito para que o aluno reconheça e identifique os textos como parte integrante de seu dia a dia, uma vez que todos nós, em algum momento, assistimos à televisão, ouvimos rádio ou lemos as notícias nos jornais, nas revistas ou na internet.

Esse é um momento oportuno para o professor fazer o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre os assuntos tratados nos textos e/ou problematizá-los, trazendo as situações apresentadas para o cotidiano.

Ao final de cada texto são levantadas questões que têm quatro objetivos principais:

- mostrar que a compreensão do texto pode ser comprometida se alguns pontos não ficam claros;
- mostrar que existe uma diferença entre o senso comum e o rigor científico;

- mostrar que podem ser feitas reflexões sobre as notícias e informações a que somos constantemente expostos nas mais diversas mídias;
- evidenciar que a aquisição do conhecimento é uma das responsáveis pela autonomia e consciência necessárias para o exercício da cidadania e para a busca de uma vida melhor em sociedade.

### Retomando a notícia

As questões levantadas na seção **Foi notícia!** são retomadas e respondidas na seção **Retomando a notícia**, que aparece sempre em momento oportuno, após a apresentação da teoria necessária para a compreensão adequada da resposta.

Trabalhar essas perguntas e suas respostas com o aluno é uma forma de desenvolver seu senso de cidadania paralelamente à aquisição do conhecimento químico, enriquecendo as aulas e significando o aprendizado.

### Curiosidade

O boxe **Curiosidade** aparece durante o desenvolvimento dos conteúdos e trata geralmente de um fato interessante relacionado ao que o aluno está aprendendo, à biografia de um cientista cujo trabalho está sendo estudado, a algum fato histórico ou a alguma discussão extra que possa enriquecer a aula.

## Experimento

Os experimentos são atividades que podem minimizar a ideia preconcebida que alguns alunos têm de que as aulas de Química são difíceis e monótonas, pois tornam as aulas mais agradáveis e dinâmicas.

Alguns objetivos considerados importantes para a realização do experimento em sala de aula são: gerar hipóteses, estimular o senso crítico e o caráter científico e buscar soluções para problemas.

Houve uma grande preocupação em sugerir experimentos com materiais de baixo custo, de fácil acesso e que não oferecessem riscos para o aluno, para o professor e para o meio ambiente. Contudo, é extremamente difícil abolir, por exemplo, a chama e os reagentes químicos em todos os experimentos. Por esse motivo, ressaltamos a importância da responsabilidade do aluno ao manipular qualquer reagente ou chama com o selo Responsabilidade é tudo!.

É necessário também ressaltar a importância do descarte adequado dos rejeitos gerados em cada atividade. Além dos cuidados descritos, quando o experimento é mais complexo, é sugerido no livro que seja feito apenas pelo professor.

## Cotidiano do químico

Neste box são apresentados alguns processos químicos realizados nos dias atuais ou que contribuíram para o desenvolvimento da Ciência. O objetivo é ampliar o conhecimento do aluno e tentar desmitificar o papel do químico como o indivíduo que, por exemplo, “faz explosões” ou que fica apenas no laboratório, correspondendo a uma visão distorcida e criada, muitas vezes, pela mídia.

Acreditamos também que a função da escola e do livro didático é a de ampliar os horizontes dos alunos, levando-os a conhecer muitos pontos que não estão acessíveis ao seu dia a dia, embora o foco seja no cotidiano do aluno e na aplicação da Química em sua vida.

## Saúde e sociedade

Neste box são abordados os assuntos que relacionam a Química, os processos e os compostos químicos com a sociedade e a saúde dos indivíduos.

## De onde vem? Para onde vai?

Discute as matérias-primas utilizadas, o processo de extração, a obtenção e as aplicações principais de alguns produtos economicamente importantes e estratégicos.

Esta seção sempre sugere um trabalho em grupo relacionado a alguma pesquisa que deve ser desenvolvida pelos próprios alunos, com orientação do professor. É um momento oportuno para o aluno discutir suas ideias e até confrontar situações contraditórias com seus colegas, desenvolvendo e aperfeiçoando seu senso crítico e o respeito pelas ideias do outro.

É importante que o aluno desenvolva na prática, em sala de aula, a habilidade de trabalhar em equipe, para que ele consiga se adequar às exigências do mercado de trabalho, aprendendo a conviver melhor em sociedade.

As sugestões de trabalho em grupo também têm um caráter interdisciplinar e são uma ótima oportunidade para que os alunos percebam que todas as Ciências andam de mãos dadas e necessitam umas das outras para o seu desenvolvimento.

## Exercício resolvido

Optou-se por não trabalhar com exercícios resolvidos em meio a uma série de exercícios propostos. Algumas questões foram resolvidas passo a passo, no meio da teoria, quando se julgou necessário, principalmente em assuntos que envolvem cálculos matemáticos.

## Exercícios

Sempre que se julgou necessário foram propostas algumas questões pertinentes ao assunto abordado. O objetivo dessas questões é verificar o aprendizado do aluno, direcionar o trabalho do professor e tornar a aula mais dinâmica e participativa.

Além disso, as questões podem ser utilizadas como forma de avaliação formativa, isto é, de acordo com essa concepção, cabe ao professor o papel de coletar dados e informações sobre o desenvolvimento do aluno e registrar suas necessidades e possibilidades.

## Compreendendo o mundo

Essa seção finaliza a unidade e se propõe a concluir as discussões feitas em torno do tema central discutido ao longo dos capítulos, interligando-a com o tema da unidade seguinte.

Muitos dos vídeos que indicamos no livro do aluno em **Sugestões de leitura, filmes e sites** podem ser acessados por um *link* do YouTube. O acesso fácil e democrático a materiais com grande potencial educacional e o leque de possibilidades de trabalho que a internet traz ao professor são de um valor imensurável, mas, como sabemos, tudo tem seu preço.

No caso do YouTube o preço é a propaganda a que somos convidados a assistir antes do filme. Apesar de termos a opção de ignorar o anúncio após 5 segundos de visualização, é claro que a propaganda é planejada para despertar nossa curiosidade e o desejo de acompanhá-la até o final.

Em sala de aula, temos um objetivo claro de trabalho e dificilmente o professor cederá aos encantos da propaganda, por mais bem-feita que seja. Mas, quando solicitamos aos alunos que vejam um filme em casa, sozinhos ou em grupo para posteriormente discutir o tema em sala de aula, precisamos considerar que estarão expostos à propaganda

e que devemos ajudá-los a desenvolver seu senso crítico. Isso pode ser feito, por exemplo, pedindo aos alunos que respondam às seguintes perguntas:

1) O aluno viu a propaganda até o final?; 2) Pareceu divertido?; 3) Sentiu desejo de adquirir o produto?; 4) Esse desejo existiria caso não tivesse visto a propaganda?;

## 3) Trabalho com textos

O trabalho com textos nas aulas de Química não deve se resumir apenas à apresentação e à exploração dos conteúdos específicos, por isso recomenda-se explorar outros aspectos do texto – discursivos e textuais.

É preciso estimular os alunos para a prática da leitura e da interpretação dos textos, levando-os a compreender os fenômenos abordados, bem como a discuti-los. Nesta coleção, foram selecionados vários textos sobre assuntos atuais para promover a reflexão, contribuindo com a formação de leitores críticos e reflexivos.

Sugere-se, por exemplo, que a leitura desses textos seja feita em voz alta, com leitores (alunos) intercalados (cada aluno lendo um parágrafo). O objetivo é ajudá-los a desenvolver a expressão oral e estimular sua atenção. Após a leitura de cada parágrafo, sugere-se que o professor peça a eles que exponham o que foi entendido para que as dúvidas sejam esclarecidas.

Nesse ponto, deve-se tomar o cuidado de não expor ao constrangimento alunos de personalidade muito tímida, para os quais ler em público se tornaria um verdadeiro martírio. Se o professor perceber que entre seus alunos há algum(ns) nessa situação, pode solicitar voluntários para a leitura e estimular a participação do(s) aluno(s) tímido(s) de outra maneira, de modo que se respeite sua individualidade.

Outra forma de ler o texto com os alunos, tornando a leitura significativa, é contextualizar a situação de produção, ou seja, explorar:

- quem é o autor do texto;
- a quem ele se dirige (público-alvo);

## 4) Sobre o desenvolvimento dos conteúdos

A sequência em que os conteúdos foram distribuídos tem por objetivo levar o aluno a compreender como o conhecimento em Química é construído ao longo do tempo. Para isso, os textos são trabalhados de modo a enfatizar dúvidas e/ou discutir ideias (independentemente de estarem “certas” ou “erradas”).

Por exemplo, para compreender a teoria atômica e entender o modelo atômico de Dalton, é preciso primeiro conhecer as propriedades da matéria e as leis ponderais, ou seja, conhecer o que a teoria atômica procura explicar. Por isso optou-se em não utilizar fórmulas antes que o aluno

5) Qual a mensagem oculta do anúncio, ou seja, o que ele deixou claro mesmo sem dizer diretamente?; 6) O aluno concorda com a mensagem do anúncio?

Agindo dessa forma, acreditamos que o professor estará usando a favor da educação um material que a princípio poderia ser nocivo ao aluno.

- quando e onde o texto foi escrito;
- onde foi publicado;
- com que finalidade;
- quais os recursos discursivos que ajudam a compreender as principais ideias veiculadas no texto;
- o resultado decorrente desses recursos.

Uma terceira opção é trabalhar os articuladores textuais com o objetivo de levar o aluno a perceber o encaideamento dos enunciados e as relações lógico-semânticas por eles estabelecidos.

“Tais articuladores podem relacionar elementos de conteúdo, ou seja, situar os estados de coisas de que o enunciado fala no espaço e/ou no tempo [exemplo: A primeira vez...; depois], bem como estabelecer entre eles relações de tipo lógico-semântico [exemplos: por causa, para, porque]; podem estabelecer relações entre dois ou mais atos de fala, exercendo funções enunciativas ou discurso-argumentativas [exemplos: ou, mas, isto é, portanto, ainda que, daí que, afinal, aliás]; e podem, ainda, desempenhar, no texto, funções de ordem metaenunciativa [exemplos: geograficamente, economicamente, evidentemente, aparentemente, infelizmente, desgraçadamente, curiosamente, mais uma vez, é indispensável, opcionalmente, sinceramente].

[...] Desta forma, [os articuladores] não apenas são responsáveis, em grande parte, pela coesão textual, como também por um grande número de indicações ou sinalizações destinadas a orientar a construção interacional do sentido.” KOCH, Ingedore G. V. *Desvendando os segredos do texto*. São Paulo: Cortez, 2002, p. 133-141.

saiba de onde vieram, como foram determinadas e como surgiu a necessidade de se empregarem símbolos e índices, por exemplo.

O aprendizado se inicia por aquilo que está mais próximo da realidade; logo, faz sentido iniciar a abordagem pela observação dos materiais à nossa volta, para então comparar suas propriedades e, paulatinamente, apresentar os conceitos de substância e de elemento químico, ainda que de forma rudimentar, para mais adiante rever e reformular esses conceitos conforme surjam novas observações e descobertas científicas que justifiquem tais reformulações.

Dessa forma, é apresentada uma Química mais dinâmica, com erros e acertos, em constante evolução, e não como algo pronto e acabado, rígido e autoritário, que entedia os alunos em vez de despertar interesse e curiosidade.

Construindo com os alunos uma base sólida de conhecimentos, o decorrer do curso, e principalmente a compreensão da Química aplicada ao dia a dia, poderá fluir mais facilmente e passará a fazer sentido.

## Proposta metodológica

O avanço tecnológico que vem ocorrendo no mundo a cada dia tem mudado o cotidiano das pessoas. Com isso, o novo paradigma da educação é preparar indivíduos que possam pensar, agir e interagir como cidadãos com o mundo.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Ensino Médio (1999): “O aprendizado de Química pelos alunos de Ensino Médio implica que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e assim possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos. Esse aprendizado deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas. Tal a importância da presença da Química em um Ensino Médio compreendido na perspectiva de uma Educação Básica”.

Para que esse aluno possa tomar decisões de forma crítica sobre as situações do dia a dia que poderão ser impostas, vários fatores são responsáveis pela sua formação, como

o ambiente escolar, o currículo a ser adotado, a interação entre alunos e professores.

A escola deve ser um ambiente de formação e informação que possibilite ao aluno desenvolver todas as suas capacidades para compreender a realidade e participar em relações sociais de caráter político, social e cultural.

O objetivo principal da escola é que seja um ambiente que também aprenda a ensinar (Proposta Curricular do Estado de São Paulo). Ou seja, a escola deve valorizar as atividades em grupos, a opinião do aluno, as discussões entre alunos e professores, contribuindo para o conhecimento coletivo.

O currículo apresenta um papel importante na formação do aluno. Ele corresponde à situação de aprendizagem e ensino decorrente das culturas em nível científico, artístico e humanístico. Esse currículo, de acordo com os PCN, deve capacitar o indivíduo para a realização das atividades dos três domínios da ação humana: a vida em sociedade, a atividade produtiva e a experiência subjetiva. Para que o aluno obtenha esses domínios da ação humana, é necessário que adquira competências e habilidades.

O quadro a seguir apresenta as competências e habilidades necessárias para o aprendizado da Química, de acordo com os PCN.

Competências	Habilidades
<b>Representar Comunicar-se</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descrever transformações químicas em linguagens discursivas.</li> <li>• Compreender a simbologia e os códigos da Química.</li> <li>• Traduzir a linguagem discursiva em linguagem simbólica e vice-versa. Utilizar a representação simbólica das transformações químicas e reconhecer suas modificações ao longo do tempo.</li> <li>• Traduzir a linguagem discursiva em outras linguagens usadas em Química: gráficos, tabelas e relações matemáticas.</li> <li>• Identificar fontes de informação e formas de obter dados relevantes para o conhecimento da Química.</li> </ul>
<b>Investigar Compreender</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreender e utilizar os conceitos químicos dentro de uma visão macroscópica (lógico-empírica).</li> <li>• Compreender os fatos químicos numa visão macroscópica (lógico-formal).</li> <li>• Compreender dados quantitativos, estimativas e medidas, e relações proporcionais presentes na Química (raciocínio proporcional).</li> <li>• Reconhecer tendências e relações a partir de dados experimentais ou outros (classificação, seriação e correspondência em Química).</li> <li>• Selecionar e utilizar ideias e procedimentos científicos (leis, teorias, modelos) para a resolução de problemas qualitativos e quantitativos em Química, identificando e acompanhando as variáveis relevantes.</li> <li>• Reconhecer ou propor a investigação de um problema relacionado à Química, selecionando procedimentos experimentais pertinentes.</li> <li>• Desenvolver conexões hipotético-lógicas que possibilitem previsões acerca das transformações químicas.</li> </ul>
<b>Contextualizar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhecer o papel da Química nos sistemas produtivo, industrial e rural.</li> <li>• Reconhecer os limites éticos e morais envolvidos no desenvolvimento da Química e da tecnologia.</li> <li>• Reconhecer aspectos químicos na interação individual e coletiva do ser humano com o meio ambiente.</li> <li>• Reconhecer as relações entre desenvolvimento científico e tecnológico da Química e aspectos socioculturais.</li> </ul>

De acordo com o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), “competências são as modalidades estruturais da inteligência, ou melhor, ações e operações que utilizamos para estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas que desejamos conhecer.

As habilidades decorrem das competências adquiridas e referem-se ao plano imediato do ‘saber fazer’. Por meio das ações e operações, as habilidades aperfeiçoam-se e articulam-se, possibilitando nova reorganização das competências”.

O papel do professor nessa etapa de construção de conhecimentos, por meio das competências e habilidades adquiridas e aperfeiçoadas pelo aluno, é de extrema importância. Ele será um articulador de estímulos à aprendizagem do aluno.

Para que o aprendizado não seja segmentado e muitas vezes distante das outras áreas, um dos objetivos da proposta curricular é que se valorize o caráter interdisciplinar e contextualizado, estabelecendo conexões e inter-relações entre os diversos tipos de conhecimentos, proporcionando assim uma capacidade de resolver problemas e entender determinados fenômenos sobre vários pontos de vista.

Assim, a proposta desta coleção é proporcionar um aprendizado com todos os conteúdos relevantes da Química. Para isso, são utilizadas ferramentas como textos jornalísticos, científicos, interdisciplinares, atividades contextualizadas, experimentos, curiosidades, visando que as contribuições geradas pelas discussões possam proporcionar ao aluno senso crítico, criativo e dinâmico.

## Sugestão de planejamento

Considerando no mínimo oito meses de aula (quatro bimestres) e duas aulas de Química por semana (o que se traduz na situação mais comum), teremos cerca de oito aulas de Química por mês.

Como cada volume da coleção possui 11 capítulos, podemos propor uma distribuição de conteúdos ao longo do ano de, em média, um capítulo e meio por mês.

Observe no quadro a seguir uma sugestão de distribuição de conteúdos.

## Sugestão de distribuição do conteúdo

	Volume 1	Volume 2	Volume 3
<b>Março</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O estudo de Química e grandezas físicas</li> <li>Propriedades da matéria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teoria cinética dos gases</li> <li>Misturas gasosas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conceitos básicos e nomenclatura</li> <li>Hidrocarbonetos e haletos orgânicos</li> </ul>
<b>Abril</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propriedades da matéria (continuação)</li> <li>Substâncias e misturas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cálculo estequiométrico</li> <li>Soluções</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Petróleo, hulha e madeira</li> <li>Funções oxigenadas e nitrogenadas</li> </ul>
<b>Mai</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reações química</li> <li>Notações químicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Soluções (continuação)</li> <li>Propriedades coligativas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Funções oxigenadas e nitrogenadas (continuação)</li> <li>Isomeria constitucional e estereoisomeria</li> </ul>
<b>Junho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Notações químicas (continuação)</li> <li>Eletricidade e radioatividade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reações endotérmicas e exotérmicas</li> <li>Cinética química</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reações de substituição</li> <li>Reações de adição e outras reações orgânicas</li> </ul>
<b>Agosto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelo básico do átomo e leis periódicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equilíbrios moleculares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reações de adição e outras reações orgânicas (continuação)</li> <li>Polímeros sintéticos</li> </ul>
<b>Setembro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ligações covalentes e forças intermoleculares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equilíbrios iônicos, pH e <math>K_{ps}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introdução à Bioquímica e lipídios</li> </ul>
<b>Outubro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compostos orgânicos</li> <li>Ligação iônica e compostos iônicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pilhas e baterias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carboidratos e proteínas</li> </ul>
<b>Novembro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ligação iônica e compostos iônicos (continuação)</li> <li>Metais oxirredução</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eletrólise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leis da radioatividade e energia nuclear</li> </ul>

As atividades experimentais, as atividades em grupo e os debates relacionados ao tema fazem parte do processo de aquisição do conteúdo e devem ser incorporados às aulas regulares.

Observe que no livro do aluno são intercalados textos de curiosidades e indicações de *sites*, em que poderão ser obtidas mais informações sobre os assuntos.

Isso foi feito para estimular o aluno a ler e a estudar sozinho por meio do livro e, dessa forma, adquirir autonomia – qualidade que deve ser sempre incentivada pelo professor por ser fundamental para o aluno que ingressa cedo no mercado de trabalho.

Muitos só adquirem essa autonomia ao cursar uma faculdade, mas, se for considerado que boa parte dos alunos não vão ingressar no Ensino Superior, é preciso concordar que

ela deve ser assimilada agora, no Ensino Médio, porque o mercado de trabalho exige isso.

Outro recurso do qual se lança mão para atingir esse objetivo é a utilização de tamanho de letras e espaçamento proporcionais, imagens e ilustrações, evitando, dessa maneira, que o ato de ler se torne cansativo, principalmente para o aluno que não tem esse hábito regularmente.

No decorrer deste Manual, no detalhamento de cada capítulo, há sugestões de conteúdos específicos indispensáveis para a sequência dos estudos no caso de não haver tempo suficiente para trabalhar todos os conteúdos do livro. Também são sugeridas atividades extras e formas de se trabalhar conteúdos.

Note, porém, que são apenas sugestões, porque tão importante quanto desenvolver a autonomia do aluno é respeitar a autonomia do professor em sala de aula.

## Avaliação

Avaliar o aluno não é verificar seu fracasso ou sucesso no ensino. De acordo com a educadora Maria Inês Fini: “Avaliar é melhorar o desempenho dos alunos, é verificar a atuação do professor e dar mais eficiência à instituição escolar para que alcance seus objetivos.”

Segundo os PCN, avaliar significa verificar se o ensino cumpriu com sua finalidade: a de fazer aprender. Para aprimorar e verificar as aptidões dos alunos é fundamental a utilização de diferentes códigos, como o verbal, o escrito, o gráfico, o numérico.

No ensino de Química é importante que sejam valorizadas a compreensão e a aplicação dos conteúdos estudados, e não a memorização de fórmulas, gráficos, “fila” de eletro-negatividade, nome de compostos, entre outros.

O professor pode realizar essa avaliação utilizando alguns critérios, como:

- Os temas das unidades referentes aos volumes da coleção podem ser utilizados como objetos de pesquisa de forma individual ou coletiva. O professor pode dar um tema a cada grupo ou escolher um tema específico, dividindo-o por assuntos para os grupos que são formados.
- A participação oral pode ser utilizada também como observação do aprendizado, por exemplo, nas discussões de algum tema ou na apresentação de seminários. É importante que, neste momento, o professor registre como preferir (no diário ou em uma tabela) a participação desse aluno, verificando se houve progressão em seu aprendizado ou se existem lacunas ou conceitos malformados.
- A atividade experimental também pode ser utilizada como um meio de avaliação da aprendizagem dos alunos. A avaliação por meio da experimentação pode ser ricamente explorada nos aspectos conceituais (se os alunos compreenderam os conceitos ou conseguem resolver

problemas por meio de experimentos), procedimentais (se os alunos são capazes de efetuar procedimentos) e atitudinais (como os alunos se relacionam nos grupos).

- Na produção de textos sobre algum assunto que foi proposto e discutido em sala de aula, como pedir aos alunos que elaborem uma análise crítica sobre os impactos ambientais, sociais e econômicos que envolvem o uso da energia nuclear. O professor pode aplicar algumas perguntas ou fornecer aos alunos textos de caráter jornalístico ou científico como fonte de pesquisa para a produção escrita de seus alunos.
- Na capacidade do aluno em responder questões sobre conteúdos que foram discutidos e trabalhados em sala de aula de forma individual ou em grupo. Essas questões podem ser sobre conteúdos abordados, interpretação de textos, atividades experimentais, leitura de tabelas e gráficos, etc. As questões sugeridas na coleção também podem ser utilizadas para essa finalidade.
- Na mudança comportamental dos alunos mediante os conhecimentos adquiridos e incorporados em atitudes e valores.

Feitas as avaliações, o professor pode verificar se o aluno:

- adquiriu o conhecimento desejado sobre o assunto que foi desenvolvido;
- participou ativamente dos procedimentos que foram propostos para a aquisição desse conteúdo;
- assimilou o conhecimento de forma a influenciar positivamente suas atitudes no dia a dia, na sala de aula e na vida em sociedade.

Dessa forma, as tradicionais provas escritas não devem ser o único objeto de avaliação, e sim mais uma das várias formas de avaliação, o que está de acordo com a versão mais recente dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM+).

## 8) Proposta de atividade: Quimicurta

A proposta de atividade apresentada a seguir foi elaborada pela professora doutora Kátia Aparecida da Silva Aquino e faz parte de sua experiência como docente do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Pernambuco (CAp/UFPE).

Recomendamos que o professor leia a proposta e se inspire para colocá-la em prática com seus alunos, pois essa será uma experiência muito enriquecedora e significativa, tanto no aspecto do relacionamento pessoal com os alunos quanto nos aspectos didático e educacional.

### Quimicurta: construção do conhecimento químico por meio da produção audiovisual

Após quase trinta anos da estreia do filme *De volta para o futuro II* (dirigido por Robert Zemeckis, 1989), que conta com um roteiro em que um jovem é transportado do ano de 1985 para o ano de 2015, constatamos que alguns avanços tecnológicos previstos no filme fazem parte dos nossos dias atuais.

Assim, atento à possibilidade da união entre Tecnologia e Arte para construir uma narrativa que vai além do entretenimento, o Ministério da Educação em 2009 reafirmou a importância da linguagem cinematográfica como instrumento pedagógico através do Programa Ensino Médio Inovador (ProEMI).

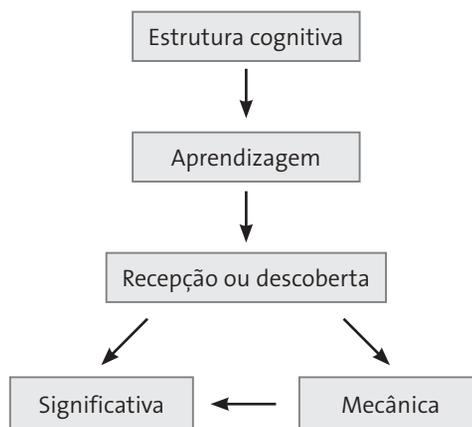
O ProEMI preconizou que a inovação no ensino deve viabilizar atividades do macrocampo obrigatório Integração Curricular e, especificamente para o audiovisual, o macrocampo eletivo da Comunicação, Cultura Digital e uso de Mídias. Contudo, são necessários mais estudos sobre estratégias didáticas no ensino de Química que implementem os princípios das novas orientações curriculares para o Ensino Médio a fim de promover inovações educacionais.

Por esse motivo, apresentaremos a seguir uma sugestão didática que pretende contribuir neste sentido, com informações e reflexões sobre o projeto Quimicurta, que consiste na produção audiovisual feita por estudantes do Ensino Médio na disciplina de Química. Porém, antes de iniciar a apresentação, é importante mencionar as bases da aprendizagem significativa (AS) de David Ausubel, disponível em <<http://revistaescola.abril.com.br/formacao/david-ausubel-aprendizagem-significativa-662262.shtml?page=1>>, acesso em 8 mar. 2016, nas quais vamos nos apoiar para discutir o projeto.

De acordo com Ausubel, a AS ocorre quando o novo conhecimento pode se ancorar em um conhecimento prévio, chamado de subsunçor, modificando-o ou especificando-o.

Por outro lado, quando o novo conhecimento não encontra um subsunçor na estrutura cognitiva, ocorre o que Ausubel chama de aprendizagem mecânica (AM).

Tanto na AS quanto na AM, a nova informação pode ser adquirida por recepção, como em aulas expositivas, ou por descoberta, que no contexto escolar se processa com ou sem a mediação do professor. Se, no momento da aquisição, um novo conhecimento não der significado a nenhum conhecimento prévio, ele pode vir a ser um subsunçor de outro conhecimento, adquirido no futuro. Então, a aprendizagem que antes era mecânica, se torna significativa. O esquema a seguir representa esse processo:



Representação esquemática reduzida sobre o mecanismo de aquisição de conhecimento.

A produção audiovisual no ensino de Química pode dar oportunidades únicas em que a interdisciplinaridade, a contextualização e a problematização converjam para um caminho que proporcione uma AS.

Neste cenário, o projeto Quimicurta tem como objetivo promover a construção do conhecimento químico através da produção audiovisual; neste caso, curta-metragens. Mas como fazer isso? Qual é o papel do professor nesse processo?

Primeiro é importante salientar que o Quimicurta faz parte de uma ação pedagógica no Ensino Médio do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Pernambuco (CAp-UFPE) desde o ano de 2012, ou seja, é uma ação que de fato já se concretizou como ferramenta pedagógica. Vamos então socializar esta experiência exitosa e convidar você, professor, a experimentar e inovar na sua sala de aula, por meio desta prática que pode ser direcionada como uma atividade extraclasse.

Para iniciar este projeto, o grupo deve ficar ciente da importância do comprometimento com a atividade, e uma autorização do uso de imagem deve ser assinada pelos pais ou responsáveis dos estudantes menores de idade.

Na sala de aula, os estudantes devem ser divididos em grupos e, por meio de um sorteio, cada grupo deve receber um tema trabalhado nas aulas de Química para desenvolver seu curta-metragem.

É muito importante que os estudantes desenvolvam seus curtas deslocando o tema químico para outro contexto, o que força a negociação de significados. Do ponto de vista pedagógico a negociação de significados propicia a interdisciplinaridade e a reflexão, tornando o processo de aprendizagem significativo.

Para acompanhamento do trabalho, já que é uma atividade extraclasse, sugerimos a criação de um grupo em rede social. Atualmente, as redes sociais podem desempenhar um papel muito importante e, quando bem utilizadas pelo professor, podem se tornar fortes aliadas no contexto educacional. Acompanhar os grupos pela rede social possibilita ao professor exercer uma nova forma de ensino, pois os materiais sobre o tema químico de cada grupo, como notícias de diversas mídias, podem ser disponibilizados e debatidos. Dessa forma, os estudantes se apropriam de novos contextos e desenvolvem novas articulações do conhecimento químico.

Além do acompanhamento dos grupos é importante estabelecer um cronograma para entrega de elementos importantes da ação. Antes dos estudantes gravarem as cenas é importante que eles construam um roteiro que contenha a ideia central do curta-metragem e a descrição das cenas e das falas dos personagens. É importante que o professor faça uma leitura do roteiro para verificar se os aspectos químicos estão realmente ligados ao contexto escolhido pelo grupo. Além disso, o professor pode contribuir com aspectos interdisciplinares.

Após a devolução do roteiro e possíveis correções, os estudantes podem começar as gravações, que podem ser feitas até mesmo com aparelhos celulares. Existem programas gratuitos, como o Viva Vídeo, que podem ser utilizados para gravar e editar cenas no próprio celular e com qualidade muito boa. A ideia é fazer algo simples, mas com a participação de todo o grupo. Os estudantes já nasceram na era digital, então não será difícil identificar as habilidades de cada componente do grupo.

Após as gravações vem a etapa de edição das imagens, na qual a narrativa é construída. Existem programas gratuitos de edição (indicadas no final do texto), cujos tutoriais estão disponíveis *on-line*. Uma boa busca na rede levará os grupos a programas incríveis. É importante salientar ainda que, caso os estudantes optem por utilizar músicas, estas sejam de domínio público, para que não ocorram problemas de direitos autorais.

Após a entrega dos curtas, que pode ocorrer por meio da gravação em DVD ou em *pendrive*, é importante que haja a socialização das produções por meio de uma exibição. A exibição pode ocorrer na sala de aula, só para os estudantes envolvidos ou em um espaço específico para outros elementos da comunidade escolar ou da instituição de ensino.

Além do acompanhamento dos grupos na rede social e do curta-metragem em si, a avaliação dos grupos pode ser realizada por meio da produção coletiva, que pode ser um texto que discorra sobre as cenas nas quais os conceitos químicos foram inseridos.

Apresentações orais, em que cada grupo apresenta as cenas e discute o tema químico, também são uma alternativa para socializar a concepção do curta-metragem do ponto de vista da Química.

Já sabemos que a produção audiovisual pode ser uma rica ferramenta pedagógica, mas como é possível realizar uma avaliação individual em uma produção em grupo? O acompanhamento de cada estudante na rede social pode dar uma dimensão mais ampliada de questões comportamentais e de relação interpessoal que com certeza poderia também ser um rico campo de estudos para os professores de outras áreas, como Filosofia ou Sociologia.

A partir dos conceitos da AS, Joseph Novak, disponível em <[www.ihmc.us/groups/jnovak/](http://www.ihmc.us/groups/jnovak/)>, acesso em 8 mar. 2016, introduziu o uso de mapas conceituais como forma de representação das conexões de ideias sobre um determinado conhecimento na estrutura cognitiva. Assim, um conceito é ligado a outro conceito através de uma palavra de ligação. A tríade conceito-palavra de ligação-conceito forma uma proposição. Tais proposições, que partem de um conceito gerador ou palavra raiz, podem ser avaliadas e fornecem um espelho de como os conceitos vão sendo articulados, tornaram-se ou não mais elaborados ou se estão sendo especificados. Desta forma pode-se ter uma ideia das modificações dos conhecimentos prévios através dos novos conhecimentos adquiridos. No contexto escolar, a vantagem do uso de mapas conceituais é a possibilidade que o estudante tem de poder articular conhecimentos em rede, o que aproxima os conceitos que, por alguma razão, ficariam distantes.

Sendo assim, os mapas conceituais são um recurso de avaliação individual que pode ser utilizado para identificar o processo de construção do conhecimento químico trabalhado por cada grupo ou suas elaborações numa perspectiva da AS. Claro que os estudantes, antes de tudo, devem ter a oportunidade de trabalhar no desenvolvimento de bons mapas, e o exercício da técnica é o melhor caminho. Como sugestão, que se baseia na ação desenvolvida no Quimicurta, os estudantes podem construir os mapas conceituais em dois momentos: um antes da produção do curta-metragem e outro depois. Desta forma o professor poderá comparar as associações de significados antes e depois da produção do curta-metragem, além de entender o impacto que a ação promoveu do ponto de vista da construção do conhecimento químico.

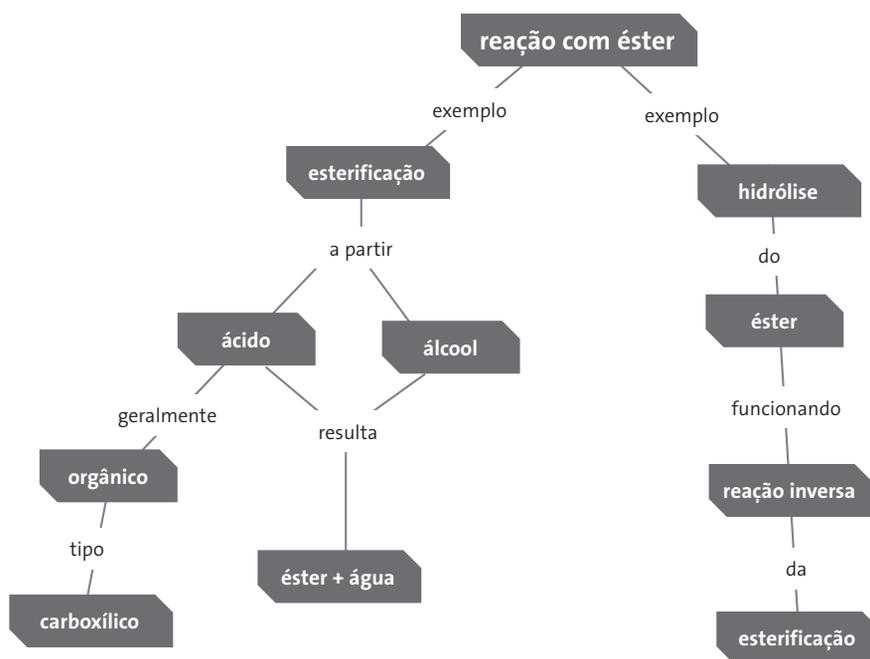
Os mapas conceituais se baseiam na interligação de conceitos e, no caso do Quimicurta, a palavra geradora ou raiz é o tema químico utilizado na produção de cada curta-metragem. Sendo assim, pode ser avaliada em cada mapa, entre outros critérios, a correta ligação entre os conceitos, sendo que, no mapa elaborado após a execução do curta-metragem, pode-se avaliar também como a introdução de elementos relativos ao roteiro do curta-metragem se articulou com o tema químico.

Esta visão propicia ao professor a compreensão de como cada estudante conseguiu avançar na construção do conhecimento do tema químico trabalhado, suas interligações e seus contextos. Esta prática promove reflexões mútuas e o rompimento da passividade do estudante no processo ensino-aprendizagem.

Para exemplificar vamos transcrever aqui a avaliação de dois mapas conceituais (um antes e um depois da produção do curta-metragem) desenvolvidos por um estudante do CAP-UFPE. O nosso objetivo não é fazer uma análise profunda, mas sim mostrar, de maneira geral, como é possível avaliar a construção do conhecimento químico numa perspectiva da aprendizagem significativa por meio de mapas conceituais.

No mapa conceitual 1, apresentado a seguir, desenvolvido antes da produção do curta-metragem, a palavra geradora “reação com éster” anuncia qual foi o tema químico

desenvolvido pelo estudante e seu grupo, e mostra que o estudante consegue identificar que as reações de esterificação e hidrólise ocorrem com substâncias que possuem o grupo éster. Provavelmente estes foram os conceitos desenvolvidos nas aulas de Química. Contudo a sequência “reação de esterificação → ácido → orgânico → carboxílico” nos mostra uma interligação muito simples das ideias. Não há neste mapa qualquer aplicação de reações que envolvam o grupo éster, contudo observa-se que proposições válidas foram relacionadas por meio da ligação dos conceitos por palavras de ligação. As palavras de ligação são importantes para a identificação correta do que o estudante quis expressar em seu instrumento. Devemos ter em mente que o mapa vai ser avaliado sem a presença do estudante e a clareza é fundamental para uma boa avaliação.



Mapa conceitual 1, desenvolvido individualmente antes da produção do curta.

Por outro lado, o mapa conceitual 2, construído após a elaboração do curta-metragem, é mais elaborado e mostra que novos conceitos modificaram os conhecimentos prévios. O estudante consegue manter seu raciocínio sobre a reação de esterificação, mas apresenta uma melhor organização de ideias.

O novo termo “transesterificação”, presente no mapa conceitual 2, evidencia a contribuição do curta-metragem nas novas articulações do conhecimento químico deste estudante. No curta-metragem, o grupo adicionou este tipo de reação no contexto da trama para tratar da problemática do biodiesel. O termo “biodiesel” aparece no mapa como uma aplicação da reação no cotidiano. Aliás, o estudante

conecta ao termo “cotidiano” as reações com o grupo éster. Neste caso o conhecimento passou a ter um novo significado, muito mais abrangente, e a experiência vivida na produção do curta-metragem pode ter sido um fator determinante nesse processo.

O termo “sabão e produtos de limpeza” nos ajuda nesta compreensão, pois o curta-metragem produzido envolvia uma agência de publicidade que tinha como principal objetivo montar a melhor companha para um novo sabão líquido. Este termo parece substituir o termo “hidrólise”, empregado pelo estudante em seu primeiro mapa conceitual (1), ou seja, a reação de saponificação parece ter muito mais significado para o estudante.

Do ponto de vista processual observa-se que o estudante, no mapa conceitual 2, passa a diferenciar progressivamente o conhecimento à medida que especifica as reações com o grupo éster; contudo, ao fazer a ligação cruzada entre “cotidiano → transesterificação”, a reconciliação de saberes, que

é um processo mais complexo, pôde ser identificada. Só podemos avaliar se de fato ocorreu uma aprendizagem significativa em outros momentos da vida deste estudante, mas os resultados apresentam fortes indícios de que o conhecimento químico passou a ter um novo significado, muito mais rico.



Mapa conceitual 2, elaborado depois da produção do curta.

Resultados muito similares foram encontrados em outros mapas analisados e em todos eles aparecem elementos dos roteiros utilizados nos curtas-metragens. Desta forma, se torna claro que a produção de curtas-metragens pelos estudantes fornece uma nova perspectiva para o ensino de Ciências, em especial para o ensino de Química. Neste cenário as Ciências Exatas e a Arte podem se complementar para a promoção de uma aprendizagem que faça mais sentido para o estudante.

O Quimicurta pode tomar uma dimensão ainda maior quando professores de outros componentes curriculares conseguem detectar, nos contextos criados nos curtas, oportunidades para realizarem discussões sobre diversas outras perspectivas.

No canal do Youtube Química CAp UFPE <[www.youtube.com/channel/UCGCg57oj54Sk\\_pao\\_5Ax\\_jw](http://www.youtube.com/channel/UCGCg57oj54Sk_pao_5Ax_jw)>, acesso em 8 mar. 2016, são encontrados todos os curtas-metragens que foram produzidos pelos estudantes desde 2012. Pro-

fessores de Química de todo o Brasil podem utilizar esses curtas como instrumentos didáticos para reflexões e discussões em sala de aula. O diferencial desses curtas-metragens é que, além de terem curta duração (até 15 minutos), são elaborados por estudantes do Ensino Médio que foram desafiados a construir contextos para temas químicos, dando movimento ao saber. Por exemplo, o curta-metragem *A culpa é do tarô* (2014), disponível em <[www.youtube.com/watch?v=VdquSfPsddM&list=PLOc91VPQ8B7U\\_Lva4vC9elj1LUcgCZdGC&index=7](http://www.youtube.com/watch?v=VdquSfPsddM&list=PLOc91VPQ8B7U_Lva4vC9elj1LUcgCZdGC&index=7)>, acesso em 8 mar. 2016, descreve com uma dose de bom humor uma situação em que a utilização indevida da radioatividade promove uma série de eventos que não foram planejados. Esse curta-metragem pode ser utilizado, por exemplo, para estabelecer um paralelo entre os benefícios e malefícios da radioatividade, gerando a problematização que leva à promoção da criticidade, que é um fundamento importante do ensino do século XXI.

Ações interdisciplinares também são possíveis, uma vez que os curtas-metragens propiciam um diálogo entre disciplinas para a compreensão de uma realidade criada pelos próprios estudantes e expressa nas cenas do curta-metragem.

O curta *Gloob* (2013), disponível em <[www.youtube.com/watch?v=e1i1hWhc3SQ&index=12&list=PLOc9IVPQ8B7U\\_Lva4vC9elJ1LUcgCZdGC](http://www.youtube.com/watch?v=e1i1hWhc3SQ&index=12&list=PLOc9IVPQ8B7U_Lva4vC9elJ1LUcgCZdGC)>, acesso em 8 mar. 2016, apresenta vários conflitos que podem auxiliar na discussão da ética em um componente curricular como Sociologia, ao mesmo tempo que possibilita ao professor de Química trabalhar as reações de saponificação e transesterificação. Assim, é possível propiciar a interação entre disciplinas aparentemente distintas, de maneira complementar, que possibilita a formulação de um saber crítico-reflexivo.

A construção do conhecimento propiciada pelo desenvolvimento do projeto Quimicurta se reveste de grande relevância, uma vez que estudantes e professores tornam-se parceiros na jornada. A produção audiovisual acaba por transcender as questões imediatistas de aprendizado, melhorando os relacionamentos e como consequência a convivência humana. Este talvez seja o maior ganho que será levado para a vida inteira do estudante que participou de uma produção audiovisual para fins pedagógicos.

### Sugestões de programas gratuitos para auxiliar no projeto

- Elaboração de roteiro: **Celtx** (<http://celtx.br.uptodown.com/>). Acesso em: 10 mar. 2016.
- Gravação e edição de vídeo para celular: **Viva Vídeo** (<http://vivavideodownload.com>). Acesso em: 29 mar. 2016.

- Edição de vídeo: **VSDC Free Video Editor** – (30 MB).
- Edição de imagem: **GIMP 2.8** – (86,1 MB).
- Edição de áudio: **Audacity** (<http://audacity.sourceforge.net/>). Acesso em: 10 mar. 2016.
- Músicas de domínio público: **Free Music Archive** (<http://freemusicarchive.org/>). Acesso em: 10 mar. 2016.

### Referências bibliográficas Quimicurta

BRASIL. *LDB: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Lei nº 9394 de 20/12/96. São Paulo: Saraiva, 1997.

\_\_\_\_\_. MEC. *Parâmetros Curriculares Nacionais*: introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília, 1997.

\_\_\_\_\_. MEC. *Programa Ensino Médio Inovador* – documento orientador. Brasília, 2013.

MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem significativa*: da visão clássica à visão crítica. Disponível em: <[www.if.ufrgs.br/~moreira/visao classicavisao critica.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclassicavisao critica.pdf)>. Acesso em: 11 fev. 2016.

\_\_\_\_\_. *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. Disponível em: <[www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf)>. Acesso em: 11 fev. 2016.

MORTIMER, E. F. O construtivismo, mudança conceitual e ensino de Ciências: para onde vamos? Revista *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, 1996.

OLIVEIRA, B. J. (Org.) *História da Ciência no Cinema*. UFMG, Belo Horizonte, Editora Argumentum, 2005.

PIETROBOM, Sandra R. G. A prática pedagógica e a construção do conhecimento científico. *Práxis Educativa*. Ponta Grossa, PR, v. 1, n. 2, p. 77-86, 2006.

## 9 Referências bibliográficas

ALARCÃO, Isabel. *Professores reflexivos em escola reflexiva*. São Paulo: Cortez, 2003.

ALMEIDA, Eduardo Santos e outros. *A visão dos alunos do Ensino Fundamental e do Ensino Médio sobre o profissional de Química*. Disponível em: <[www.ciencia.iao.if.usp.br/tudo/exibir.php?midia=eneq&cod=\\_avisaodosalunosdoensinofundamentaledoensinomedio](http://www.ciencia.iao.if.usp.br/tudo/exibir.php?midia=eneq&cod=_avisaodosalunosdoensinofundamentaledoensinomedio)>. Acesso em: 8 mar. 2013.

ALMEIDA, Elba Cristina S. e outros. *Contextualização do ensino de Química*: motivando alunos de Ensino Médio. Disponível em: <[www.prac.ufpb.br/anais/xenex\\_xienid/x\\_enex/ANAIS/Area4/4CCENDQPEX01.pdf](http://www.prac.ufpb.br/anais/xenex_xienid/x_enex/ANAIS/Area4/4CCENDQPEX01.pdf)>. Acesso em: 8 mar. 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares do Ensino Médio*. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2013.

\_\_\_\_\_. MEC. *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio* – Conhecimentos de Química. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2013.

GOMES, Suzana dos Santos. *Prática docente e de avaliação formativa*: a construção de uma pedagogia plural e diferenciada – FAE/UFMG. Disponível em: <[www.anped.org.br/reunioes/26/trabalhos/suzanadossantosgomes.rtf](http://www.anped.org.br/reunioes/26/trabalhos/suzanadossantosgomes.rtf)>. Acesso em: 8 mar. 2013.

KOCH, Ingedore. *Desvendando os segredos do texto*. São Paulo: Cortez, 2002.

*Revista São Paulo faz escola*. Edição especial da proposta curricular, 2008.

Secretaria da Educação. *Proposta Curricular do Estado de São Paulo*: Química. In: FINI, Maria Inês (Coord.). São Paulo, 2008.

## Unidade 1 – Petróleo

O tema central desta primeira unidade é o petróleo. Seleccionamos notícias que mostram vários aspectos do uso dessa matéria-prima fóssil, das perspectivas do pré-sal, as dificuldades de exploração, os constantes acidentes que envolvem vazamento de petróleo e a possibilidade de uso de fontes alternativas de energia.

A discussão desse tema é bastante oportuna, pois está diretamente relacionado à Química orgânica, aos hidrocarbonetos e ao nosso dia a dia, já que vivemos em um mundo que ainda é movido a petróleo.

O pré-sal, assunto que se mantém em pauta, teve um ápice de otimismo e abriu um leque de possibilidades quando foi descoberto. Depois, a realidade mostrou que sua exploração talvez não fosse tão lucrativa e promissora e o alarde inicial poderia estar, na verdade, relacionado a interesses políticos. De qualquer forma é um assunto que continua sendo discutido pelas autoridades governamentais, empresas investidoras e meios de comunicação. Por isso, é interessante iniciar as aulas com esse tema, relacionando-o ao conteúdo químico desta unidade e com destaque em sua importância econômica na sociedade.

Antes de iniciar a aula, peça aos alunos que escrevam em uma folha de papel à parte o que sabem a respeito do pré-sal. Posteriormente, faça a leitura de alguns textos escolhidos aleatoriamente (sem identificar o autor). A ideia preliminar dos alunos, que o professor vai observar, é uma ferramenta para avaliar o conhecimento prévio que eles têm do tema e poderá direcionar as discussões e explicações teóricas.

### Como justificar para o aluno a importância do que ele irá aprender agora?

Vamos começar o estudo de Química orgânica relembrando aos alunos os conceitos básicos que foram estudados no Volume 1, como os postulados de Kekulé, a simplificação de fórmulas estruturais e o conceito de ressonância.

Em seguida, vamos falar sobre vários conceitos novos e importantes – que constituem os fundamentos na construção desse conhecimento – como a classificação de cadeias carbônicas e a nomenclatura de compostos orgânicos. É importante frisar sempre para os alunos que o conhecimento que estão adquirindo é importante por ser a base de tudo o que verão ao longo do ano.

Por fim iniciaremos o estudo das funções orgânicas pelo grupo mais importante, os hidrocarbonetos, justamente os principais componentes do petróleo.

A Química orgânica está muito relacionada ao nosso dia a dia e o aprendizado dessa disciplina pode trazer respostas e fornecer parâmetros para que cada um faça opções melhores e mais conscientes para sua vida.

### Sobre como desenvolvemos o conteúdo

Se não tomarmos cuidado, a introdução à Química orgânica pode parecer um amontoado de informações aparentemente desconexas e sem utilidade. Não podemos deixar que isso aconteça. Então, é preciso ressaltar a importância que cada uma dessas informações terá no futuro. Por exemplo, comentar que o tipo de cadeia carbônica influencia diretamente nas propriedades do composto químico, que a classificação de carbonos em primário, secundário ou terciário será importante quando formos estudar oxidação de álcoois (comente a transformação de “vinho em vinagre”, de que todos já ouviram falar) e o quanto aquelas poucas regras de nomenclatura nos ajudarão a reconhecer o nome, a fórmula, o grupo funcional e muitas propriedades de um grande número de compostos orgânicos quando estivermos estudando suas características e aplicações.

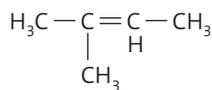
Em relação a esse assunto, é importante o professor estar atento para o fato de que a classificação de carbonos em primário, secundário e terciário só é rigorosamente válida para carbonos saturados ( $sp^3$ ).

Assim, classificamos os carbonos de alcanos em primário, secundário, terciário e quaternário para que, mais tarde, esse conhecimento nos seja útil de alguma forma, como, por exemplo, no estudo da oxidação de álcoois.

- álcoois primários (que possuem o grupo  $-OH$  em carbono primário) oxidam produzindo ácidos carboxílicos.  
Exemplo: a oxidação do etanol produz ácido etanoico.
- álcoois secundários (que possuem o grupo  $-OH$  ligado a carbono secundário) oxidam produzindo cetonas.  
Exemplo: a oxidação do propan-2-ol produz propanona.
- álcoois terciários (que possuem o grupo  $-OH$  ligado a carbono terciário) não sofrem oxidação.
- O metanol (estudado à parte e cujo carbono não é classificado por esse critério, pois não está ligado a nenhum outro carbono) oxida produzindo gás carbônico e água.

Nenhum livro de Química orgânica de Ensino Superior classifica carbonos  $sp^2$  ou  $sp$  dessa forma mas, no Ensino Médio, verificou-se que estender essa classificação a carbonos  $sp^2$  ou  $sp$  poderia ser útil para classificar as cadeias carbônicas em normais ou ramificadas.

Exemplo: o composto 2-metil-but-2-eno apresenta cadeia ramificada porque possui um “carbono terciário”:



Assim, alguns autores de Ensino Médio e de exercícios de vestibular consideram essa classificação válida para carbonos  $sp^2$  e  $sp$  (o que a rigor não é correto).

Outro aspecto importante dessa introdução à Química orgânica é procurar “treinar o aluno” para transpor uma fórmula estrutural simplificada, por exemplo, um quadrado, para o composto que ele realmente representa, no caso, o ciclobutano. Devido à complexidade das fórmulas dos compostos orgânicos, a maioria dos exercícios e publicações científicas trabalham com as fórmulas simplificadas e isso não pode ser um empecilho para o aluno seguir adiante.

## Capítulo 1 – Conceitos básicos e nomenclatura

O estudo da Química orgânica já foi iniciado no primeiro volume desta coleção, no qual foram discutidos os grupos funcionais mais importantes e suas propriedades. É conveniente trabalhar esse primeiro capítulo como forma de lembrar o que já foi estudado.

Este capítulo é também um aprofundamento do que foi visto sobre nomenclatura no primeiro volume e fornece uma visão das regras de nomenclatura IUPAC de compostos de cadeia normal e de cadeia ramificada.

### Objetivos

- Entender como a definição de Química orgânica foi construída ao longo da história.
- Reconhecer as principais propriedades do carbono.
- Reconhecer os átomos e as ligações envolvidas em uma cadeia carbônica.
- Representar o número de ligações de cada elemento em um composto orgânico.
- Classificar os quatro tipos de carbono (primário, secundário, terciário e quaternário) que aparecem em uma cadeia carbônica.
- Classificar as cadeias carbônicas.
- Diferenciar um detergente biodegradável de um não biodegradável com base na cadeia carbônica.
- Entender como a nomenclatura de compostos orgânicos é sistematizada (utilizando os hidrocarbonetos como exemplo).
- Aprender a reconhecer um hidrocarboneto.
- Compreender a necessidade ou não de numerar a cadeia carbônica para dar nome ao composto.

- Representar as fórmulas estruturais dos hidrocarbonetos a partir de seu nome, segundo as regras da IUPAC.
- Nomear, segundo as regras da IUPAC, os hidrocarbonetos de cadeia insaturada e de cadeia ramificada.
- Reconhecer nomes e a estrutura dos substituintes mais simples.

### Conteúdos específicos indispensáveis para a sequência dos estudos

- Síntese da ureia: Wöhler.
- Propriedades do carbono.
- Classificação dos tipos de carbono.
- Classificação das cadeias carbônicas.
- Fórmulas estruturais: reconhecimento do número de ligações e átomos envolvidos.
- Reconhecer um hidrocarboneto.
- Compreender as principais regras de nomenclatura propostas pela IUPAC.

### Comentários e sugestões

Como neste primeiro capítulo são abordados conceitos que os alunos já estudaram, é interessante iniciar uma discussão em que as ideias vão sendo construídas a partir das informações dos alunos. Assim é possível observar o que já sabem e que é necessário aprimorar.

Neste capítulo, há conceitos fundamentais, portanto é preciso um cuidado maior, pois o estudo dos capítulos posteriores dependerá do que for assimilado agora.

Proponha que os exercícios sejam resolvidos individualmente e entregues numa folha no final da aula. Esse material produzido pelos alunos pode ser considerado uma forma de avaliação. Sugira um debate sobre detergentes biodegradáveis e não biodegradáveis presentes na seção **Retomando a notícia** (página 20 do livro do aluno). Pontos importantes para serem debatidos são: a diferença na cadeia carbônica, a ação dos microrganismos sobre cada um, a ação de limpeza comparada a do sabão e a poluição que causam.

Na aula seguinte é interessante formar grupos de três alunos. Coloque na lousa alguns exemplos de alcanos, alcenos, alcadienos, alcinos e ciclanos e peça a um grupo que indique o nome IUPAC do composto selecionado. Reserve uns minutos para que cada grupo entre em acordo em relação à resposta. Anote na lousa a resposta ao lado da estrutura do composto. Proponha um composto diferente para cada grupo formado. A seguir, retome a discussão com a turma para corrigir eventuais erros.

Se houver tempo, seria interessante conversar com os alunos sobre o papel dos radicais livres no organismo.

### O que são alimentos orgânicos?

A produção de alimentos orgânicos tem como objetivo final o equilíbrio sustentável do ambiente. No cultivo estão proibidos os agrotóxicos, os fertilizantes sintéticos e as sementes transgênicas.

Os animais são criados sem uso de hormônios de crescimento, anabolizantes ou outras drogas como os antibióticos. A ideia é o produtor utilizar os recursos do ambiente sem alterar suas características.

O modelo convencional de agricultura traz diversos problemas para o meio ambiente, para os agricultores e para os consumidores, como erosão, baixa produtividade das terras e culturas, doenças (encefalopatia espongiiforme, febre aftosa) e contaminação por dioxina. Esses problemas fizeram com que a opinião pública prestasse mais atenção à questão dos alimentos.

Ao compararmos os sistemas convencional e orgânico de produção de alimentos, devemos levar em consideração os seguintes aspectos: resíduos de agrotóxicos, contaminação microbiana e parasitária, teor de nitratos, vantagens organolépticas e vantagens nutricionais.

#### Resíduos de agrotóxicos

Ultimamente o sistema de produção convencional de alimentos tem deixado resíduos de agrotóxicos em níveis preocupantes para a saúde pública.

Pesquisa realizada pela Anvisa em parceria com a Fiocruz (Fundação Oswaldo Cruz) mostrou que 22,17% de frutas, verduras e legumes, produzidos em sistema convencional e vendidos em supermercados em quatro estados — São Paulo, Paraná, Minas Gerais e Pernambuco —, apresentavam irregularidades graves, como uso de agrotóxicos acima do limite permitido por lei e uso de agrotóxicos proibidos, devido a sua alta toxicidade.

O programa, que está numa primeira fase, recolheu 1 278 amostras de alface, banana, batata, cenoura, laranja, maçã, mamão, morango e tomate.

Do total das amostras, cerca de 81,2% continham algum resíduo de agrotóxico.

Estima-se que durante a existência de uma pessoa (com média de 70 anos) transitam cerca de 25 toneladas de alimento pelo sistema digestório. Mesmo que esses alimentos estejam contaminados com baixos teores de agrotóxicos, pode ocorrer alguma intoxicação em um período do ciclo de vida da pessoa.

Um dos problemas no diagnóstico é que não existem sintomas característicos da epidemia de intoxicação subclínica por agrotóxico. Cada pessoa responde de maneira diferente. Existe uma multiplicidade de sintomas e suas características são individuais, mani-

festando-se em alguns na forma de fadiga, em outros como dor de cabeça ou dores articulares, depressão, dores musculares, alergia, distúrbios digestórios, etc.

Acredita-se que nenhum medicamento pode agir adequadamente em pacientes com acúmulo de agrotóxicos em seu organismo. Portanto, existe a necessidade de desintoxicação, ativando o sistema de detoxificação hepática e intestinal, sendo necessário mudar os hábitos e optar por alimentos com menor quantidade de resíduos de agrotóxicos, já que não é possível se ver totalmente livre deles.

Consumir produtos orgânicos pode minimizar a exposição aos resíduos de agrotóxico; entretanto, é preciso saber que, mesmo os alimentos orgânicos cultivados sob os mais rigorosos padrões podem não ser totalmente livres de agrotóxicos, devido à contaminação ambiental (produtos persistentes) e derivação de produtos químicos provenientes de propriedades que utilizam o sistema de agricultura convencional.

#### Contaminação microbiana e parasitária

Um dos pontos mais questionados pelos críticos da agricultura orgânica é a contaminação causada pelo uso intensivo de esterco (dejetos de animais).

É importante lembrar, porém, que o uso de esterco também é comum em sistemas convencionais.

De fato, dejetos de animais tratados de forma inadequada podem ser uma fonte de contaminação do alimento e do solo, independentemente do sistema de cultivo utilizado.

A maioria das pesquisas nessa área tem sido desenvolvida para mostrar o tempo de sobrevivência de agentes patogênicos nos dejetos animais, o modo de disseminação no campo e os tratamentos utilizados para diminuir ou eliminar completamente esse tipo de contaminação. Certos agentes patogênicos, como o vírus da hepatite A, têm uma resistência térmica mais alta que outros microrganismos.

Assim, conforme recomendam as técnicas de agricultura orgânica, um processo de compostagem bem feito é imprescindível para diminuir o risco de contaminação.

#### Teor de nitratos

O aumento rápido do teor de nitrato nas plantas é a consequência mais conhecida do emprego crescente de fertilizantes sintéticos nitrogenados, usados na agricultura convencional para aumentar rapidamente a produtividade de hortaliças de folhas, como alface, couve, agrião, chicória, etc.

O uso excessivo de fertilizantes nitrogenados associados à irrigação frequente faz com que ocorra um acúmulo de nitrato,  $\text{NO}_3^-$ (aq), e nitrito,  $\text{NO}_2^-$ (aq), nos tecidos de plantas.

Fatores ambientais e genéticos também contribuem para o acúmulo de nitrato.

Sabe-se, por exemplo, que o nitrato se acumula mais em baixa luminosidade (dias nublados e curtos, no período de inverno, em locais sombreados e pela manhã). Os fatores genéticos são responsáveis pelas variações no teor de nitrato entre espécies diferentes expostas à mesma condição de cultivo.

O nitrato ingerido passa à corrente sanguínea e pode reduzir-se a nitrito.

Os nitritos, por meio de uma série de reações que ocorrem no estômago (em meio ao ácido do suco gástrico), podem formar compostos altamente cancerígenos como as nitrosaminas.

Por isso, o monitoramento dessas substâncias é essencial para garantir a qualidade dos alimentos consumidos pela população.

Em alimentos cultivados no sistema orgânico, como não são utilizados fertilizantes sintéticos nitrogenados, o teor de nitrato chega a ser 25 vezes menor.

### Vantagens organolépticas

De um modo geral, os estudos comparativos da qualidade organoléptica – sabor, aroma, textura – entre alimentos cultivados pelo sistema tradicional e pelo sistema orgânico estão ainda em estágio inicial e mostram resultados variáveis.

Muitos fatores, além do modo de produção, podem influenciar no sabor e no aroma de um produto agrícola, como, por exemplo, a variedade utilizada, o tipo de solo e de clima e o ano climático.

Em um estudo feito com um bom controle de variáveis externas realizado na Suíça, comparando-se maçãs da espécie ‘Golden Delicious’, avaliaram-se parâmetros de qualidade física e química.

Os resultados mostraram que para a maioria das variáveis analisadas houve similaridade entre os sistemas orgânico e convencional, sobretudo em relação à qualidade visual do produto.

Entretanto, as frutas cultivadas pelo sistema orgânico apresentaram valores significativamente mais favoráveis em alguns aspectos como 31,9% mais fósforo nas frutas frescas; 14,1% maior firmeza (tempo de armazenamento 12% superior); 8,5% mais fibras; 18,6% mais compostos fenólicos (maior proteção natural ao organismo); 15,4% superior num teste de qualidade que avalia sabor e aroma, firmeza da polpa e casca; quantidade de suco e conteúdo de açúcar.

### Vantagens nutricionais

Ainda não existe um consenso sobre as vantagens nutricionais dos alimentos orgânicos em relação aos alimentos produzidos pelo sistema convencional.

Algumas pesquisas mostraram que a planta orgânica apresenta um teor vitamínico mais concentrado.

Acredita-se que isso ocorra porque a planta é obrigada a trabalhar sob estresse, sem a ajuda de substâncias químicas sintéticas para sua autodefesa e, assim, acaba produzindo mais vitaminas antioxidantes (principalmente a vitamina C).

Para saber mais sobre o assunto, leia: DALROT, Moacir Roberto. *Alimentos orgânicos: um guia para o consumidor consciente* (2. ed. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 2007).

## Atividade extra

Solicite uma pesquisa sobre a utilização de alimentos orgânicos na comunidade em que vivem. É possível também entrevistar algumas pessoas da comunidade para verificar o que sabem sobre alimentos orgânicos.

Posteriormente, pode ocorrer na sala de aula uma discussão sobre esse material coletado pelos alunos.

## Conversa com o professor

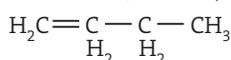
### Nomenclatura de compostos orgânicos

A seguir, encontram-se as principais regras de nomenclatura estabelecidas pela IUPAC em 1993, trabalhadas no livro do aluno.

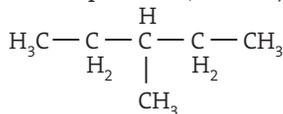
#### Uso da numeração

O número sempre precede, no nome do composto, a insaturação, o substituinte ou o grupo funcional que se pretende localizar. Exemplos:

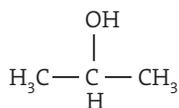
But-1-eno (localização da insaturação)



3-metilpentano (localização do substituinte)



propan-2-ol (localização do grupo funcional)

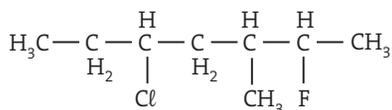


Os substituintes ou ligantes devem ser dispostos no nome em ordem alfabética.

Note que não se usa mais o termo “radicais”, uma vez que, por definição, um radical possui necessariamente pelo menos uma valência livre.

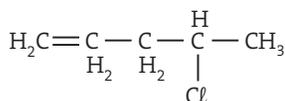
Os halogênios são tratados como substituintes alquila. Dessa forma, o grupo  $-\text{Cl}$  tem, por exemplo, o mesmo peso de um substituinte metil,  $-\text{CH}_3$ , e, portanto, peso menor que uma insaturação. Exemplos:

5-cloro-3-metil-2-fluoro-heptano



Observe que se usa “fluoro” e não flúor.

4-cloropent-1-eno

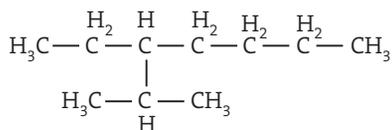


Os substituintes ou ligantes com valência livre em carbono secundário ou terciário (considerados ramificados) podem ser nomeados como cadeias secundárias, desde que o nome esteja entre parênteses.

Esse tipo de nomenclatura aprovada pela IUPAC ainda não é muito utilizado no Ensino Médio e não consta no livro-texto. Exemplos:

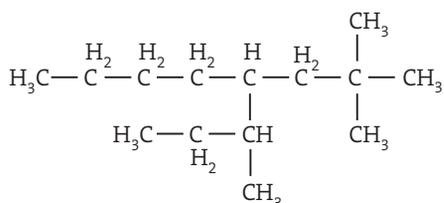
3-(metil-etil)-heptano

Substituição: (metil-etil) no lugar de isopropil



2,2-dimetil-4-(1-metil-propil)octano

Substituição: (1-metil-propil) no lugar de s-butil

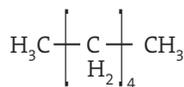
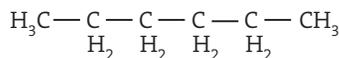


A tabela da página 30 do livro do aluno traz o nome dos radicais mais comuns segundo os exemplos anteriores.

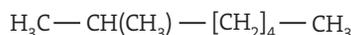
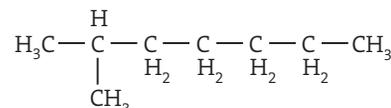
Deve-se utilizar colchetes no lugar de parênteses como sinal de repetência em fórmulas condensadas.

Note que os parênteses, em uma fórmula, indicam o substituinte que está ligado imediatamente ao carbono anterior. Exemplos:

Hexano



2-metil-heptano

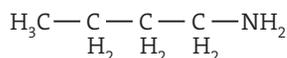


### Para as aminas, usa-se preferencialmente a nomenclatura sistemática

Atualmente a nomenclatura mais utilizada no Ensino Médio é a chamada radicofuncional. Exemplos:

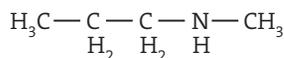
Radicofuncional: butilamina ou butilazano

Nome sistemático: butan-1-amina



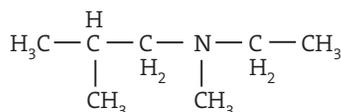
Radicofuncional: metil-propilamina ou metil(propil)azano

Nome sistemático: N-metilpropanamina



Radicofuncional: etil(isobutil)metilamina ou etil(isobutil) metilazano

Nome sistemático: N-etil-2,N-dimetilpropan-1-amina

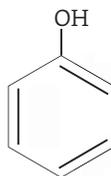


### Nomenclatura dos derivados de benzeno

A nomenclatura recomendada pela IUPAC para os principais derivados de benzeno de outros grupos funcionais é a seguinte.

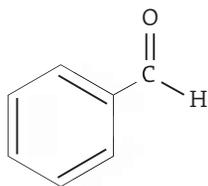
Nome sistemático: benzenol

Nomes usuais: fenol, hidroxibenzeno



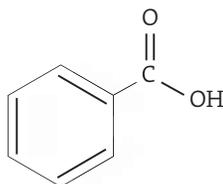
Nome sistemático: benzenocarbaldeído

Nome usual: benzaldeído



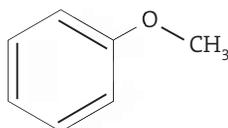
Nome sistemático: ácido benzenocarboxílico

Nome usual: ácido benzoico



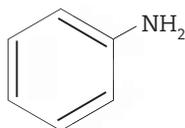
Nome sistemático: metoxibenzeno

Nome usual: anisol



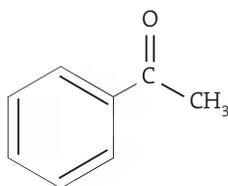
Nome sistemático: benzenamina

Nome usual: anilina



Nome sistemático: 1-feniletanona

Nome usual: acetofenona



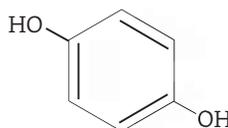
Deve-se empregar a nomenclatura Iupac para todos esses grupos funcionais, exceto os três primeiros. De acordo com as preferências de indexação do *Chemical*

*Abstract*, mantêm-se nomes usuais: fenol, benzaldeído e ácido benzoico, que devem ser usados de preferência aos nomes sistemáticos, principalmente para os derivados desses compostos por uma nova substituição no anel aromático.

Exemplos:

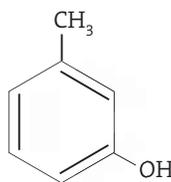
Nome sistemático: Benzeno-1,4-diol

Nomes usuais: 1,4-di-hidroxibenzeno (preferencialmente), *p*-di-hidroxibenzeno, hidroquinona

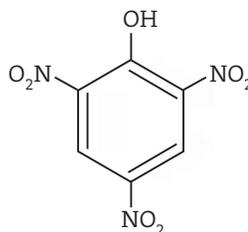


3-metilfenol (recomendado)

Nome usual: *m*-cresol



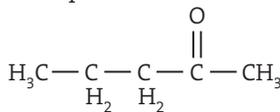
2,4,6-trinitrofenol (recomendado)



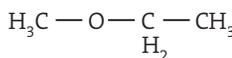
### Nomenclatura radicofuncional de cetona e éter

Os nomes que indicam o grupo funcional cetona e éter devem preceder os nomes dos substituintes.

Exemplos:



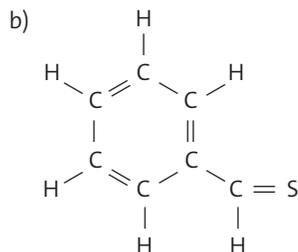
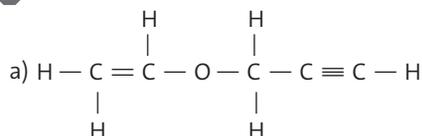
Cetona metílica e propílica no lugar de metileticetona

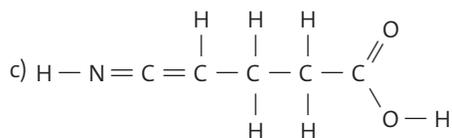


Éter etílico e metílico no lugar de etilmetiléter

## Resolução dos exercícios

1

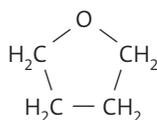




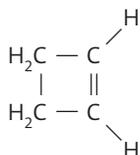
2 Ao observarmos as fórmulas estruturais dos compostos do conjunto A: Como as quatro valências do carbono são iguais e estão dirigidas para os vértices de um tetraedro regular, não importa em qual dos vértices estejam localizados o hidrogênio do composto A1, ou os dois hidrogênios do composto A2, a substância resultante é sempre a mesma.

3 A representação correta para o metano é a segunda. No metano, o carbono faz quatro ligações simples. O arranjo geométrico que permite aos 4 elétrons de valência do carbono se posicionarem o mais distante possível uns dos outros é o arranjo espacial, num ângulo de  $109^{\circ}28'$ , segundo os vértices de um tetraedro regular.

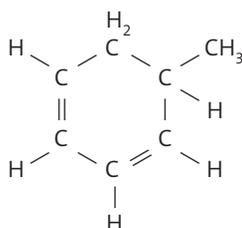
4 a)  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$



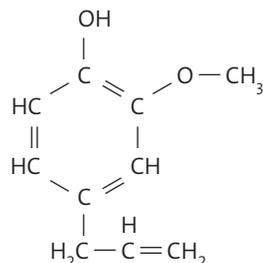
b)  $\text{C}_4\text{H}_6$



c)  $\text{C}_7\text{H}_{10}$



5 Alternativa e.



Fórmula molecular do eugenol:  $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$ .

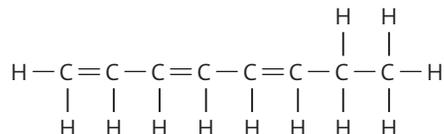
6 a) Cada molécula de AZT possui 10 átomos de carbono.

b) 1 molécula de AZT ————— 4 átomos de oxigênio  
1 mol de moléculas de AZT — 4 mol de átomos de O  
1 mol de átomos —————  $6 \cdot 10^{23}$  átomos  
4 mol de átomos ————— x

$$x = \frac{4 \cdot 6 \cdot 10^{23}}{1} \Rightarrow x = 24 \cdot 10^{23} \text{ átomos}$$

$$x = 2,408 \cdot 10^{24} \text{ átomos de oxigênio.}$$

7 Fórmula molecular:  $\text{C}_8\text{H}_{12}$ .



8 Fórmula molecular:  $\text{C}_8\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O}_3$

9 a)  $\text{C}_{10}\text{H}_8$

b)  $\text{C}_8\text{H}_9\text{O}_2$

c)  $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$

10 Alternativa e.

x é uma ligação dupla e y é uma ligação tripla.

11 Alternativa d.

É uma cadeia aberta, ou acíclica. Ramificada, insaturada (apresenta duas duplas ligações) e é homogênea, não possui heteroátomos entre dois carbonos).

12 Alternativa b.

A cadeia possui dois anéis aromáticos, portanto é considerada aromática.

Observação: a cadeia também pode ser considerada mista: parte aromática e parte acíclica.

13 Alternativa b.

Cadeia acíclica, saturada e heterogênea.

14 Alternativa e.

As duas cadeias são acíclicas, homogêneas e saturadas.

15 a)  $\text{CH}_3\text{ON}$

A estrutura será dada por:  $\text{CH}_3 - \text{N} = \text{O}$

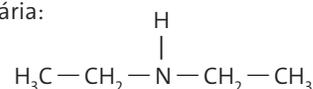
b)  $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$

Como o exercício não aponta a localização do N, somente cita que cada carbono está ligado a apenas um outro carbono, há três aminas possíveis:

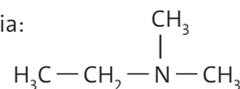
• Primária:

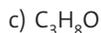


• Secundária:

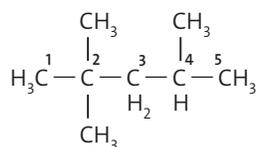
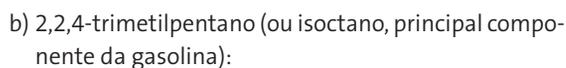
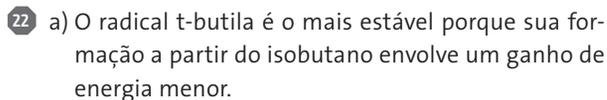
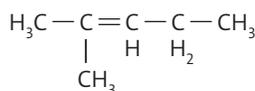
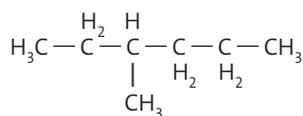
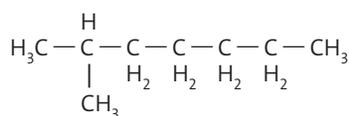
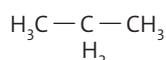
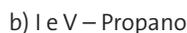
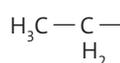
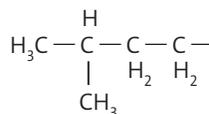
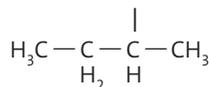
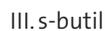
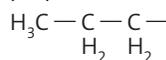
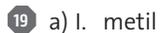
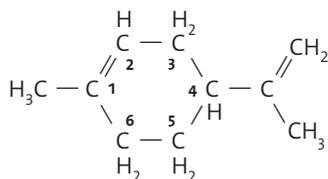
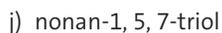
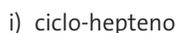
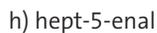
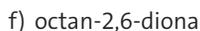
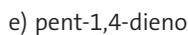
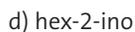
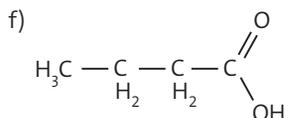
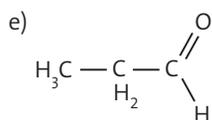
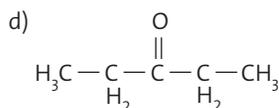
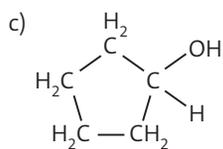
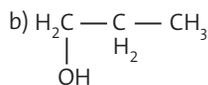
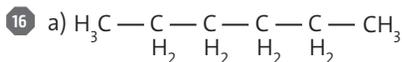
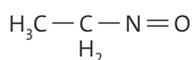
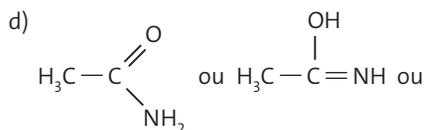


• Terciária:





Como a cadeia carbônica é heterogênea, a estrutura será dada por:  $CH_3-CH_2-O-CH_3$ .



## Capítulo 2 – Hidrocarbonetos e haletos orgânicos

Os hidrocarbonetos são os compostos orgânicos mais importantes e que apresentam o maior número de aplicações, nesse capítulo são discutidas suas propriedades e também sua subdivisão nas seguintes classes: alcanos, alcenos, alcinos, alcadienos, ciclanos, ciclenos e aromáticos.

Este capítulo trata também do estudo dos haletos orgânicos, a nomenclatura segundo IUPAC, suas propriedades e aplicações.

### Objetivos

- Conhecer e compreender algumas propriedades dos hidrocarbonetos, tais como: forças intermoleculares, temperaturas de fusão e ebulição, fases de agregação, densidade, solubilidade, reatividade, aplicações práticas e propriedades organolépticas.
- Estabelecer relações da temperatura de ebulição dos hidrocarbonetos conforme o número de ramificações na cadeia.
- Definir e reconhecer alcanos, alcenos, alcinos, alcadienos, ciclanos, ciclenos e aromáticos. Esse reconhecimento pode ser através de fórmulas moleculares, fórmulas estruturais, nomes oficiais ou usuais.
- Determinar fórmulas estruturais e fórmulas moleculares de compostos das diferentes classes de hidrocarbonetos.
- Representar as diferentes fórmulas estruturais que correspondem a uma mesma fórmula molecular (isomeria).
- Reconhecer alguns hidrocarbonetos importantes presentes em algumas subdivisões, com suas possíveis aplicações e também o nome usual, se houver.
- Nomear os haletos orgânicos segundo as regras estabelecidas pela IUPAC.
- Determinar a fórmula estrutural ou fórmula molecular dos haletos orgânicos a partir de seus nomes.
- Compreender algumas propriedades dos haletos orgânicos, como a densidade, temperaturas de fusão e ebulição, fases de agregação, forças intermoleculares, solubilidade, reatividade, propriedades organolépticas e aplicações.

### Conteúdos específicos indispensáveis para a sequência dos estudos

- Propriedades dos hidrocarbonetos: forças intermoleculares, temperatura de ebulição, fase de agregação e solubilidade.
- Tipos de hidrocarbonetos: alcanos, alcenos, alcinos, alcadienos, ciclanos, ciclenos e aromáticos.
- Haletos orgânicos: nomenclatura IUPAC.
- Fórmulas estruturais e moleculares.

### Comentários e sugestões

Inicie a aula lembrando quando um composto é classificado como hidrocarboneto e discuta com seus alunos algumas propriedades com base nas ligações covalentes e na diferença de eletronegatividade dos átomos de carbono (2,5) e de hidrogênio (2,1), por exemplo, forças intermoleculares, temperatura de ebulição, estados de agregação em condições ambientes e solubilidade. Discuta como a ramificação da cadeia carbônica interfere na temperatura de ebulição. Compare o aumento da temperatura de ebulição dos hidrocarbonetos de cadeia normal com o aumento da massa molar.

Referente a subdivisões dos hidrocarbonetos comente sobre todas as classes, mas enfatize os alcanos, lembrando que muitos compostos importantes desse grupo serão estudados no próximo capítulo em que o assunto é petróleo.

Aborde a reatividade dos ciclanos valorizando a relação entre a estabilidade do composto e o ângulo de ligação.

Peça aos alunos que façam uma pesquisa na internet sobre os HPAs (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) e a seguir produzam um texto sobre o que entenderam. Na aula seguinte, recolha os textos e discuta com eles os pontos que considerar importantes. O intuito da produção desses textos é verificar a capacidade de os alunos interpretarem informações e também verificar a habilidade de expressão na escrita. Isso pode ser considerado uma forma de avaliação.

O texto a seguir pode ajudar no seu trabalho:

### Conversa com o professor

#### Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) são compostos que possuem dois ou mais anéis aromáticos condensados.

Essas substâncias, bem como seus derivados nitrados (nitro-HPAs) e oxigenados (oxi-HPAs), são formadas durante a combustão incompleta de material orgânico, como a queima de madeira, de combustíveis

fósseis, na incineração do lixo, na fumaça de cigarro, em fotocopiadoras, na preparação de alimentos fritos e churrascos, e em diversos processos industriais, como produção de alumínio e gaseificação do coque.

Os HPAs estão amplamente distribuídos no ambiente, podendo ser encontrados na atmosfera, na água e no solo.

Por serem solúveis em gordura, os HPAs e seus derivados podem ser absorvidos pela pele, por ingestão ou por inalação, sendo rapidamente distribuídos pelo organismo.

Por serem rapidamente metabolizados nos tecidos corpóreos, não ocorre bioacumulação, mesmo nos tecidos ricos em gorduras. Após o metabolismo hepático, essas substâncias são eliminadas por meio das fezes e da urina.

Quando absorvidos diretamente da fase gasosa, os HPAs são rapidamente metabolizados e eliminados pelo organismo (o benzo(a)pireno, por exemplo, é eliminado em cerca de 1 hora).

Entretanto, quando estão associados a partículas respiráveis (adsorvidos na superfície dessas partículas), essa eliminação é bem mais demorada, podendo levar semanas.

A quantidade absorvida por inalação varia conforme o grau de contaminação atmosférica, que está diretamente relacionado à urbanização, ao tráfego de veículos automotores e ao tipo e à industrialização da área. Em ambientes fechados, a fumaça de cigarro e as fontes de aquecimento são as principais fontes de HPAs.

A absorção dérmica é bastante importante em algumas atividades industriais, podendo ser a responsável por até 90% da quantidade absorvida pelo corpo humano.

Não há um nível tolerável para a ingestão dos HPAs; por isso, o grande desafio está em reduzir a contaminação ao menor patamar possível, adotando procedimentos que reduzam a presença desses hidrocarbonetos nos alimentos.

Vários estudos têm demonstrado que alguns HPAs são potentes agentes carcinogênicos e mutagênicos. Isso significa que são capazes de reagir diretamente, ou após

sofrerem transformações metabólicas, com o DNA humano, interferindo na reprodução celular e são ingeridos diariamente numa quantidade média de 3,12 µg por pessoas não fumantes e não expostas a HPAs no trabalho.

Nesse caso, os alimentos são responsáveis por aproximadamente 96% dessa ingestão. O restante é absorvido diretamente do ar (1,6%), da água (0,2%) e do solo (0,4%). Se contarmos os demais fatores de contaminação (fumo, poluição atmosférica, exposição ocupacional), a ingestão de HPAs no Brasil pode chegar a cerca de 6,15 µg por dia, por pessoa, sendo 1,9 µg de compostos cancerígenos e mutagênicos.

Entre os grupos de alimentos que mais contribuem para a ingestão dos HPAs estão os óleos e as gorduras, as carnes e os açúcares. A contaminação dos alimentos por HPAs pode ocorrer tanto durante o preparo quanto pela deposição atmosférica sobre grãos, vegetais e frutas.

Os HPAs podem ser convertidos nos seus derivados nitrogenados quando expostos a agentes nitrantes. Entre eles, os particularmente ativos são o monóxido de nitrogênio, NO(g), o ácido nítrico, HNO<sub>3</sub>(v), o pentóxido de dinitrogênio, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(g) e o radical nitro, -NO<sub>2</sub>. O monóxido de nitrogênio e o ácido nítrico reagem com os HPAs adsorvidos nas partículas, enquanto o pentóxido de dinitrogênio e os radicais nitro reagem exclusivamente com os HPAs na fase gasosa.

Os derivados oxigenados em geral são formados pela ação do ozônio, O<sub>3</sub>(g), e da radiação ultravioleta sobre os HPAs.

Geralmente, as concentrações ambientais dos derivados nitrogenados e oxigenados são cerca de 100 a 1000 vezes inferiores àquelas dos correspondentes HPAs.

## Conversa com o professor

O cálculo da tensão de ligação é feito aplicando-se a seguinte fórmula:

$$\text{tensão} = 109^{\circ}28' - \alpha$$

Onde  $\alpha$  = ângulo real.

A divisão por 2 é necessária porque a tensão angular envolve 2 ligações C — C.

Veja como a conta é feita passo a passo para o ciclopropano:

$$\frac{109^{\circ}28' - 60^{\circ}}{2} = \frac{109^{\circ} - 60^{\circ} + 28'}{2}$$

$$\frac{49^{\circ} + 28'}{2} = 24,5^{\circ} + 14'$$

Como  $0,5^{\circ} = 30'$ , teremos  $24^{\circ} + 30' + 14' = 24^{\circ}44'$

## Experimento

### Sachês perfumados

O intuito desta atividade experimental é observar o comportamento de uma mistura de hidrocarbonetos em especial, a parafina, submetida a aquecimento e a resfriamento,

utilizando como estímulo a confecção de um sachê. É interessante realizar esse experimento após a abordagem dos conteúdos. É conveniente que o aquecimento em banho-maria seja feito pelo professor. Os alunos podem ser responsáveis em desenformar o material quando solidificar e também em embrulhar os sachês.

Esta atividade experimental apresentará um grande interesse por parte dos alunos, pois os sachês perfumados são vendidos no comércio, usados como enfeites nos armários e podem ser oferecidos como presente. Caso a escola disponha dos materiais necessários, pode ser produzido um sachê para cada aluno.

Após a realização da atividade experimental, enquanto o material estiver solidificando, discuta os conceitos químicos envolvidos nessa atividade experimental.

Nessa etapa também peça aos alunos que respondam em grupo às questões do item *Investigue* no caderno. Note que as questões exigem que o aluno relacione o experimento com a teoria que está aprendendo para buscar explicações para os fenômenos observados.

### Investigue

1. A parafina é altamente inflamável e sua faixa de fusão (a parafina não tem temperatura de fusão específico porque não é uma substância, é uma mistura) varia entre 47 °C e 65 °C, ou seja, é abaixo da temperatura de ebulição da água. Por isso a parafina funde em banho-maria.
2. A parafina é inflamável.

3. A substância precisa ser volátil, isto é, ter baixa temperatura de ebulição.
4. As substâncias responsáveis pelo perfume vão volatilizar rapidamente e em pouco tempo os sachês não terão mais cheiro.
5. Água, pois a parafina é insolúvel em água.

### Comentários e sugestões

De forma breve, lembre como é possível reconhecer os haletos orgânicos, seus nomes segundo a IUPAC e suas fórmulas estruturais e moleculares. Como os alunos já viram esse assunto no Volume 1, não deve haver grandes dificuldades em trabalhar esse conteúdo.

É interessante ouvir as ideias dos alunos sobre as propriedades dos haletos orgânicos para conduzir uma discussão. É importante mencionar, em especial, propriedades como forças intermoleculares, densidade e solubilidade.

Proponha que os exercícios sejam feitos em sala, individualmente. A seguir, peça aos alunos que formem grupos para discutir os resultados e chegar a um acordo sobre a resposta correta.

## Conversa com o professor

### Fabricação e branqueamento do papel

[...]

O papel continua na lista dos produtos de maior impacto ambiental.

Para minimizar os danos, consumidores precisam rever seus hábitos de consumo e exigir mudanças no modo de produção.

É difícil acreditar que uma simples folha de papel em sua trajetória da matéria-prima ao descarte final cause tantos problemas pelo caminho. Mas os impactos da produção já são bem conhecidos, e tão desastrosos que há anos a Europa tratou de 'terceirizar' o setor. É claro, para os países em desenvolvimento, onde a fragilidade das leis ambientais, a carência por postos de trabalho e a necessidade de gerar divisas acenaram, e ainda acenam, com boas-vindas para essa que é uma das mais impactantes indústrias do planeta.

Para produzir 1 tonelada de papel são necessárias 2 a 3 toneladas de madeira, uma grande quantidade de água (mais do que qualquer outra atividade industrial) e muita energia (está em quinto lugar na lista das que mais consomem energia). O uso de produtos químicos altamente tóxicos na separação e no branqueamento da celulose também representa um sério risco para a saúde humana e para o meio ambiente – comprometendo a qualidade da água, do solo e dos alimentos.

O alto consumo de papel e seus métodos de produção insustentáveis endossam o rol das atividades humanas mais nocivas ao planeta. O consumo mundial cresceu mais de seis vezes desde a metade do século XX, segundo dados do Worldwatch Institute, podendo chegar a mais de 300 kg *per capita* ao ano em alguns países. E na esteira do consumo, cresce também o volume de lixo, que é outro sério problema em todos os centros urbanos.

[...]

### O preço da brancura

Matéria-prima básica da indústria do papel, a celulose é um material fibroso presente na madeira e nos vegetais em geral. No processo de fabricação, primeiro a madeira é descascada e picada em lascas (chamadas cavacos), depois é cozida com produtos químicos, para separar a celulose da lignina e demais componentes vegetais. O líquido resultante do cozimento, chamado licor negro, é armazenado em lagoas de decantação, onde recebe tratamento antes de retornar aos corpos-d'água.

A etapa seguinte, e a mais crítica, é o branqueamento da celulose, um processo que envolve várias lavagens para retirar impurezas e clarear a pasta que será usada para fazer o papel. Até pouco tempo, o branqueamento

era feito com cloro elementar, que foi substituído pelo dióxido de cloro para minimizar a formação de dioxinas (compostos organoclorados resultantes da associação de matéria orgânica e cloro). Embora essa mudança tenha ajudado a reduzir a contaminação, ela não elimina completamente as dioxinas. Esses compostos, classificados pela EPA, a agência ambiental norte-americana, como o mais potente cancerígeno já testado em laboratórios, também estão associados a várias doenças do sistema endócrino, reprodutivo, nervoso e imunológico.

Mesmo com o tratamento de efluentes na fábrica, as dioxinas permanecem e são lançadas nos rios, contaminando a água, o solo e consequentemente a vegetação e os animais (inclusive os que são usados para consumo humano). No organismo dos animais e do homem, as dioxinas têm efeito cumulativo, ou seja, não são eliminadas e vão se armazenando nos tecidos gordurosos do corpo.

A Europa já aboliu completamente o cloro na fabricação do papel. Lá o branqueamento é feito com oxigênio, peróxido de hidrogênio e ozônio, processo conhecido como *total chlorine free* (TCF). Já nos Estados Unidos e no Brasil, e em favor de interesses da indústria do cloro, o dióxido de cloro continua sendo usado.

Ao negligenciar medidas de segurança, as indústrias de papel também ficam vulneráveis a acidentes ambientais graves, como ocorreu há pouco mais de um ano na Fábrica Cataguazes de Papel, em Cataguazes (MG). O rompimento de uma lagoa de tratamento de efluentes provocou o derramamento de cerca de 1,2 bilhão de litros de resíduos tóxicos no Córrego Cágados, que logo chegaram aos rios Pomba e Paraíba

do Sul. A contaminação atingiu oito municípios e deixou cerca de 600 mil habitantes sem água. Com a morte dos peixes, pescadores e populações ribeirinhas ficaram sem seu principal meio de subsistência.

[...]

### Dicas de consumo

– Reduza o uso de papel (e de madeira) o máximo possível.

– Evite comprar produtos com excesso de embalagem.

– Ao imprimir ou escrever, utilize os dois lados do papel.

– Revise textos na tela do computador e só imprima se for realmente necessário.

– Dê preferência a produtos reciclados ou aqueles que trazem o selo de certificação do FSC.

– Evite consumir papel cujo branqueamento seja feito com cloro ou hidróxido de cloro. Ligue para o SAC das empresas e exija que elas adotem uma produção mais limpa e com controle de efluentes.

– Use filtros, guardanapos e toalhas de pano em vez dos de papel.

– Recuse folhetos de propaganda que não sejam de seu interesse.

– Separe o lixo doméstico e doe os materiais recicláveis para as cooperativas de catadores. Saiba que 80% do papel que consumimos é na forma de embalagens.

– Organize-se junto a outros consumidores para apoiar ações socioambientais e pressionar o governo a fiscalizar empresas, criar leis de proteção ambiental e programas de incentivo à produção limpa.”

Disponível em: <[http://pga.pgr.mpf.gov.br/boletins/arquivos-de-boletins/Boletim\\_de\\_20\\_abril07.pdf](http://pga.pgr.mpf.gov.br/boletins/arquivos-de-boletins/Boletim_de_20_abril07.pdf)>. Acesso em: 8 abril 2016.

## Resolução dos exercícios

1 Alternativa c.

A água e o petróleo não se misturam porque suas moléculas possuem polaridades diferentes. Como o petróleo é menos denso do que a água, fica na superfície e forma um sistema heterogêneo.

2 Alternativa a.

Hidrocarbonetos são compostos formados pela ligação de átomos dos elementos carbono e hidrogênio.

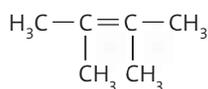
3 Alternativa e.

A fórmula geral dos alcanos é  $C_nH_{2n+2}$ .  
 $2n + 2 = 64 \Rightarrow 2n = 62 \Rightarrow n = 31$

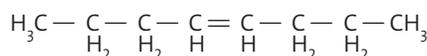
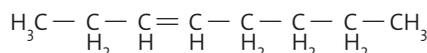
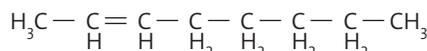
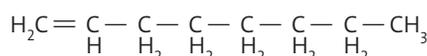
4 a)  $C_nH_{2n}$ ; se  $2n = 12 \Rightarrow n = 6$ .

Fórmula molecular:  $C_6H_{12}$ .

Fórmula estrutural do dimetilbut-2-eno:



b) Os alcenos representados a seguir são respectivamente: oct-1-eno, oct-2-eno, oct-3-eno e oct-4-eno.

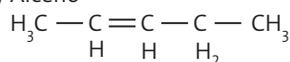


c) Fórmula molecular:  $C_{15}H_{30}$

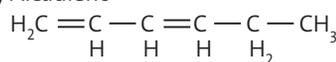
Massa molar =  $(15 \cdot 12) + (30 \cdot 1)$

Massa molar = 210 g/mol

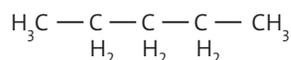
5 a) Alceno



b) Alcadieno



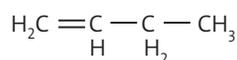
c) Alcano



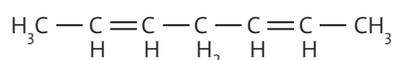
d) Alcino



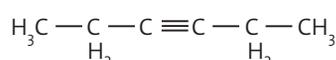
e) Alceno



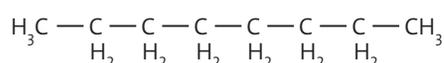
f) Alcadieno



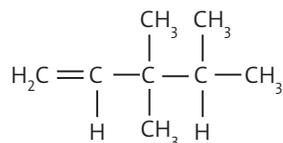
g) Alcino



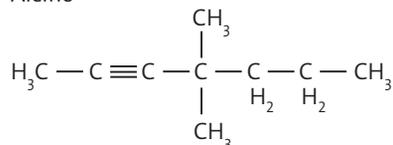
h) Alcano



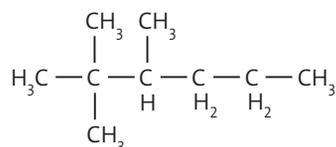
i) Alceno



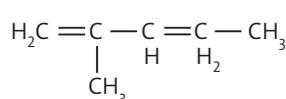
j) Alcino



k) Alcano



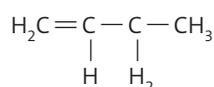
l) Alcadieno



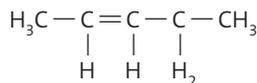
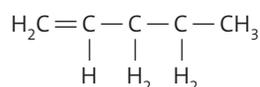
6 Alternativa c.

Os alcenos apresentam fórmula geral  $C_nH_{2n}$ , o que está de acordo com as fórmulas  $C_2H_4$ ,  $C_3H_6$  e  $C_5H_{10}$ .

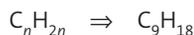
7 a) but-1-eno



b) pent-1-eno e pent-2-eno



c) Como o primeiro composto da série dos alcenos é o  $C_2H_4$  (não existe alceno com 1 carbono), o oitavo composto da série é o  $C_9H_{18}$ .

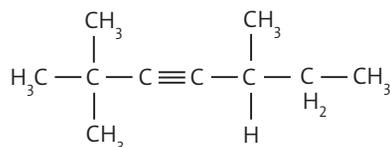


$$\text{Massa molar} = (9 \cdot 12) + (18 \cdot 1)$$

$$\text{Massa molar} = 126 \text{ g/mol}$$

8 Alternativa d.

2,2,5-trimetil-hept-3-ino:



9 Alternativa c.

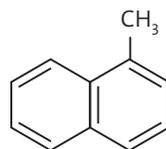
Pela fórmula molecular vemos que o hidrocarboneto apresenta 5 átomos de carbonos e 8 átomos de hidrogênio.

10 Alternativa a.

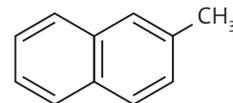
Apenas duas estruturas diferentes:

$\alpha$ -metilnaftaleno

$\beta$ -metilnaftaleno



$\alpha$ -metilnaftaleno



$\beta$ -metilnaftaleno

11 Alternativa d.

I. *o*-dimetilbenzeno ou 1,2-dimetilbenzeno;

II. *m*-dietilbenzeno ou 1,3-dietilbenzeno;

III. 1,3,5-trietilbenzeno;

IV. *p*-metilisopropilbenzeno ou 1-metil-4-iospropilbenzeno.

12 1. Falso. A fórmula molecular do naftaleno é  $C_{10}H_8$ .

2. Falso. O sal nitrato de amônio,  $NH_4NO_3$ , é uma substância iônica, apenas o naftaleno é molecular.

3. Falso. Na molécula de naftaleno, há seis ligações covalentes simples entre os átomos de carbono e cinco ligações covalentes duplas.

13 Alternativa b.

II. Errada. Alcenos são hidrocarbonetos de cadeia aberta que apresentam uma ligação dupla entre dois carbonos.

14 Alternativa e.

Estireno ou vinil-benzeno

15 Benzopireno:  $C_{20}H_{12}$

9-antracena:  $C_{14}H_{10}$

2-nitropireno:  $C_{16}H_9NO_2$

- 16 Alternativa b.  
O composto diclorimetano apresenta fórmula molecular  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ .
- 17 Alternativa d.  
Como todas as substâncias químicas, se usadas de modo correto, os agrodefensivos podem trazer benefícios à agricultura.
- 18 Alternativa b.  
Como pode ser observado na fórmula do DDT,  $\text{C}_{14}\text{H}_9\text{Cl}_5$ , tal composto não possui átomos de oxigênio em sua estrutura.
- 19 a) II, pois a massa atômica do halogênio substituído (Br) é maior que a massa atômica do halogênio em I, Cl.  
b) II, pois há mais halogênios substituídos.  
c) II, pois há menos ramificações.  
d) I, pois a massa molecular do composto é maior.  
 $\text{C}_3\text{H}_7\text{I} = 170 \text{ g/mol}$  e  $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl} = 92,5 \text{ g/mol}$   
e) I, pois a massa de quatro Cl substituídos é maior que a massa de dois Cl e dois F.  
f) II, pois a massa molecular do composto é maior.
- 20 Alternativa a.  
A posição para (posição 1,4) é a que permite a maior distância entre os polos; devido à presença do flúor como substituinte na molécula, ocorre a formação do maior dipolo elétrico.

## Capítulo 3 – Petróleo, hulha e madeira

Este capítulo trata principalmente do petróleo, uma mistura de hidrocarbonetos, que ainda é a principal fonte de energia mundial e que fornece matéria-prima para a indústria petroquímica e para a fabricação de um grande número de produtos essenciais. Também estuda a hulha, o xisto e a madeira como fontes alternativas de energia e de obtenção de matérias-primas.

Discutimos ainda as vantagens e desvantagens relacionadas tanto ao uso de combustíveis fósseis como de outras fontes de energia, como eólica, solar, geotérmica, maremotriz, hidráulica, térmica e nuclear.

### Objetivos

- Reconhecer que o petróleo é principalmente uma mistura de hidrocarbonetos.
- Entender como são feitas a exploração e a extração do petróleo.
- Conhecer alguns derivados do petróleo que são separados por destilação fracionada.
- Relacionar aspectos do uso industrial do petróleo e os impactos ambientais.
- Reconhecer e entender as técnicas envolvidas no processo do refino do petróleo.
- Conceituar e reconhecer algumas aplicações dos óleos lubrificantes.

- Reconhecer o papel da indústria petroquímica.
- Compreender como é o funcionamento de um motor de explosão a gasolina.
- Compreender o significado do índice de octanagem.
- Definir o que são antidetonantes.
- Reconhecer e equacionar reações de combustão: completa e incompleta, utilizando como combustível os hidrocarbonetos.
- Reconhecer como é feita a determinação do teor de álcool na gasolina.
- Conceituar hulha e reconhecer as frações gasosas, líquidas e sólidas que são obtidas com a técnica da destilação a seco.
- Conceituar xisto e identificar alguns produtos que são obtidos pela destilação a seco do seu óleo.
- Definir nafta de xisto e reconhecer seus impactos ambientais.
- Reconhecer os principais constituintes da madeira.
- Identificar alguns produtos obtidos pela destilação a seco da madeira presentes nas frações: sólidas, líquidas e gasosas.
- Reconhecer as vantagens e desvantagens de algumas fontes de energia.

### Conteúdos específicos indispensáveis para a sequência dos estudos

- Conceituar petróleo.
- Destilação fracionada do petróleo: produtos obtidos.
- Índice de octanagem da gasolina.
- Equacionar e diferenciar reações de combustão: completa e incompleta.
- Xisto e hulha: definição.
- Madeira: principais constituintes.

### Comentários e sugestões

Como o petróleo foi o tema dessa primeira unidade, é interessante lembrar ideias que foram expostas nos textos dos Capítulos 1 e 2. Inicie a aula construindo uma definição para o petróleo. Se for possível, é interessante levar uma amostra de petróleo bruto e de alguns derivados (devidamente selada) para a sala e mostrar aos seus alunos.

No momento da discussão sobre o refino do petróleo, caso seja possível, utilize um recurso digital para mostrar como é feita a separação dos derivados ou faça uma transparência sobre a torre de fracionamento do petróleo. Cite as frações mais importantes obtidas da destilação fracionada do petróleo: gás natural, GLP, gasolina, querosene, óleo *diesel*, óleo lubrificante, parafina e asfalto.

Um dos derivados do petróleo que sempre está presente no cotidiano dos alunos é a gasolina. Sobre esse derivado, discuta sobre o índice de octanagem, comente sobre as diferenças entre gasolina comum, aditivada, *premium* e *podium* (página 68) e como se determina o teor de álcool na gasolina.

Caso haja possibilidade, consiga amostras de hulha e de xisto para mostrar aos alunos.

Inicie a discussão sobre a madeira, destacando as informações referentes aos seus principais constituintes.

Como são mencionadas oito fontes de energia diferentes no capítulo (veja página 75), divida os alunos em oito grupos e peça a cada um que pesquise informações sobre um tipo de energia específico (vantagens e desvantagens). No dia da apresentação, cada grupo terá como objetivo defender de forma mais clara e sensata possível o tipo de energia que foi pesquisado. Após o debate dos grupos sobre os diversos tipos de energia, escolha qual deles trouxe os melhores argumentos. A apresentação e o debate podem ser considerados uma forma de avaliação.

## Trabalho em equipe

Os textos a seguir podem ajudar o professor a discutir com seus alunos aspectos importantes sobre esse tema.

### “Disputa por petróleo leva a estado de guerra permanente

Estudioso de causas e prevenções de guerras nos últimos 35 anos de sua vida, o cientista político americano Michael Klare, 62, acredita que a competição por recursos como o petróleo é, atualmente, a maior fonte potencial de conflitos mundiais.

Partindo de projeções em que o crescimento da demanda por petróleo vai superar a oferta global, Klare estima que o mundo vive ‘o crepúsculo do petróleo’, um momento de transição entre a abundância e a escassez.

A disputa pelo recurso que ainda resta, considerado essencial em termos de segurança nacional, levará a um estado de guerra permanente, caracterizado pela presença de grandes potências em regiões de instabilidade política, étnica e religiosa, diz o autor do livro *Blood and Oil* (Metropolitan Books), lançado em 2004.

No livro, Klare argumenta que, por causa do declínio da extração doméstica, países como os EUA estão se tornando, de modo crescente, mais dependentes de petróleo importado. E mais e mais desse petróleo tem vindo de áreas instáveis cronicamente, como o Oriente Médio, a região do Mar Cáspio, a África e determinadas regiões da América Latina. Para Klare, o resultado disso tudo é que o mundo vai pagar um custo mais alto em petróleo e em sangue.”

Folha de S.Paulo, 17 out. 2005. Disponível em: <[www.biodieselbr.com/noticias/biodiesel/disputa-por-petroleo-leva-a-estado-de-guerra-permanente-05.htm](http://www.biodieselbr.com/noticias/biodiesel/disputa-por-petroleo-leva-a-estado-de-guerra-permanente-05.htm)>. Acesso em: 8 abr. 2016.

### “O petróleo e a política dos EUA no Golfo Pérsico: a atualidade da doutrina Carter

A lógica da atual invasão do Iraque pelos EUA deve ser buscada numa trajetória de 50 anos marcados pelo

crescente envolvimento militar norte-americano no Golfo Pérsico. Essas intervenções têm como motivo principal o controle das fartas reservas petrolíferas da região.

Os EUA adotaram em 1980 uma diretriz de política externa, a doutrina Carter, que prevê o uso de tropas norte-americanas para garantir o acesso ao petróleo do Golfo Pérsico. No governo de George W. Bush, essa diretriz passou a se vincular a uma política energética, baseada na busca da maximização da extração de petróleo no mundo inteiro. O resultado dessa estratégia tem sido o crescente uso da força militar para garantir esses suprimentos.”

FUSER, Igor. Disponível em: <[www.pucsp.br/neils/downloads/v17\\_18\\_igor.pdf](http://www.pucsp.br/neils/downloads/v17_18_igor.pdf)>. Acesso em: 8 abr. 2016.

### “Petróleo: fonte renovável de guerras

‘O controle pelo controle dos recursos naturais voltou ao palco principal da geografia’. A afirmação de Michael Klare, titular da cadeira de Paz e Segurança Mundial no Hampshire College e na Amherst University, nos Estados Unidos, foi feita em seu livro *Resource Wars: the new landscape of global conflict*. Klare argumenta que guerras como a do Golfo, a operação no Afeganistão e a anunciada intervenção no Iraque, pelos Estados Unidos, situam-se entre as disputas pelo controle de um recurso natural estratégico e fundamental: o petróleo.

Na opinião de Klare, uma boa parte das guerras de conquista e posicionamento estarão marcadas pelo controle geoestratégico de recursos como os energéticos, os sistemas aquíferos, minerais e florestais.

Guerras como a do Yom Kippur (1973), Irã × Iraque (1980-1988) ou a do Golfo (1991) estão diretamente relacionadas às disputas pelo petróleo por vários intelectuais. Mas nem todos concordam que a causa fundamental seja o petróleo. Para o geógrafo Nelson Bacic Olic, o petróleo foi um dos elementos da Guerra do Golfo, mas não o único. ‘Saddam Hussein invadiu o Kuwait também porque não reconhece que haja ali uma fronteira. A questão é que as fronteiras que conhecemos hoje no Oriente Médio, assim como as dos países africanos, são fronteiras artificiais, que vêm sendo feitas, por exemplo, pelos europeus desde o período colonial’, diz Olic. Para ele, outra razão importante para essa guerra, e também para a anterior contra o Irã, é a necessidade do Iraque de uma saída mais ampla para o mar. ‘A única saída do Iraque é pelo estuário comum entre os rios Tigre e Eufrates, chamado Chatt-El-Arab. Uma das razões dessas guerras foi a tentativa do Iraque de ampliar seu espaço para a exportação’, diz o geógrafo, que acredita também que os futuros conflitos no Oriente terão muito menos a ver com petróleo e muito mais com água.”

KANASHIRO, Marta. Disponível em: <[www.comciencia.br/reportagens/petroleo/pet02.shtml](http://www.comciencia.br/reportagens/petroleo/pet02.shtml)>. Acesso em: 8 abr. 2016.

### Petróleo: um tema para o ensino de Química

“Não restam dúvidas quanto à importância do ensino de Química, uma vez que situações relacionadas com a disciplina estão presentes no dia a dia de todas as pessoas. A partir de um bom aprendizado de Química, o aluno pode tornar-se um cidadão com melhores condições de analisar mais criticamente situações do cotidiano. Pode, por exemplo, colaborar em campanhas de preservação do meio ambiente, solicitar equipamentos de proteção em sua área de trabalho, evitar exposição a agentes tóxicos, etc. Pode, portanto, ser um cidadão capaz de interagir de forma mais consciente com o mundo.

Infelizmente, os alunos do Ensino Médio não percebem essa importância, talvez porque a Química ensinada nos colégios nem sempre tenha atrativos para eles. Um dos motivos pode ser a metodologia tradicional de ensino, baseada em memorização de fórmulas, regras de nomenclatura e classificação de compostos, diminuindo assim o interesse dos alunos. Por que não ensinar Química partindo da realidade dos alunos, escolhendo temas que são do seu interesse?

Atualmente, o petróleo é um dos recursos naturais dos quais a nossa sociedade é bastante dependente. Pode-se facilmente comprovar isso vendo os inúmeros materiais que são fabricados a partir dessa matéria-prima. Além disso, o petróleo é um assunto constantemente discutido na televisão e nos jornais, devido à

sua influência na economia, sendo um tema de fácil abordagem interdisciplinar.

[...]

A utilização do petróleo vem de épocas bem remotas. O petróleo era conhecido por diversos nomes, entre eles: betume, azeite, asfalto, lama, múmia, óleo de rocha. No Egito, esse óleo teve grande importância na iluminação noturna, na impermeabilização das moradias, na construção das pirâmides e até mesmo no embalsamamento de múmias. O petróleo era conhecido desde essa época, quando aflorava naturalmente na superfície.

Alexandre, O Grande, ficou maravilhado com o fogo que emanava de forma inextinguível do petróleo na região de Kirkuk (atual região do Iraque), onde atualmente há uma crescente produção petrolífera.

Milênios antes de Cristo, o petróleo era transportado, vendido e procurado como útil e precioso produto comercial. No entanto, foi apenas no século XIX, nos EUA, que o petróleo teve seu marco na indústria moderna. Isso graças à iniciativa do americano Edwin L. Drake, que, após várias tentativas de perfuração, encontrou petróleo”.

AGUIAR, Mônica R. Marques Palermo de; AMORIM, Marcia C. Veiga; BALTHAZAR, Renata G.; CASTRO, Paula C. B. Gomes de; SALGADO, Zilma A. Mendonça Santos e SANTA MARIA, Luiz Claudio de. Petróleo: um tema para o ensino de química. *Química Nova na Escola*. n. 15, maio de 2002. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc15/v15a04.pdf>>. Acesso em: 8 abr. 2016.

### Resolução dos exercícios

- 1 Alternativa c.  
Quanto maior o tamanho da cadeia carbônica, maior será o temperatura de ebulição, ou seja, menor a volatilidade.
- 2 Alternativa c.  
O petróleo é a principal fonte comercial e industrial de hidrocarbonetos e seus componentes são separados pelo processo de destilação fracionada.
- 3 Alternativa c.  
O produto I é o hexano, já que a reação 2 começa com essa substância. O produto II é o hex-1-eno (para totalizar 12 carbonos do dodecano) e o produto III é o 2-metilpentano.
- 4 Alternativa d.  
A gasolina é uma mistura de alcanos.
- 5 Alternativa e.  
O isoctano é um hidrocarboneto saturado.
- 6 Alternativa e.  
A combustão incompleta gera uma maior quantidade de poluentes.
- 7 Alternativa d.

O querosene poderia estar sendo usado como adjuvante, visto que este é líquido à temperatura ambiente e apolar como a gasolina.

- 8 Alternativa e.  
O alcatrão de hulha é formado pela união de hidrocarbonetos aromáticos, bases nitrogenadas e fenóis.
- 9 Torta oleosa e os finos de xisto, pois apresentam vários compostos nitrogenados e sulfurados que apresentam mau cheiro e tornam sua coloração bastante escura. Antes de utilizar o xisto como combustível na indústria, ele é submetido a tratamentos físicos, que visam adsorver as impurezas indesejadas, e tratamentos químicos, que podem ser ácidos ou básicos e que visam precipitar as impurezas que trariam danos ao meio ambiente, além de clarificar o combustível, aumentando o seu valor comercial.
- 10 Porque as cinzas são os produtos da combustão entre a madeira e o gás oxigênio (processo químico), e o carvão é um resíduo da destilação a seco da madeira (processo físico).
- 11 Alternativa c.  
Os dados da tabela mostram que, pelo menos até 2020, os combustíveis fósseis continuarão responsáveis pela maioria da energia gerada.

## Compreendendo o mundo

Neste texto destacamos a importância do petróleo como fonte de obtenção de energia e como fonte de matéria-prima para os mais diversos produtos. Refletimos sobre a mudança de matriz energética, principalmente nos meios de transporte e concluímos que qualquer que seja a nossa escolha, sempre haverá impacto ao meio ambiente e que minimizar esse impacto é mais uma questão de consciência, educação e gerenciamento da matriz escolhida do que da matriz propriamente dita.

Discutimos também sobre a necessidade que levou (leva) ao uso de organoclorados e da dificuldade de abrir mão desses produtos mesmo considerando sua toxicidade.

Comentamos ainda sobre a fome, um problema que atinge atualmente mais de 1 bilhão de pessoas no mundo e para o qual ainda não há solução.

## Unidade 2 – Drogas lícitas e ilícitas

O tema central desta unidade é drogas lícitas e ilícitas. Trata-se de um tema difícil de abordar mas absolutamente necessário no Ensino Médio, principalmente se o aluno não recebeu informações adequadas a esse respeito no Ensino Fundamental.

Por que é um tema difícil de abordar?

Ao longo desta coleção sempre tivemos o cuidado de mostrar ao aluno os dois lados de cada tema que era discutido, como em relação ao aquecimento global, à camada de ozônio, ao uso de amianto na construção civil (como vimos no Volume 1), ao uso de cloro no tratamento de água (Volume 2), ao uso de inseticidas organoclorados (Unidade 1), de aditivos em alimentos (Unidade 4) ou da atividade nuclear (Unidade 5), entre outros. Em geral, para qualquer tema sempre há pontos a favor e pontos contra, motivos para defender e motivos para condenar. Trazer isso para o aluno e fazê-lo refletir a respeito e tomar uma posição que atenda a seus interesses e não aos de outros é muito enriquecedor e fundamental para seu crescimento.

Mas quando se trata de drogas, não existem pontos a favor e motivos para defender, e ainda que existissem não poderiam ser discutidos, uma vez que se trata de atividade ilícita, pois mesmo o uso de drogas lícitas é proibido para menores de 18 anos. Junta-se a isso o temperamento curioso, contestador e desafiador do jovem e teremos um problema.

Por que então tratar desse assunto?

Porque um dos objetivos desta coleção é a cidadania e principalmente porque a educação e a informação são armas poderosas (talvez as únicas) para combater o problema crescente de uso de drogas na adolescência, que se agrava a cada dia. Como educadores, não podemos assistir a isso calados, precisamos fazer algo, no mínimo informar, educar e torcer para que entendam nossa mensagem.

## Conversa com o professor

### O que leva o jovem a usar drogas?

“A droga não constitui problema específico dos jovens, e também não se deve julgar que os vários problemas enfrentados por uma grande parte da juventude do mundo atual se relacionem diretamente ao seu consumo.

Existem problemas sociais, igualmente sérios, que vêm abalando, continuamente, o alicerce estrutural da família, ao ponto de desnortear o jovem, levando-o a uma total insegurança. São problemas advindos do mundo conturbado de hoje, reflexo de uma explosão urbana descontrolada, da crescente aceitação de novos valores da sociedade de consumo, das desigualdades sociais, etc.

Nesse contexto, a Unesco, visando coibir o aumento gradativo e sistemático do consumo de drogas, iniciou um programa destinado a combater o uso indevido das drogas, por meio da educação, da pesquisa social e da informação científica.

A utilização de recursos para combater o uso das drogas deve dirigir-se tanto aos jovens quanto aos

adultos, uma vez que adultos usam e abusam de vários tipos de drogas, especialmente das substâncias que produzem prazer ou que diminuem a ansiedade causada pelas tensões da vida moderna. O café, o fumo e o álcool são encarados como indispensáveis à vida diária; parte significativa da sociedade toma anfetaminas para ficar acordada e barbitúricos para dormir, e usa diversos ‘amortecedores’ da tensão provocada pela vida atual.

As reações da sociedade ao uso medicinal das drogas que induzem ao vício dependerão da maneira pela qual as pessoas e as instituições compreendem os problemas relacionados com sua utilização. Essa compreensão e as reações posteriores serão também bastante influenciadas por atitudes e critérios preponderantes sobre:

A razão pela qual as pessoas usam drogas.

Os efeitos imediatos e retardados dessa prática.

Alguns aspectos do sistema de valores da sociedade. [...]

Dentre as causas que levam ao vício, podem ser citadas, aleatoriamente, as seguintes: curiosidade, conflito familiar, espírito grupal, fuga às responsabilidades, desorientação para o lazer, imaturidade, insegurança, personalidade instável, desprezo por parte da sociedade, vazio existencialista, desinformação e identificação com artistas famosos. De maneira geral, duas ou mais causas atuam simultaneamente, como, por exemplo, a curiosidade e a desinformação, que juntas, podem levar o jovem a usar, pela primeira vez, determinado tipo de droga, como a maconha, o álcool ou o ‘crack’. Uma técnica muito usada pelos

traficantes para despertar a curiosidade de um jovem é garantir que a referida droga não faz mal nenhum para a saúde, mas estimula o desejo sexual, melhora a aprendizagem e causa intensa euforia, completando com o seguinte: ‘Pode experimentar por minha conta, porque eu uso todo dia e sei o barato que ela causa’. Imaginem agora um adolescente curioso e desinformado... envolvido pela maneira insinuante do traficante, certamente será mais uma vítima indefesa nas suas mãos.”

[...]

BATISTA, Cid Martins. Drogas não! Para pais e professores. Viçosa-MG, CPT, 2001.

É interessante, antes de iniciar a unidade, explicar a diferença entre os termos lícito (legal) e ilícito (ilegal).

As discussões devem ocorrer de forma que o professor não condene de forma autoritária o uso e, principalmente, os usuários desses tipos de drogas (para o espírito contestador dos jovens, a condenação aberta pode causar um efeito contrário ao que desejamos).

O objetivo é que essas discussões em sala de aula promovam reflexões sobre os malefícios que as drogas causam no organismo e que essas informações possam fluir paralelas ao conhecimento químico que se deseja desenvolver.

Observe que essa unidade trata de funções oxigenadas e nitrogenadas. À medida que vamos percorrendo sobre os diferentes grupos funcionais, vamos também respondendo a questão que foi levantada no texto de abertura do capítulo.

Essa questão envolve sempre algum tipo de droga, suas características e ação no organismo humano.

Ao respondê-la, fornecemos sempre a fórmula estrutural da(s) droga(s) e pedimos que o aluno identifique os grupos funcionais, indique se o composto é saturado ou insaturado, alifático ou aromático e que tipo de cadeia apresenta (normal ou ramificada, etc.). Todos esses conhecimentos serão utilizados em conjunto no aprendizado da Unidade 3, que trata das reações orgânicas e, portanto, devem ser reforçados neste momento. A forma ideal de fazer isso é contextualizando-os com o tema da unidade, que geralmente desperta muito interesse nos alunos.

### Como justificar para o aluno a importância do que ele irá aprender agora?

O melhor para o aluno ao iniciar o estudo dos grupos funcionais da Química orgânica é perceber o quanto eles lhes são familiares, é a sensação de ouvir o professor e lembrar: “— Ah, isso eu já conheço!” De fato, a Química orgânica está tão presente em nossas vidas que a única novidade para o aluno nessas aulas é aprender certos “detalhes técnicos”.

Para reforçar essa sensação (muito positiva) de estar trabalhando algo conhecido, procure relacionar o tempo

todo o nome e as propriedades de cada grupo funcional com os produtos com os quais o aluno convive em seu dia a dia.

Por fim vamos nos aprofundar um pouco no fenômeno da isomeria, classificar os diferentes casos e conhecer a estereoisomeria, que explica, por exemplo, por que a talidomida dextrogira é um sedativo suave e isento de efeitos colaterais e a talidomida levógira é um potente agente teratogênico.

### Sobre como desenvolvemos o conteúdo

Nessa unidade vamos trabalhar com as funções orgânicas oxigenadas, álcoois, fenóis, éteres, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos e seus sais.

Em seguida, vamos falar sobre as funções orgânicas nitrogenadas, aminas, amidas e nitrocompostos.

Ao comentar sobre cada grupo funcional discutimos as regras de nomenclatura para esse grupo e suas principais propriedades. Esse conhecimento é fundamental para o entendimento das Unidades 3 e 4, que tratam de reações orgânicas e de Bioquímica. Queremos que o aluno tenha todos os subsídios possíveis para compreender as reações orgânicas sem precisar dos mecanismos (com os quais não iremos trabalhar) e, muito menos, de memorizações.

À medida que estudamos os diferentes grupos funcionais, discutimos as drogas lícitas e ilícitas relacionadas a eles. Ressalte para o aluno que a definição de lícito ou ilícito é muito relativa, que o álcool já foi considerado ilícito no passado e que recentemente o uso da maconha passou a ser lícito sob certas condições em alguns estados dos Estados Unidos. O importante é perceber que o uso de qualquer droga traz riscos à saúde e à vida, independentemente de ela ser legal ou não.

Procure sempre enfatizar que qualquer ato de consumo, seja de uma água engarrafada, de um sabonete, de um hambúrguer, de um tênis, de um caderno ou de uma droga, traz consequências para a pessoa, a sociedade e o meio ambiente e, por isso, deve ser feito com muita consciência, com base em informações sólidas e confiáveis.

## Capítulo 4 – Funções oxigenadas e nitrogenadas

Este capítulo aborda o estudo das funções orgânicas oxigenadas. Nesse caso, serão discutidos álcoois, fenóis, éteres, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres e sais de ácido carboxílico, suas aplicações práticas e suas propriedades.

Apresentamos também as funções orgânicas nitrogenadas, algumas propriedades e aplicações dos compostos que apresentam essas funções, além do caráter básico das aminas (teoria de Lewis) e algumas drogas que apresentam funções orgânicas nitrogenadas.

### Objetivos

- Nomear, segundo a IUPAC, os álcoois, fenóis, éteres, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres e sais de ácido carboxílico, aminas, amidas e nitrocompostos.
- Identificar e compreender algumas propriedades presentes em compostos que apresentam esses grupos funcionais, tais como: aplicações, forças intermoleculares, temperaturas de fusão e ebulição, estados de agregação, densidade, solubilidade, propriedades organolépticas e reatividade.
- Determinar a fórmula estrutural e a fórmula molecular dos grupos funcionais em questão a partir do nome do composto.
- Reconhecer o álcool como droga.
- Compreender como as drogas inalantes atuam no organismo.
- Reconhecer processos que são utilizados para obtenção do benzenol e da propanona.
- Conceituar *ecstasy* e reconhecer os riscos de seu consumo.
- Equacionar e identificar os reagentes e produtos envolvidos numa reação de esterificação.
- Compreender como os opiáceos atuam no organismo humano.
- Reconhecer a parte polar e a parte apolar da estrutura de um sabão.
- Entender por que as aminas apresentam caráter básico a partir da teoria eletrônica de Lewis. Relembrando as teorias de ácido e base de Arrhenius (Volume 1) e Brønsted-Lowry (Volume 2).
- Reconhecer algumas substâncias que estão presentes no cigarro e o motivo pelo qual fazem mal. Note que, propositalmente, enfatizamos no texto os problemas “estéticos” causados pelo cigarro (envelhecimento precoce, dentes amarelados, hálito ruim) e deixamos as doenças mais graves para o aluno encontrar por si próprio, por meio de pesquisa, na atividade extra sugerida anteriormente.
- Compreender qual a diferença entre pasta de coca, *crack* e merla.
- Reconhecer os danos causados ao meio ambiente pela plantação e refino da coca (danos dos quais todo usuário passa a ser cúmplice).
- Conhecer a estrutura química de drogas como *ice*, *ecstasy* e *quetamina*, além de entender como essas drogas agem no organismo humano.

### Conteúdos específicos indispensáveis para a sequência dos estudos

- Nomenclatura IUPAC.
- Determinação de fórmulas estruturais e fórmulas moleculares das seguintes funções orgânicas: álcoois, fenóis, éteres, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres e sais de ácido carboxílico, aminas, amidas e nitrocompostos.
- Reconhecimento do tipo de forças intermoleculares, solubilidade e temperatura de ebulição nos álcoois, fenóis, éteres, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres e sais de ácidos carboxílico, aminas, amidas e nitrocompostos.
- Reação de esterificação.
- Sabão: estrutura da molécula e ação na limpeza.
- Caráter básico das aminas.

### Comentários e sugestões

Recorde as funções orgânicas oxigenadas que os alunos já estudaram no Volume 1. Pode-se iniciar a aula dando nome a alguns compostos, segundo as regras da IUPAC. É importante que os alunos compreendam que a principal diferença está no sufixo. Mostre alguns compostos de funções oxigenadas diferentes e peça que reconheçam o grupo funcional.

As principais propriedades sugeridas para que sejam abordadas nas aulas são: forças intermoleculares, solubilidade e temperatura de ebulição. Comente sempre as principais aplicações de cada grupo.

Não se esqueça de mencionar os nomes usuais mais importantes dos compostos de cada grupo funcional. Exemplos:

- Álcool: álcool etílico, álcool metílico, glicerina.
- Éter: éter etílico.
- Aldeído: formaldeído, aldeído acético.
- Cetona: acetona.
- Ácido carboxílico: ácido fórmico, ácido acético, ácido butírico.

É importante os alunos reconhecerem que vários desses compostos estão presentes em seu dia a dia.

Ao falar sobre o éter etílico, comente sobre o uso de anestésicos, assunto do boxe **Curiosidade**.

Ao falar de aldeídos, não deixe de comentar sobre o uso (atualmente ilícito) do formol em produtos para alisar cabelos (escova progressiva), já que muitas adolescentes são adeptas desse “tratamento”, sem ter a menor noção do risco que estão correndo. Lembre-se sempre de que o intuito não é condenar o usuário, mas informar sobre os riscos para que ele tenha consciência daquilo a que está se submetendo. Aproveite para discutir sobre “padrões de beleza” impostos pela sociedade: Por que cabelos lisos são considerados mais bonitos? Por que uma mulher com cabelos crespos não é encorajada a valorizar seu tipo de cabelo em vez de ser induzida a modificá-lo?

Discuta com os alunos por que o sabão é solúvel ao mesmo tempo em água e em gordura. Oriente-os para que possam construir o conhecimento da polaridade do sabão a partir das informações que forem surgindo nas discussões. Caso haja tempo, discuta também o significado de água dura e sua ação sobre o sabão.

Aborde as reações de esterificação e hidrólise de éster, enfatizando os grupos funcionais que estão envolvidos. Explique que essas duas reações entram em equilíbrio dinâmico, tema estudado no Volume 2.

Este capítulo também aborda as funções orgânicas que apresentam nitrogênio na fórmula. Inicie a aula determinando nomes, fórmulas estruturais e fórmulas moleculares das aminas, amidas e nitrocompostos. Peça aos alunos que façam alguns exercícios numa folha e que entreguem sem se identificar. Em seguida, distribua essas folhas para os alunos. É bem provável que os alunos recebam uma folha de outro colega. Sugira aos alunos que identifiquem os possíveis erros dos exercícios que receberam. Em seguida, peça ao aluno que corrigiu os exercícios que anote seu nome na folha e lhe devolva. Essa atividade terá que ser feita com muita seriedade pelos alunos. É importante neste momento que o professor demonstre o caráter de responsabilidade que a atividade apresenta ao aluno que irá corrigir. Com esse material, o professor poderá verificar se o aluno está compreendendo o conteúdo quando realizou a correção do material do colega. Em seguida, faça a correção na lousa.

As principais propriedades das funções orgânicas estudadas neste capítulo que são consideradas essenciais na abordagem das aulas são: forças intermoleculares, temperaturas de ebulição e solubilidade.

O caráter básico e ácido das funções orgânicas é muito importante para o estudo dos compostos. Assim, é importante que os alunos reconheçam e compreendam o caráter básico das aminas.

Discuta com os alunos sobre as vantagens e desvantagens do uso dos corantes sintéticos na indústria alimentícia. O ponto principal para iniciar uma discussão sobre o cigarro é abordar as principais substâncias que estão presentes, em especial as orgânicas, reconhecendo assim o grupo funcional presente nesses compostos. Outro aspecto interessante para ser discutido é sobre os fumantes passivos, contribuindo assim para o aluno poder refletir que o cigarro apresenta malefícios não somente ao próprio fumante, mas também às pessoas que estão ao seu redor, principalmente crianças.

O assunto *crack* e merla, derivados da cocaína, pode despertar o interesse dos adolescentes, proporcionando uma série de discussões. É importante aproveitar esse interesse para destacar as funções orgânicas presentes na cocaína e falar também sobre os compostos utilizados no refino da coca e sobre como essas substâncias agem no organismo. É importante que os alunos adquiram o maior

número de informações possíveis e criem os próprios critérios para enfrentar os problemas que possam surgir no decorrer de suas vidas.

## Trabalho em equipe

A sala pode ser dividida em grupos de 4 a 5 alunos. Todos os grupos irão realizar uma pesquisa para responder às três questões propostas. É importante que os grupos respondam às questões em uma folha, e posteriormente a sala poderá debater em conjunto as conclusões de cada grupo.

Uma possível fonte de informações para essa pesquisa encontra-se no *site*: <[www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0167\\_05.pdf](http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0167_05.pdf)>. Acesso em: 8 abr. 2016.

Ensine os alunos a utilizarem também os *sites* de busca com palavras-chave como: polo petroquímico, instalação, vantagens e desvantagens, entre outras.

Esta atividade poderá ser considerada uma avaliação, com base em critérios como habilidade de escrita dos alunos, responsabilidade, postura durante a argumentação.

## Atividade extra

Sugerimos dividir a classe em grupos de, em média, cinco alunos. Cada grupo ficaria responsável por pesquisar sobre determinada droga ou grupo de drogas.

Nessa pesquisa devem ser incluídas as respostas das perguntas sobre a estrutura química de cada droga conforme consta do livro do aluno, além dos seguintes itens sugeridos a seguir (o professor deve escolher um ou mais itens para cada grupo, de acordo com o trabalho que deseja desenvolver, ou propor outros de sua escolha e interesse).

### Itens sugeridos:

- Um depoimento, de preferência presencial, de alguém que já conviveu com um ex-alcoólico (ou mesmo de um alcoólico) e que possa descrever o que leva ao consumo exagerado de bebida, os problemas de relacionamento enfrentados e as dificuldades encontradas diariamente para vencer o problema.
- Um levantamento das doenças que podem ser atribuídas ao alcoolismo.
- Um levantamento do número de pessoas que morrem por ano devido ao uso exagerado da bebida alcoólica, por doenças, acidentes de trânsito e episódios de violência.
- Uma comparação entre o valor da arrecadação de impostos obtidos na venda de bebidas alcoólicas e os gastos que o governo tem, por exemplo, no sistema de saúde público para tratar os dependentes (incluindo o tempo que ficam afastados do trabalho).
- Um levantamento do número de acidentes de trânsito antes e após a implantação da lei seca.
- Um depoimento, de preferência presencial, de alguém que teve problemas de saúde com o cigarro e precisou parar de fumar por ordens médicas. Por que começou a

- fumar, quais os prejuízos que o vício causou à sua saúde, quais as dificuldades para abandonar o vício.
- Um levantamento das principais doenças que podem ser atribuídas ao tabagismo.
  - A porcentagem de mortes atualmente atribuídas ao vício do tabaco (no Brasil ou no mundo).
  - Os problemas ambientais que podem ser relacionados ao cultivo do tabaco e fabricação dos cigarros (uso excessivo de agrotóxicos, erosão do solo, derrubada de árvores para fabricação de papel, incêndios florestais devido a pontas de cigarro jogadas nas estradas, etc.).
  - Um levantamento para saber se a proibição do ato de fumar em ambientes fechados diminuiu a venda de cigarros e o número de mortes relacionadas a esse vício.
  - Em relação a drogas ilícitas, verifique a possibilidade de exibir algum filme a esse respeito, como o vídeo *Drogas não! Para jovens e adolescentes*, do Centro de Produções Técnicas (CPT) de Viçosa-MG, disponível em: <[www.cpt.com.br](http://www.cpt.com.br)>. Acesso em: 8 abr. 2016.
  - Infelizmente é possível que alguns alunos tenham uma imagem relativamente positiva das drogas por causa das pessoas famosas que aparecem constantemente na mídia como usuárias. Isso atribui às drogas certo “mistério” e *glamour*, fazendo que o aluno acredite que poderá de

- alguma forma estar mais perto de seus ídolos se agir como eles. Precisamos mostrar como ficam as “pessoas reais” que fazem uso dessas substâncias.
- Se possível, programe uma visita a uma instituição de recuperação de usuários de drogas e procure saber dos usuários:
    - a) Que tipo de vida levavam antes.
    - b) O que os levou a experimentar drogas.
    - c) O que mudou em sua vida depois disso. Por que procuraram a clínica.
  - Dos médicos:
    - a) Qual é o efeito na saúde física e psíquica do jovem que é dependente de drogas?
    - b) Qual é a chance real de recuperação?

É importante que os alunos tenham muitas informações a respeito e que esse assunto perca o “mistério” e o *glamour* que tanto fascina os adolescentes.

Boas fontes de informação são os *sites*:  
<[www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/inca/portal/home](http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/inca/portal/home)> e <<http://www.vidasemdrogas.org/>>. Acessos em: 8 abr. 2016.

O texto a seguir, da revista *Química Nova na Escola*, descreve uma experiência na abordagem desse tema com alunos de Ensino Médio.

## Conversa com o professor

### As drogas no ensino da Química

“A abordagem do cotidiano relacionando à Química e à sociedade vem sendo utilizada numa tentativa de despertar o interesse dos alunos por essa disciplina. Notícias em jornais e revistas podem levar a uma discussão de temas interessantes no contexto escolar e promover o esclarecimento de conceitos frequentemente distorcidos, sejam os conceitos químicos/científicos ou os cotidianos.

O conhecimento químico a ser trabalhado como base para o entendimento de situações do cotidiano deve ser oferecido em um nível adequado ao desenvolvimento cognitivo dos alunos. De nada adianta sugerir temas geradores de forma aleatória, mesmo que sustentados pelo conhecimento químico, sendo necessária uma relação mínima entre eles para que o aluno possa desenvolver uma aprendizagem significativa e duradoura; caso contrário, ele se limitará à memorização passageira.

Este trabalho trata da relação de alguns tópicos da Química orgânica com um assunto atual, de grande repercussão na mídia e na sociedade como um todo:

as drogas. O papel da mídia na prevenção e combate ao uso das drogas nas escolas e a veiculação de campanhas educativas para esclarecer e diminuir o seu consumo, principalmente entre os adolescentes, ajuda no processo de conscientização.

Uma questão fundamental na adolescência é a separação e a individualização do adolescente em relação à família. O estresse e a ansiedade dessa fase aumentam a vulnerabilidade dos adolescentes à pressão dos amigos e, devido a esse fato, há tanta preocupação dos pais e educadores em relação às drogas.

Quando se valorizam a construção de conhecimentos químicos pelo aluno e a ampliação do processo ensino-aprendizagem ao cotidiano, aliadas a práticas de pesquisa experimental e ao exercício da cidadania, como veículo contextualizador e humanizador, na verdade está se praticando a Educação Química. Trata-se de formar o cidadão-aluno para sobreviver e atuar de forma responsável e comprometida nesta sociedade científico-tecnológica, na qual a

Química aparece como relevante instrumento para investigação, produção de bens e desenvolvimento socioeconômico e interfere diretamente no cotidiano das pessoas.

### Metodologia

O método de ensino-aprendizagem adotado neste trabalho priorizou a pesquisa pelos alunos das fórmulas químicas de algumas drogas, relacionando-as com o conteúdo introdutório das aulas de Química orgânica, além da conscientização para o não uso de drogas, por meio de dados que informam os efeitos e riscos de cada uma, levando os alunos a uma atitude de mudança no meio em que vivem, visando o bem-estar coletivo e individual. Com isso, os alunos puderam relacionar a Química ao seu cotidiano.

Este trabalho foi desenvolvido baseando-se na visão social de Vygotsky e na abordagem de David Ausubel. Vygotsky, que trouxe para o campo educacional uma visão articulada de conhecimento, defende a ideia de que o sujeito participa ativamente da construção de sua própria cultura e de sua história, modificando-se e provocando transformações nos demais sujeitos que com ele interagem. Nessa prática pedagógica, o professor é o agente mediador do processo, propondo desafios e ajudando os alunos a resolvê-los e realizando atividades em grupo, nas quais os mais adiantados poderão ajudar os demais.

Pela teoria de David Ausubel, a aprendizagem significativa é priorizada, já que o conteúdo previamente detido pelo indivíduo representa um forte influenciador do processo de aprendizagem. Novos dados serão assimilados e armazenados na razão direta da qualidade da estrutura cognitiva prévia do aluno. Esse conhecimento anterior resultará em um “ponto de ancoragem”, onde as novas informações irão encontrar um modo de se articular àquilo que o indivíduo já conhece. Para Ausubel, as estratégias de ensino devem ser orientadas no sentido de permitir que o aluno tenha um aprendizado significativo, propondo assim um ensino ‘ancorado’ aos conhecimentos prévios. Esse fato traduz a importância da construção e da reconstrução permanente de conceitos a partir de novas informações. A teoria de Ausubel baseia-se fundamentalmente na linguagem e torna-se viável na medida em que não requer equipamentos, apenas uma elaboração melhor e com mais significado lógico do material didático do professor.

### Relato da experiência

O público-alvo deste trabalho foram os adolescentes de três turmas da 2ª série do turno da manhã, do Ensi-

no Médio do Colégio pH, cada uma com uma média de 50 alunos.

Este trabalho durou aproximadamente um mês e foi dividido em duas partes distintas: um seminário ministrado pela professora e um trabalho em grupo sobre a abordagem conceitual do conteúdo químico, relacionando-a com o efeito social das drogas. Os conteúdos abordados foram: tipos de ligação com o carbono, hibridação do átomo de carbono, grupos funcionais, nomenclatura de compostos orgânicos e estrutura molecular.

A professora iniciou o seminário levantando algumas questões como: O que são drogas? Quais são as drogas mais comuns? Existem drogas legais? Após ampla discussão, a professora abordou os seguintes itens: conceitos principais das drogas, classificação, drogas psicotrópicas, modo de ação das drogas no cérebro, riscos que as drogas oferecem, fatores que podem levar à dependência, os fenômenos relacionados ao uso da droga e depoimentos de usuários e internos. Além disso, foram apresentadas as novas drogas lícitas, que estão seduzindo os jovens por serem mais baratas e de fácil acesso.

Após o seminário, a professora dividiu as três turmas de 50 alunos cada em oito grupos, com seis alunos em média por grupo, totalizando 24 grupos, ficando cada grupo responsável por uma droga. As drogas selecionadas foram aquelas mais evidenciadas pela mídia atualmente, como a nicotina, o álcool, a maconha, a cocaína, o ‘*crack*’, a morfina, a heroína, os solventes e inalantes, as anfetaminas, o ‘*ecstasy*’, o LSD e o ‘*special K*’. A professora explicou que cada grupo teria aproximadamente um mês para preparar uma apresentação oral e um trabalho escrito (também em grupo). Foi recomendado que se fizesse também uma pesquisa na internet, em jornais, revistas e em livros da área de saúde sobre os efeitos da droga na sociedade e no corpo humano.

Nessa pesquisa, os alunos deveriam conhecer os efeitos e riscos das drogas, tratando dos sintomas, da recuperação de usuários, da situação legal no Brasil e da ação da droga sobre gestantes e bebê, além de realizarem pesquisa de campo (entrevistas com profissionais envolvidos com o tema). Adicionalmente, os grupos deveriam fazer um levantamento da fórmula estrutural da respectiva droga, utilizando o *Merck Index* ou o endereço eletrônico <[www.chemfinder.com](http://www.chemfinder.com)>, acesso em: 6 maio 2016, e trabalhar os conceitos de Química Orgânica envolvidos, como a estrutura do carbono, os tipos de ligações covalentes, as classificações do carbono e das cadeias carbônicas e nomenclatura. Em todas as aulas seguintes, a

professora acompanhava o andamento do trabalho e orientava os alunos em suas pesquisas.

As apresentações orais foram realizadas de formas muito variadas. Os grupos mostraram cartazes com as fórmulas estruturais [...]; fotos ilustrativas; transparências; modelos de isopor para representar a estrutura da molécula da droga em questão; vídeos e dramatizações com simulações dos efeitos, riscos e tratamento dos usuários, com a atuação dos próprios alunos e alguns entrevistados, como pessoas anônimas na rua, médicos, psiquiatras e internos de clínicas de tratamento para dependentes químicos.

Analisando a apresentação oral, pôde-se perceber um enfoque maior na abordagem social, já que a pesquisa os estimulou a coletar mais informações sobre a droga em que estavam trabalhando e houve também a preocupação de compartilhar essas informações com os colegas. Uma avaliação individualizada durante a apresentação oral mostrou que 67% dos alunos relacionaram a Química com o conteúdo social da droga, enquanto 33% só se preocuparam em falar deste último assunto.

Quanto ao trabalho escrito, a avaliação geral apresentou melhores resultados. Todos os grupos colocaram em exposição os conteúdos sociais, legais e biológicos da droga que tinham pesquisado, as nomenclaturas oficial e usual da droga, as fórmulas molecular e estrutural. Do total, 11 grupos trabalharam as informações sobre a Química orgânica, como os tipos de carbonos e as suas hibridizações, e identificaram os grupos funcionais e as funções orgânicas presentes na própria estrutura da molécula. Outros 10 grupos só citaram todas essas informações, sem analisarem a estrutura, e apenas 3 grupos não trataram desse assunto no trabalho. [...]

Com este trabalho, foi possível fazer uma revisão da matéria e verificar, assim, alguns erros de conceitos

na identificação dos tipos de carbonos ou na função orgânica presente na droga.

Dentro do grupo dos alunos que trabalharam todas as informações químicas, 70% acertaram tudo o que foi pedido e 30% confundiram alguns conceitos. Os erros foram levados à turma, para que juntos chegassem ao conceito certo.

Quanto aos lados social, legal e biológico das drogas, 20 grupos fizeram uma abordagem completa e satisfatória e apenas 4 grupos deixaram de citar alguns temas como: sintomas na abstinência, etapas da recuperação e situação legal da droga no Brasil.

Este trabalho também estimulou alguns professores de outras disciplinas da escola. A equipe de Geografia abordou índices socioeconômicos; a equipe de Biologia, a atuação da droga sobre o sistema nervoso central; a equipe de redação ajudou na elaboração do trabalho escrito e nas aulas de vida. Houve também o trabalho de conscientização sobre o uso das drogas.

Uma avaliação individual de forma tradicional foi aplicada nas turmas, na forma de um teste, com o mesmo conteúdo teórico pedido na pesquisa sobre as drogas, para avaliar o sucesso do alcance dos objetivos do trabalho. As notas obtidas foram muito melhores quando comparadas com as dos anos anteriores, podendo-se observar que alunos que tinham desinteresse pela disciplina e, conseqüentemente, baixo rendimento, também melhoraram suas notas.

Vale ressaltar que, durante a apresentação oral dos trabalhos, os próprios alunos corrigiam os colegas que por acaso se equivocavam em algum conceito da Química orgânica.

AGUIAR, Mônica R. Marques Palermo de; MARTINS, Andréa Barbosa; SANTA MARIA, Luiz Claudio de. *Química Nova na Escola*, n. 18, nov. 2003. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc18/A04.PDF>>. Acesso em: 8 abr. 2016.

## Saúde e sociedade: Como a maconha age no organismo humano?

1. O THC apresenta os grupos funcionais fenol e éter.
2. O THC é um composto aromático.
3. O THC é um composto insaturado.
4. Sua cadeia carbônica é mista, parte aromática, parte alicíclica e parte cíclica. É ramificada, heterogênea e insaturada.

## Saúde e sociedade: Drogas inalantes

1. Os grupos funcionais são:
  1. Hidrocarboneto

2. Fenol
3. Éter
4. Hidrocarboneto
5. Cetona
6. Haleto orgânico
7. Éster
8. Haleto orgânico
9. Haleto orgânico

2. Quanto à presença de insaturação na substância, temos:
  1. Insaturada
  2. Insaturada
  3. Saturada
  4. Saturada

5. Substância insaturada, cadeia carbônica saturada.
6. Insaturada
7. Substância insaturada, cadeia carbônica saturada.
8. Saturada
9. Saturada

3. Classificação da cadeia carbônica:
1. aromática, ramificada, insaturada, homogênea.
  2. aromática, ramificada, insaturada, homogênea.
  3. alicíclica, normal, saturada, heterogênea.
  4. alicíclica, normal, saturada, homogênea.
  5. alicíclica, normal, saturada, homogênea.
  6. alicíclica, normal, insaturada, homogênea.
  7. alicíclica, normal, saturada, heterogênea.
  8. alicíclica, normal, saturada, homogênea.
  9. alicíclica, normal, saturada, homogênea.

## Saúde e sociedade: Drogas sintéticas

1. – LSD-25: amina e ácido carboxílico
  - Ecstasy: éter e amina
  - Metanfetamina: amina
  - Quetamina: cetona, amina, haleta orgânico
2. – LSD-25: aromática, normal, insaturada e heterogênea.
  - Ecstasy: aromática, ramificada, insaturada e heterogênea.
  - Metanfetamina: aromática, insaturada, normal, heterogênea.
  - Quetamina: aromática, insaturada, normal, homogênea.

## Resolução dos exercícios

- 1 Alternativa d.  
O etanol é solúvel em água em qualquer proporção, assim como o propan-1-ol.  
Como o etanol possui apenas 2 carbonos na cadeia, sua temperatura de ebulição é mais baixa que a do propan-1-ol, que possui 3 carbonos na cadeia (maior massa molar). Logo, o composto II é o etanol e o composto III é o propan-1-ol.  
O hexano,  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ , e o heptano,  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ , são compostos praticamente apolares e insolúveis em água.  
Como o hexano tem 6 carbonos na cadeia e massa molar menor que a do heptano, que tem 7 carbonos na cadeia, a temperatura de ebulição do hexano é mais baixa que a do heptano.  
Concluimos então que o composto I é o hexano e o composto IV é o heptano.

- 2 Alternativa c.

A densidade de uma substância não depende de sua massa molar. O óleo, por exemplo, tem massa molar bem superior a da água e, entretanto, apresenta densidade menor.

- 3 a) De acordo com o texto, a função do THC é “interromper ou reverter a perda de peso de portadores de Aids”, e não combater o vírus causador da doença.

b)  $skank = 1/3$  de  $m$  (massa total da mistura)  
maconha = 30 g =  $x$  de  $m$   
matéria sem THC =  $1/5$  de  $m$

$$\frac{1}{3} + x + \frac{1}{5} = 1 \Rightarrow x = \frac{1}{1} - \frac{1}{3} - \frac{1}{5}$$

$$x = \frac{15 - 5 - 3}{15} \Rightarrow x = \frac{7}{15}$$

$$\frac{7/15}{1} = \frac{30 \text{ g}}{m}$$

$$m = 64,3 \text{ g}$$

- c)  $skank = 1/3$  de 64,3 g

$$skank = 21,4 \text{ g}$$

$$\text{massa de THC} = 17,5\% \text{ de } 21,4 \text{ g}$$

$$\text{massa de THC} = 3,75 \text{ g}$$

$$\text{massa de THC na maconha} = 2,5\% \text{ de } 30 \text{ g}$$

$$\text{massa de THC na maconha} = 0,75 \text{ g}$$

$$\text{massa de THC na mistura} = 3,75 \text{ g} + 0,75 \text{ g} = 4,5 \text{ g}$$

$$64,3 \text{ g} \text{ ————— } 100\%$$

$$4,5 \text{ g} \text{ ————— } P$$

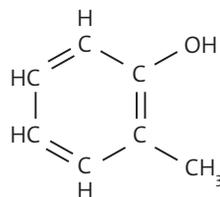
$$P = 7\%$$

A mistura apresenta 7% em massa de THC.

- 4 Alternativa c.

A substituição de hidrogênio por um grupo –OH no nafaleno dá origem a um fenol, e na decalina, dá origem a um álcool.

- 5 Alternativa a.

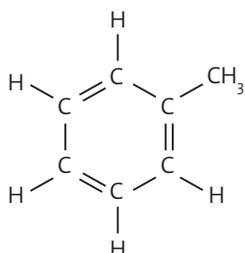


Ortocresol. Fórmula molecular:  $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$ .

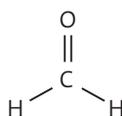
- 6 A diferença entre um fenol e um álcool cíclico com a mesma quantidade de carbonos é que os fenóis são mais ácidos que os álcoois cíclicos, isto é, os fenóis possuem maior facilidade de liberar íons  $\text{H}^+$  (prótons) do que os álcoois cíclicos.

- 7 a) Oficial: metoximetano; usual: éter dimetílico.  
 b) Oficial: metóxi-n-propano; usual: éter metil-n-propílico.  
 c) Oficial: etóxi-n-propano; usual: éter etil-n-propílico.  
 d) Oficial: n-propóxi-n-butano; usual: éter-n-propil-n-butílico.

- 8 Alternativa d.  
 Tolueno

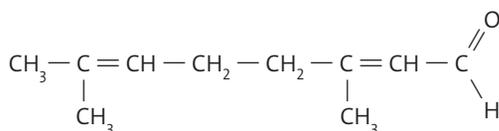


Metanal



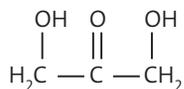
- 9 Alternativa d.  
 Item III: errado, como as moléculas de aldeído não possuem hidrogênio ligado diretamente a um átomo muito eletronegativo (como o oxigênio) elas não fazem ligações de hidrogênio entre si.  
 Item V: errado, os aldeídos são compostos bastante reativos e não são comumente utilizados como solventes.

- 10 Alternativa c.

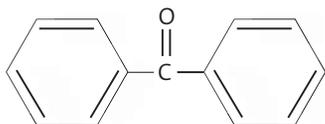


- I. Apresenta dois carbonos terciários na sua estrutura – Correto.  
 II. Apresenta fórmula molecular  $C_{10}H_{16}O$ . – Correto.  
 III. Apresenta cadeia homocíclica e insaturada. – Incorreta, pois a cadeia não é constituída apenas de carbono e hidrogênio, há também um oxigênio.  
 IV. Apresenta três carbonos secundários na sua estrutura. – Incorreto, há quatro carbonos secundários.

- 11 di-hidroxiacetona:



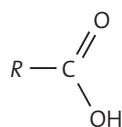
- 12 a) Benzofenona



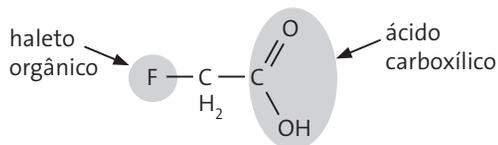
- b) A molécula possui massa molar elevada e 2 grupos fenila ligados à carbonila, que dificultam o estabelecimento de ligações hidrogênio com a água.

- 13 Alternativa b.

A fórmula geral dos ácidos carboxílicos é  $RCOOH$  ou



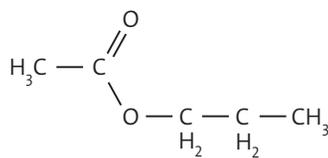
- 14 a) Os grupos funcionais são haleto orgânico e ácido carboxílico:



- b) O flúor é mais eletronegativo do que o cloro. Portanto, a ordem crescente de acidez dos ácidos relacionados é: ácido monoacético < ácido monocloraacético < ácido monofluoraacético.

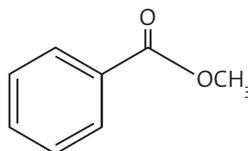
- 15 a) Aroma de pera

Etanoato de propila



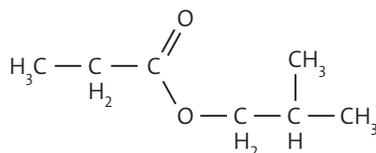
- b) Aroma de kiwi

Benzoato de metila:



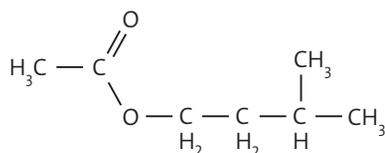
- c) Aroma de rum

Propanoato de isobutila



- d) Aroma de banana

Etanoato de isopentila



- 16 a) ácido propanoico + metanol  
 b) ácido metanoico + etanol

- 17 Alternativa c.

18 a) Sim. O aumento do metabolismo produzido pela ingestão do *ecstasy* provoca a hipertermia. Um dos mecanismos fisiológicos utilizados para o resfriamento corporal é o processo de transpiração. Entretanto, esse mecanismo depende da adequada hidratação do indivíduo. Dessa forma, a ingestão de água impede a desidratação e permite o processo de transpiração.

b)  $C_{11}H_{15}O_2N$  Massa molar = 193 g/mol  
 $LD_{50} = 22 \text{ mg} = 22 \cdot 10^{-3} \text{ g/kg}$  de massa corpórea  
 Para um ser humano de 56 kg:

1 kg de massa corpórea —————  $22 \cdot 10^{-3} \text{ g}$

56 kg de massa corpórea —————  $x$

$x = 1,232 \text{ g}$

1 comprimido =  $5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

1 mol de *ecstasy* ————— 193 g

$5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$  —————  $y$

$y = 0,0965 \text{ g}$

A  $LD_{50}$  para um ser humano de 56 kg em comprimidos é igual a:

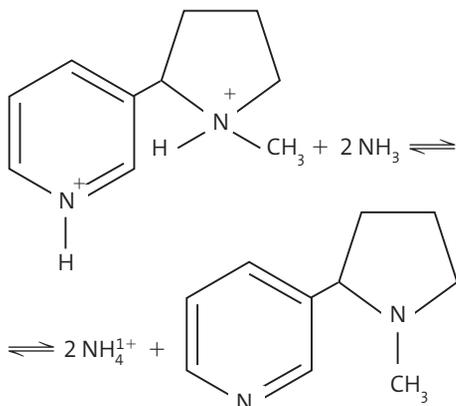
1 comprimido ————— 0,0965 g

$z$  ————— 1,232 g

$z = 13$  comprimidos

19 a) O nitrogênio mais básico é aquele que sofre mais facilmente uma protonação, portanto a sua dissociação ocorre com maior dificuldade e apresenta a menor constante de dissociação. Logo, é o nitrogênio do anel pirrolidínico ( $K_2 = 1 \cdot 10^{-8}$ ).

b) A amônia,  $NH_3$ , apresenta um caráter básico mais acentuado do que as formas apresentadas. A reação entre I e  $NH_3$  pode ser representada por:



Como a amônia está em excesso, teremos a ionização dos dois hidrogênios ligados aos nitrogênios, resultando assim a fórmula III.

20 Alternativa a.

21 Resposta 117. São corretos os itens 01, 04, 16, 32 e 64.  
 02. Errado. A cafeína apresenta cadeia heterocíclica porque apresenta o átomo de nitrogênio como heteroátomo.

08. Errado. Tudo o que ingerimos é formado de substâncias químicas; assim, para o exame antidoping negativo, o jogador não deve ingerir nenhuma substância química proibida.

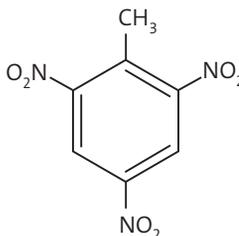
22 Resposta 56. São corretos os itens 08, 16 e 32.

O item 01 está errado porque as moléculas dos nitrocompostos não fazem ligações de hidrogênio entre si. São polares, porém do tipo dipolo permanente.

O item 02 está errado porque o grupo nitro,  $-NO_2$ , não possui hidrogênio e não tem caráter ácido (não pode receber um par de elétrons).

O item 04 está errado porque o nome do composto é ácido 4-nitropentanoico.

O item 16 está correto:



Trinitrotolueno:  $C_7H_5N_3O_6 = 227 \text{ g/mol}$

227 g de TNT ————— 42 g de N

100 g de TNT —————  $x$

$$x = \frac{100 \cdot 42}{227} \Rightarrow x \approx 18,50 \text{ g ou } 18,50\%$$

23 Resposta pessoal.

## Capítulo 5 – Isomeria constitucional e estereoisomeria

Este capítulo trata do estudo da isomeria, importante para que o aluno adquira desenvoltura para trabalhar com compostos de grupos funcionais diferentes, antes de iniciar o estudo das reações orgânicas. São abordados os isômeros constitucionais: funcionais, esqueletais, posicionais e a isomeria constitucional dinâmica.

O capítulo estuda também os compostos estereoisômeros, compostos cuja diferença está na configuração espacial das moléculas, ou seja, na disposição dos átomos no espaço.

### Objetivos

- Conceituar isomeria.
- Identificar os quatro casos de isomeria constitucional: funcional, esqueletal, posicional e constitucional dinâmica, através da fórmula estrutural ou do nome dos compostos.
- Equacionar o equilíbrio dinâmico que ocorre entre aldeído-enol e cetona-enol.
- Determinar o número de isômeros, representados pelas fórmulas estruturais, a partir de uma fórmula molecular.
- Compreender o fenômeno da estereoisomeria.
- Reconhecer as condições necessárias para que ocorra estereoisomeria *cis-trans*, estereoisomeria E-Z e existência de enantiômeros.
- Identificar a estereoisomeria *cis-trans* nos compostos orgânicos que apresentam ligação dupla entre carbonos ou cadeia cíclica.

- Identificar a estereoisomeria E-Z nos compostos orgânicos que possuem ligação dupla entre carbonos.
- Identificar a estereoisomeria relativa à assimetria do composto a partir da fórmula estrutural da substância.
- Correlacionar o desvio da luz polarizada à atividade óptica de um composto.
- Identificar o número de carbonos assimétricos e de misturas racêmicas de uma substância a partir de sua fórmula estrutural ou de seu nome segundo a IUPAC.

## Conteúdos específicos indispensáveis para a sequência dos estudos

- Os quatro tipos de isomeria constitucional: função, esqueletal (cadeia), posição e constitucional dinâmica.
- Estereoisomeria: *cis-trans* e E-Z.
- Estereoisomeria: carbono assimétrico e atividade óptica.
- Isômero levógiro e isômero dextrogiro.
- Misturas racêmicas.

### Comentários e sugestões

Inicie a aula propondo aos alunos que respondam oralmente a seguinte pergunta: Um frasco de laboratório apresenta a seguinte indicação:  $C_3H_6O$ . Essa informação é suficiente para identificar o tipo de substância presente no frasco?

O importante é que os alunos compreendam que há compostos diferentes que apresentam essa mesma fórmula molecular (no exemplo acima, propanona  $CH_3-CO-CH_3$  e propanal  $CH_3-CH_2-CHO$ ). Partindo dessa ideia construa os conhecimentos sobre isomeria e aborde os quatro casos de isomeria constitucional. É interessante que todos os casos sejam trabalhados em sala com os alunos.

Peça que os exercícios sejam feitos em grupos de quatro alunos. Incentive os alunos que apresentam mais facilidade a auxiliar os colegas com dificuldades com a sua supervisão e orientação.

Discuta e lembre também com seus alunos a condição principal para que ocorra a isomeria (diferente fórmula estrutural, mesma fórmula molecular).

Explique que neste capítulo é importante perceber que o que difere de um composto para o outro é a disposição espacial dos átomos.

O professor deve decidir se trabalhará apenas com os casos de estereoisomeria *cis-trans* (dois ligantes diferentes em cada carbono da dupla, mas iguais entre si) ou se vai introduzir também os casos de estereoisomeria E-Z (mais de dois ligantes diferentes entre si nos carbonos da dupla).

O importante é não misturar os conceitos, trabalhando com compostos E-Z como se fossem *cis-trans*.

Em relação aos estereoisômeros *cis-trans*, é importante que o aluno verifique que a diferença de configuração espacial implica diferença nas propriedades físicas como temperatura de ebulição e densidade. Analise com eles as tabelas

na lateral das páginas 130 e 131 que trazem exemplos a esse respeito.

Para introduzir o conceito de carbono assimétrico para mostrar a existência de enantiômeros é muito importante o uso de modelos. É difícil conseguir visualizar a diferença entre dois enantiômeros (compostos que são imagens especulares um do outro) no espaço, sem o recurso dos modelos. Uma opção seria realizar a atividade experimental sugerida nesta unidade, que costuma despertar muito interesse no aluno.

Um conhecimento químico passa a ter mais sentido quando faz parte da vida do aluno. Nos processos bioquímicos, vários compostos que são enantiômeros comportam-se de maneira antagônica no organismo, geralmente um deles se apresenta muito ativo na sua função e o outro total ou parcialmente inativo. Para o aluno essas informações são curiosas e intrigantes e motivam o aprendizado da matéria, por isso, vale a pena comentar a atividade bioquímica dos enantiômeros descrita no box **Curiosidade** da página 141.

### Experimento

#### Construção de modelos – enantiômeros

Como os materiais deste experimento são de fácil obtenção e de baixo custo, sugere-se que a atividade experimental seja feita em grupos de três alunos, em que cada grupo tenha o material necessário para a atividade. Deixe que os grupos respondam às perguntas propostas no item **Investigue**.

Inicie uma discussão partindo das conclusões dos grupos sobre as questões propostas e, assim, introduza as ideias necessárias para o estudo da estereoisomeria relativa à assimetria do composto, começando pelos casos em que a molécula apresenta carbono assimétrico.

#### Investigue

1. Por serem modelos idênticos, as moléculas são sobreponíveis, ou seja, é possível posicionar uma sobre a outra, de modo que coincida a posição dos átomos de mesma cor.
2. Por serem modelos com os mesmos tipos de átomo mas com diferentes arranjos espaciais desses átomos, as moléculas não são sobreponíveis, ou seja, não é possível posicionar uma sobre a outra, de modo que coincida a posição dos átomos de mesma cor.
3. Não. Por serem modelos idênticos, as moléculas não são a imagem especular uma da outra. Não é possível posicionar uma molécula de modo idêntico ao da imagem especular da outra.
4. Por serem modelos com os mesmos tipos de átomo mas com diferentes arranjos espaciais desses átomos, as moléculas são a imagem especular uma da outra. Logo, podemos posicionar uma molécula de modo idêntico ao da imagem da outra no espelho.

## Os termos isomeria plana, geométrica e óptica não são recomendados pela IUPAC

A IUPAC considera que não existe molécula plana, todas são tridimensionais.

Assim, os isômeros podem ser constitucionais (ou estruturais), estereoisômeros ou isômeros conformacionais.

### Isômeros constitucionais

Os isômeros constitucionais diferem entre si pela conectividade entre os átomos. Podem ser:

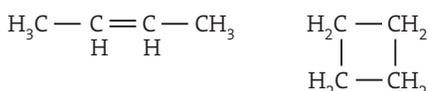
Funcionais

Exemplo: propanona e propanal



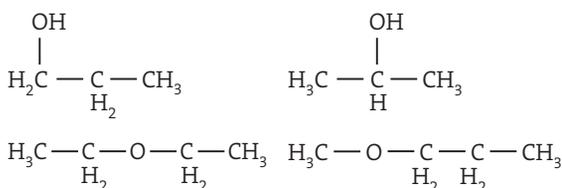
Esqueletais (antiga isomeria de cadeia)

Exemplo: but-2-eno e ciclobutano



Posicionais (englobam as antigas isomeria de posição e metameria)

Exemplos: propan-1-ol e propan-2-ol ou etoxietano e metoxipropano



• Os exemplos em que a isomeria se refere às moléculas são ditos de isomeria estática, que difere da tautomeria, um exemplo de isomeria dinâmica, pois se refere ao movimento (equilíbrio) entre as duas formas.

Exemplo de tautomeria: 1-propen-2-ol e propanona



### Estereoisômeros

Os estereoisômeros diferem entre si pela configuração das moléculas. Podem ser:

- Enantiômeros: quando um é a imagem especular do outro.
- Diastereoisômeros: quando um não é a imagem especular do outro.

Assim, por exemplo, todo par de isômero *cis-trans* é diastereoisômero.

O **racêmico** é uma mistura equimolar de dois enantiomorfos, não é uma substância; portanto, não é um isômero.

Na estereoisomeria *cis-trans*, os termos *cis* e *trans* serão usados em nomenclatura de compostos com apenas dois tipos de ligantes aos átomos de carbono da dupla ligação (ou do ciclo), como no *cis*-but-2-eno e *trans*-but-2-eno. Para nomear compostos com mais de dois ligantes diferentes, utiliza-se a nomenclatura E-Z.

Sobre isomeria E-Z, veja página 132.

### Nomenclatura R e S

Na presença de carbono assimétrico, deve-se utilizar a nomenclatura R e S.

(Observe que o carbono que apresenta quatro ligantes diferentes é dito assimétrico. O termo quiral se aplica à molécula; não existe carbono quiral.)

- R (do latim *rectum*) significa “direito”; indica a ordem de prioridade dos ligantes 1 → 2 → 3 no sentido horário;
- S (do latim *sinister*) significa “esquerdo”; indica a ordem de prioridade dos ligantes 1 → 2 → 3 no sentido anti-horário.

A ordem de prioridade é definida pela massa atômica dos átomos diretamente ligados ao carbono assimétrico.

Em caso de empate, serão analisados os átomos ligados a esse carbono, até se estabelecer o desempate.

O segundo passo é posicionar a molécula de modo que o substituinte de menor prioridade esteja o mais longe possível do observador, isto é, atrás do plano do papel.

Esse processo faz com que só existam dois arranjos dos substituintes restantes: o R e o S.

Há várias projeções que podem ser utilizadas para escrever as fórmulas dos estereoisômeros. A mais conhecida no Ensino Médio é a projeção de Fischer.



### Estereoisomeria *cis-trans* e visão humana

No exercício 13 da página 133 falamos brevemente sobre a relação entre a visão humana e a estereoisomeria *cis-trans*. O texto a seguir fornece mais detalhes sobre esse assunto.

“As alterações químicas que ocorrem quando a luz atinge a retina do olho envolvem muitos fenômenos da química orgânica e da fotoquímica, área de estudo da físicoquímica. O ponto central para o entendimento do processo visual em escala molecular são dois fenômenos em particular: a absorção da luz pelos polímeros conjugados (moléculas orgânicas com várias duplas ligações em série) e a interconversão de isômeros *cis-trans*.”

A retina do olho humano contém dois tipos de células receptoras. Devido a seus formatos, estas células recebem o nome de bastonetes e cones. Os bastonetes estão localizados primordialmente na periferia da retina e são responsáveis pela visão com luminosidade reduzida. Estas células, entretanto, são 'cegas' às cores e, portanto, veem apenas as tonalidades de cinza. Os cones são encontrados principalmente no centro da retina e são responsáveis pela visão com luminosidade considerável. Também possuem os pigmentos que são responsáveis pela visão das cores.

Alguns animais não possuem cones ou bastonetes. As retinas dos pombos contém apenas cones. Assim, apesar de conseguirem distinguir as cores, estas aves

enxergam apenas na brilhante luz do dia. As retinas das corujas, por outro lado, possuem apenas bastonetes; as corujas enxergam muito bem sob luminosidade reduzida mas são cegas às cores.

As alterações químicas que ocorrem nos bastonetes são mais bem entendidas que aquelas que ocorrem nos cones. Por este motivo, vamos nos concentrar apenas no estudo da visão promovida pelos bastonetes.

Em 1952, [George] Wald e uma de suas estudantes, Ruth Habard, mostraram que o cromóforo (um grupo orgânico que absorve luz) da rodopsina é um aldeído polinsaturado, o 11-*cis*-retinal. A rodopsina é o produto da reação deste aldeído com uma proteína chamada opsina. A reação ocorre entre o grupo aldeído do 11-*cis*-retinal e um grupo amina na cadeia da proteína e envolve a perda de uma molécula de água. Outras interações secundárias envolvendo grupos -SH da proteína provavelmente também mantêm o *cis*-retinal no lugar. [...]

A cadeia polinsaturada conjugada do 11-*cis*-retinal fornece à rodopsina a habilidade de absorver luz em uma região muito larga do espectro visível. [...]

Quando a rodopsina absorve um fóton de luz, o cromóforo do 11-*cis*-retinal sofre isomerização para a forma *all-trans* [11-*trans*-retinal].”

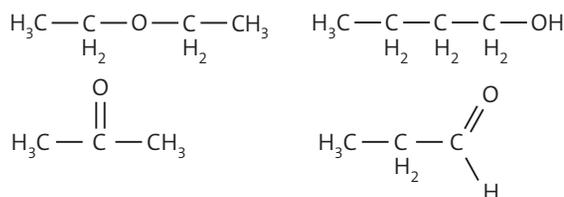
Disponível em: <[www.escolainterativa.com.br/canais/18\\_vestibular/estude/quimi/tem/qui\\_tem023.asp](http://www.escolainterativa.com.br/canais/18_vestibular/estude/quimi/tem/qui_tem023.asp)>. Acesso em: 9 abr. 2016.

### Saúde e sociedade: Cocaína, crack, merla e oxi: semelhanças e diferenças

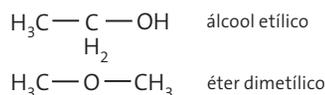
1. A cocaína apresenta os grupos funcionais amina e éster.
2. A cocaína é uma substância aromática porque apresenta um anel benzênico.
3. A cocaína apresenta as seguintes isomerias:  
Funcional: éster – ácido carboxílico;  
Esquelético: cadeia ramificada – cadeia normal;  
Posicional: diferente posição de um substituinte.

### Resolução dos exercícios

- 1 Alternativa b.  
O etoxietano,  $C_4H_{10}O$ , é isômero funcional do butan-1-ol  $C_4H_{10}O$ , e a propanona,  $C_3H_6O$ , é isômero do propanal,  $C_3H_6O$ .

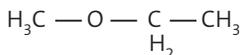
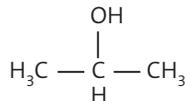
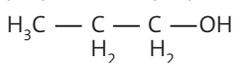


- 2 a) As substâncias são respectivamente álcool etílico (etanol) e éter dimetílico (metoximetano).



- b) O álcool etílico apresenta temperaturas de fusão e de ebulição mais elevadas que os do éter dimetílico, porque suas moléculas fazem ligações de hidrogênio entre si, o que não ocorre com as moléculas do éter.

- 3 a) Os isômeros constitucionais com fórmula  $C_3H_8O$  são: propano-1-ol; propano-2-ol e metoxietano.



b) PE metoxietano < PE propano-2-ol < PE propano-1-ol.

- 4 Alternativa c.

Isômeros são compostos diferentes que possuem a mesma fórmula molecular.

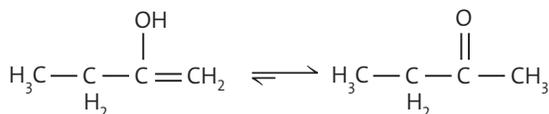
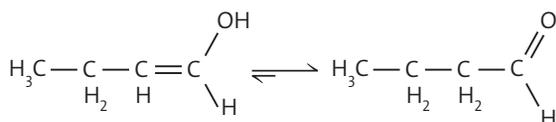
- 5 Os compostos de fórmula molecular  $C_4H_6$  podem ser:

Alcinos: but-1-ino; but-2-ino.

Alcadienos: but-1,2-dieno; but-1,3-dieno.

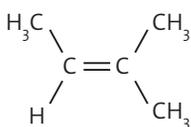
Ciclenos: metilciclopropeno; ciclobuteno.

- 6 O esquema em equilíbrio representa uma isomeria dinâmica (tautomeria).

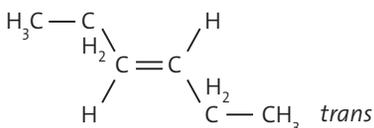
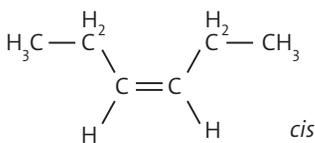


- 8 Alternativa e.

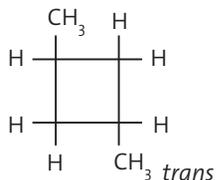
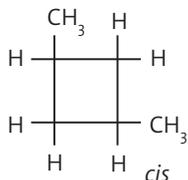
- 9 1. Não apresenta estereoisomeria *cis-trans*:



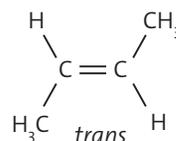
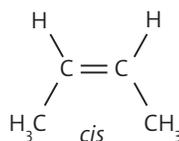
2. Apresenta estereoisomeria *cis-trans*:



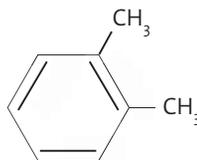
3. Apresenta estereoisomeria *cis-trans*:



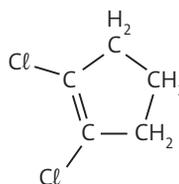
4. Apresenta estereoisomeria *cis-trans*:



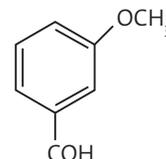
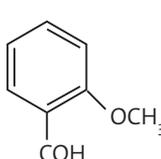
5. Não apresenta estereoisomeria *cis-trans*:



6. Não apresenta estereoisomeria *cis-trans*:

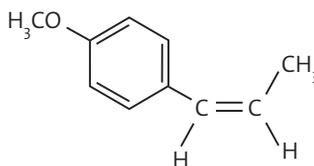
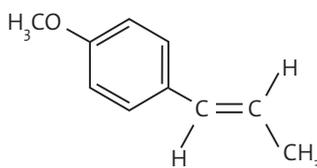


- 10 a) *o*-metoxibenzaldeído e *m*-metoxibenzaldeído, respectivamente.



- b) Éter e aldeído

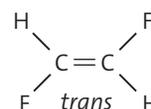
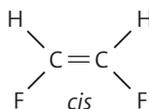
- c) A substância I possui dois estereoisômeros *cis-trans*:



- d) A substância III contém uma dupla não conjugada (não alternada)

- 11 Alternativa a.

O composto 1,2-difluoreto possui estereoisomeria *cis-trans*:





## Unidade 3 – Consumismo

O tema central desta unidade é o consumismo. Trata-se de um tema muito oportuno por vários motivos, porque vamos falar de reações orgânicas que envolvem consumo de reagentes e formação de produtos cujo destino também é o consumo, seja indireto (como matéria-prima na fabricação de algum produto acabado), seja direto, como solvente, combustível, desinfetante, entre outras finalidades.

O consumo de reagentes implica extração de recursos naturais e o consumo de produtos implica rejeitos no meio ambiente.

Com base nesse mote, aproveitamos para discutir o consumismo, um hábito que, como mostram os textos ao longo da unidade, está se tornando um dos maiores problemas ambientais da atualidade, além de fomentar a desigualdade social, uma vez que é impossível que todos tenham acesso a um mesmo padrão de consumo (o planeta não dispõe de recursos para isso).

Todos os problemas levantados, porém, são seguidos de propostas como a Química verde e de conceitos de sustentabilidade como o berço a berço, mostrando que é possível mudar o rumo que estamos tomando em direção à escassez se adotarmos uma postura social mais consciente e mais responsável com o meio ambiente.

Antes de iniciar essa unidade, divida a lousa em duas partes e faça uma enquete entre os alunos sobre quais produtos eles consomem com mais frequência (de um lado) e os produtos que eles almejam consumir (de outro lado). Leve isso como uma brincadeira. Quando a lousa estiver preenchida, inicie a leitura do texto de abertura da unidade por um dos métodos descritos na página 293 destas orientações para o professor ou da forma que achar mais conveniente. É possível encontrar na internet *sites* com dados sobre o perfil do jovem consumista brasileiro. Há também uma comparação com jovens de outros países do mundo e verificou-se que o brasileiro tem interesse maior em fazer compras que os jovens de outros países (reflexo de uma publicidade mais agressiva?).

Vale ressaltar que o objetivo dessa discussão inicial não é condenar o adolescente em relação ao que ele consome ou deixa de consumir, mas sim conscientizá-lo, fazê-lo refletir sobre a real necessidade do consumo e sobre o que tem levado muitas pessoas a consumir com voracidade, o que compromete sua própria qualidade de vida e a do meio ambiente.

### Como justificar para o aluno a importância do que ele irá aprender agora?

Nessa unidade vamos falar sobre as propriedades químicas, ou melhor, sobre as reações características dos alcanos, aromáticos e haletos orgânicos, as condições necessá-

rias para que essas reações ocorram, os produtos obtidos e suas aplicações.

Todas essas reações orgânicas podem ser explicadas pelo conceito de eletronegatividade e, conseqüentemente, pelo caráter parcial que cada átomo adquire quando estabelece uma ligação covalente. Já trabalhamos esses conceitos nos Volumes 1 e 2, portanto, é provável que o aluno não tenha dificuldades em acompanhar o raciocínio. De qualquer forma, se achar necessário faça uma revisão a respeito. O importante é fazer o aluno perceber que utilizando o conceito de eletronegatividade, ele poderá resolver qualquer reação química sem a necessidade de memorizar algo.

Observe também que alcanos e aromáticos são derivados do petróleo e haletos orgânicos são compostos de alta toxicidade, ou seja, estamos usando recursos naturais e compostos tóxicos para obter os produtos que a indústria utiliza na fabricação de bens de consumo. Esses processos também resultam em rejeitos e poluição. Há alguma saída para resolver essa questão?

Nesse ponto seria interessante exibir para os alunos o vídeo *A história das coisas* (veja detalhes nas sugestões de filmes no final do livro do aluno).

### Sobre como desenvolvemos o conteúdo

Acreditamos que o conhecimento sobre reações químicas que deve ser ressaltado para o aluno de Ensino Médio – e que pode ser útil em sua vida – é justamente aquele que o faz entender os processos que levam à obtenção das substâncias orgânicas utilizadas na fabricação de bens de consumo.

Começamos com as reações dos hidrocarbonetos, primeiro as de substituição, características de compostos pouco reativos da classe dos alcanos e dos aromáticos, para em seguida falar sobre as reações de adição, características de compostos insaturados e de alguns poucos ciclanos.

Depois falamos das reações de outros grupos funcionais como as de eliminação, características de álcoois, ácidos carboxílicos e haletos orgânicos e, por fim, das reações de oxidação e de redução. Nesse caso, focamos apenas nos compostos oxigenados em detrimento dos compostos nitrogenados, por uma questão de tempo e extensão do programa.

Com base nesse conhecimento adquirido, trabalhamos as reações de polimerização por adição comum, adição 1,4 e condensação, procurando sempre motivar discussões com os alunos sobre temas importantes para a sociedade e o meio ambiente como o uso de sacolinhas plásticas, o desenvolvimento de plásticos biodegradáveis e o conceito “berço a berço” que pode ser a luz no fim do túnel da poluição e da degradação ambiental que estamos cavando.

Se possível, exiba para os alunos o filme *Alternativa berço a berço*, veja detalhes nas sugestões de filmes no final do livro do aluno.

## Capítulo 6 – Reações de substituição

Este capítulo trata do estudo das diferentes reações de substituição em alcanos, em compostos aromáticos e em haletos orgânicos. Algumas substâncias envolvidas nessas reações de substituição estão relacionadas ao meio ambiente e à poluição.

### Objetivos

- Representar os possíveis produtos formados em reações de halogenação, nitração e sulfonação de alcanos.
- Equacionar as reações de substituição descritas acima.
- Compreender, por meio do caráter parcial de cada carbono na molécula (estabelecido pela diferença de eletronegatividade entre os átomos), em qual carbono ocorre a substituição no caso de alcanos com três ou mais carbonos na molécula.
- Reconhecer que algumas substâncias envolvidas nas reações de substituição são nocivas ao meio ambiente.
- Conhecer os alicerces nos quais a Química verde está fundamentada.
- Representar os possíveis produtos formados nas reações de halogenação, nitração, sulfonação, alquilação e acilação em aromáticos (benzeno e seus derivados).
- Reconhecer como os grupos *orto*, *para* e *meta* dirigentes orientam as substituições nos compostos aromáticos.
- Equacionar as reações descritas anteriormente.
- Conscientizar-se sobre as consequências do consumo exacerbado.
- Equacionar as reações de hidrólise alcalina de haletos orgânicos, reconhecendo os produtos formados.

### Conteúdos específicos indispensáveis para a sequência dos estudos

- Halogenação em alcanos e aromáticos.
- Reatividade dos alcanos ante reações de substituição. Alquilação e acilação em aromáticos.
- Grupos orientadores nos compostos aromáticos: *orto*, *para* e *meta* dirigentes.

### Comentários e sugestões

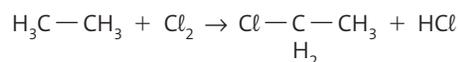
Primeiramente, inicie uma discussão com seus alunos para lembrar alguns conceitos importantes sobre reações químicas, como por exemplo: rearranjo dos átomos, uso de catalisadores, balanceamento. Esses são conceitos essenciais para os estudos das reações orgânicas que foram distribuídas no decorrer desta unidade.

É importante que os alunos percebam que nas reações de substituição o número de ligantes ao redor do átomo de carbono permanece constante.

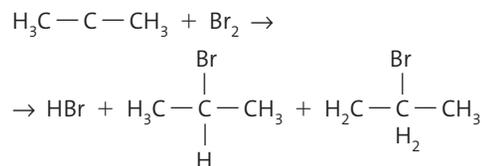
Promova uma discussão com seus alunos para abordar o assunto Química verde – que já é uma realidade em várias indústrias no mundo – comentando seus benefícios.

### Resolução dos exercícios

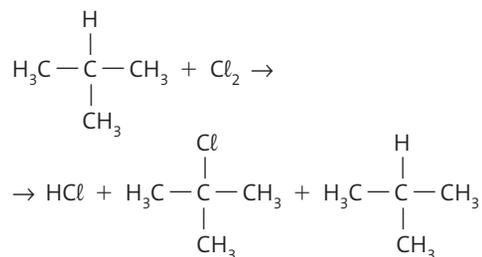
- 1 a) monoclóroetano e HCl.



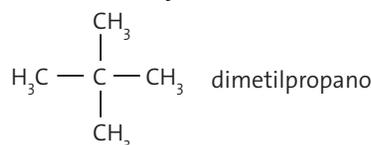
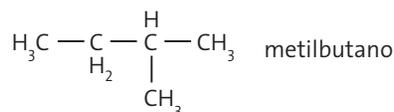
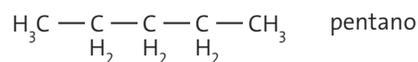
- b) 2-bromopropano, 1-bromopropano e HBr.



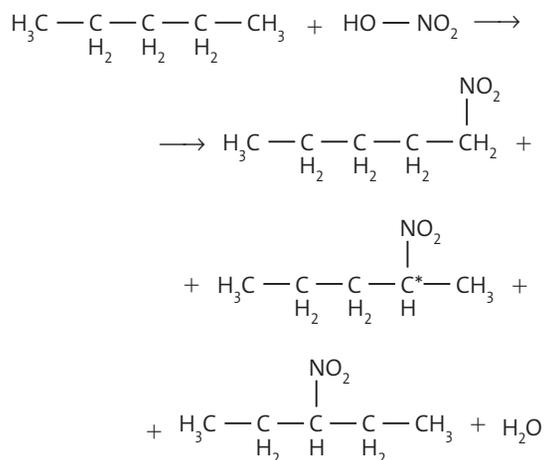
- c) 2-clorometilpropano, 1-clorometilpropano e HCl.



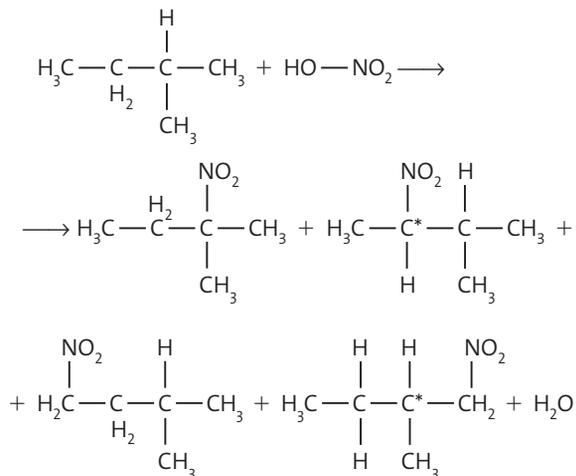
- 2 Não. Somente alcanos com 6 ou mais carbonos reagem com ácido sulfúrico. Os alcanos mais simples, de massa molar baixa, são destruídos (oxirredução violenta).
- 3 Alternativa c.  
O hidrogênio mais facilmente substituível por halogênio é o de carbono terciário (no caso o carbono 3), em seguida o de carbono secundário (no caso os carbonos 2 e 4) e por último o de carbono primário (no caso os carbonos 1, 5 e 6).
- 4 a) O pentano,  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ , que possui cadeia normal, apresenta mais dois isômeros de cadeia ramificada, o metilbutano e o dimetilpropano.



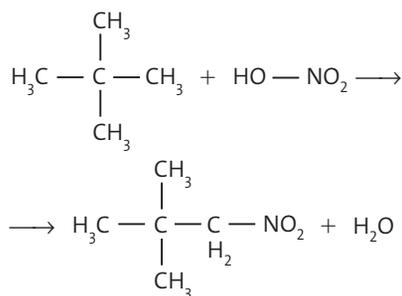
b) A mononitração do pentano fornece 4 compostos isômeros: o 1-nitropentano (obtido em menor quantidade), o 2-nitropentano dextrogiro, o 2-nitropentano levogiro e o 3-nitropentano (obtidos em maior quantidade, devido ao efeito indutivo positivo dos radicais alquila).



A mononitração do metilbutano fornece 6 compostos isômeros: o 2-metil-2-nitrobutano (obtido em maior quantidade), o 3-metil-2-nitrobutano dextrogiro, o 3-metil-2-nitrobutano levogiro, o 3-metil-1-nitrobutano, o 2-metil-1-nitrobutano dextrogiro e o 2-metil-1-nitrobutano levogiro.

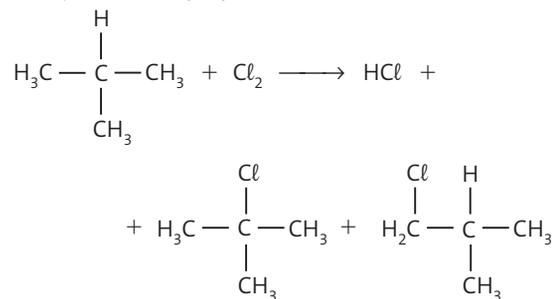


A mononitração do dimetilpropano fornece como único produto o dimetilnitropropano (pois só há uma possibilidade de substituição em átomo de carbono primário).



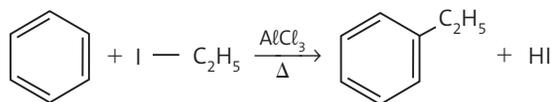
5) Alternativa e.

Cloração do metilpropano:



6) Resposta 63. Todos os itens são corretos: 01, 02, 04, 08, 16 e 32.

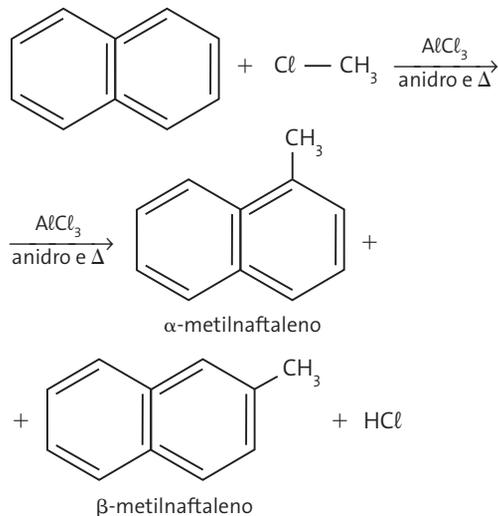
7) Alternativa c.



8) Alternativa a.

Os únicos compostos monossustituídos obtidos a partir do naftaleno são os que ocorrem nas posições  $\alpha$  ou  $\beta$ . Nessa reação, especificamente, são obtidos o  $\alpha$ -metilnaftaleno e o  $\beta$ -metilnaftaleno, além do HCl.

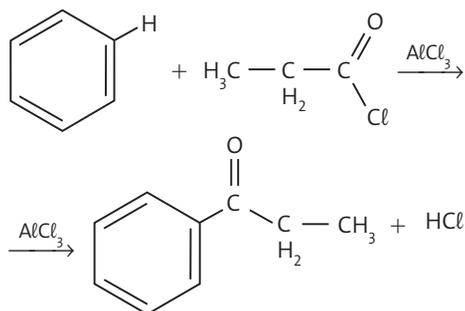
Veja as fórmulas estruturais a seguir.



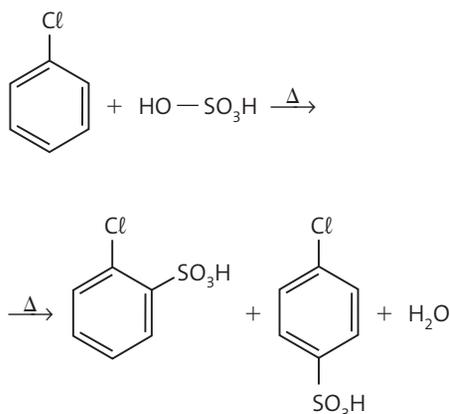
9) Alternativa b.

10) Alternativa c.

11) Alternativa a.



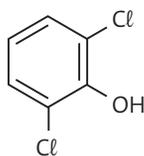
12 Alternativa b.



13 Alternativa e.

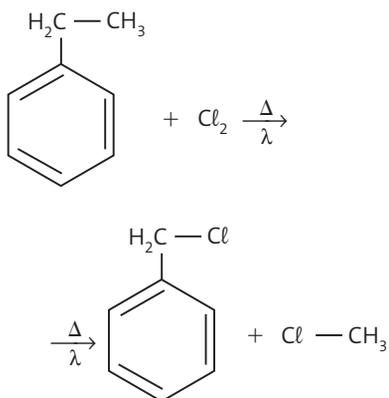
- $-\text{NO}_2$  e  $-\text{CN}$  são *meta* dirigentes.
- $-\text{COOH}$  é *meta* dirigente
- $-\text{COH}$  e  $-\text{COOH}$  são *meta* dirigentes.
- $-\text{SO}_3\text{H}$ ,  $-\text{CHO}$  e  $-\text{COOH}$  são *meta* dirigentes.

14 a)

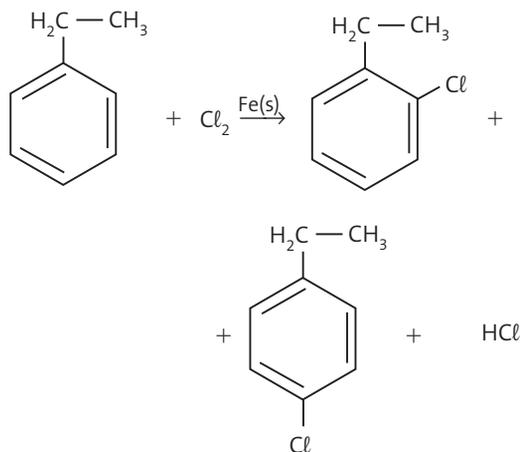


- Como o grupo hidroxí é *orto* e *para* dirigente, o produto será o *orto*-clorofenol e *para*-clorofenol.
- Como o grupo nitro é *meta* dirigente, o produto será o *meta*-nitrobenzeno.

15 a) As condições descritas favorecem a substituição no grupo alquila. Os produtos da reação são: cloreto de benzila e monoclorometano.



b) As condições descritas favorecem a substituição no anel aromático. Os produtos da reação são: *orto*-cloroetilbenzeno, *para*-cloroetilbenzeno e cloreto de hidrogênio.



16 Alternativa d.

O produto obtido em maior quantidade é o proveniente da substituição de hidrogênio do carbono terciário, em seguida o oriundo da substituição de hidrogênio do carbono secundário e, por último, o do carbono primário. Obtém-se, desse modo, maior quantidade de 2-cloro-2-metilbutano.

## Capítulo 7 – Reações de adição e reações orgânicas

Este capítulo estuda as reações orgânicas de adição. Veremos especificamente as reações de adição em alcenos, alcinos, alcadienos, ciclanos e aromáticos. O processo de produção industrial do acetileno e seus derivados também é abordado neste capítulo.

Além disso, apresentamos as seguintes reações de eliminação em compostos orgânicos: desidratação intramolecular e intermolecular de álcoois, desidratação de ácidos carboxílicos e eliminação em haletos orgânicos.

Trata do estudo das reações de oxirredução orgânicas, como ozonólise de alcenos, oxidação branda e enérgica de alcenos, oxidação total e parcial de álcoois, redução de álcoois, ácidos carboxílicos, aldeídos e cetonas. Essas reações, além de muito importantes industrialmente, costumam despertar grande interesse nos alunos por estarem relacionadas a fenômenos cotidianos, como uso do bafômetro, tintura de cabelos, mudança de coloração de frutos expostos às condições ambientes, etc.

### Objetivos

- Reconhecer que as reações de adição são características de compostos insaturados (embora também possam ocorrer com ciclanos que possuem até 5 carbonos na molécula ou com aromáticos em condições especiais).

- Equacionar as reações do tipo adição em alcenos, alcinos e alcadienos com gás hidrogênio, halogênios, haletos de hidrogênio e água.
- Representar os produtos obtidos nas reações descritas acima.
- Reconhecer e diferenciar os produtos formados numa reação de adição com haletos de hidrogênio ou água, utilizando a regra de Markovnikov (que é explicada em termos de diferença de eletronegatividade entre os átomos e caráter parcial de carbonos primários, secundários e terciários).
- Tomar conhecimento de que em condições muito específicas a adição de brometos de hidrogênio a compostos insaturados (alcenos, alcinos, alcadienos) ocorre de maneira inversa à regra de Markovnikov (reação de Karash).
- Classificar os alcadienos em: isolados, acumulados e conjugados.
- Compreender como as reações de adição ocorrem de forma total e parcial, reconhecer e diferenciar os produtos formados em alcinos e alcadienos.
- Equacionar os produtos formados numa reação de adição de alcadienos conjugados (reação de adição 1,4).
- Reconhecer como ocorre a produção do acetileno e também identificar algumas aplicações dessa substância.
- Representar os produtos envolvidos numa reação de adição em ciclanos com até 5 carbonos na molécula e em aromáticos (hidrogenação e halogenação).
- Reconhecer o desenvolvimento de tecnologias para minimizar os danos ao meio ambiente.
- Identificar as reações orgânicas de eliminação.
- Prever se ocorrerá uma desidratação intramolecular ou uma desidratação intermolecular de um álcool conforme as condições do meio.
- Equacionar a reação e fornecer os produtos de reações de desidratação intermolecular e intramolecular de álcoois. Reconhecer que o hidrogênio ligado ao carbono terciário é eliminado com mais facilidade numa reação de desidratação de álcoois, com base na diferença de eletronegatividade entre os átomos e no caráter parcial dos carbonos. Prever os produtos formados numa reação de desidratação de ácidos carboxílicos.
- Reconhecer os produtos formados numa reação de eliminação em haletos orgânicos.
- Equacionar as reações de ozonólise de alcenos.
- Prever os produtos formados numa reação de oxidação de alcenos, utilizando o reagente de Baeyer em meio básico e meio ácido.

- Equacionar a reação de oxidação branda do alceno. Equacionar a reação de oxidação enérgica do alceno. Prever os produtos formados numa reação de oxidação de metanol, de álcool primário e de álcool secundário. Reconhecer como funciona um bafômetro e entender quais reações químicas estão envolvidas.
- Entender o poder que a publicidade exerce sobre as pessoas, sobretudo crianças, no desenvolvimento de uma sociedade consumista, principalmente em relação a alimentos refinados e bebidas alcoólicas.
- Reconhecer possíveis impactos ambientais provocados por uma sociedade consumista.
- Reconhecer as reações de redução de álcoois, ácidos carboxílicos, aldeídos e cetonas e prever os produtos formados em cada caso.

## Conteúdos específicos indispensáveis para a sequência dos estudos

- Hidrogenação catalítica em alcenos, alcinos e alcadienos.
- Reação de adição de haletos de hidrogênio em alcenos e alcinos segundo a regra de Markovnikov.
- Reação de adição 1,4 em alcadienos conjugados.
- Desidratação: intermolecular e intramolecular de álcoois.
- Ozonólise de alcenos.
- Oxidação enérgica de alcenos.
- Oxidação total e parcial de álcoois.
- Redução de aldeídos e cetonas.

## Comentários e sugestões

Inicie a aula discutindo de forma genérica como ocorrem as reações de adição. É importante que os alunos reconheçam que esse tipo de reação ocorre em compostos de cadeia insaturada, ou seja, em que há ligações duplas ou triplas entre carbonos.

Sobre reações de adição de ciclanos, lembre a matéria da página 45 sobre a tensão nas ligações em ciclanos com até 5 carbonos na molécula (ciclanos com 6 ou mais carbonos são muito estáveis, pois todos os ângulos entre as ligações são praticamente iguais a  $109^{\circ}28'$  e não fazem esse tipo de ligação).

Sobre os aromáticos, discuta rapidamente o exemplo da página 173, apenas para que tomem conhecimento do fenômeno.

Os exercícios propostos podem ser resolvidos em sala de aula em grupos de quatro componentes. É importante que, em seguida, você faça a correção valorizando a participação dos alunos.

## Trabalho em equipe

O texto a seguir poderá ajudar o professor a orientar o trabalho de seus alunos.

“Os maçaricos podem usar diferentes gases dependendo do tipo de trabalho a ser feito. Os maçaricos a gás profissionais usam o **acetileno** ou o **gás MAPP** misturados ao OH oxigênio, enquanto maçaricos menores, para uso doméstico, normalmente usam **butano** ou **propano**.”

Embora altamente eficaz, o acetileno,  $C_2H_2$ , é um gás combustível volátil. Sua volatilidade se deve à ligação tripla entre os átomos de carbono. Esse tipo de ligação pode reter uma quantidade considerável de energia liberada quando o gás é inflamado. Entretanto, a natureza instável da ligação faz que ele exploda facilmente, a menos que seja mantido na pressão certa (entre 10 e 20 bar). Até mesmo solavancos repentinos e pequenos choques podem causar uma explosão. Dissolver o acetileno em acetona ajuda a mantê-lo mais estável, mas, mesmo assim, ele continua sendo perigoso e precisa ser armazenado corretamente; isto é, verticalmente, senão a lata de acetona pode entrar em contato com as demais peças, como reguladores, mangueiras e bicos, e danificá-las.

[...]

Comparado ao acetileno, o gás MAPP, composto de metilacetileno e propadieno, é muito menos perigoso. Ao contrário do acetileno, o gás MAPP não explode no caso de solavancos ou batidas. Além disso, ele suporta pressões mais altas, tornando-se propício para trabalhos subaquáticos, como consertos de navios. Embora as chamas do gás MAPP não sejam tão quentes quanto as do acetileno, alguns dizem que ele é tão ou mais eficaz que o acetileno, quando utilizado na soldagem [fonte: Fundamentals of Professional Welding].

[...]

Como o oxigênio é necessário para manter qualquer chama, ele é fundamental no uso de qualquer maçarico. Mas, se o gás está presente no ar, por que é necessário um cilindro de oxigênio comprimido? Porque sem ele, nem o acetileno nem o gás MAPP queimariam a temperaturas tão altas. O oxigênio age como um acelerador, ou seja, ele ajuda o combustível a queimar a temperaturas mais altas.

Os aparelhos de solda normalmente usam oxigênio e acetileno (daí o nome “solda de oxiacetileno”) porque juntos eles produzem chamas que variam de 2760 °C a 3316 °C. A combinação de oxiacetileno pro-

duz chamas mais quentes do que qualquer outra combinação de gases. Se você adicionar oxigênio puro à chama, o desempenho do acetileno aumenta em mais de 538 °C e o do gás MAPP em mais de 816 °C [fonte: Bernzomatic].

Tendo em vista a alta temperatura das chamas, é importante tomar certos cuidados antes de se acender um maçarico.

[...]”

MCGRATH, Jane. Como funcionam os maçaricos. Como tudo funciona. Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/macarico-de-mao2.htm>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

“Para ligar um maçarico profissional, soldadores devem usar alguns itens de proteção, como luvas, avental e, principalmente, óculos ou máscaras que cubram todo o rosto e tenham lentes polarizadas (devido ao brilho intenso da chama). Além disso, para evitar acidentes, a ventilação deve ser boa, os extintores de fogo devem estar sempre à mão, não deve haver nenhum vazamento e as roupas não devem ter manchas de óleo ou de graxa. Também é necessário o uso de roupas resistentes ao fogo e calçados com biqueiras protetoras.

Você vai agradecer estar usando essas roupas protetoras se algo de errado acontecer enquanto você estiver usando um maçarico, como uma **pequena explosão (backfire)** ou um **retrocesso (flashback)**. Essa pequena explosão ocorre quando a chama se apaga com um estalo bem alto. Isso acontece quando a pressão do gás é insuficiente ou quando a ponta do bico encosta na peça de metal. Embora essa pequena explosão pareça assustadora, ela não causa ferimentos. O **retrocesso**, por outro lado, acontece quando a chama volta para o interior do punho devido a pressões erradas ou entupimento do bico. O retrocesso é extremamente perigoso, por isso, em caso de suspeita, feche imediatamente ambos os cilindros de gás.

A chuva de faíscas que sai do maçarico também pode ser um problema. Apesar da beleza, a quantidade abundante de faíscas pode ser um indício de que algo está errado. Quando as faíscas forem muitas e voarem longe, pode ser que as pressões de gás estejam muito elevadas e podem estar prestes a provocar um incêndio [fonte: Finch].

### Dificuldades de soldagem

Os átomos em um objeto sólido estão longe de ser estáveis – eles vibram constantemente. E eles vibram mais intensamente à medida que a temperatura sobe. Quando isso acontece, a repulsão entre os átomos supera a atração, fazendo que eles se distanciem cada vez mais, expandindo o sólido. Esse efeito, chamado

**expansão térmica**, explica por que é mais fácil abrir a tampa de uma garrafa depois de passá-la na água quente.

Mas esse processo causa, inevitavelmente, problemas para os soldadores. Quando apenas um lado da peça de metal é aquecido e depois resfriado, o objeto fica torto e deformado. Por isso, os soldadores tomam o cuidado de aquecer a peça por inteiro antes de começarem a trabalhar.”

MCGRATH, Jane. Como funcionam os maçaricos. Como tudo funciona. Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/macarico-de-mao3.htm>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

## Comentários e sugestões

É importante que na aula sobre reações de eliminação ocorra uma discussão com alunos com ênfase nos aspectos que caracterizam esse tipo de reação. Como, por exemplo, geralmente o grau de insaturação aumenta, o número de substâncias presentes no produto é maior que nos reagentes. É importante que os alunos compreendam quando uma desidratação ocorre de forma intermolecular e intramolecular, com destaque para os tipos de produtos que são formados.

Comente sobre a eliminação em haletos orgânicos e mostre as condições que favorecem esse tipo de reação em detrimento da substituição.

É importante que os alunos compreendam o funcionamento de um bafômetro como descrito no boxe **Curiosidade**. Peça aos alunos que, em duplas, levem para a sala de aula uma reportagem de jornal, revista ou internet sobre a lei seca e o uso do bafômetro. É interessante que os alunos exponham as reportagens trazidas em um mural.

Discuta com seus alunos a influência da propaganda no consumo de bebidas e cigarros.

É interessante começar a aula com um experimento demonstrativo de uma reação de oxidação destrutiva de um alceno, no caso o licopeno existente no molho de tomate, pelo cloro formado na decomposição do hipoclorito presente na água sanitária.

O experimento consiste no seguinte:

### Materiais

- Polpa de tomate
- Água sanitária
- Copo descartável transparente
- Colher de sopa de plástico

### Como fazer

Coloque no copo aproximadamente dois dedos de polpa de tomate. Em seguida, acrescente aos poucos duas ou três colheres de sopa de água sanitária e observe.

O molho irá descorar e ocorrerá a formação de uma espuma branca na superfície, devido à reação de oxidação destrutiva do licopeno e à redução dos íons hipoclorito, formando íons cloreto e clorato, conforme mostra a reação a seguir:



### Observação

O licopeno, responsável pela cor vermelha do tomate, é um tetraterpeno, formado de oito unidades de isopreno ( $\text{C}_{40}$ ), que apresenta 13 ligações duplas em sua estrutura.

O tomate possui ainda outro terpeno, o  $\beta$ -caroteno, precursor da vitamina A, que também sofre a oxidação destrutiva do hipoclorito.

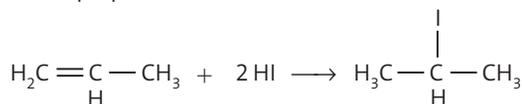
A água sanitária é um produto à base de hipoclorito de sódio,  $\text{NaClO}(\text{aq})$ , destinado à limpeza, branqueamento e desinfecção em geral de superfícies e tecidos. Ela contém usualmente cerca de 2% a 3% de hipoclorito de sódio, responsável pela ação desinfetante e branqueadora, além de carbonato de sódio,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , e água. A hidrólise do carbonato de sódio forma hidróxido de sódio, que proporciona ao produto maior estabilidade na presença de luz e calor, já que o hipoclorito de sódio é instável e se decompõe nessas condições, por isso esses produtos são comercializados em frascos de plástico opaco.

A espuma formada durante o experimento é de gás carbônico,  $\text{CO}_2(\text{g})$ , proveniente tanto do carbonato de sódio presente na água sanitária como da oxidação dos compostos orgânicos presentes no molho de tomate, como o licopeno e o  $\beta$ -caroteno, e da acidez do próprio molho.

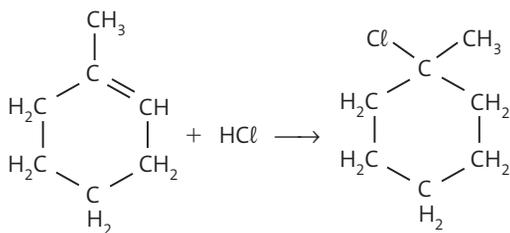
A partir dessa introdução, comece a discutir as reações de ozonólise com os alunos, lembrando que o ozônio tem ação muito ativa sobre a matéria orgânica, tanto que é utilizado no tratamento de água em países europeus (conforme foi visto no Volume 2).

## Resolução dos exercícios

- 1 Alternativa c.
  - a) Falsa. O composto II apresenta apenas um carbono assimétrico.
  - b) Falsa. O nome do produto formado é 2,3-dibromo-2-metilbutano.
  - d) Falsa. O alceno não apresenta isomeria geométrica.
  - e) Falsa. O nome do produto formado é 2,3-dibromo-2-metilbutano.
- 2 a) 2-iodopropano.



b) 1-cloro-1-metilciclo-hexano.



3) Alternativa d.

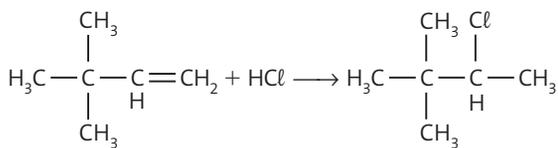
O processo de Sabatier-Senderens consiste na adição de hidrogênio a hidrocarbonetos acíclicos insaturados, feita na presença de níquel em pó finamente dividido, que atua como catalisador.

4) Alternativa d.

Segundo a regra de Markovnikov, na adição de HX a compostos insaturados, o H se liga preferencialmente ao carbono mais hidrogenado da insaturação. Isso é o que acontece nas reações II e IV.

5) a) Reação de adição.

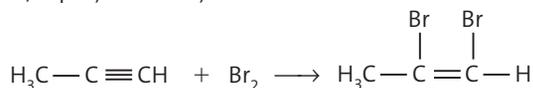
b)  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  com carbono quaternário: 2-cloro-3,3-dimetilbutano.



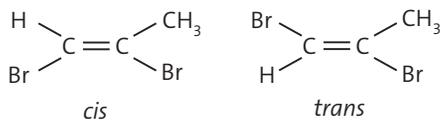
6) Alternativa c.

De acordo com a regra de Markovnikov a adição total de HCl ao propino fornece 2,2-dicloropropano.

7) a) Equação da reação:

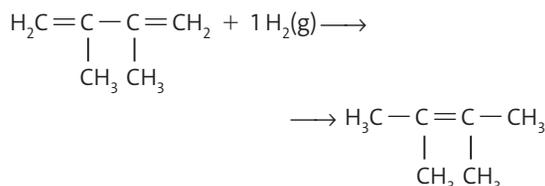


b) Respectivamente: *cis*-1,2-dibromopropano (a rigor, *Z*-1,2-dibromopropano) e *trans*-1,2-dibromopropano (a rigor, *E*-1,2-dibromopropano).



8) Alternativa a.

O composto formado é o 2,3-dimetilbutano.

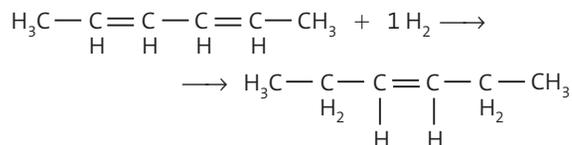


9) Alternativa a.

Trata-se de uma reação de adição.

10) Alternativa e.

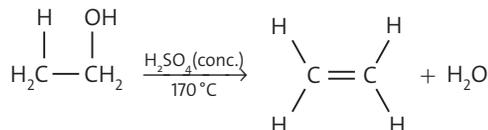
Se o alcadieno sofre adição 1,4, ele é conjugado ou alternado e, se sua hidrogenação parcial produz o hex-3-eno, então ele possui seis átomos de carbono. Por fim, como o produto obtido apresenta a dupla no carbono 3, então o alcadieno tinha duplas nos carbonos 2 e 4, ou seja, é o hex-2,4-dieno.



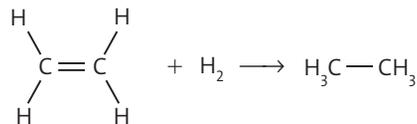
11) Alternativa d.

A adição de água ao but-2-ino fornece no primeiro momento o enol but-2-em-2-ol. Como o enol é instável, ele entra em tautomeria (isomeria dinâmica), formando a butanona.

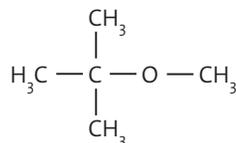
12) a) Para transformar etanol em eteno, faz-se uma reação de eliminação na presença de ácido sulfúrico concentrado,  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{conc.})$ , e aquecimento.



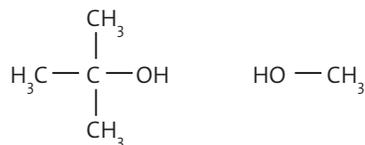
b) O produto da reação do gás eteno com gás hidrogênio é o etano.



13) a) t-butilmetiléter

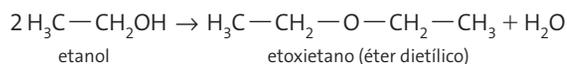


b) Respectivamente: metilpropan-2-ol e metanol



14) Alternativa a.

Equação da reação envolvida:



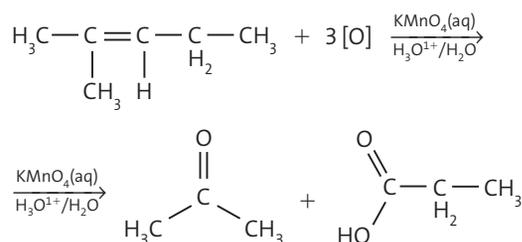
Normalmente a desidratação intermolecular ocorre na presença de ácido sulfúrico concentrado (catalisador) e a uma temperatura ao redor de 140 °C. Se a temperatura for mais elevada (170 °C), poderá ocorrer a desidratação intramolecular, que fornece como produto o eteno.

- 15 a) I. Eliminação  
 II. Substituição  
 III. Substituição  
 IV. Adição

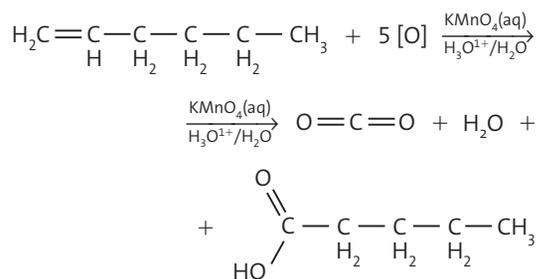
b) Os reagentes são:

- I. Etanol  
 II. Benzeno e ácido nítrico.  
 III. Etano e gás cloro.  
 IV. Propanona.

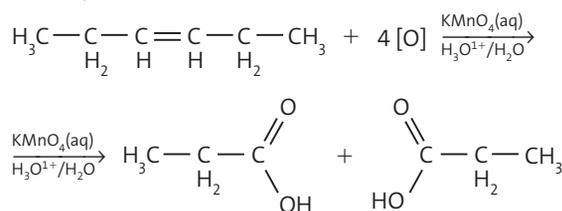
- 16 Alternativa d.



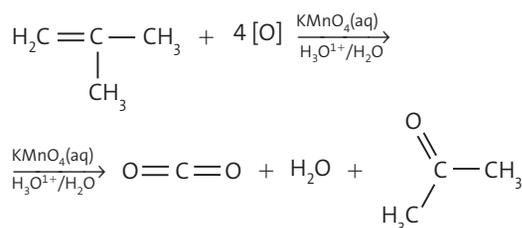
- 17 O composto A é o hex-1-eno



O composto B é o hex-3-eno

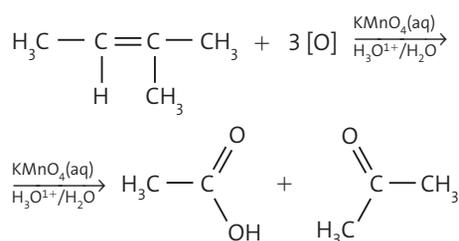


- 18 Alternativa a.



- 19 Alternativa a.

A substância é o metilbut-2-eno:  $\text{C}_5\text{H}_{10}$



- 20 Alternativa d.

- 21 Alternativa e.

O item V está errado porque álcoois primários e secundários sofrem reações de oxidação.

- 22 Alternativa d.

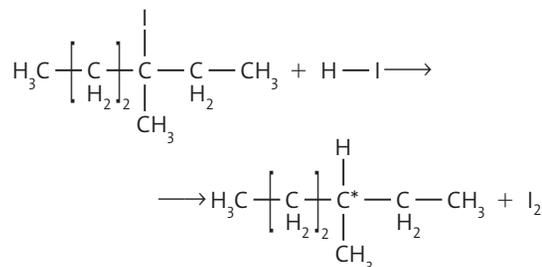
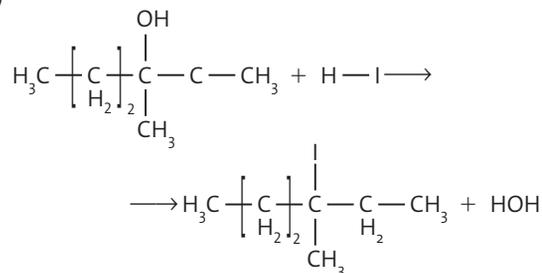
O formaldeído ou metanal oxida produzindo ácido metanoico (ácido carboxílico), numa primeira etapa. A oxidação pode prosseguir formando ácido carbônico, que por ser instável, irá se decompor em água e gás carbônico.

- 23 O alcano mais simples que sofre isomeria óptica é o 3-metil-hexano. O álcool que por redução de Berthelot produz esse alcano é o 3-metil-hexan-3-ol.

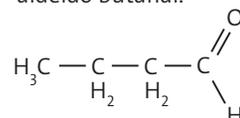
a) 3-metil-hexan-3-ol

b) 3-metil-hexano

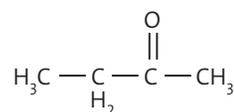
c)



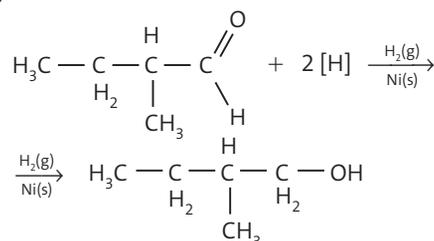
- 24 O álcool primário butan-1-ol é obtido pela redução do aldeído butanal.



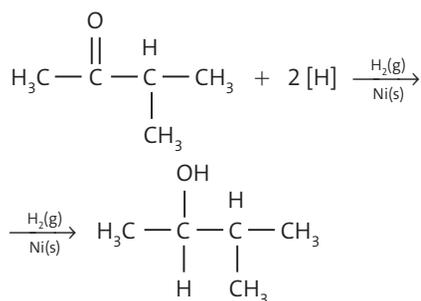
O álcool secundário butan-2-ol é obtido pela redução da cetona butanona



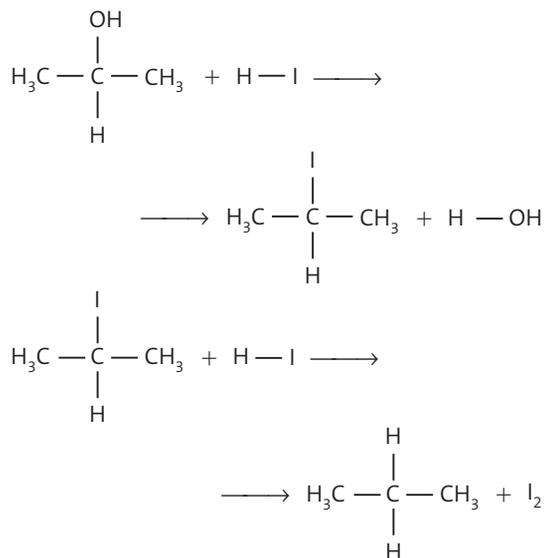
- 25 a) 2-metilbutan-1-ol



b) 3-metilbutan-2-ol



c) propano



## Capítulo 8 – Polímeros sintéticos

Este capítulo trata do estudo dos polímeros, macromoléculas de grande importância pelas suas inúmeras aplicações. São apresentados alguns polímeros de adição comum e de adição 1,4, com suas propriedades e aplicações.

Também estudaremos os polímeros obtidos por reação de condensação: poliuretano, baquelite, náilon, kevlar, poliéster, policarbonato e silicones. As formas de obtenção, aplicações e propriedades desses polímeros também são abordadas neste capítulo.

### Objetivos

- Conceituar polímero.
- Definir polímeros naturais e polímeros artificiais. Diferenciar polímeros termoplásticos dos polímeros termorrígidos ou termofixos.
- Compreender como ocorre a formação de macromoléculas a partir de uma reação de adição, utilizando um número muito grande de monômeros iguais.
- Equacionar a reação para formação de um polímero de adição.
- Reconhecer nomes e grupos funcionais de alguns monômeros que dão origem aos polímeros.

- Reconhecer algumas propriedades e aplicações dos polímeros formados por reação de adição, tais como: polietileno, PVC, PTFE, PS, PP, PAN, PMMA, PVA, borracha natural e borracha sintética, polineopreno.
- Definir o que são copolímeros.
- Reconhecer algumas propriedades e aplicações dos seguintes copolímeros: buna-S, buna-N, ABS.
- A partir de um monômero, reconhecer o polímero ou copolímero e vice-versa.
- Compreender como ocorre o processo de vulcanização da borracha.
- Conscientizar sobre a escassez do látex, fonte de obtenção da borracha natural, no mundo.
- Reconhecer que os números que vêm dentro do símbolo de reciclagem em materiais plásticos indicam o tipo de plástico específico.
- Definir polímeros de condensação.
- Reconhecer as propriedades, aplicações e formas de obtenção dos polímeros de condensação (poliuretano, baquelite, náilon, kevlar, poliéster, policarbonato, silicones).
- Reconhecer os grupos funcionais presentes nos monômeros e nos polímeros estudados.
- Reconhecer a diferença entre uma reação de polimerização por condensação em comparação às outras já estudadas.

### Conteúdos específicos indispensáveis para a sequência dos estudos

- Definição de polímeros.
- Formação de polímeros de adição comum.
- Formação de polímeros de adição 1,4.
- Principais polímeros: polietileno, PVC, PTFE e borracha natural com as respectivas aplicações e propriedades. Formação de polímeros de condensação.
- Principais polímeros de condensação: náilon, kevlar, poliéster, com suas respectivas aplicações e propriedades.

### Comentários e sugestões

Antes de iniciar esta aula, proponha que os alunos escrevam numa folha um texto sobre o que sabem a respeito de polímeros. Reserve de 10 a 15 minutos para essa tarefa. Recolha e guarde. O intuito desse material coletado é verificar o conhecimento prévio dos alunos e possibilitar um enfoque especial, nas próximas aulas, caso perceba alguma concepção errônea na leitura posterior dos textos.

De preferência, inicie a aula citando exemplos de polímeros importantes na região ou que influenciam na economia da cidade para desenvolver uma discussão e construir o conhecimento sobre o assunto.

Como forma de avaliação, proponha que os alunos realizem uma pesquisa e entreguem um texto sobre a

importância do processo de vulcanização da borracha. Posteriormente, podem ser discutidos os principais conceitos relacionados a esse assunto.

Peça aos alunos que façam uma pesquisa na internet sobre os plásticos potencialmente recicláveis e a importância de identificar o tipo de plástico na embalagem para que a indústria possa reutilizá-lo como matéria-prima, uma vez que plásticos diferentes possuem propriedades diferentes e não podem ser misturados no reprocessamento.

Planeje para que, no dia em que for discutir esse assunto, os alunos tragam de casa embalagens plásticas vazias, como de margarina, copo descartável, pasta de dente, iogurte, xampu, refrigerante, leite, entre outras. No momento da discussão, peça que cada aluno verifique na sua embalagem qual o número impresso no centro do símbolo de reciclagem (se houver). Faça uma tabulação na lousa para verificar o número e, portanto, o tipo de plástico que apareceu com mais frequência. No final da aula, reúna as embalagens e destine para coleta seletiva de lixo ou guarde-as para a atividade extra sugerida nestas orientações.

Na aula em que for encerrar o assunto “polímeros de adição”, proponha que os alunos escrevam um texto sobre o que sabem agora a respeito de polímeros. Entregue o texto escrito no início do estudo desse assunto. É interessante que o aluno compare o primeiro texto com o que acabou de elaborar para constatar a evolução no seu aprendizado.

Geralmente os alunos apresentam dificuldades com relação ao reconhecimento dos monômeros referentes aos polímeros de condensação. Lembre-os de que não é necessário memorizar suas fórmulas e reações de obtenção, mas que seria interessante reter algumas informações, por exemplo, que o náilon é uma poliamida (e que, portanto, o grupo amida se repete várias vezes na estrutura desse polímero, que o PET, o material da garrafa plástica, é um poliéster e que, portanto, tem o grupo éster repetidas vezes na estrutura, etc.).

É importante também que os alunos consigam identificar a diferença entre reações de polimerização por adição e por condensação. Algumas propriedades e aplicações dos polímeros também são importantes para o conhecimento químico do aluno, já que esses materiais estão totalmente inseridos em nosso dia a dia.

Caso haja tempo, comente com os alunos sobre os silícões, suas propriedades, aplicações e processos de obtenção. Peça que os alunos verifiquem o exercício resolvido de número 3 em grupo e que discutam a viabilidade de implantar o conceito berço a berço no Brasil.

No endereço da internet <[www.youtube.com/watch?v=mFwxYh\\_pzpU](http://www.youtube.com/watch?v=mFwxYh_pzpU)> (acesso em: 14 abr. 2016), é possível encontrar vários filmes sobre polímeros sintéticos que mostram as reações de síntese e as propriedades, caso a escola disponha de recursos digitais.

## Experimento

### Modificando a estrutura do polímero

Esta atividade costuma ser muito divertida para o aluno que gosta de manipular a massa obtida (que eles costumam chamar de “meleca”), sentindo com o tato a mudança de consistência do poliacetato de vinila, que, de um líquido viscoso, passa para uma massa consistente ao ser misturada com outro líquido (a solução de bórax).

Dependendo das instalações da escola e da postura de seus alunos, pode ser mais seguro preparar a solução de bórax previamente e entregá-la pronta para que o aluno apenas faça a mistura e analise a mudança de consistência.

Note que propomos este experimento propositalmente após falar do processo de vulcanização da borracha para dar uma “pista” ao aluno do que pode ter ocorrido na estrutura do polímero, ou seja, as ligações cruzadas, semelhantes às pontes de enxofre existentes na borracha vulcanizada.

Lembre aos alunos que não foi usado conservante na preparação do experimento e que, portanto, a massa tende a embolorar com o tempo. Os microrganismos se desenvolvem bem nesse meio. Nesse caso, deve ser jogada fora.

### Investigue

1. Analisando a estrutura do polímero:  
Percebemos que o grupo acetato (função éster) torna a macromolécula polar e, portanto, solúvel em água.
2. A solução 2 é bastante fluida porque o PVA dissolve perfeitamente na água formando uma mistura homogênea.
3. A solução 3 adquire a consistência de uma massa elástica, que pode ser esticada e manipulada. Mantém ainda algumas características da solução 2 (propriedades de líquido), ou seja, adquire a forma do recipiente que a contém, escorre, pinga, etc. Mas também apresenta propriedades novas (de sólido), isto é, pode formar uma bola compacta capaz de quicar quando jogada sobre uma superfície dura, e que pode se romper quando esticada com força e bruscamente. A rigor, a solução 3 é um fluido não newtoniano, justamente por apresentar propriedades de líquido e de sólido simultaneamente.
4. O ânion  $[B_4O_5(OH)_4]^{2-}$  estabelece ligações de hidrogênio com as macromoléculas de PVA formando uma estrutura única. Nessa estrutura ficam retidas as moléculas de água que estavam presentes na solução 2. O conjunto assim formado adquire a consistência de uma massa elástica.
5. Porque senão a água que fica retida na estrutura da massa evapora, e a massa fica ressecada e quebradiça, perdendo sua elasticidade.

### “Plásticos inteligentes

Os polímeros convencionais estão em praticamente tudo o que usamos hoje em dia: tecidos, medicamentos, embalagens, meios de transporte, comunicações, armazenamento de informações, etc.

Existem em três grandes classes; homopolímeros, copolímeros e blendas.

Os homopolímeros são constituídos de um único tipo de meros (unidades iguais que se repetem ao longo da cadeia polimérica) e os copolímeros são compostos de dois ou mais meros diferentes. Já as blendas são obtidas pela mistura de um ou mais homo ou copolímeros diferentes, produzindo um terceiro material polimérico com propriedades diferentes dos seus componentes isolados. Assim, por exemplo, a mistura do poli(p-óxi-fenileno) com poli(estireno) produz um plástico com alta resistência ao impacto e grande transparência, comercializado com o nome de Noryl® pela GE Plastics.

E os ‘plásticos inteligentes’, o que os torna diferentes dos polímeros sintéticos convencionais? A resposta é, ‘eles respondem a um determinado estímulo de forma reprodutível e específica’.

Assim, um estímulo elétrico poderá provocar mudança de cor (dispositivos eletrocromáticos), contração com movimento mecânico (dispositivos eletromecânicos, músculos artificiais) ou uma reação de redução ou oxidação (armazenamento químico de energia – baterias ou capacitores). Um estímulo com luz poderá provocar o aparecimento de um potencial elétrico (células fotoeletroquímicas). Um estímulo com variação de acidez poderá provocar a mudança de cor (sensor de pH). A presença de um certo gás poderá provocar mudança de condutividade elétrica (sensor de gases). Um estímulo mecânico poderá provocar também mudança de condutividade elétrica (sensor mecânico – balanças).

O plástico inteligente mais antigo que conhecemos é a borracha. Os nativos sul e centro-americanos conheciam-na muito antes da chegada de Colombo à América. Era chamada de ‘cauchou’ e eles a extraíam das seringueiras e faziam bolas para se diver-

tirem. Por que a borracha é um material inteligente? Porque na forma vulcanizada ela volta à sua forma original depois de ser deformada por um esforço mecânico, ou seja, é um material com memória. Um pedaço de borracha ‘se lembra’ da sua forma original, por isso pode ser chamado de inteligente.

Além disso, ao ser estimulada por um esforço mecânico, a borracha responde com uma contração de forma. [...]

A classe de plásticos inteligentes mais estudada atualmente é constituída pelos chamados ‘polímeros eletroativos’ ou ‘polímeros condutores eletrônicos’, ou ainda ‘polímeros conjugados’.

Aqui os chamaremos de polímeros eletroativos porque eles podem ser oxidados ou reduzidos reversivelmente em processos químicos ou eletroquímicos.

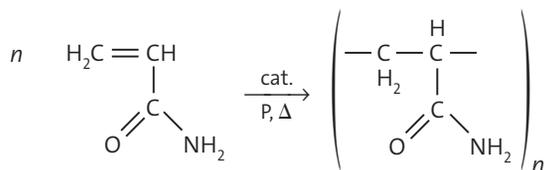
Eles são constituídos de cadeias de átomos de carbono com ligações duplas (C = C) alternadas com ligações simples (C – C), chamadas de ligações duplas conjugadas. A estrutura-protótipo desta classe de materiais é o poli(trans-acetileno), que contém somente átomos de carbono e de hidrogênio. Ele foi preparado pela primeira vez por Natta em 1950, mas foi desprezado porque era um material muito sensível ao oxigênio do ar. Mais tarde o interesse no poliacetileno se renovou, devido à possibilidade de se obter um material 100% conjugado que teria condutividade elétrica. Em 1967 o poliacetileno foi obtido novamente, mas a condutividade ainda era muito baixa. Foi em 1977 que Shirakawa teve a ideia de oxidar o poliacetileno com hexafluoreto de arsênio, produzindo um material orgânico com condutividade igual à do mercúrio a temperatura ambiente. Dez anos mais tarde, Naarman e Theophilou, da BASF em Ludwigshafen, conseguiram sintetizar um poliacetileno com condutividade igual à do cobre a temperatura ambiente.

[...]”

MARCO, A. De Paoli. Plásticos inteligentes. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*. Novos Materiais, edição especial, maio 2001. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/02/plastic.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

### Resolução dos exercícios

1 Reação que representa a formação da poli(acrilamida):



2 Alternativa c.

- (1) eteno ou etileno → (9) polietileno
- (2) cloreto de vinila → (5) PVC
- (3) vinilbenzeno → (6) poliestireno
- (4) tetrafluoretileno → (7) teflon

3 Alternativa a.

O poli(acrilato de sódio) apresenta ligações iônicas entre o oxigênio e o sódio e ligações covalentes entre os outros átomos da estrutura.

4 Alternativa b.

Os polímeros são constituídos por unidades estruturais repetitivas denominadas monômeros. O monômero da borracha natural é o isopreno, e o polipropileno é o resultado da polimerização do propileno ou propeno.

5 Alternativa a.

III. Errada. Polímeros termofixos não têm ponto de fusão, ou melhor, são infusíveis.

Esses polímeros adquirem por aquecimento, ou outro tratamento qualquer, uma estrutura tridimensional e rígida com ligações cruzadas. Seu formato não pode ser modificado. Não permitem reprocessamento.

6 Alternativa e.

O monômero da borracha natural é o metil-but-1,3-dieno e a vulcanização é feita pela adição de enxofre. O poli-isopreno apresenta várias ligações duplas ao longo da cadeia e, por isso, é bastante susceptível a reagir como o  $Cl_2(g)$ . Ele se torna mais resistente ao ataque dessa e de outras substâncias como o oxigênio, por exemplo, após passar pelo processo de vulcanização.

7 Alternativa d.

O poliestireno ou polivinilbenzeno é um polímero de adição obtido por polimerização em cadeia.

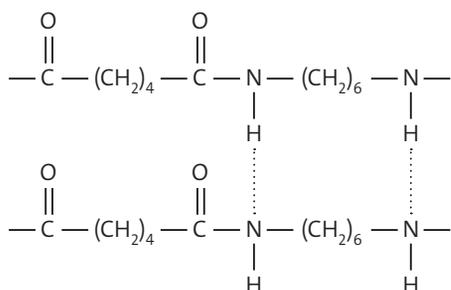
O náilon é um polímero de condensação obtido pela polimerização do ácido hexanodioico e da hexan-1,6-diamina, com eliminação de moléculas de água.

O PVC ou policloreto de vinila é um polímero de adição obtido por polimerização em cadeia.

8 a) O mais resistente à tração é o náilon. Isso ocorre porque existem ligações covalentes muito polares na sua estrutura (por exemplo, N—H), de modo que entre cadeias poliméricas distintas ocorrem fortes atrações por ligações de hidrogênio. No caso do polietileno, ocorrem atrações mais fracas denominadas forças de Van der Waals.

b) O principal tipo de atração entre cadeias poliméricas do náilon são as ligações de hidrogênio.

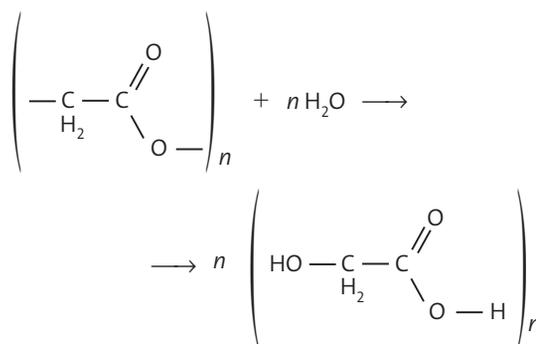
Essas atrações estão representadas pelas linhas pontilhadas no esquema abaixo:



O PVC ou policloreto de vinila é um polímero de adição obtido por polimerização em cadeia.

9 a) Náilon: amida e dexton: éster.

b) Ácido  $\alpha$ -hidroxietanoico.



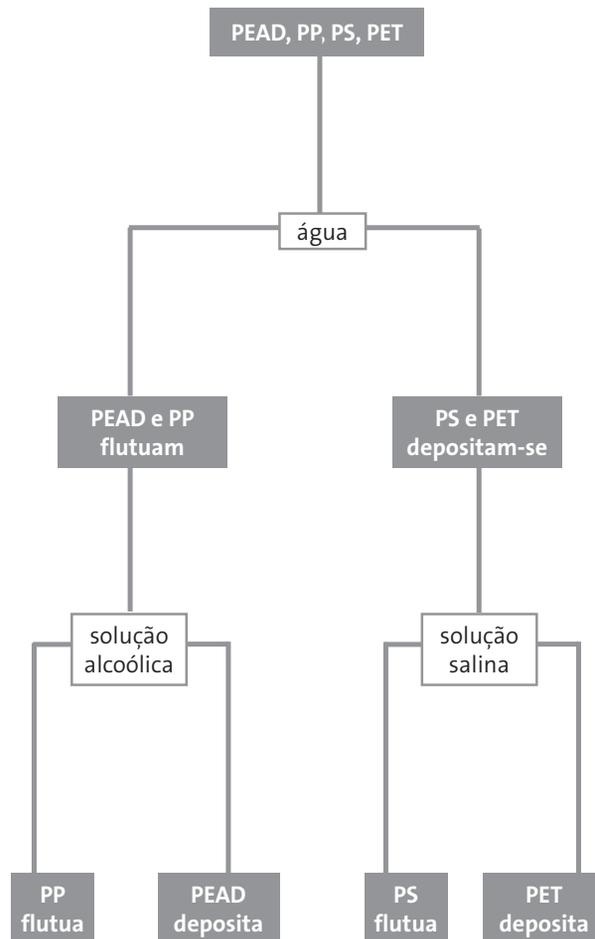
O composto obtido apresenta os grupos funcionais álcool e ácido carboxílico.

### Atividade extra

O objetivo desta atividade é reconhecer o tipo de plástico por meio de um experimento simples e de baixo custo.

O critério para diferenciação dos materiais é a diferença de densidade.

O esquema a seguir representa a separação dos plásticos quando em contato com a água, solução alcoólica e solução salina.



Densidades aproximadas em  $\text{g/cm}^3$  dos materiais usados no experimento, a aproximadamente  $25^\circ\text{C}$  (a densidade varia conforme a massa molecular do polímero, ou seja, conforme o grau de polimerização obtido):

- PEAD (polietileno de alta densidade):  $0,935$  a  $0,960 \text{ g/cm}^3$ .
- (Observação: a densidade do PEBD, polietileno de baixa densidade, varia entre  $0,910$  e  $0,925$ )
- PP (polipropileno):  $0,900$  a  $0,910 \text{ g/cm}^3$ .
- PS (poliestireno):  $1,040$  a  $1,080 \text{ g/cm}^3$ .
- PET (polietileno tereftalato):  $1,220$  a  $1,400 \text{ g/cm}^3$ .
- (Observação: o PET pode ser substituído por PVC, densidade variando entre  $1,300$  e  $1,350 \text{ g/cm}^3$ .)
- Água:  $\approx 0,99 \text{ g/cm}^3$ .
- Álcool etílico hidratado a aproximadamente 50%:  $\approx 0,76 \text{ g/cm}^3$ .
- Solução saturada de água e sal:  $\approx 1,2 \text{ g/cm}^3$ .

Fonte: AGUIAR, Mônica R. Marques Palermo de; ARCANJO, Maria Elena; CARVALHO, Elaine Luiz de; LEITE, Marcia C. A. M.; OLIVEIRA, Rachel Ouvinha de; SANTA MARIA, Luiz Claudio de. Coleta seletiva e separação de plásticos. *Química Nova na Escola*, n. 17, maio, 2003. Extraído do site: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a08.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

FRANCHETTI, Sandra Mara M.; MARCONATO, José Carlos. A importância das propriedades físicas dos polímeros na reciclagem. *Química Nova na Escola*, n. 18, novembro, 2003.

#### **Materiais**

- Pedacos de plástico (copo descartável de café (PS), embalagem de margarina (PP), garrafa de água ou embalagem de detergente (PEAD), embalagem de óleo de cozinha ou de refrigerante (PET) ou pedaço de cano ou mangueira (PVC)
- Álcool etílico (álcool comercial)
- Sal de cozinha
- Uma colher de chá
- Três potes de sorvete vazios
- Copinho descartável de café
- Copo descartável de água

#### **Como fazer**

Sem conhecer o tipo de plástico, é possível identificá-lo a partir de suas densidades, cujos valores são tabelados.

Prepare os potes de sorvetes da seguinte forma:

Pote 1: somente água.

Pote 2: solução alcoólica (um copo de água e um copo de álcool etílico  $96^\circ\text{GL}$ )

Pote 3: solução salina (dois copos de água mais três copinhos de café de sal)

Peça que cada grupo coloque os pedaços de plástico em cada um dos potes e anote os resultados em forma de tabela.

Solicite que organizem as informações em forma de esquema e tentem levantar hipóteses sobre os resultados obtidos.

### **Compreendendo o mundo**

Nesta unidade estudamos as reações orgânicas, incluindo as reações de polimerização que dão origem aos mate-

riais mais utilizados, práticos, vantajosos economicamente e problemáticos ecologicamente, os plásticos.

Paralelamente refletimos sobre vários aspectos do consumismo, os fatores que geram esse hábito ou essa vontade que muitas vezes pode levar um jovem a praticar um ato ilícito (quem nunca ouviu falar de adolescentes envolvidos em roubos ou homicídios por causa de carro, moto ou uma peça aparentemente banal como um par de tênis?).

Nesse sentido é assustadora a força da propaganda, capaz de levar uma pessoa a desejar tanto uma coisa a ponto de cometer um crime.

Além disso, há os hábitos alimentares errados que comprometem a saúde a longo prazo e os estímulos ao consumo de álcool e tabaco, que tantos transtornos causam ao sistema de saúde público.

Levar o aluno a refletir sobre a força da propaganda na sua vida, sobre o consumismo exacerbado (ou a vontade de exercê-lo), sobre o que isso está causando ao meio ambiente e quais as práticas que estão sendo implantadas para se viver com sustentabilidade e em harmonia com a natureza é com certeza bastante enriquecedor para sua formação.

## **Unidade 4 – Alimentos e aditivos para alimentos**

O tema central desta unidade é alimentos e aditivos. Normalmente as preocupações do aluno em relação à alimentação surgem apenas diante de algum problema estético como, “necessidade” de emagrecer, de engordar, de conter a acne (tão comum nessa idade), de ganhar massa muscular e também relacionado a algum motivo ideológico, como deixar de comer carne, por exemplo.

Mas mesmo diante desses motivos, o adolescente é facilmente seduzido pela comida rapidamente disponível, altamente processada e gordurosa, com muitos aditivos e poucos nutrientes. Esse tipo de alimentação, para um organismo em formação (na verdade, para qualquer organismo), pode ser prejudicial.

Por isso, na medida em que discorreremos sobre Bioquímica vamos paralelamente discutindo assuntos relacionados a esse tema para que o aluno fique mais informado e possa fazer opções mais conscientes.

Note que um dos textos de abertura é de um ganhador do Prêmio Nobel de Química. Saber de suas dúvidas em relação a aditivos usados em alimentos (no caso, maçãs) e sobre a ação desses aditivos no organismo nos dá uma ideia da dimensão do problema que vamos discutir.

Antes de iniciar a unidade, se possível, convide um profissional da área de saúde, de preferência de nutrição, para dar uma palestra aos alunos sobre alimentação equilibrada, IDA, uso excessivo de alimentos processados, entre outros.

É interessante reservar um tempo da palestra para tirar as dúvidas dos alunos sobre o tema.

Após a palestra, peça que escrevam um texto sobre as informações que julgaram mais importantes, sobre aquilo que aprenderam e que pretendem aplicar em seu dia a dia.

## Como justificar para o aluno a importância do que ele irá aprender agora?

Nessa unidade vamos estudar Bioquímica, a Química dos seres vivos. Como somos seres altamente complexos, não há dúvida que a Química que se desenvolve em nossos corpos é igualmente complexa (e fascinante!). Mas é importante ressaltar que o aluno não deve se preocupar com as fórmulas dos compostos ou os detalhes das reações bioquímicas.

O importante é que ele fique atento principalmente a aplicação dos conhecimentos que já adquiriu para entender as propriedades dos compostos bioquímicos.

Por exemplo, por que a sacarose é altamente solúvel em água? Por que as ceras são insolúveis? O que torna as proteínas adequadas a construção de músculos?

As propriedades dos compostos bioquímicos estão relacionadas ao(s) grupo(s) funcional(is) a que pertencem e ao tipo de cadeia carbônica que possuem. Essas propriedades determinam a função desses compostos nos organismos vivos.

De fato, não existe maneira melhor para concluir o estudo da Química orgânica do que aplicando tudo o que aprendemos para entender melhor o mecanismo da vida.

## Sobre como desenvolvemos o conteúdo

Iniciamos com um capítulo de introdução à Bioquímica no qual definimos os álcoois graxos e os ácidos graxos, moléculas básicas presentes na estrutura de diversos compostos bioquímicos.

Logo no início também discutimos os principais aditivos intencionais e sua função nos alimentos, comentamos sobre a importância de ler e compreender o rótulo dos produtos que consumimos e informamos sobre uma série de *sites* que analisam os produtos disponíveis no comércio quanto à veracidade das informações que constam em seus rótulos. O aluno deve entender que receber informações sobre os produtos que consome é um direito e que agir com consciência é um ato de cidadania.

Durante o estudo da Bioquímica, ressaltamos as informações que podem ser úteis para o aluno, independentemente da profissão que ele escolher.

Ao tratar de lipídios, por exemplo, discutimos a função do colesterol no organismo humano a diferença entre o HDL e o LDL.

Ao falar de carboidratos comentamos sobre o índice glicêmico e como romper o ciclo de fome e compulsão alimentar que se instala em pessoas que se alimentam exclusivamente com carboidratos simples (refinados). Falamos

também sobre os aditivos alimentares não intencionais, como se calcula a IDA (ingestão diária aceitável) dos aditivos e como são feitos os respectivos testes de segurança para o emprego de aditivos em alimentos.

Caso haja tempo e interesse, pode sugerir aos alunos que vejam o filme *Não matarás* do instituto Nina Rosa (disponível no YouTube), e escrevam um texto sobre suas impressões, que pode valer para avaliação.

Por fim, falamos das proteínas, de como os aminoácidos se formaram em nosso planeta, na indústria do curtume e discutimos algumas mazelas da sociedade como preconceito e botulismo.

Acreditamos com isso que o aluno terá adquirido uma boa base de Química orgânica que terá utilidade em sua vida.

## Capítulo 9 – Introdução à Bioquímica

Este capítulo trata dos estudos de algumas classes de compostos bioquímicos como álcoois graxos, ácidos graxos e lipídios. Dessas classes de compostos são discutidas suas funções orgânicas, propriedades e algumas aplicações.

São apresentados assuntos como: a reação de saponificação, biodiesel e esteroides.

### Objetivos

- Conceituar álcoois graxos, ácidos graxos e lipídios, reconhecendo seus grupos funcionais.
- Reconhecer que os álcoois graxos e os ácidos graxos podem ser saturados ou insaturados.
- Reconhecer a presença de ácidos graxos saturados em alguns alimentos.
- Entender as informações fornecidas nos rótulos das embalagens dos alimentos.
- Reconhecer a produção de margarinas a partir dos óleos vegetais e entender o que é gordura *trans*.
- Reconhecer os lipídios mais simples: cerídeos, glicerídeos e esteroides.
- Reconhecer a diferença de óleo e gorduras através da fórmula estrutural.
- Definir biodiesel com ênfase nos aspectos químicos.
- Reconhecer os esteroides com ênfase no colesterol e nos hormônios sexuais.

### Conteúdos específicos indispensáveis para a sequência dos estudos

- Definição, reconhecimento de função dos álcoois graxos, ácidos graxos e lipídios.
- Tipos de lipídios: cerídeos e glicerídeos.
- Reação de formação do sabão.
- Reação de formação do biodiesel.
- Diferença entre óleos e gorduras.

## Comentários e sugestões

Seria interessante para este assunto que houvesse uma integração entre o professor de Química e o de Biologia. No início do ano, durante o planejamento, pode-se verificar se há interesse e disponibilidade para desenvolver um trabalho em conjunto.

Inicie a aula discutindo com seus alunos os álcoois graxos, enfatizando as propriedades de tensoativos devido ao tamanho da cadeia carbônica. O boxe **Curiosidade** da página 223 detalha esse assunto.

## Conversa com o professor

### “Interpretação de rótulos de alimentos no ensino de Química

Uma característica comum nas aulas de Química é a memorização de conceitos, fórmulas e leis. Com isso, as aulas tornam-se monótonas, o que impede a participação ativa dos estudantes. Muitas vezes, os conteúdos ensinados em sala de aula não os fazem refletir sobre os fenômenos vivenciados no dia a dia nem conseguem desenvolver senso crítico de investigação pelo conhecimento.

A abordagem de questões cotidianas atuais ajuda a formar cidadãos qualificados, mais críticos e mais preparados para a vida, para o trabalho e para o lazer (Chassot, 1993). Nesse âmbito, Santos e Schnetzler (2000) constataram a importância dos temas químicos sociais, que visam a efetivar a contextualização dos conteúdos programáticos. A partir da compreensão de conceitos científicos relacionados à temática proposta, tem-se o desenvolvimento das habilidades básicas relativas à formação da cidadania, como a participação e a capacidade de tomada de decisão, pois trazem para a sala de aula discussões de aspectos sociais relevantes, que exigem dos alunos posicionamento crítico quanto à sua solução.

Dentre os diversos temas contextualizadores, destacam-se os alimentos. Além de ser um elemento motivador, a alimentação é um tema rico conceitualmente, o que permite desenvolver conceitos químicos, físicos, biológicos, entre outros, proporcionando aos estudantes compreender sua importância, de forma a conscientizá-los sobre a necessidade de uma dieta que esteja de acordo com as necessidades diárias.

Segundo Evangelista (1994), a alimentação é o processo responsável por atender às necessidades orgânicas do indivíduo, possibilitando seu crescimento, aumento e manutenção do peso e estatura, assim

Sobre os ácidos graxos, é importante que os alunos reconheçam a fórmula estrutural e percebam a importância, para a saúde, de consumir ácidos graxos insaturados do tipo *cis* e evitar os do tipo *trans* (que são formados na fabricação de gorduras vegetais).

Uma proposta muito interessante é fazer a análise dos nutrientes nos rótulos dos produtos que os alunos costumam consumir (veja a seguir, no boxe **Conversa com o professor**, um exemplo desse trabalho).

Se possível, mostre na lousa como é feito o cálculo para determinação da porcentagem de calorias ou de outro nutriente qualquer fornecido pelo alimento para uma dieta de 2 000 kcal ou 2 500 kcal.

como aptidão para suas atividades de trabalho e boa disposição espiritual.

Com essa finalidade, os alimentos devem conter, em sua composição, nutrientes capazes de suprir as necessidades básicas do organismo: plástica, energética e reguladora. A função energética ou calórica assegura a manutenção da temperatura corporal e o fornecimento da energia necessária para o organismo realizar suas funções em atividade e em repouso. São fontes de energia: glicídios, lipídios e proteínas. A função plástica ou reparadora mantém os processos orgânicos de crescimento, desenvolvimento e de reparação dos tecidos. São nutrientes plásticos: proteínas, sais minerais e vitaminas. A função reguladora favorece e acelera as reações e atividades biológicas, tendo como nutrientes proteínas, sais minerais e vitaminas.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2003) define nutriente como qualquer substância química consumida normalmente como componente de um alimento e que proporciona energia; é necessária ou contribua para o crescimento, desenvolvimento e manutenção da saúde e da vida; e cuja carência possa ocasionar mudanças químicas ou fisiológicas características. [...]

### Rotulagem nutricional

No Brasil, a rotulagem nutricional de alimentos embalados é regulamentada pela Resolução n. 360 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2003). Nesse sentido, devem ser declaradas a quantidade por porção e a porcentagem do valor diário (%VD) dos seguintes componentes: valor energético (calórico), carboidratos, proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras *trans*, fibras alimentares e sódio [...].

Dos nutrientes selecionados para compor os rótulos, constatou-se que, além dos três macronutrientes (glicídios, lipídios e proteínas), são citados o sódio e as fibras alimentares. Estas consistem em uma classe de compostos não digeríveis, que englobam celulose, hemicelulose, lignina, gomas e pectina. O crescente uso de produtos refinados em substituição aos integrais tem acarretado a minimização da presença de fibras em dietas. Todavia, por sua contribuição ao processo digestivo, nos últimos anos, tem sido crescente o estímulo ao consumo de fibras alimentares.

O sódio é o principal e mais abundante eletrólito catiônico presente no líquido extracelular do organismo humano, contribuindo para regular a pressão osmótica do sangue, plasma e fluidos intracelulares, manter o equilíbrio hídrico do organismo e também para a transmissão dos impulsos nervosos. Por outro lado, uma ingestão em excesso de sódio é um fator de risco para agravar quadros de hipertensão arterial.

A preocupação com a ingestão de nutrientes – principalmente em excesso, pois acarretam problemas para a saúde – também pode ser constatada no desdobramento dos lipídios que, além dos teores de gorduras totais, também devem ser mencionados em termos de gorduras saturadas e gorduras *trans*. Enquanto as gorduras saturadas são triacilgliceróis formados a partir de ácidos graxos saturados, as gorduras *trans* apresentam em sua composição ácidos graxos insaturados com uma ou mais dupla ligação do tipo *trans*. Nas últimas décadas, os ácidos graxos saturados, e mais recentemente as gorduras *trans*, foram identificados como uma possível causa para o agravamento de doenças cardiovasculares, pelo aumento dos níveis de lipoproteína de baixa densidade (LDL) no sangue (Ascherio e Willett, 1997; Costa e cols., 2006).

A preocupação recente com as gorduras *trans* fez com que a ANVISA (2003) as incluísse como item obrigatório na rotulagem nutricional. Por outro lado, o mesmo documento que inclui estas revoga a Resolução n. 40 (ANVISA, 2001), de forma que deixou de ser obrigatória a informação dos teores de inclusão de colesterol, cálcio e ferro nos rótulos de alimentos industrializados.

Para o cálculo da quantidade de nutriente por porção de alimento, a porção é um valor de referência estabelecido para cada grupo de alimento, sendo definida como “a quantidade média do alimento que deveria ser consumida por pessoas saudáveis, maiores de 36 meses, em cada ocasião de consumo, com a finalidade de promover uma alimentação saudável” (ANVISA, 2003, s/p).

A porcentagem do valor diário (%VD) é determinada a partir da relação percentual entre a quantidade

do nutriente presente em uma determinada porção do alimento e os valores diários de referência de nutrientes (VDR), estabelecidos em conjunto pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação e a Organização Mundial da Saúde (FAO/OMS, 2003), que são:

- valor energético = 2 000 kcal
- carboidratos = 300 g
- proteínas = 75 g
- gorduras totais = 55 g
- gorduras saturadas = 22 g
- fibra alimentar = 25 g
- sódio = 2,4 g

Como exemplo de cálculo da porcentagem do valor diário (%VD), pode-se interpretar o rótulo de uma embalagem de leite desnatado, indicando que, para carboidratos, a quantidade por porção de 200 mL (um copo) é de 10 g e a %VD correspondente é 3%. A quantidade por porção é um valor obtido por análise química dos nutrientes do leite. Já a %VD é obtida calculando-se a que percentual do valor de referência diária (VDR) dos carboidratos (300 g) a quantidade de carboidratos por porção de leite (10 g) corresponde. Ou seja:  $10/300 = x/100$ ,  $x = 3,333...$ , que se aproxima para 3. Assim, se a %VD de carboidratos indicada no rótulo do leite considerado é 3, isso significa que, se um indivíduo beber um copo deste consumirá 3% dos carboidratos necessários à sua dieta diária.

A quantidade do valor energético é calculada a partir da composição da porção do alimento, empregando-se os seguintes fatores de conversão:

- gorduras = 9 kcal/g
- etanol = 7 kcal/g
- carboidratos (exceto polióis) e proteínas = 4 kcal/g
- ácidos orgânicos = 3 kcal/g
- polióis = 2,4 kcal/g
- polidextroses = 1 kcal/g

Além dessas informações obrigatórias, também existem informações de inclusão facultativa, tais como:

- a quantidade de qualquer outro nutriente que se considere importante para manter um bom estado nutricional;
- vitaminas e minerais quando estiverem presentes em quantidade igual ou maior a 5% da Ingestão Diária Recomendada (IDR) por porção indicada no rótulo [...].

### Considerações finais

A contextualização demonstrou ser um recurso importante na busca por um ensino de Química que contribua para a formação de cidadãos cada vez mais críticos e bem informados.

A pesquisa de rótulos nutricionais, somada ao trabalho em grupo na sala de aula, envolvendo a análise e interpretação desses rótulos, compôs uma atividade didática extremamente rica, que favoreceu a motivação, a investigação, a tomada de decisão e a socialização das atividades.

### Nota

1. Os termos carboidratos e açúcares também são comumente empregados como sinônimos de glicídios. Cabe destacar que o termo carboidrato originou-se da fórmula mínima da maior parte dos glicídios:  $\text{CH}_2\text{O}$ .

Todavia, a elucidação da fórmula estrutural desse grupo de substâncias indicou que se tratava de compostos carbonílicos poli-hidroxilados e não de carbono hidratado. Mesmo assim, a legislação brasileira recomenda o uso do termo carboidrato para essa classe de substâncias. Da mesma forma, o termo açúcar está associado ao gosto doce de muitos glicídios.”

GUIMARÃES, Pedro Ivo Canesso; MERÇON, Fábio; NEVES, Amanda Porto. Interpretação de rótulos de alimentos no ensino de Química. *Química Nova na Escola*. v. 31, n. 1, fev. 2009. Extraído do site: <[http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31\\_1/07-RSA-1007.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_1/07-RSA-1007.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2016.

## Comentários e sugestões

Ao entrar no tema lipídios, discuta com seus alunos as funções orgânicas que estão presentes e algumas fórmulas estruturais importantes.

Aborde a diferença entre óleos e gorduras com seus alunos dando ênfase à fórmula estrutural predominantemente insaturada (nos óleos) ou saturada (nas gorduras). Discuta sobre a fabricação da margarina a partir de óleos vegetais e mostre que o processo envolvido corresponde à reação de adição de hidrogênio, que eles já aprenderam.

Como o biodiesel é um assunto bastante atual, peça a seus alunos que leiam o texto da página 233 e escrevam no caderno as dúvidas que tiveram a respeito. Na próxima aula, peça a dois ou três alunos para formularem a pergunta para a classe e todos, sob sua orientação, vão tentar esclarecer a dúvida do colega.

Faça uma abordagem sobre os tipos de esteroides (colesterol e hormônios sexuais).

## Atividade extra

Um tema relevante é a diferença entre os termos *diet*, *light* e zero. Uma forma interessante de introduzir esse tema é conversar com os alunos sobre o significado desses termos no entendimento deles, pois partindo das respostas obtidas, pode-se direcionar a discussão no sentido de esclarecer as dúvidas. Como forma de avaliação, proponha que os alunos façam uma pesquisa de forma individual sobre alimentos *diet*, *light* e zero à venda no comércio. O trabalho pode conter informações sobre redução calórica, indicação dietética, custo em comparação ao similar normal, assim como imagens dos alimentos pesquisados.

## Resolução dos exercícios

1 Alternativa c.

Os óleos de soja e de milho apresentam a mesma quantidade de ácido palmítico e esteárico (ácidos saturados). O óleo de milho, em relação ao de soja, possui uma quantidade

de maior de ácido oleico (monoinsaturado), mas apresenta uma quantidade bem menor de ácido linoleico (poli-insaturado, com duplas ligações).

2 Alternativa a.

A cadeia carbônica é a parte apolar do dodecilsulfato de sódio.

3 Alternativa c.

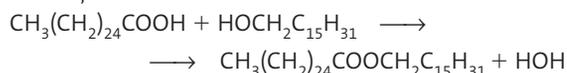
Os ácidos graxos são compostos monocarboxílicos que possuem de 4 a 22 átomos de carbono (geralmente um número par de átomos de carbono, incluindo o do grupo carboxila) e que podem ser saturados ou insaturados. O composto apresentado no enunciado é o ácido oleico ou ácido *cis*-9-octadecenoico, um ácido monoinsaturado que constitui 83% do óleo de oliva.

4 Alternativa e.

Os ésteres são obtidos pela reação entre álcoois e ácidos carboxílicos (reação de esterificação).

5 Alternativa d.

6 Formação do cerotato de cetila:



7 Alternativa c.

8 Alternativa d.

A hidrólise (quebra pela água) de um triglicerídeo produz ácidos graxos e glicerina (glicerol).

9 Alternativa c.

100 g de margarina ————— 65 g de lipídios  
200 g de margarina ————— x

$$x = \frac{200 \cdot 65}{100} \Rightarrow x = 130 \text{ g de lipídios}$$

100 g de creme vegetal ————— 35 g de lipídios  
200 g de creme vegetal ————— y

$$y = \frac{200 \cdot 35}{100} \Rightarrow y = 70 \text{ g de lipídios}$$

A pessoa que usar 200 g de creme vegetal no lugar de 200 g de margarina estará empregando 70 g de lipídios no lugar de 130 g. Pode-se dizer que, aproximadamente, a massa de lipídios no creme vegetal corresponde à metade da massa de lipídios na margarina.

## Capítulo 10 – Carboidratos e proteínas

Este capítulo estuda os carboidratos, além de outros assuntos, como índice glicêmico, as propriedades da goma konjac e como são feitos os testes de segurança dos aditivos utilizados nos alimentos.

Este capítulo estuda também as proteínas, compostos bioquímicos que têm função estrutural no organismo humano. Além disso, são discutidos assuntos relacionados ao tema, como a origem da vida, a cor da pele, o processo industrial do curtume e ácidos nucleicos.

### Objetivos

- Conceituar carboidratos.
- Reconhecer os grupos funcionais presentes na estrutura dos carboidratos.
- Diferenciar oses e osídeos.
- Entender o que significa índice glicêmico e a importância de incluir carboidratos complexos (alimentos integrais) na alimentação.
- Conceituar e nomear oses.
- Reconhecer as oses e os osídeos mais importantes.
- Equacionar a reação de hidrólise de alguns osídeos.
- Compreender como é realizado o teste de segurança de alguns aditivos e refletir sobre a ética do uso de animais nesses testes, uma vez que o resultado nem sempre atinge os objetivos.
- Conceituar aminoácidos e proteínas.
- Reconhecer as fórmulas estruturais dos aminoácidos.
- Equacionar a reação que dá origem às proteínas e identificar a ligação peptídica.
- Constatar que o tom da pele é uma reação de oxidação da tirosina, um aminoácido, originando a melanina.

- Definir enzimas e vitaminas e entender qual o papel dessas substâncias no organismo.
- Definir DNA e RNA e entender sua estrutura química.

### Conteúdos específicos indispensáveis para a sequência dos estudos

- Definição de carboidratos.
- Reconhecimento dos compostos orgânicos: frutose, glicose, sacarose e celulose.
- Fórmulas estruturais: glicose e frutose.
- Reação química: hidrólise da sacarose.
- Reconhecimento dos grupos funcionais em aminoácidos.
- Aminoácidos: caráter anfótero.
- Formação de proteínas.
- Reconhecimento da ligação peptídica.

### Comentários e sugestões

Inicie a aula discutindo o conceito de carboidratos. É interessante perguntar a seus alunos quais carboidratos eles conhecem. Anote as respostas na lousa e desenvolva o conteúdo a partir daí. É importante que eles reconheçam os carboidratos, compreendam o que são oses e identifiquem as funções orgânicas presentes na glicose e na frutose. Coloque as fórmulas da glicose e da frutose na lousa e peça que mencionem as funções orgânicas presentes nas duas substâncias.

Sobre os osídeos, discuta com seus alunos a equação de hidrólise da sacarose e da celulose. Seria bom que eles reconhecessem (não memorizassem) a fórmula molecular dessas substâncias.

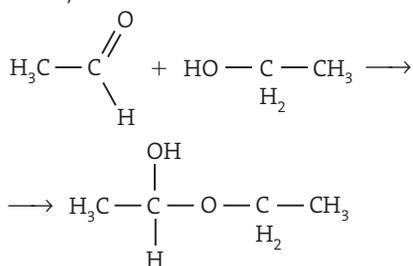
No caso dos halosídeos, é interessante que o professor discuta com seus alunos alguns casos que fazem parte de seu dia a dia, como sacarose, lactose, amido e celulose. É importante que os alunos reconheçam onde estes carboidratos são encontrados.

### Conversa com o professor

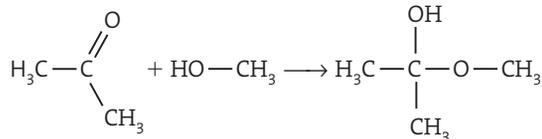
#### Monossacarídeos cíclicos

Os aldeídos e as cetonas podem reagir com álcoois formando compostos denominados semiacetais. Observe os seguintes exemplos:

– reação entre o etanal e o etanol



– reação entre a propanona e o metanol



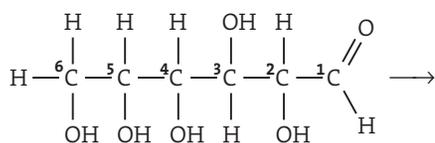
No caso das oses, como os grupos aldeído e álcool ou cetona e álcool estão presentes na mesma molécula, quando esses grupos reagem entre si, a cadeia carbônica da ose torna-se cíclica.

Tomando-se a cadeia da glicose como exemplo, vamos analisar as diferentes possibilidades de ciclização da cadeia e a consequente formação de estruturas *cis* e *trans* como na  $\alpha$ -glicose (estrutura *cis* que dá origem ao amido) e na  $\beta$ -glicose (estrutura *trans* que dá origem à celulose).

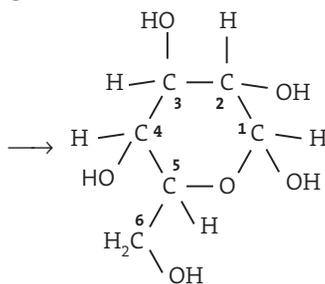
O grupo aldeído da glicose pode reagir com o grupo —OH do carbono 5 ou com o grupo —OH do carbono 4 da cadeia de glicose.

— Formação da glicopirranose ( $\alpha$ -glicose e  $\beta$ -glicose)

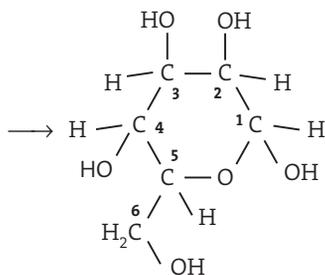
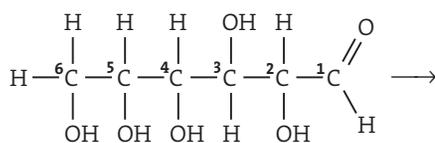
A reação ocorre entre o grupo aldeído e o grupo hidróxido, —OH, do carbono 5.



glicose (cadeia aberta)



$\alpha$ -glicose ou  $\alpha$ -glicopirranose (forma *cis*)



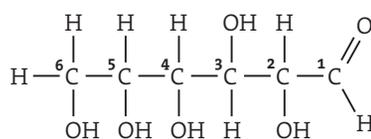
$\beta$ -glicose ou  $\beta$ -glicopirranose (forma *trans*)

A definição dos isômeros *cis* e *trans* toma como referência os átomos de carbono 1 e 2 da cadeia da glicose. Assim, se os grupos —OH ligados aos carbonos 1 e 2 estiverem em um mesmo plano, temos a estrutura *cis* ( $\alpha$ -glicopirranose ou  $\alpha$ -glicose), e se os grupos —OH ligados aos carbonos 1 e 2 estiverem em planos opostos, temos a estrutura *trans* ( $\beta$ -glicopirranose ou  $\beta$ -glicose).

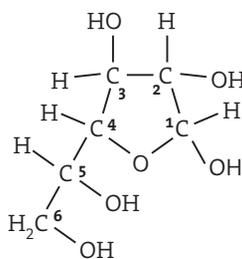
— Formação da  $\alpha$ -glicofuranose e da  $\beta$ -glicofuranose

Note que os nomes piranose e furanose derivam dos compostos heterocíclicos pirano e furano, respectivamente.

Nesse caso, a reação ocorre entre o grupo aldeído e o grupo —OH do carbono 4.

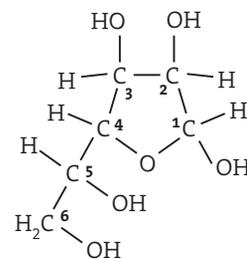


glicose (cadeia aberta)



$\alpha$ -glicofuranose  
(forma *cis*)

ou



$\beta$ -glicofuranose  
(forma *trans*)

## Atividade extra

Proponha aos alunos que façam uma pesquisa em grupos de quatro componentes e apresentem, na forma de um cartaz na sala de aula, as principais diferenças em termos de nutrientes, entre: o açúcar refinado, o açúcar mascavo, a rapadura e o melado.

O grupo que apresentar o melhor trabalho pode ser recompensado com um ponto a mais na nota.

## Comentários e sugestões

É interessante uma integração entre o professor de Química e o de Biologia para desenvolver esse assunto.

Inicie a aula sobre os  $\alpha$ -aminoácidos discutindo com destaque a fórmula estrutural e o reconhecimento das fun-

ções orgânicas presentes na estrutura. Comente sobre o caráter anfótero desses aminoácidos.

Explique que as proteínas são formadas por reação de condensação entre um número muito grande de  $\alpha$ -aminoácidos, formando polímeros (a proteína é uma poliamida) de estrutura e complexidade diversas que apresentam as mais diferentes funções nos organismos vivos.

Mostre para os alunos como esses diferentes  $\alpha$ -aminoácidos “se encaixam” uns nos outros (sempre por meio da reação entre um grupo amina de uma molécula e um grupo ácido carboxílico, de outra).

Comente com os alunos o assunto abordado no box **Curiosidade**, ou então estimule-os a ler esses textos com comentários como:

— Alguém sabe que tipo de reação ocorre no organismo humano que determina a cor da pele?

– Se os nitritos e nitratos fazem mal à saúde, por que os fabricantes não retiram esses aditivos de seus produtos de uma vez? Não seria mais seguro se pudéssemos comer conservas de carnes isentas desses aditivos?

Se esse tipo de comentário não despertar o interesse dos alunos para a leitura, utilize tais perguntas como forma de avaliação, pedindo que respondam com base em uma consulta ao

livro. Trabalhos e provas com consulta podem ser enriquecedores na medida em que levam o aluno a ler o material e a vislumbrar a aquisição de conhecimentos por meio da pesquisa.

Se encontrar “espaço” na sala para isso, debata com seus alunos o tema: “O que leva ao preconceito?”

Na abordagem sobre ácidos nucleicos, também é interessante abordar a ética envolvida no teste de paternidade.

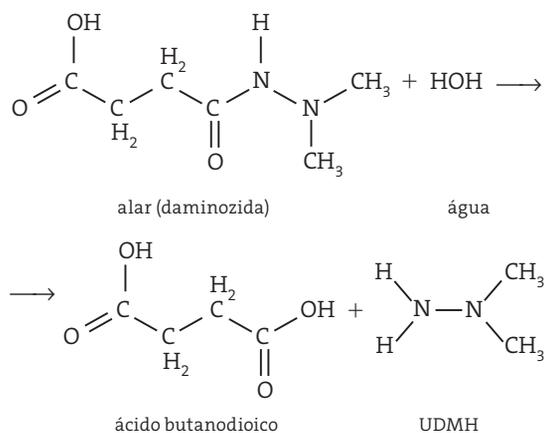
## Conversa com o professor

### Alar e dimetil-hidrazina assimétrica

O alar ou daminozida,  $C_6H_{12}N_2O_3$ , é um regulador de crescimento vegetal. É pulverizado sobre frutas para regular o seu crescimento, melhorar as qualidades de firmeza e coloração, manter a fruta na árvore até a colheita, conservando suas qualidades durante o armazenamento.

Foi aprovado nos Estados Unidos em 1963 e utilizado principalmente em maçãs, embora também tenha sido utilizado em cerejas, pêssegos, peras, uvas, tomate, amendoim e em plantas ornamentais como o crisântemo.

Ao ser absorvido pelas plantas, o alar sofre hidrólise (do grupo amida) produzindo ácido butanodioico e dimetil-hidrazina assimétrica (UDMH), conforme esquematizado a seguir:



Em 1984, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, Environmental Protection Agency) classificou o alar e o seu produto de degradação, o UDMH, como prováveis carcinógenos humanos, baseado no desenvolvimento de tumores cancerígenos em animais de laboratório tratados com essas substâncias.

Em 1986, a Academia Americana de Pediatria pediu à EPA que proibisse o uso do alar. Logo depois, um programa de televisão (60 minutos) noticiou a preo-

cupação pública com a substância, levando seis cadeias de supermercados nacionais e nove grandes processadores de alimentos a parar de aceitar as maçãs tratadas com alar. Produtores do estado de Washington se comprometeram voluntariamente a parar de usar as substâncias em suas maçãs (embora os testes posteriores revelaram que muitos não o fizeram). Os estados de Maine e Massachusetts baniram imediatamente o uso do alar.

Em 1989, a EPA decidiu proibir o alar, alegando que “a exposição a longo prazo” representa “riscos inaceitáveis para a saúde pública”. Antes mesmo que essa decisão fosse publicada, o único fabricante de alar suspendeu voluntariamente todas as vendas internas da substância destinadas a usos alimentares (o alar continua sendo utilizado no cultivo de plantas ornamentais).

Estudos posteriores consideraram que a quantidade de alar que deveria ser absorvida pelo organismo humano para provocar câncer seria extremamente alta, algo em torno de 20 000 litros de suco de maçã por dia.

Com base nesses estudos, os produtores de maçãs de Washington entraram com uma ação de difamação contra as emissoras de televisão como a CBS (Columbia Broadcasting System), alegando que tiveram prejuízos da ordem de US\$ 100 milhões (100 milhões de dólares) por conta da campanha antialar veiculada na época. Em 1994, a ação foi julgada improcedente.

### O escândalo dos alimentos para bebês Beech-Nut

No livro do Prêmio Nobel Roald Hoffmann, do qual foi tirado o texto de abertura do capítulo, é citado o caso “O escândalo dos alimentos para bebês Beech-Nut”.

Talvez seja interessante comentá-lo com os alunos para mostrar que não podemos confiar cegamente nas empresas, delegando aos outros a responsabilidade por aquilo que consumimos.

▶ “Em junho de 1988, Neil L. Hoyvald e John F. Lavery, presidente e vice-presidente da Beech-Nut, foram condenados à pena de prisão de um ano e um dia e receberam multas no total de 100 000 dólares por participação no que foi mais tarde descrito como ‘a mais grave confissão de ato ilícito por uma grande empresa’ e ‘um caso clássico de ganância e irresponsabilidade empresarial’. Os dois ‘havia vendido milhões de garrafas de ‘suco de maçã’ que sabiam conter pouco ou nenhum ‘suco de maçã’ – apenas açúcar, água, flavorizante e corante. Os consumidores desse produto falsificado eram bebês.

Sob pressão para reduzir prejuízos, a Beech-Nut, em 1977, dispensou seu antigo fornecedor de concentrado de suco de maçã, trocando-o por uma fonte menos cara. Em 1981, um cientista da empresa, especialista em controle de qualidade de alimentos, que havia monitorado o fornecimento, enviou um memorando à administração, manifestando a suspeita de que o concentrado de maçã usado na produção do ‘suco 100% de fruta’ era uma mistura de ingredientes sintéticos. Na época, nenhum teste podia provar a adulteração. Como novo executivo-chefe, porém, Hoyvald sentiu-se pressionado a mostrar um melhoramento nos resultados financeiros à nova companhia-matriz, a Nestlé. Recusar o suprimento de baixo custo na base de evidência circunstancial estava fora de cogitação. A administração podia achar algum consolo no fato de que a questão de segurança não estava em jogo.

Em 1982, essa reserva mental foi derrubada quando a associação da indústria de suco processado de maçã começou a investigar acusações de adulteração em grande escala. A fim de evitar acusações, a Beech-Nut suspendeu o uso do concentrado sintético. Em vez de incorrer nas perdas que resultariam do recolhimento e destruição do produto, como insistia o chefe de controle de qualidade da firma e, mais tarde, servidores da Administração de Alimentos e Medicamentos, Hoyvald resolveu vender o estoque do produto, avaliado em 3,5 milhões de dólares, procurando uma maneira de evitar um grande prejuízo financeiro.

[...]

Posteriormente, a Beech-Nut vendeu milhares de caixas do suco falsificado em mercados do Caribe, enquanto seus advogados usavam de táticas de contemporização com órgãos federais e estaduais.

Em 1987, a Beech-Nut reconheceu ser culpada de 215 acusações de violação de leis federais sobre alimentos e medicamentos e concordou em pagar uma

multa de 2 milhões de dólares, até esse momento a mais alta imposta nos 50 anos de história da Lei de Alimentos, Medicamentos e Cosméticos. A despeito desse reconhecimento de culpa, os dois mais altos executivos declararam-se inocentes e foram submetidos posteriormente a julgamento.”

AGUILAR, Francis J. *A ética nas empresas: maximizando resultados através de uma conduta ética nos negócios*. Rio de Janeiro: Zahar Editor, 1996.

## E como está a situação hoje?

### “EUA alertam sobre rótulos errados em alimentos

A Agência de Remédios e Alimentos dos Estados Unidos (FDA, na sigla em inglês) apertou o cerco contra fabricantes de alimentos para bebês e outras empresas, por rótulos nutricionais enganosos, o início do que virão a ser esforços mais amplos para criar padrões mais estritos para esses rótulos.

A FDA enviou cartas de alerta para 17 empresas de alimentos – incluindo a Nestlé, que produz a marca Gerber de comida para bebês – por violações variadas, entre as quais apontou declarações não autorizadas sobre saúde e conteúdos nutritivos e o uso de termos como ‘saudável’.

A agência censurou a Nestlé por reivindicar benefícios à saúde para suas cenouras Gerber para bebês e o produto Gerber Graduates, porque ‘ainda não foram estabelecidos níveis apropriados para a dieta de crianças nessa faixa de idade’, segundo as cartas de alerta. A embalagem do Gerber Graduates afirma que o produto é uma ‘boa fonte de ferro, zinco e vitamina E’.

Várias outras empresas fabricantes de alimentos para bebês, como Beech-nut, First Juice, Want Want Foods e PBM Products receberam cartas similares.

A agência havia comunicado em outubro que os rótulos nutricionais dos produtos podem ser enganosos para os consumidores no que se refere aos benefícios reais para a saúde [humana] de cereais, biscoitos e outros alimentos processados, informando às empresas que começaria a reprimir rótulos imprecisos. Ontem, a agência disse que proporá em breve novas diretrizes sobre as informações que devem constar nas embalagens.

As companhias têm 15 dias úteis para informar à FDA as medidas que pretendem tomar para corrigir os rótulos.”

*Valor Econômico*. Nutrição na mídia. 4 mar. 2010. Disponível em: <[www.cfn.org.br/novosite/conteudo.aspx?IDMenu=215&IDConteudo=960](http://www.cfn.org.br/novosite/conteudo.aspx?IDMenu=215&IDConteudo=960)>.

Acesso em: 16 abr. 2016.

## Trabalho em equipe

- a) O curtimento mineral, devido às substâncias utilizadas.  
 b) Matéria orgânica nitrogenada.  
 c) O texto a seguir poderá ajudar o professor a orientar o trabalho dos alunos.

### Impactos ambientais do processamento do couro

O curtume é indústria muito poluente, gerando grande quantidade de resíduos sólidos e de efluentes líquidos e gasosos (veja quadro abaixo).

Etapa	Poluição	Poluente	Impacto ambiental potencial
Conservação e armazenamento de peles	Gasosa	NH <sub>3</sub> , COV*	Odor desagradável
	Líquida	Líquidos eliminados pelas peles e restos animais, sal	Contaminação das águas superficiais
	Resíduos sólidos	Restos animais e sal	Contaminação do solo e das águas subterrâneas
Ribeira	Gasosa	H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , COV*	Odor desagradável
	Líquida	CaI, sulfeto de sódio, cloreto de sódio, aminoácidos e albumina	Contaminação das águas superficiais
	Resíduos sólidos	Restos animais (colágeno, tecido muscular, gordura e sangue)	Contaminação do solo e das águas subterrâneas
Curtimento	Líquida	Ácidos minerais e orgânicos cromo, taninos	Contaminação das águas superficiais
Acabamento	Gasosa	COV*	Odor desagradável
	Líquida	Banhos residuais contendo cromo, taninos, sais, corantes, óleos, etc.	Contaminação das águas superficiais
	Resíduos sólidos	Restos de couro (pó, farelo, recortes semiacabados e acabados); pó de lixa; resíduos de tintas, resinas, etc.	Contaminação do solo e das águas subterrâneas

\*COV = composto orgânico volátil; NH<sub>3</sub> = amônia; H<sub>2</sub>S = ácido sulfídrico

Fonte da tabela: PACHECO, J. W. F. *Curtumes*. São Paulo: Cetesb, 2005. Série P + L.

ROMÃO, C. C.; SALVADOR, L.; LOPES, T. A.; BARROS, R. de M.; CONEGLIAN, C. M.; BRITO, N. N. de; DRAGONI SOBRINHO, G.; TONSO, S. & PELEGRINI, R. *Tratamento de efluentes da indústria de curtume*. Rio Claro: Faculdades de III Fórum de Estudos Contábeis, 2003.

O processamento de 1 t de peles salgadas produz de 200 a 250 kg de couros acabados e 600 kg de resíduos sólidos, o que representa um baixo rendimento médio, em torno de 22,5%, e alto potencial poluidor.

O curtume apresenta alto consumo de água, de 25 a 30 m<sup>3</sup> por tonelada de pele salgada ou 630 L/pele salgada, em média, que varia em função dos processos utilizados e do gerenciamento, entre outros fatores. Um curtume de porte médio, que processe 3 000 peles salgadas/dia, consome aproximadamente 1 900 m<sup>3</sup> de água/dia, equivalente ao consumo diário de uma população de 10 500 habitantes, tomando-se um consumo médio per capita de 180 L/dia. Assim, um curtume pode exercer alta pressão sobre os mananciais hídricos.

A etapa que mais consome água é a ribeira (média de 7 a 25 m<sup>3</sup>/t), seguida do acabamento molhado (4 a 8 m<sup>3</sup>/t), do curtimento (1 a 3 m<sup>3</sup>/t) e do acabamento final (0 a 1 m<sup>3</sup>/t).

O consumo de energia varia entre 2 600 a 11 700 kWh/t de peles salgadas, conforme a produção, os equipamentos usados, o tipo de tratamento dado aos efluentes e a existência ou não de práticas de eficiência energética. As ope-

rações com maior consumo são as que envolvem banhos, secagem e tratamento dos efluentes.

O curtume também consome grande quantidade de produtos químicos. Destacam-se o sal comum (na fase de conservação das peles); a soda cáustica, diversos ácidos, fungicidas (altamente tóxicos para o homem e o meio ambiente) e solventes (na ribeira); cromo e outros metais (no curtimento mineral), taninos (no curtimento vegetal); sais diversos, corantes, óleos e resinas (no acabamento).

O quadro apresentado mostra os principais resíduos gerados pelo processamento do couro e seus impactos ambientais. Poluentes e impactos ambientais potenciais de cada etapa do processamento do couro.

## Resolução dos exercícios

1 Alternativa e.

O item I é errado porque a sacarose é altamente polar. O item II é errado porque, por ser muito polar, é insolúvel em benzeno (apolar).

O item III é errado porque a hidrólise de um mol de sacarose libera um mol de dextrose (glicose) e um mol de frutose.

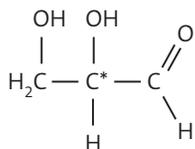
2 Alternativa e.

O amido é um polissacarídeo.

3 a) Equação de combustão do gliceraldeído:



b) Fórmula estrutural do gliceraldeído:



4 Alternativa e.

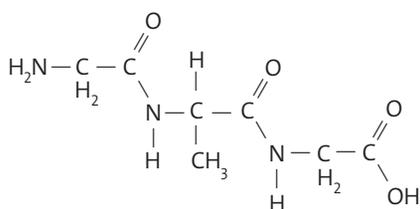
5 Alternativa d.

6 Resposta pessoal.

7 Alternativa a.

As proteínas são formadas por ligações amídicas (peptídicas) entre  $\alpha$ -aminoácidos.

8 GLI-ALA-GLI



9 Alternativa e.

A reação inversa à polimerização dos aminoácidos formando as proteínas é chamada hidrólise da proteína.

10 Alternativa d.

Segundo o enunciado, são os aminoácidos presentes no xilema das plantas que capturam os metais tóxicos do solo.

11 Alternativa c.

Os aminoácidos são resultantes da hidrólise das proteínas.

12 Alternativa A.

O quadro mostra que a molécula de DNA é formada por duas cadeias caracterizadas por sequências aleatórias de bases nitrogenadas: adenina, timina, citosina, guanina.

13 Alternativa c.

14 Alternativa c.

O RNA (ácido ribonucleico) é formado por uma cadeia que se enrola por si mesma.

Tanto o DNA quanto o RNA possuem em comum as bases nitrogenadas adenina, citosina, guanina, mas somente no RNA é que encontramos a base uracila.

O RNA é responsável pelo controle e síntese de proteínas.

## Compreendendo o mundo

Nesta unidade estudamos os principais grupos de compostos da Bioquímica: lipídios, carboidratos e proteínas. Vimos sua estrutura química, os grupos funcionais que apresentam e a função que desempenham no organismo humano.

Paralelamente, estudamos os alimentos e os aditivos químicos, analisamos rótulos de alimentos e como são calculados os valores de ingestão diária aceitável (IDA) dos aditivos utilizados principalmente em alimentos processados.

Trata-se de um conhecimento significativo porque poderá ser aplicado diariamente na construção de uma vida mais saudável, a partir de uma alimentação mais consciente.

## Unidade 5 – Atividade nuclear

O tema central desta unidade é a atividade nuclear. Trata-se de um tema bastante polêmico e discutido atualmente na mídia. Enquanto países fortemente armados estudam diminuir seu arsenal atômico, outros, que não possuem armas nucleares, estão investindo no enriquecimento de urânio, a matéria-prima necessária para fabricá-las.

Fala-se muito também na possibilidade de um ataque terrorista nuclear, caso algum grupo radical tenha acesso a uma ogiva nuclear ou a material radioativo retirado de aparelhos destinados a aplicações pacíficas.

Por outro lado, não podemos desprezar os inúmeros benefícios que essa tecnologia pode nos trazer, quando usada com responsabilidade e fiscalização constante.

Ter uma noção mais clara de todos os riscos e possibilidades da atividade nuclear é importante no desenvolvimento da cidadania do aluno.

Antes de iniciar a unidade, apresente para os alunos o vídeo *Energias do Futuro* – disponível em <[www.youtube.com/watch?v=R08-w5pgtc8&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=R08-w5pgtc8&feature=related)>, acesso em 17 abr. 2016, que tem duração de 5min48s. De forma clara e simples, o vídeo explica como é produzida a energia nuclear. O vídeo mostra superficialmente as vantagens e desvantagens dessa fonte de energia, com ênfase ao fato de as usinas nucleares não liberarem gás carbônico para a atmosfera e, assim, não contribuírem com o aquecimento global, o que sem dúvida é uma vantagem. Atente para o fato de que a questão do lixo atômico é tratada como um problema preocupante, mas nenhuma solução é proposta (na realidade, o problema do lixo atômico em Angra 1 e Angra 2 continua sem uma solução definitiva até hoje).

Reflita com os alunos o quanto a atividade nuclear deve ser tratada com responsabilidade e vigilância para que possamos usufruir dos seus benefícios sem nos submeter aos seus riscos inerentes e extremamente graves.

Após assistir ao vídeo, discuta esses pontos com os alunos e inicie a leitura do texto do Capítulo 11.

## Como justificar para o aluno a importância do que ele irá aprender agora?

Nessa unidade vamos falar sobre as radiações ionizantes, seus efeitos no corpo humano, como funcionam os aparelhos utilizados para detectá-las, as leis da radioatividade que regem as transformações de um elemento químico em outro e como é feito o processo de datação de objetos antigos, múmias e fósseis pela determinação do teor de carbono-14.

Falaremos também sobre as séries de decaimento radioativo que nos ajudam a dimensionar para o aluno o problema imenso do lixo atômico que estamos gerando e para o qual ainda não temos uma solução definitiva.

Isso tudo sem deixar de lembrar as várias aplicações pacíficas e interessantíssimas para a radioatividade, assim como alguns dos vários acidentes causados quando ignoramos o risco iminente de lidar com um fenômeno que não admite erros ou enganos.

Vamos comentar a estrutura da bomba atômica, como funciona uma usina nuclear e como são projetados os reatores a fusão, atualmente utilizados apenas em pesquisa.

Será uma ótima oportunidade – agora que estamos concluindo o Ensino Médio – para discutir com os alunos sobre o futuro que queremos ter.

## Sobre como desenvolvemos o conteúdo

Acreditamos que o mais importante para o aluno de Ensino Médio é aprender os efeitos das radiações ionizantes sobre os organismos vivos e, portanto, é bastante oportuno apresentar esse assunto logo após o ensino da Química orgânica, principalmente após a Bioquímica, quando o aluno já estudou a função de moléculas como lipídios, carboidratos, proteínas, enzimas e DNA e tem a exata noção do que significa a perda da função dessas moléculas para o organismo animal ou vegetal.

Em todo o desenvolvimento da teoria, não deixamos de salientar as possibilidades e aplicações pacíficas da radioatividade, mas também frisamos constantemente o quanto o uso de um fenômeno (que não admite erros) exige em termos de responsabilidade, vigilância e planejamento. Qualidades que, como cidadãos, devemos exigir dos cientistas e dos políticos para que não tenhamos que conviver por um longo tempo com os problemas que advêm dos acidentes que ocorrem geralmente porque, por um instante, alguém falhou em responsabilidade, vigilância ou planejamento.

## Capítulo 11 — Leis da radioatividade e energia nuclear

Este último capítulo trata das leis da radioatividade. Retoma o estudo das principais emissões produzidas por um núcleo radioativo (estudadas no Volume 1 desta coleção) e o funcionamento do contador Geiger-Müller, geralmente utilizado para detectar contaminação radioativa.

Neste capítulo estudamos também o período de meia-vida dos elementos radioativos e a aplicação da técnica de datação de objetos e fósseis antigos pelo carbono-14.

As séries ou famílias radioativas também são tema deste capítulo, dando destaque para a série do urânio-235, isótopo utilizado tanto em usinas nucleares como na confecção de armas atômicas.

No boxe **Saúde e Sociedade**, discorreremos sobre o acidente nuclear que aconteceu em Goiânia em 1987, fato que merece uma atenção maior do professor, um trabalho de pesquisa entre os alunos e, se possível, a exibição em sala de aula de algum filme sobre o assunto.

As reações de transmutação (transformação de um elemento químico em outro) artificiais e os aceleradores de partículas – gerador de Van de Graaf, o acelerador de Linear e Cicloton de Lawrence – bem como o seu funcionamento, são discutidos neste capítulo.

No estudo da fissão e da fusão nuclear são discutidos assuntos como a energia liberada na fissão, a reação em cadeia, a construção da bomba atômica, o funcionamento de uma usina nuclear e o acidente nuclear de Chernobyl.

## Objetivos

- Conceituar radioatividade.
- Caracterizar as partículas alfa e beta e a radiação gama.
- Reconhecer como funciona o aparelho para detectar radioatividade, conhecido como contador Geiger-Müller.
- Equacionar as reações de desintegração quando um átomo emite partícula alfa ou beta.
- Conhecer e aplicar as Leis de Soddy.
- Conceituar período de meia-vida.
- Determinar o tempo de meia-vida de uma amostra.
- Calcular a massa de uma amostra radioativa que restou após determinado tempo utilizando o período de meia-vida.
- Entender como é feita a determinação da idade de múmias e fósseis descobertos recentemente pela técnica do carbono-14.
- Conhecer uma aplicação do isótopo 13 do carbono na identificação de alimentos adulterados.
- Interpretar gráficos que relacionam a quantidade de massa do isótopo que foi desintegrada em função do tempo.
- Definir o que são séries radioativas.
- Reconhecer algumas aplicações da radioatividade.
- Reconhecer como é realizada a descontaminação de pessoas que entraram em contato com material radioativo.

## Conteúdos específicos indispensáveis para a sequência dos estudos

- Radioatividade: definição.
- Características: emissões alfa, beta e gama.
- Lei de Soddy: Primeira lei e Segunda lei.
- Período de meia-vida
- Datação com carbono-14
- Reação de transmutação artificial: equacionamento com base nas leis de Soddy.
- Aceleradores de partículas: princípio de funcionamento.
- Fissão e fusão nuclear.
- Funcionamento de uma usina nuclear.

### Comentários e sugestões

Inicie a aula lembrando os conceitos de número atômico e número de massa com seus alunos.

Comente que numa reação nuclear também ocorre conservação da massa e da carga do núcleo.

Resolva algumas equações nucleares na lousa, solicitando a participação dos alunos. Depois solicite que resolvam sozinhos os exercícios propostos no livro para ter certeza de que entenderam o fenômeno.

Comente sobre o funcionamento do contador Geiger-Müller utilizando o esquema e a foto da página 264.

Discuta em aula o conceito de meia-vida. Pode ser que alguns alunos apresentem inicialmente alguma dificuldade para compreender esse fenômeno.

Nesse caso, resolva alguns problemas na lousa e mostre, por meio de esquemas, o que ocorre com a atividade radioa-

tiva a cada período completo de meia-vida, característico de cada elemento.

A datação do carbono-14 é uma das aplicações mais importantes desse fenômeno e se baseia no fato de que a quantidade de carbono-14 nos tecidos vegetais e animais vivos é praticamente constante, pois, ao mesmo tempo que o carbono é absorvido pela alimentação, ele também decai por emissão de partícula beta negativa. Quando o organismo morre, o  $^{14}_6\text{C}$  deixa de ser repostado e a quantidade desse elemento no organismo começa a decrescer. Sabendo o quanto o  $^{14}_6\text{C}$  decresceu, é possível estimar a idade do objeto ou do fóssil.

Sobre as séries radioativas, é importante que os alunos analisem o esquema da página 271 para terem uma dimensão do problema do lixo radioativo.

Antes de discutir algumas aplicações das radiações, proponha aos alunos que façam, em dupla, uma pesquisa sobre aplicações pacíficas da radioatividade e confeccionem um cartaz explicando aquela que julgou mais interessante.

O empenho na confecção do cartaz, a clareza na explicação e o interesse do aluno podem ser usados como forma de avaliação. Após essa atividade, faça a leitura do texto que responde à seguinte pergunta: “Quais são as principais aplicações pacíficas da radioatividade, além dos tratamentos médicos?” da página 269. Partindo das apresentações e da leitura do texto, inicie um debate sobre essas aplicações e sobre o destino dos aparelhos utilizados, quando quebram ou deixam de funcionar adequadamente.

### Conversa com o professor

#### “História da radioatividade

Em 1896, o francês Henri Becquerel constatou que um composto de urânio causava uma mancha numa chapa fotográfica, mesmo no escuro e embrulhado em papel negro. Becquerel concluiu que o composto deveria emitir algum tipo de raio capaz de atravessar o papel e atuar sobre a chapa. Essa propriedade era semelhante à dos raios X descobertos um ano antes por Wilhelm Conrad Röntgen.

Em abril de 1898, a polonesa Marie Curie percebeu que, além do urânio, outro elemento conhecido, o tório, também emitia os tais raios. Em julho do mesmo ano, com a ajuda do marido, o físico francês Pierre Curie, descobriu um novo elemento que chamou de polônio e alguns meses depois ambos descobriram um elemento ainda mais radioativo: o rádio. Os estudos sobre radioatividade renderam a Becquerel, Pierre e Marie Curie o Nobel de Física de 1903.

Ainda no ano de 1898, Ernest Rutherford utilizou uma tela fluorescente para detectar as radiações provenientes de um material radioativo. Com auxílio de placas metálicas eletricamente carregadas descobriu que havia dois tipos de radiação, que chamou de  $^4_2\alpha$  (alfa) e  $^0_{-1}\beta$  (beta). A radiação  $^4_2\alpha$ , segundo ele, deveria ser formada por partículas de carga positiva, uma vez que seu feixe era atraído pela placa negativa. Já a radiação  $^0_{-1}\beta$  deveria ser formada por partículas negativas, pois seu feixe era atraído pela placa positiva. Em 1900, Paul Villard, na França, descobriu uma outra forma de radioatividade que não apresenta carga elétrica e foi chamada de radiação  $^0_0\gamma$  (gama).

Hoje sabemos que as partículas  $^4_2\alpha$  são constituídas por dois prótons e dois nêutrons, isto é, correspondem ao núcleo de um átomo de hélio (He). As partículas  $^0_{-1}\beta$  são elétrons emitidos pelo núcleo de um átomo instável.



Mas você vai me dizer: o núcleo não tem elétrons! Na verdade, um nêutron pode se decompor em um próton, um elétron e uma partícula chamada antineutrino. Ao contrário das radiações  ${}^4_2\alpha$  e  ${}^0_{-1}\beta$ , que são constituídas por partículas, a radiação  ${}^0_0\gamma$  é formada por ondas eletromagnéticas emitidas por núcleos instáveis logo em seguida à emissão de uma partícula  ${}^4_2\alpha$  ou  ${}^0_{-1}\beta$ .

Cada elemento radioativo, natural ou obtido artificialmente, se desintegra (ou decai) com uma velocidade característica. A unidade do tempo de decaimento é a meia-vida. Este é o tempo necessário para que a atividade de um elemento radioativo seja reduzida à metade da atividade inicial. Ou seja, para cada meia-vida que passa, a radioatividade vai sendo reduzida à metade da anterior, até atingir um valor insignificante, que não permite mais distinguir suas radiações das do meio ambiente.

Na natureza existem elementos radioativos que decaem sucessivamente, se transformando em outros elementos que, não sendo ainda estáveis, decaem até que o núcleo atinja uma configuração estável. Essas sequências de núcleos são denominadas séries radioativas. Existem três séries radioativas naturais: a série do urânio, a série do actínio e a série do tório. A série do actínio, na realidade, inicia-se com o urânio-235 e tem esse nome porque se pensava que ela começasse pelo actínio-227. As três séries naturais terminam em isótopos estáveis do chumbo, respectivamente, chumbo-206, chumbo-207 e chumbo-208.

Alguns anos antes da Segunda Guerra Mundial, vários grupos de pesquisadores tentavam obter novos elementos químicos bombardeando o urânio com nêutrons. Esse processo foi chamado de Fissão Nuclear. O nêutron, ao atingir um núcleo de urânio, provoca sua quebra em dois núcleos menores e a liberação de mais nêutrons que, por sua vez, irão atingir outros núcleos e provocar novas quebras, liberando grande quantidade de energia. Se a velocidade dessa reação em cadeia não for controlada, a reação ocorre muito rapidamente (em menos de 1 segundo), liberando enorme quantidade de energia. É o que acontece, por exemplo, na explosão da bomba atômica. Mas se a reação for controlada, como ocorre num reator, é possível aproveitar a energia liberada.

O italiano Enrico Fermi e sua equipe, em 1942, construíram o primeiro reator nuclear. Esse reator tinha a finalidade de executar em laboratório a fissão nuclear para que se pudesse compreendê-la melhor, a fim de aproveitá-la como fonte de energia. A versão moderna do reator de Fermi são as usinas nucleares. O calor liberado na fissão aquece a água, mantida a alta pressão. Esta, por sua vez, aquece uma outra porção de água que entra em ebulição. O vapor produzido gira a turbina, cujo eixo se liga a um gerador elétrico, o qual, por sua vez, transforma a energia do movimento em energia elétrica.

Também podemos usufruir dos benefícios da radioatividade na medicina. A Medicina Nuclear é a área que utiliza os radioisótopos, tanto em diagnósticos como em terapias. Células cancerosas ou microrganismos nocivos podem ser destruídos pela absorção da energia das radiações. Fontes de radiação de césio-137 e cobalto-60 são usadas para destruir células de tumores, uma vez que estas são mais sensíveis à radiação do que os tecidos sãos. Um outro exemplo é a utilização do iodo-131 para o diagnóstico e tratamento de doenças da tireoide. O elemento iodo, radioativo ou não, é absorvido pelo organismo humano, preferencialmente pela glândula tireoide. Para verificar se a tireoide apresenta problemas, o paciente ingere uma solução de iodo-131 e um detector verifica a absorção do elemento, permitindo o diagnóstico de deformações da glândula. Doses maiores de iodo-131 são utilizadas no tratamento de doenças da tireoide.

Essas são apenas algumas das aplicações da radioatividade. Entretanto, nem sempre a radioatividade é usada adequadamente. Um dos principais problemas é a utilização bélica, ou seja, para a construção de bombas atômicas. Em 6 e 9 de agosto de 1945, as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki respectivamente, foram destruídas por bombas atômicas lançadas por aviões dos EUA. Mais de 200 mil pessoas foram mortas nos ataques e, seis décadas depois, milhares de pessoas ainda apresentam sequelas devido à exposição à radioatividade.

Uma outra preocupação é o lixo nuclear. As sobras de materiais radioativos e tudo o que estiver contaminado por eles, os resíduos de mineração, o encanamento por onde eles passaram, as vestimentas dos trabalhadores, enfim, tudo o que entra em contato com material radioativo é considerado lixo nuclear. Nos produtos da fissão do urânio-235 já foram identificados mais de duzentos isótopos pertencentes a 35 elementos diferentes. Muitos deles emitem radiações  ${}^4_2\alpha$ ,  ${}^0_{-1}\beta$  e  ${}^0_0\gamma$ , representando um risco à população e necessitando, portanto, ser armazenados em recipientes de chumbo e/ou concreto e guardados em locais seguros por tempo suficiente para que a radiação caia a níveis não prejudiciais. Se o lixo nuclear não for armazenado corretamente, podem acontecer acidentes como o de Goiânia (GO) em setembro de 1987: a violação de uma cápsula de césio-137 por sucateiros resultou em quatro mortes e cerca de 250 pessoas tiveram problemas de saúde na época.

Um outro viés é a possibilidade de ocorrerem acidentes nas usinas nucleares e as consequências podem ser muito graves. O pior acidente ocorreu em Chernobyl, na Ucrânia, em abril de 1986. A explosão de um dos quatro reatores da usina lançou na atmosfera uma nuvem radioativa que atingiu todo o centro-sul da Europa. Estima-se que morreram entre 15 mil e 30 mil pessoas e aproximadamente 16 milhões sofrem até hoje alguma seqüela em decorrência do desastre.



A Constituição Federal do Brasil, em seu artigo 21, proíbe a utilização da energia nuclear para fins que não sejam exclusivamente pacíficos. A história da energia nuclear no Brasil teve início por volta de 1945, no final da 2ª Guerra Mundial. Apesar de pobre em reservas conhecidas de urânio, o Brasil era um grande exportador de monazita, um mineral radioativo. A primeira central nuclear brasileira, Angra 1, começou a ser construída em 1971, em Angra do Reis (RJ), e foi inaugurada em 1982. De um acordo com a Alemanha, foram propostas mais duas usinas: Angra 2, que começou a operar em 2000, após quase vinte anos de construção, a um custo de cerca de US\$ 10 bilhões, e Angra 3, na qual, segundo números oficiais, já foram gastos US\$ 750 milhões entre a compra e a estocagem dos equipamentos.

O projeto de Angra 3 foi paralisado em 1992 por motivos econômicos, pois para entrar em operação, necessitaria de mais US\$ 1,5 bilhão [atualmente o projeto de construção de Angra 3 está em andamento].

São inegáveis os benefícios que a radioatividade traz à humanidade. Porém, são inegáveis também os prejuízos à saúde e à paz que o emprego incorreto provoca. Por isso, a utilização da radioatividade deveria ser muito bem controlada e restrita a situações em que não existem alternativas.”

HOMEM DE MELLO, Paula. Disponível em: <[www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art\\_32/EraUmaVez.html](http://www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art_32/EraUmaVez.html)>. Acesso em: 14 mar. 2013.

Saiba mais sobre este assunto em:  
<[www.comciencia.br/200408/noticias/3/energia.htm](http://www.comciencia.br/200408/noticias/3/energia.htm)>;  
<[www.greenpeace.org.br](http://www.greenpeace.org.br)>. Acessos em: 17 abr. 2016.

## Conversa com o professor

### “O iodo-131

A Medicina Nuclear é a área da medicina onde são utilizados os radioisótopos, tanto em diagnósticos como em terapias.

Radioisótopos administrados a pacientes passam a emitir suas radiações do lugar (no caso, órgão) onde têm preferência em ficar.

Um exemplo prático bem conhecido é o uso do iodo-131 (I-131), que emite partícula beta, radiação gama e tem meia-vida de oito dias.

O elemento iodo, radioativo ou não, é absorvido pelo organismo humano preferencialmente pela glândula tireoide, onde se concentra. O funcionamento da tireoide influi muito no comportamento das pessoas e depende de como o iodo é por ela absorvido.

O fato de ser radioativo não tem qualquer influência no comportamento de um elemento químico em relação aos demais elementos.

Para diagnóstico de tireoide, o paciente ingere uma solução de iodo-131, que vai ser absorvido pela glândula. ‘Passando’ um detector pela frente do pescoço do paciente, pode-se observar se o iodo foi muito ou pouco absorvido em relação ao normal (padrão) e como se distribui na glândula.

O detector é associado a um mecanismo que permite obter um ‘desenho’ ou mapeamento, em preto e branco ou colorido, da tireoide.

Um diagnóstico, no caso um radiodiagnóstico, é feito por comparação com um **mapa padrão** de uma tireoide normal.

A mesma técnica é usada para mapeamento de fígado e de pulmão.”

Apostila Educativa do CNEN – Aplicações  
Disponível em: <[www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/aplica.pdf](http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/aplica.pdf)>.  
Acesso em: 17 abr. 2016.

## Comentários e sugestões

Para a parte do capítulo que se inicia na página 274 é interessante ocorrer uma integração entre o professor de Química e o de Física. No início do planejamento, verifique se existe essa possibilidade.

Inicie a aula discutindo o significado de reações de transmutação e comente sobre a aplicação descrita na seção **De onde vem... para onde vai?** que trata da aplicação de geradores de tecnécio em cintilografia.

Com relação ao funcionamento dos aceleradores de partículas, se necessário, pode ser feita uma abordagem pelo professor de Física, para firmar os conteúdos que geralmente são estudados nessa disciplina, como, por exemplo, campo elétrico, corrente elétrica, voltagem.

Inicie uma aula reforçando as principais diferenças que existem entre uma reação química e uma reação nuclear. É importante que os alunos reconheçam que numa reação química ocorre somente um rearranjo dos átomos, ou seja, os elementos continuam sendo os mesmos. Já na reação nuclear, novos elementos são formados.

Para discutir a diferença da fissão e fusão nuclear, é interessante colocar na lousa exemplos dos dois casos e pedir que os alunos classifiquem cada um deles em fissão (quebra) nuclear ou fusão (junção) nuclear.

Para abordar o assunto reação em cadeia, reproduza o esquema da página 279 referente ao bombardeamento do urânio-235 com nêutrons numa transparência, cartaz ou algum programa de computador para explicar aos seus

alunos. Há um vídeo que pode ser explorado e está disponível na internet no site: <[www.youtube.com/watch?v=EGkRvuPpUbM&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=EGkRvuPpUbM&feature=related)>, acesso em 17 abr. 2016, que simula a reação em cadeia.

Para abordar o funcionamento de uma usina nuclear é interessante também fazer um esquema de uma usina nuclear numa transparência, como o da página 280, de modo que esclareça cada etapa do processo.

Caso não tenha tempo suficiente, proponha aos alunos que elaborem uma pesquisa sobre o acidente de Chernobyl e realizem a leitura da página 280.

Sobre a bomba de hidrogênio, explique aos alunos de uma forma clara e simples como ela funciona. Na internet, há vídeos, sobre reportagens que foram apresentadas na televisão sobre esse assunto disponíveis nos sites: <[www.youtube.com/watch?v=NIAXvAdKYsk](http://www.youtube.com/watch?v=NIAXvAdKYsk)> e <[www.youtube.com/watch?v=YvoOdyW1vTE&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=YvoOdyW1vTE&feature=related)>. Acessos em: 17 abr. 2016.

Antes de falar sobre os países que possuem artefatos nucleares, converse com o professor de Geografia para verificar se há possibilidade de fazer um trabalho conjunto. O enfoque geográfico poderá abordar não somente a quantidade de ogivas que cada país possui, mas também sua influência na economia e na organização social.

## Trabalho em equipe

### a) Radiografia com contraste

Para visualizar o funcionamento de alguns órgãos das cavidades ocas, como estômago, esôfago, intestino, é preciso administrar ao paciente produtos de contraste, isto é, substâncias capazes de reter os raios X.

Em geral essas substâncias são um sal de bário, que pode ser ingerido, ou de iodo, que pode ser injetado diretamente no sangue, conforme o órgão que será examinado.

As radiografias por contraste permitem, por exemplo, acompanhar toda a evolução do processo de digestão, desde o momento em que o alimento é ingerido, seu percurso pelo esôfago, até ser processado pelo estômago.

O radiologista pode filmar ou tirar fotos dos diferentes momentos da trajetória do alimento no organismo, de modo que possa identificar úlceras ou tumores.

Nesse caso, a radiografia praticamente não oferece nenhum risco à saúde; o maior problema está na administração dos produtos de contraste, que podem provocar reações alérgicas — náuseas ou vermelhidão na pele, entre outras — ou desencadear problemas nos rins em pacientes propensos. O bário usado em radiografias dos intestinos tende a se acumular no organismo, agravando problemas já existentes de prisão de ventre. Nesses casos, recomenda-se beber muita água ou tomar um laxante.

A orientação médica é que o paciente informe os radiologistas das possíveis ocorrências já registradas em exames anteriores antes de se submeter a outro.

### b) Ultrassonografia

Adotada pela Medicina desde os anos 1950, os exames com aparelhos de ultrassom são muito utilizados para acompanhar o desenvolvimento do feto no período de gestação. Nesse caso, a gestante deita com a barriga para cima e, para que o aparelho possa deslizar facilmente sobre a pele, o médico ou o técnico utiliza um gel especial que vai sendo espalhado ao longo do exame.

O aparelho consta de uma sonda equipada com um emissor e um receptor de ultrassons — ondas sonoras com frequência acima do limite superior da orelha humana, ou seja, acima de 20 kHz. Essas ondas sonoras atravessam os órgãos internos, sendo parcialmente modificadas ao encontrar alterações na densidade dos tecidos existentes, o que ocorre, por exemplo, na transição entre uma massa de músculos e uma de líquidos.

Essas ondas sonoras, refletidas, retornam ao aparelho — são os denominados ecos. Cristais piezoelétricos, que funcionam como “orelhas”, captam o som de retorno e o transformam em imagem de vídeo, eletronicamente.

As imagens permitem que o médico observe as condições do feto e avalie seu desenvolvimento e podem ser impressas ou até gravadas em uma fita de vídeo. O ultrassom também pode auxiliar no diagnóstico de doenças localizadas em vesícula biliar, fígado, pâncreas, baço, rins, próstata, útero, ovários, coração e bexiga. É indolor, relativamente barato e inofensivo, pois não envolve radiações.

Pode ainda ser utilizado para orientar o médico durante uma biópsia ou uma punção. Em certos órgãos — vagina, reto, esôfago —, o exame pode ser feito por meio de uma sonda. Algumas, em miniatura, permitem explorar veias e artérias. Nesses casos, o exame continua sendo indolor e o risco é controlado.

O ultrassom não permite a investigação de determinados órgãos escondidos sob os ossos ou em cavidades ocas (para ressaltar determinados órgãos o paciente é obrigado a tomar muita água antes de fazer o exame). Assim, não pode ser utilizado quando se pretende examinar o cérebro, os pulmões, os intestinos ou os ossos. Além disso, a imagem projetada no monitor de TV nem sempre é nítida e requer muita experiência para ser interpretada corretamente.

A técnica de ultrassom pode ainda ser acoplada a outro exame, denominado Doppler, utilizada para monitorar, por exemplo, a velocidade do fluxo sanguíneo, visualizando ao mesmo tempo o coração e o aparelho circulatório.

### c) Tomografia computadorizada e por emissão de pósitrons (PET)

A Tomografia por Emissão de Pósitrons,  ${}_{+1}^0\beta$ , conhecida como PET (sigla em inglês), permite obter imagens do cérebro em movimento. Foi desenvolvida em 1953 pelos médicos americanos Gordon Brownell e William Sweet. Nesse exame, o paciente recebe uma pequena dose de uma substância radioativa que, ao percorrer o cérebro, produz imagens captadas por um aparelho. A partir dessas imagens, o médico pode diagnosticar distúrbios, como a psicose maniaco-depressiva.

#### d) Ressonância magnética

A ressonância magnética nuclear ou MRI (sigla em inglês) começou a ser usada em medicina há pouco mais de 15 anos e foi desenvolvida em 1975 pelo físico suíço Richard Ernest (Prêmio Nobel de Química em 1991), embora o fenômeno no qual ela se baseia seja conhecido desde 1946.

Para fazer o exame, o paciente deve ficar imóvel em um aparelho similar ao da tomografia computadorizada, com um túnel de não mais de 60 centímetros de diâmetro.

O aparelho funciona com base no seguinte princípio: as partículas que constituem os átomos apresentam campos magnéticos com dois polos (semelhantes a um ímã).

A energia magnética flui incessantemente de um polo para outro, e como o próprio eixo magnético também se movimenta, girando como um pião, acaba formando no espaço o que chamamos campo magnético (como um cone, em três dimensões).

Os cientistas descobriram que esse campo magnético “responde” a ondas de rádio numa frequência específica para cada tipo de material, permitindo identificá-lo.

No aparelho de ressonância magnética, a região a ser examinada é exposta a uma onda de rádio, dentro de um campo magnético de grande potência. Essa onda de rádio é interrompida e substituída por uma onda — que entra em ressonância com as ondas de rádio — emitida pelos prótons (que estão presentes em todos os tecidos do corpo).

Recolhida e analisada por computador, essa onda ressonante permite formar, numa tela, imagens com grande precisão e nitidez, diferenciando órgãos e tecidos.

A ressonância magnética permite obter “cortes” do órgão examinado em todos os planos (horizontal, vertical e oblíquo) e as seções são mais finas do que as obtidas pela tomografia computadorizada.

A técnica é utilizada principalmente para identificar moléstias do sistema nervoso central, dos ossos e articulações (aparelho osteoarticular), e os resultados são especialmente satisfatórios em exames da medula espinal, cartilagens, meniscos e tendões.

Em alguns exames, como os da espinha dorsal e do cérebro, por exemplo, a ressonância magnética dispensa a injeção de contraste, necessária no caso da tomografia. Além disso, também permite explorar órgãos em movimento.

#### e) Cintilografia para observar tireoide, cérebro, doenças de pele, doenças de sangue e obstruções do sistema circulatório

É uma modalidade de exame pertencente ao campo da medicina nuclear. Isótopos radioativos de iodo, tálio, gálio ou tecnécio são injetados no organismo — por apresentar afinidade especial com o órgão ou a doença em estudo — e permitem obter as imagens, geralmente por emissão de radiação gama.

Para estudar o funcionamento da glândula tireoide, por exemplo, utiliza-se iodo radioativo. A fixação dessa substância na glândula vai variar conforme a natureza da doença. Ao registrar a radiação emitida pelas diferentes áreas do órgão e, portanto, os diferentes níveis de radioatividade, obtêm-se imagens que podem revelar o funcionamento do órgão, além de nódulos, inflamações, infecções, hemorragias ou tumores (uma vez que o contraste é mais intenso nas zonas cancerosas). As substâncias contendo os isótopos radioativos são injetadas no organismo pela veia, ingeridas (no exame de estômago) ou aspiradas (no exame de pulmões) em doses bem controladas.

Os isótopos utilizados possuem meia-vida curta e perdem sua atividade em algumas horas ou, no máximo, em alguns dias, sendo também eliminados pela urina.

O paciente fica sentado ou deitado, enquanto é examinado por um detector de radioatividade que capta as emissões provenientes do órgão e produz no computador uma imagem bastante clara das lesões existentes. Em alguns casos, o exame é realizado logo após a administração dos isótopos radioativos; em outros, é preciso aguardar alguns dias. Em geral o procedimento costuma ser rápido e indolor.

O exame não é indicado para mulheres grávidas; as mulheres que amamentam precisam interromper o ato durante certo tempo, conforme a substância empregada.

### Conversa com o professor

Contam que, em 1911, o físico húngaro Gyorgy Hevesy (1885-1966) discutiu com a dona da pensão onde vivia.

Ele afirmava que os restos do empadão que ela servia todo domingo apareciam, disfarçados de alguma forma, na comida servida durante a semana. Considerando que nessa data ainda não havia geladeira disponível, se isso fosse verdade, havia de fato razão para preocupação. No entanto, como de praxe, a dona da pensão negou veementemente a acusação. Ocorre que Hevesy trabalhava no laboratório de Ernest Rutherford, em Cambridge, no qual se fazia pesquisa sobre radioatividade. Nesse labo-

ratório, ele conseguiu um minúsculo pedaço de uma amostra da série radioativa do tório-232.

No domingo seguinte, após terminada a refeição, Hevesy colocou um pouco da amostra radioativa no empadão quando não havia ninguém olhando. Na quarta-feira a dona da pensão serviu um suflê e Hevesy aproximou seu eletroscópio da guarnição. Confirmando suas suspeitas, o eletroscópio começou a indicar a presença de radioatividade além da normal. Com esse incidente, Hevesy abriu caminho para a utilização de marcadores radiativos.

## Galpão com lixo tóxico continua sem solução

“Dezoito anos após a desativação da estatal Nuclemon, em São Paulo, começou na semana passada a descontaminação de um terreno radioativo na Avenida Interlagos, zona sul. A área abrigava uma das usinas da empresa, cujas operações jogaram no solo areia com minerais pesados. O objetivo das Indústrias Nucleares do Brasil, substituta da Nuclemon, é limpar e liberar o terreno de 54 mil metros quadrados para ‘uso irrestrito’.

‘A classificação de uso irrestrito permite a instalação de qualquer tipo de atividade sem risco algum para a saúde’, afirma o coordenador da unidade São Paulo da INB, Valter Mortagua. ‘É a INB, em princípio, não tem interesse em manter a área’.

A descontaminação, no entanto, deixa de fora a parte mais sensível para ambientalistas: o armazenamento de 1 150 toneladas de rejeito radioativo das usinas Santo Amaro (Usan) e Interlagos (Usin) em um galpão instalado no terreno. ‘A segunda fase para remoção e transferência dos rejeitos ainda está em estudo. Ainda não temos prazo nem local definidos’, diz Mortagua.

A areia com minerais pesados que recobre o terreno é proveniente da Usan, que tinha como matéria-prima areia monazítica extraída das praias do norte fluminense. Essa areia passava por um processo químico para obtenção de urânio e tório. O que sobrava dessa areia monazítica era lançado em Interlagos. O material manteve a concentração radioativa em pelo menos cinco pontos do terreno, mas em quantidade que não causaria danos a quem vive ali, segundo a INB. ‘Essa areia é similar à das praias de Guarapari, no Espírito Santo, e não causa risco à saúde’, explica o coordenador.

### Sem segurança

Já o diretor do Greenpeace, André Amaral, diz que não há níveis seguros de radiação. ‘Eles pegaram a areia monazítica que estava espalhada pelo litoral e concentraram. Ela teve contato maior com o elemento radioativo’, afirma.

O físico Antônio Carlos de Freitas, do Laboratório de Radioecologia e Mudanças Globais (Laramg), da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, explica que a areia passou por processos para extrair seus componentes radioativos. ‘Se houvesse algum risco, a população de Guarapari estaria mais suscetível, porque lá a concentração de radiação é ainda maior. Nenhum estudo conseguiu demonstrar isso.’ Mas Freitas aconselha que a areia seja retirada de Interlagos. ‘Há concentração maior do que o normal de areia monazítica.’

Vinte homens e dois técnicos de radioproteção (para monitorar os índices de radiação) trabalham desde a

sexta-feira passada no terreno. Eles têm a ajuda de uma retroescavadeira, para retirar a areia e separá-la.

De um total de 380 metros cúbicos de terra, a estimativa inicial é que 80 metros cúbicos estejam contaminados. Essa areia será armazenada em tambores metálicos dentro do galpão, de 2 200 metros quadrados, que existe no próprio terreno.

Após novos testes, os 300 metros cúbicos restantes serão encaminhados para aterro sanitário ou utilizados para recompor o terreno. O trabalho está previsto para levar um ano. Só então técnicos da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen) farão a reclassificação da área.

### Para entender

A Nuclemon Mínero-Química era uma das empresas do programa nuclear brasileiro. Fechada em 1992, suas atividades foram absorvidas pelas Indústrias Nucleares do Brasil (INB). A Usina de Santo Amaro (Usan), uma das unidades da Nuclemon, foi desativada entre 1992 e 1996. A intenção era que os rejeitos da usina – um concentrado de urânio e tório – fossem levados para uma usina em Caldas (MG), no fim dos anos 1990. Itamar Franco, então governador de Minas, proibiu o armazenamento de rejeitos radioativos de outros Estados em território mineiro. O material ficou na Usina de Interlagos (Usin), que guarda 1 154 toneladas de terra contaminada em 6 778 tambores. O terreno da Usan foi descontaminado, vendido e hoje abriga prédios.”

CLARISSA Thomé/Rio – *O Estado de S. Paulo*. Disponível em: <<http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,galpao-com-lixo-toxico-continua-sem-solucao,541870>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

### Parte do lixo contaminado da Nuclemon foi para o aterro em Perus

“A Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) da Câmara Municipal de São Paulo, que em 1991 apurou responsabilidades da exposição à radiação sofrida pela população paulistana, mostra que a Nuclemon Mínero-Química, uma das empresas do programa nuclear brasileiro, depositou lixo químico – torta de fosfato trissódico – por vários anos no Aterro Bandeirantes, em Perus, zona norte da capital. Isso, segundo a CPI, representa risco para trabalhadores no local e à população vizinha. A quantidade enterrada é desconhecida. As atividades da Nuclemon foram absorvidas pelas Indústrias Nucleares do Brasil (INB).

Para a Cnen, responsável pela fiscalização das instalações nucleares e radioativas no país, não há riscos ao meio ambiente e população em geral, pois há monitoramento periódico dos níveis de radiação das antigas instalações da Nuclemon em Interlagos, zona sul.

A Prefeitura de São Paulo evita falar a respeito desse assunto. Segundo o Departamento de Limpeza Urbana (Limpurb), órgão da administração municipal que gerencia a coleta de lixo na capital, a Nuclemon não consta do cadastro de grandes geradores de resíduos.

O Aterro Bandeirantes, considerado de classe 2, está apto apenas a receber lixo doméstico, e não pode

receber esse tipo de resíduo industrial contaminado. Hoje o Aterro Bandeirantes está desativado e gera gás para produção de energia elétrica.”

REINA, Eduardo. 23 abr. 2010.

Disponível em: <<http://blogs.estadao.com.br/eduardo-reina/category/solo-contaminado/>>.

Acesso em: 18 abr. 2016.

## Resolução dos exercícios

1) Porque o cério é um metal alcalino muito reativo quimicamente. Na forma de uma liga metálica, ele adquire estabilidade química e é possível utilizar apenas suas propriedades radioativas.

2) Césio  $^{133}_{55}\text{Cs}$  (núcleo estável): possui 55 prótons, 55 elétrons e 78 nêutrons.

Relação  $n/p = 1,42$ .

Césio  $^{137}_{55}\text{Cs}$  (radioativo): possui 55 prótons, 55 elétrons e 82 nêutrons.

Relação  $n/p = 1,49$ .

Por ser mais pesado, o núcleo do cério-137 é mais instável.

3) Alternativa a.

O contador Geiger mede a intensidade de radioatividade, detectando e contando as partículas alfa emitidas por elementos radioativos, com base no poder ionizante dessas partículas.

4) Alternativa c.

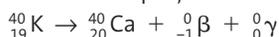
Os raios gama são uma forma de radiação eletromagnética. Por não possuírem massa ou carga, eles são mais penetrantes que as radiações alfa e beta.

5) Alternativa a.

Na primeira lei de Soddy, vimos que, quando um átomo emite uma partícula alfa ( $^4_2\alpha$ ), o número atômico ( $Z$ ) do átomo resultante diminui em 2 unidades, e o número de massa ( $A$ ) diminui em quatro unidades, o qual é semelhante a um átomo de hélio.

6) Alternativa d.

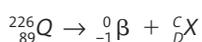
Se parte do feixe foi atraída pela placa carregada positivamente, sabemos que essa era a partícula beta negativa e a parte que não sofreu desvio são os raios gama. Portanto a equação de Soddy ficará:



7) a)  $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^0_{-1}\beta + ^A_B\text{Q}$

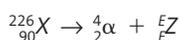
$$226 = 0 + A \Rightarrow A = 226$$

$$88 = -1 + B \Rightarrow B = 89 \Rightarrow ^{226}_{89}\text{Q: actínio}$$



$$226 = 0 + C \Rightarrow C = 226$$

$$89 = -1 + D \Rightarrow D = 90 \Rightarrow ^{226}_{90}\text{X: tório}$$



$$226 = 4 + E \Rightarrow E = 222$$

$$90 = 2 + F \Rightarrow F = 88 \Rightarrow ^{222}_{88}\text{Z: rádio}$$

b) são isótopos:



8) Alternativa b.



A equação acima mostra que o número atômico,  $Z$ , aumentou em 2 unidades e o número de massa,  $A$ , permaneceu o mesmo, o que significa que duas partículas  $^0_{-1}\beta$  foram emitidas.

9) a) Pelo gráfico concluímos que o tempo de meia-vida é de 30 anos

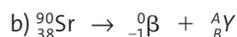
$$b) 100\% - 87,5\% = 12,5\%$$

$$100\% \xrightarrow{30 \text{ anos}} 50\% \xrightarrow{30 \text{ anos}} 25\% \xrightarrow{30 \text{ anos}} 12,5\%.$$

O tempo para que 87,5% da amostra tenha se desintegrado é de 90 anos.

$$10) a) n_0 \xrightarrow{28 \text{ anos}} \frac{n_0}{2} \xrightarrow{28 \text{ anos}} \frac{n_0}{4}$$

Para que a ação radioativa desse isótopo se reduza a  $1/4$ , são necessários 56 anos.

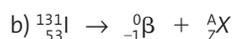


$$90 = 0 + A \Rightarrow A = 90$$

$$38 = -1 + B \Rightarrow B = 39 \Rightarrow ^{90}_{39}\text{Y: ítrio.}$$

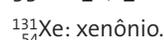
$$11) a) 100\% \xrightarrow{P} 50\% \xrightarrow{P} 25\%$$

$$2 \cdot P = 75\% \Rightarrow 2 \cdot P = 16 \Rightarrow P = 8 \text{ dias}$$



$$131 = 0 + A \Rightarrow A = 131$$

$$53 = -1 + Z \Rightarrow Z = 54$$



$$12) a) 231 \div 4 = 57 + \text{resto } 3 \Rightarrow 4n + 3$$

$$b) 210 \div 4 = 52 + \text{resto } 2 \Rightarrow 4n + 2$$

$$c) 228 \div 4 = 57 \text{ exato} \Rightarrow 4n$$

$$d) 222 \div 4 = 55 + \text{resto } 2 \Rightarrow 4n + 2$$

$$13) ^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow x \cdot ^4_2\alpha + y \cdot ^0_{-1}\beta + ^{216}_{84}\text{Po}$$

$$232 = x \cdot 4 + y \cdot 0 + 216$$

$$232 - 216 = x \cdot 4$$

$$x \cdot 4 = 16$$

$$x = 4$$

$$90 = 4 \cdot 2 + y \cdot (-1) + 84$$

$$90 - 84 - 8 = -y$$

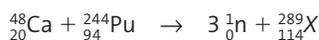
$$y = 2$$

No decaimento radioativo ocorre a emissão de 4 partículas alfa e 2 partículas beta.

14 Resposta: 19. São corretos os itens 01, 02 e 16.  
Item 04: errado, as partículas projéteis são obtidas da emissão natural de elementos radioativos. O acelerador de Van de Graaf apenas “acelera” a velocidade dessas partículas.

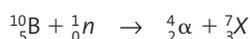
Item 08: errado, o nêutron, por não possuir carga elétrica, não sofre a ação dos campos elétricos dos átomos e segue seu trajeto sem perder energia. Por isso, é o projétil mais utilizado.

15 Alternativa b.  
Equação da reação envolvida (segundo o enunciado).



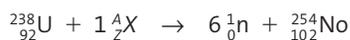
114 prótons; 175 nêutrons, 114 elétrons.

16 Alternativa d.



X possui número atômico 3; é isótopo do lítio.

17 Alternativa d.



$$92 + Z = 6 \cdot 0 + 102 \Rightarrow Z = 10$$

$$238 + 1 \cdot A = 6 \cdot 1 + 254$$

$$238 + A = 260 \Rightarrow A = 22$$

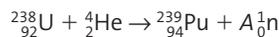
X é o isótopo 22 do neônio ( $Z = 10$ ).

18 Alternativa a.

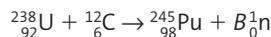
Como o número atômico do urânio é 92, a soma do número atômico dos dois elementos formados após

fissão deve ser 92. Como o bário tem  $Z = 56$ , o elemento X terá  $Z = 36$ , o qual corresponde ao Kr.

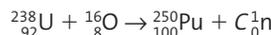
19 Alternativa e.



$$238 + 4 = 239 + A \Rightarrow 242 = 239 + A \Rightarrow A = 3$$

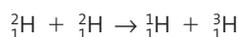


$$238 + 12 = 245 + A \Rightarrow 250 = 245 + A \Rightarrow B = 5$$



$$238 + 16 = 250 + A \Rightarrow 254 = 250 + A \Rightarrow C = 4$$

20 Alternativa b.



21 Alternativa a.

A bomba de hidrogênio é uma bomba de fusão, ou seja, em que dois átomos leves se fundem para formar um único átomo mais pesado.

## Compreendendo o mundo

Nesta unidade vimos os principais fenômenos relacionados à atividade nuclear. As incríveis possibilidades de aplicações e os riscos inerentes ao se lidar com eles.

Pesando prós e contras é provável que cheguemos à conclusão de que a atividade nuclear é inevitável e está inserida em nossas vidas irreversivelmente. O que podemos fazer é conhecer melhor esse fenômeno para poder lidar com ele de modo responsável, com cuidado e vigilância permanente para que acidentes como os de Chernobyl e de Goiânia nunca mais se repitam.

## 11 Sugestão de atividade interdisciplinar

### Atividade nuclear

Na unidade 5 discutimos os tipos de emissões produzidas pelo núcleo atômico, o período de meia-vida, a técnica para determinar a idade de objetos antigos ou múmias utilizando carbono-14, o acidente nuclear de Goiânia e o de Chernobyl, as reações de transmutação artificiais, a fissão e a fusão nuclear, o funcionamento de uma usina nuclear e de uma usina a fusão. Tomando esses assuntos como base, acreditamos que é possível desenvolver uma atividade interdisciplinar que envolva as disciplinas: Química, Biologia e Geografia.

### Principais conceitos que serão trabalhados em cada disciplina

#### Química

- Radioatividade  $\times$  núcleo do átomo
- Emissões radioativas: partículas alfa e beta e radiação gama
- Fissão e fusão nuclear
- Fissão nuclear: reação em cadeia
- Funcionamento de uma usina nuclear

- Vantagens e desvantagens do combustível nuclear
- Traçadores radioativos

#### Biologia

- Aplicação de isótopos radioativos na Medicina
- Isótopos radioativos na agricultura
- Efeitos da radiação na estrutura do DNA
- Câncer  $\times$  radiação (desenvolvimento da doença e cura)
- Efeito da radiação no desenvolvimento do feto

#### Geografia

- Países que mais utilizam a energia nuclear
- Perspectivas das usinas nucleares no Brasil
- Goiânia e Chernobyl hoje. O amparo às vítimas
- Países que possuem os maiores arsenais de armas nucleares
- Países que possuem maiores reservas de depósitos de urânio
- A situação política que levou ao desenvolvimento da bomba atômica
- A ética dos cientistas envolvidos no projeto da construção da bomba atômica

## Descrição da atividade

### Química

Nas aulas de Química, boa parte dos assuntos que foram sugeridos para a atividade são discutidos no livro. Seria interessante exibir os vídeos indicados para os alunos.

Para o acidente de Chernobyl há um documentário que retrata o que aconteceu no dia 26 de abril de 1986 com o reator nuclear da cidade. O título do DVD é *Desastre de Chernobyl* (Buttle of Chernobyl. Direção: Thomas Johnson. Produção: Play Film para o Discovery Channel Communications, Inc., 2006 Discovery Communications, Inc.).

Seria interessante discutir com os alunos as vantagens e as desvantagens da energia nuclear, com ênfase à questão ambiental.

### Biologia

Discutir com os alunos as principais doenças relacionadas à exposição à radiação e o que pode ocorrer com o embrião quando uma mulher grávida sofre contaminação radioativa.

O professor também pode discutir as aplicações dos isótopos radioativos na medicina e na agricultura.

### Geografia

Nas aulas de Geografia, é interessante abordar as perspectivas das usinas nucleares do Brasil – há um projeto de construção de mais quatro usinas nucleares na região Nordeste – e o impacto ambiental e econômico na região onde são implantadas.

É interessante discutir em sala de aula quais os critérios que levam um país a optar por essa fonte de energia e se existem interesses políticos envolvidos nessa decisão.

Com relação às reservas de urânio, seria interessante que o professor explicasse aos alunos quais as características geológicas que favorecem o afloramento dessas reservas, onde elas se localizam e como são exploradas.

## Como trabalhar?

Sugerimos que os professores das três disciplinas estejam sempre presentes nas possíveis decisões das etapas do projeto:

### 1ª etapa

- Formação de grupos (no máximo cinco alunos)

### 2ª etapa

- Os professores podem orientar seus alunos para que realizem uma pesquisa (internet, livros didáticos, jornais, revistas, enciclopédias, filmes) sobre um tema relacionado à atividade nuclear, explorando nesse tema as três disciplinas envolvidas no projeto.

Alguns exemplos:

- O acidente de Goiânia
- O acidente nuclear de Chernobyl
- O acidente nuclear de Fukushima (Japão)
- A construção de usinas nucleares no Brasil

- Enriquecimento de urânio
- Radioisótopos na Medicina
- Radioisótopos na Agricultura

Vale ressaltar que o importante é que o professor dê liberdade ao grupo para decidir o tema que desperta maior interesse. Sabemos que nem todos os assuntos que sugerimos nas disciplinas têm de, obrigatoriamente, aparecer na pesquisa. O importante é que, a partir do assunto escolhido, seja feita uma abordagem interdisciplinar valorizando, em especial, o conhecimento das três disciplinas.

### 3ª etapa

- Os alunos podem fazer entrevistas com pessoas da comunidade (pais, avós, tios, vizinhos) sobre o que sabem a respeito de radioatividade e a respeito do tema que o grupo decidiu pesquisar.
- Os alunos podem fotografar, filmar, obter imagens de revistas e livros para ilustrar o trabalho.
- Após a coleta de dados feita pelos alunos e orientada pelos professores, proponham que eles escrevam um texto sobre os pontos que julgaram mais curiosos e importantes. As imagens coletadas pelos alunos podem ser utilizadas para ilustrar o texto.

Defina alguns critérios para que todos os textos apresentem os seguintes itens:

- Objetivo
- Metodologia (forma utilizada para fazer a pesquisa)
- Resultados e discussões (dados mais importantes e possíveis análises com opiniões críticas)
- Considerações finais (conclusão da pesquisa realizada)

### 4ª etapa

Para verificar o progresso dos estudantes em relação à interdisciplinaridade, sugerimos que os grupos construam um mapa conceitual com base no texto que produziram.

Optamos por escolher essa ferramenta devido à sua versatilidade como instrumento de organização de estruturas conceituais e pelo fato de esses mapas se basearem na relação entre conceitos, ou seja, de evidenciarem as relações existentes entre Química, Biologia e Geografia.

O mapa conceitual pode ser manuscrito ou pode ser feito no computador. É importante ressaltar ao professor que é necessário capacitar os alunos para que possam construir esses mapas conceituais.

### 5ª etapa

Cada grupo irá explicar seu mapa conceitual para a sala, durante aproximadamente 10 minutos.

## Avaliação

O trabalho deverá ser avaliado pelos três professores, levando em consideração:

- A parte escrita.
- O mapa conceitual elaborado.
- A apresentação oral.
- A participação de cada membro do grupo.

# Referências bibliográficas

## Teoria

- ATKINS, Peter; JONES, Loretta. *Princípios de Química: questionando a vida moderna*. São Paulo: Bookman, 2006.
- BRADY, James E.; HUMISTON, Gerard E. *Química geral*. v. I e II. Rio de Janeiro: LTC, 1986.
- BUENO, Willie A.; LEONE, Francisco de A. *Química geral*. São Paulo: McGraw-Hill, 1978.
- COTTON, F. Albert; WILKINSON, Geoffrey. *Química inorgânica avançada*. 4. ed. México: Limusa, 1988.
- EBBING, Darrell D. *Química geral*. v. I. Rio de Janeiro: LTC, 1998.
- HEIN, Morris; ARENA, Susan. *Fundamentos de Química geral*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.
- KOTZ, John C.; TREICHEL JR., Paul. *Química e reações químicas*. v. I e II. Rio de Janeiro: LTC, 1998.
- LEE, J. D. *Química inorgânica não tão concisa*. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1996.
- MORRISON, R.; BOYD, R. *Química orgânica*. 13. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.
- PIMENTEL, George C. (Org.). *Química: uma ciência experimental*. 4. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1963.
- PORTO, Paulo Alves. *Van Helmont e o conceito de gás: Química e Medicina no século XVII*. São Paulo: Ed. da Puc, 1995.
- ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. *Introdução à Química ambiental*. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- ROSEMBERG, I. M. *Elementos de Química geral e inorgânica*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1973.
- RUSSELL, John Blair. *Química geral*. São Paulo: McGraw-Hill, 1981.
- SIENKO, M. J.; PLANE, R. A. *Química*. 7. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1981.
- SNYDER, Carl H. *The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things*. 2. ed. Nova York: John Wiley & Sons, 1995.
- SPENCER. *Química: estrutura e dinâmica*. v. 1 e v. 2. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

## Pedagogia

- ABRAHÃO, Maria Helena Menna Barreto et al. *Avaliação e erro construtivo libertador: uma teoria-prática incluída em educação*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000.
- BERNARDO, Gustavo. *Educação pelo argumento*. Rio de Janeiro: Rocco, 2000.
- BRASIL. *Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio*. Brasília: Ministério de Educação (Secretaria de Educação Média e Tecnológica), 1999.
- CAMARGO, Alzira Leite Carvalhais. Mudanças na avaliação da aprendizagem escolar na perspectiva da progressão continuada: questões teórico-práticas. In: *Formação do educador e avaliação educacional*. São Paulo: Ed. da Unesp, 1999.
- CARDOSO, S. P.; COLINAUX, D. Explorando a motivação para estudar Química. *Química Nova*, v. 23, p. 401-404, 2000.
- CHASSOT, A. I. *Para quem é útil o nosso ensino de Química?* Ijuí: Unijuí, 1995.

- COLL, C. et al. *Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes*. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- ENRICONE, Délcia; GRILLO, Marlene. *Avaliação: uma discussão em aberto*. 2. ed. Porto Alegre: Edipucrs, 2003.
- FAZENDA, Ivani (Org.). *Metodologia da pesquisa educacional*. São Paulo: Cortez, 1994.
- FREIRE, Paulo. *A importância do ato de ler*. 12. ed. São Paulo: Cortez, 1982.
- \_\_\_\_\_. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 22. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2002.
- HERNANDEZ, F.; VENTURA, M. *A organização do currículo por projetos de trabalho: o conhecimento é um caleidoscópio*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- HOFFMANN, Jussara M. L. *Avaliação, mito & desafio: uma perspectiva construtivista em avaliação*. 10. ed. Porto Alegre: Educação e Realidade, 1993.
- \_\_\_\_\_. *Avaliação mediadora: uma prática em construção da pré-escola à universidade*. Porto Alegre: Educação e Realidade, 1994.
- LIBÂNIO, José Carlos. *Didática*. São Paulo: Cortez, 1994.
- \_\_\_\_\_. *Adeus professor, adeus professora?: novas exigências educacionais e profissão docente*. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2001.
- LIMA, Adriana de Oliveira. *Avaliação escolar: julgamento ou construção?* Petrópolis: Vozes, 1994.
- LUCKESI, Cipriano Carlos. *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições*. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2000.
- LUFTI, M. *Cotidiano e educação em Química*. Ijuí: Unijuí, 1988.
- MACHADO, A. H. *Aula de Química: discurso e conhecimento*. Ijuí: Unijuí, 1999.
- \_\_\_\_\_.; MOURA, A. L. A. Concepções sobre o papel da linguagem no processo de elaboração conceitual em Química. *Química Nova na Escola*, n. 2, p. 27-30, 1995.
- \_\_\_\_\_.; SILVEIRA, K. P.; CASTILHO, D. L. As aulas de Química como espaço de investigação e reflexão. *Química Nova na Escola*, n. 9, p. 14-17, 1999.
- MALDANER, O. A. *A formação inicial e continuada de professores de Química: professores/pesquisadores*. Ijuí: Unijuí, 2000.
- MARQUES, Mario Osório. *Escrever é preciso: o princípio da pesquisa*. Ijuí: Livraria Unijuí, 2003.
- MENEZES, H. C.; FARIA, A. G. Utilizando o monitoramento ambiental para o ensino de Química. *Pedagogia de Projeto, Química Nova*. São Paulo: v. 26, n. 2, 2003. p. 287-290.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.
- OLIVEIRA, M. K. *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento, um processo sócio-histórico*. São Paulo: Scipione, 1995.
- SANTOS, W. L. dos; SCHNETZLER, R. P. Função social: o que significa o ensino de Química para formar o cidadão? *Química Nova na Escola*, n. 4, p. 28-34, 1996.
- VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. Trad. J. L. Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

ISBN 978-850617948-0



9 788508 179480