

Carlota Figueiredo  
Constância Guiamba

# Q10

Química 10.<sup>a</sup> Classe



Texto Editores



f i c h a t é c n i c a

título	<b>Q10 • Química 10.ª Classe</b>
autores	<b>Carlota Figueiredo • Constância Guiamba</b>
coordenação	<b>Stella Morgadinho</b>
editor	<b>Texto Editores, Lda. – Moçambique</b>
capa e aberturas	<b>Dércio Simango</b>
ilustrações	<b>Texto Editores, Lda. – Moçambique</b>
arranjo gráfico	<b>Darlene Mavale e Dércio Simango</b>
paginação	<b>Rui Manganhele/Arlindo Pais Uamusse</b>
pré-impressão	<b>Texto Editores, Lda. – Moçambique</b>
impressão e acabamentos	<b>Texto Editores</b>



Av. Para o Palmar Q. 35, n.º 141A • Sommerchild II • Maputo • Moçambique  
Tel: (+258) 21 49 73 04  
Fax: (+258) 21 49 73 05  
Cels: (+258) 82 326 1460 • (+258) 84 326 1460  
E-mail: info@me.co.mz

© 2010, **Texto Editores, Lda.**

Reservados todos os direitos. É proibida a reprodução desta obra por qualquer meio (fotocópia, offset, fotografia, sem o consentimento escrito da Editora, abrangendo esta proibição o texto, a ilustração e o arranjo gráfico. A violação destas regras será passível de procedimento judicial, de acordo com o estipulado no Código do Direito de Autor. D. L. n.º 27/2001, de 27 de Fevereiro de 2001.

MAPUTO, OUTUBRO de 2017 • 2.ª EDIÇÃO • 4.ª TIRAGEM • REGISTADO NO INLD SOB O NÚMERO: 6454/RLINLD/2017

Constância Guiamba  
Carlota Figueiredo

# 10

## Química 10.<sup>a</sup> Classe



Texto Editores

Caro estudante,

O livro agora proposto foi revisto, melhorado e elaborado a pensar numa forma explícita e directa de atingir os objectivos do novo programa de ensino de Química destinado aos alunos da 10.<sup>a</sup> Classe. Assim, o trabalho teve como prioridade a exposição dos conteúdos de tal forma que permita que o professor ganhe mais tempo nas suas explicações e concentre-se a orientar os alunos para discussões, debates e análise conjunta de aspectos relacionados com a matéria.

O professor terá, também, o desafio de desenvolver nos alunos uma linguagem química apropriada, estabelecer a ligação dos conteúdos com os aspectos culturais, sociais e históricos e conduzi-los a participar no desenvolvimento científico com base numa visão actualizada.

O aluno será conduzido de tal forma que possa envolver-se em trabalhos de investigação que o façam pensar, reflectir e organizar propostas que contribuam para o bem estar das comunidades, como por exemplo a problemática da preservação do meio ambiente.

Uma primeira e pequena parte do livro engloba conteúdos relacionados com a Química Inorgânica que se concentra nos elementos do grupo IV-A da tabela periódica, onde se enquadra o carbono. O conhecimento da estrutura deste elemento irá facilitar a compreensão das noções específicas e conceitos fundamentais da Química Orgânica, onde se poderá estabelecer uma relação mais ampla entre o conhecimento escolar e a vida quotidiana, no que diz respeito à:

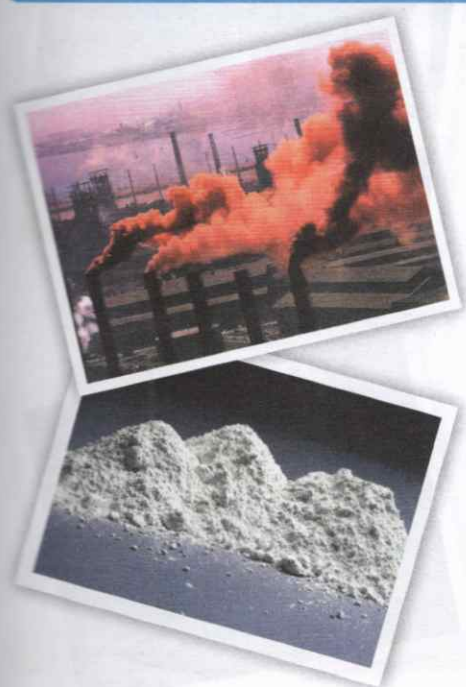
- Composição química dos seres vivos e não vivos, tais como: os plásticos, medicamentos, combustíveis (gasolina, diesel, ...), alguns solventes (benzina, acetona, etanol, ...), etc.
- Formação e importância de alguns produtos naturais (petróleo bruto, gás natural, etc.).
- Combinações químicas e a relação entre as diferentes classes de compostos orgânicos.

O livro disponibiliza ainda uma série de exemplos, de exercícios resolvidos e outros propostos que facilitarão o processo de ensino e aprendizagem, bem como algumas experiências de fácil realização que manterão a ligação entre a teoria e a prática.

Envolve-se neste mundo da Química do carbono, aproveitando ao máximo a informação e as propostas dadas!

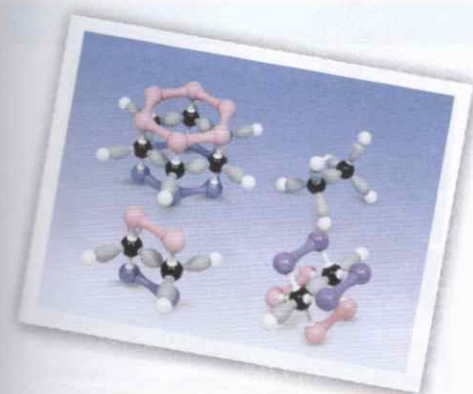
As autoras

## Unidade 1: Carbono e os elementos do grupo IV-A



Elementos do IV grupo principal da tabela periódica .....	8
Estrutura atómica e posição na tabela periódica .....	8
Características gerais do grupo .....	8
Carbono (C).....	9
Ocorrência na Natureza.....	9
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).....	16
Ácido carbónico (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ).....	18
Silício (Si).....	20
Ocorrência na Natureza.....	20
Estados alotrópicos do silício .....	20
Métodos de obtenção.....	21
Propriedades químicas .....	21
Aplicações do silício.....	22
Compostos do silício .....	22
Cálculos estequiométricos.....	24
Cálculo de massa e volume dos reagentes e produtos nas reacções químicas.....	24
Mais exercícios .....	27
Exercícios propostos .....	29

## Unidade 2: Introdução à Química Orgânica



Introdução .....	32
História da Química Orgânica .....	32
Objecto de estudo da Química Orgânica.....	33
Comparação entre compostos orgânicos e inorgânicos .....	33
Características do átomo de carbono nos compostos orgânicos.....	34
Cadeias de carbono .....	35
Cadeias abertas, alifáticas ou acíclicas.....	36
Cadeias fechadas ou cíclicas .....	37
Classificação dos átomos de carbono.....	38
Fórmulas químicas dos compostos orgânicos .....	39
Mais exercícios .....	40
Exercícios propostos.....	43

## Unidade 3: Hidrocarbonetos



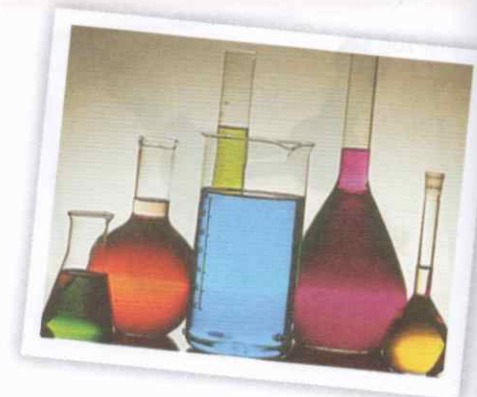
Hidrocarbonetos .....	46
Alcanos (parafinas).....	47
Nomenclatura IUPAC .....	47
Nomenclatura trivial ou usual .....	50
Métodos de obtenção dos alcanos.....	51
Propriedades químicas dos alcanos .....	53
Metano .....	56
Aplicação dos alcanos e dos seus principais produtos de substituição .....	57
Compostos halogenados .....	58

Isomeria .....	59
Alcenos (olefinas) .....	61
Nomenclatura IUPAC .....	62
Nomenclatura trivial ou usual .....	63
Métodos de obtenção .....	63
Propriedades químicas .....	65
Eteno ou Etileno ( $C_2H_4$ ) .....	67
Isomeria nos alcenos .....	68
Alcinos .....	71
Nomenclatura IUPAC .....	72
Nomenclatura usual .....	72
Propriedades químicas .....	72
Etino ou acetileno ( $C_2H_2$ ) .....	75
Isomeria nos alcinos .....	76
Comparação dos hidrocarbonetos alifáticos .....	76
Hidrocarbonetos cíclicos .....	78
Hidrocarbonetos cíclicos alicíclicos .....	78
Hidrocarbonetos aromáticos .....	80
Fontes naturais dos hidrocarbonetos .....	89
Petróleo bruto .....	89
Gás natural .....	94
Petróleo, gás natural e meio ambiente .....	96
Mais exercícios .....	97
Exercícios propostos .....	100



## Unidade 4: Álcoois e Fenóis

Introdução .....	104
Álcoois .....	104
Tipos de álcoois .....	105
Nomenclatura IUPAC .....	105
Nomenclatura usual .....	106
Mobilidade do átomo de hidrogénio no grupo funcional .....	106
Propriedades físicas dos álcoois .....	106
Método de obtenção de álcoois .....	107
Propriedades químicas dos álcoois monohidroxilados .....	108
Isomeria nos álcoois .....	110
Álcool etílico ( $C_2H_5OH$ ) .....	111
Álcool metílico ( $CH_3OH$ ) .....	112
Poliálcoois (álcoois polihidroxilados) .....	112
Álcool na vida social e na saúde. Prevenção e combate ao alcoolismo .....	114
Fenóis .....	115
Nomenclatura IUPAC .....	116
Nomenclatura usual .....	116
Propriedades físicas e aplicação dos fenóis .....	116
Propriedades químicas .....	117
Mais exercícios .....	119
Exercícios propostos .....	122

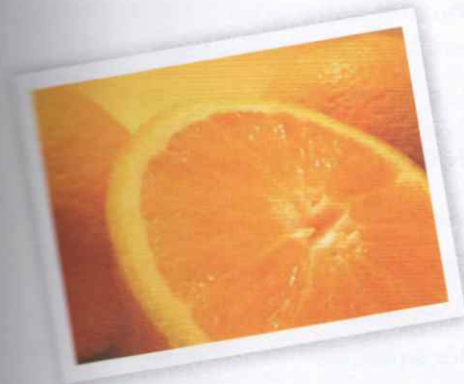


## Unidade 5: Aldeídos e cetonas



Aldeídos .....	126
Nomenclatura IUPAC .....	127
Nomenclatura usual .....	127
Obtenção dos aldeídos .....	128
Propriedades químicas.....	128
Metanal ou Formaldeído/Aldeído fórmico .....	129
Etanal ou Acetaldeído/Aldeído acético.....	129
Cetonas.....	130
Nomenclatura IUPAC .....	131
Nomenclatura usual .....	131
Propriedades físicas.....	132
Obtenção.....	133
Propriedades químicas.....	133
Acetona ou propanona ou dimetil cetona .....	134
Mais exercícios .....	135
Exercícios propostos .....	137

## Unidade 6: Ácidos carboxílicos e Ésteres



Ácidos carboxílicos.....	140
Estrutura. Ocorrência na Natureza .....	140
Classificação dos ácidos carboxílicos .....	140
Nomenclatura IUPAC .....	141
Nomenclatura usual .....	142
Propriedades físicas.....	142
Métodos de obtenção .....	143
Propriedades químicas.....	143
Ácido fórmico (ácido metanóico).....	145
Ácido acético (ácido etanóico) .....	145
Ácidos carboxílicos de cadeia longa .....	146
Ésteres.....	149
Ocorrência natural .....	149
Métodos de obtenção .....	150
Nomenclatura IUPAC .....	151
Nomenclatura usual .....	151
Propriedades físicas.....	151
Propriedades químicas.....	152
Aplicações .....	152
Lípidos.....	152
Mais exercícios .....	156
Exercícios propostos .....	158

Laboratório.....	159
Soluções .....	163
Bibliografia .....	168



## OBJECTIVOS

### O aluno deve ser capaz de:

- Representar a distribuição electrónica dos átomos dos elementos por níveis de energia.
- Conhecer a posição dos elementos na Tabela Periódica.
- Conhecer as variedades alotrópicas do carbono e suas aplicações.
- Identificar os diferentes tipos de carvão e suas aplicações.
- Explicar o processo de produção de carvão de madeira.
- Desenvolver atitudes positivas em relação à preservação das florestas.
- Conhecer os compostos de carbono e suas aplicações.
- Explicar os problemas ambientais causados pelo  $\text{CO}_2$  no planeta.
- Descrever as propriedades físicas e químicas do silício e dos seus compostos.
- Conhecer os locais de ocorrência de carbonatos e silicatos em Moçambique.
- Conhecer as matérias-primas utilizadas nos processos de produção de vidro, cimento e cerâmica.
- Determinar a massa e volume dos reagentes e dos produtos numa equação química.
- Realizar a experiência de obtenção e identificação do dióxido de carbono no laboratório.

## Carbono e os elementos do grupo IV-A

# UNIDADE

# 1

### CONTEÚDOS

#### Carbono e os elementos do grupo IV-A

- Distribuição electrónica segundo Bohr e posição dos elementos na tabela periódica, características gerais dos elementos do grupo IV-A

**Carbono:** estado natural, formas de carbono: cristalino e amorfo, tetravalência e variedades alotrópicas, diamante e grafite: estrutura, propriedades e aplicações, óxidos de carbono: monóxido e dióxido de carbono

**Dióxido de carbono:** experiência química sobre a obtenção laboratorial e identificação do dióxido de carbono, propriedades físicas e químicas

**Ácido carbónico:** propriedades físicas e químicas

**Carbonatos:** ocorrência e aplicações

**Silício:** estado natural, propriedades físicas e químicas, dióxido de silício: propriedades físicas e químicas e suas aplicações

**Silicatos:** ocorrência e importância; produção de cimento, vidro e cerâmica – Tema Gerador, cálculos de massa e volume dos reagentes e produtos nas reacções químicas (ligar a produção de cimento, vidro e carvão mineral)

Págs. 6 a 29

## Elementos do IV grupo principal da tabela periódica

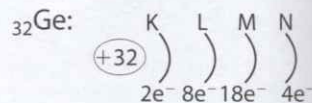
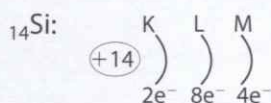
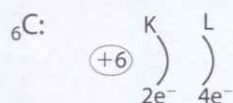
### Estrutura atómica e posição na tabela periódica

Numa tabela periódica, a característica principal dos elementos de um determinado grupo é a presença, na sua camada de valência, do **mesmo número de electrões**, o que lhes confere semelhanças nas suas propriedades químicas. Pertencem ao grupo IV-A da tabela periódica os seguintes elementos:

**Tabela 1:** Nomes e símbolos dos elementos do grupo IV-A

Nome	Carbono	Silício	Germânio	Estanho	Chumbo
Símbolo	C	Si	Ge	Sn	Pb
N.º atómico	6	14	32	50	82

Com base nos números atómicos apresentados para cada elemento, podemos fazer as respectivas estruturas electrónicas, que são:



As estruturas electrónicas destes elementos, segundo o modelo de Bohr, apresentam 4 electrões de valência, facto que comprova a sua pertença ao IV grupo principal da tabela periódica.

### Características gerais do grupo

As características gerais dos elementos do grupo IV-A são variáveis: o carbono é um ametal característico; o silício e o germânio são semi-metais; o estanho e o chumbo são metais.

São sólidos, em condições normais, apresentam temperaturas de fusão e de ebulição elevadas, conforme ilustra a tabela 2.

O carbono e o silício são elementos cujo estudo merecerá maior destaque. Dos seus compostos inorgânicos os de número de oxidação igual a +4 são mais estáveis e existem em maior quantidade, comparativamente aos que apresentam o número de oxidação +2.

**Tabela 2:** Características gerais dos elementos do grupo IV-A

Elemento	N.º atómico (Z)	Carácter	Noxs possíveis	p.f. (°C)	p.e. (°C)	Estado físico
C	6	ametal	+2; +4 a -4	3550	4347	sólido
Si	14	semimetal	+2; +4	1413	2630	sólido
Ge	32	semimetal	+2; +4	958	2700	sólido
Sn	50	metal	+2; +4	232	2350	sólido
Pb	82	metal	+2; +4	327	1750	sólido

# Carbono (C)

O carbono é o primeiro elemento do grupo IV-A e o único que pode ser classificado como um ametal e o seu nome provém do latim «carbo», que significa «carvão».

## Ocorrência na Natureza

O carbono é um dos elementos com uma abundância relativamente elevada na Natureza, onde se encontra no estado livre e no estado combinado, sob diversas formas, como se pode observar no esquema.

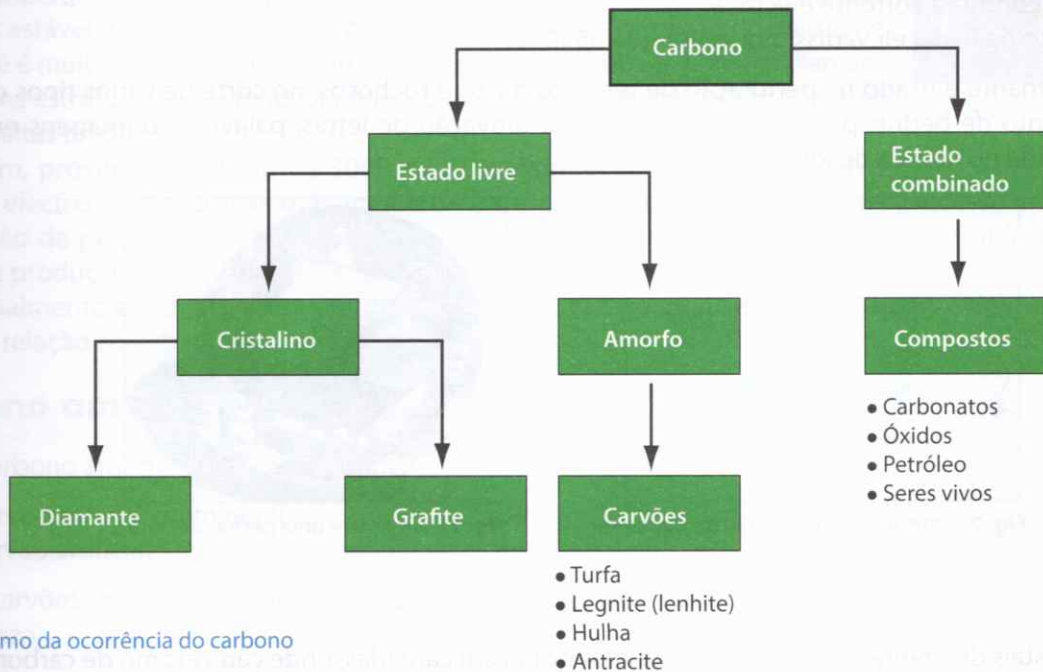


Fig. 1 Resumo da ocorrência do carbono

Dependendo das condições de formação, o carbono pode ser encontrado na Natureza em diferentes formas elementares, destacando-se:

- Carbono cristalino
- Carbono amorfo (carvões)

## Carbono cristalino

Uma propriedade importante dos sólidos é a sua capacidade de produzir cristais que têm um papel predominante na elucidação da estrutura e da geometria das substâncias neste estado.

O carbono cristalino é um sólido que apresenta os seus átomos dispostos num arranjo interno regularmente ordenado, contrariamente ao que acontece com os átomos ao formarem um sólido amorfo.

No estado cristalino, os átomos de carbono têm a possibilidade de se ligarem de forma diferente dando origem a diferentes substâncias simples, de propriedades físicas e químicas diferentes. Este fenómeno é denominado **alotropia**.

Assim, os cristais de carbono apresentam duas formas alotrópicas:

- Diamante
- Grafite

## Diamante

Possui uma estrutura compacta de carbono, formando cristais que se organizam num sistema tridimensional cúbico, onde cada átomo de carbono usando todos os quatro electrões de valência liga-se a outros 4 átomos através de ligações covalentes simples, de comprimento de ligação muito curto, causando uma compactação dos átomos.

Esta estrutura confere ao diamante as seguintes **propriedades físicas**:

- Cristal transparente incolor.
- Substância muito dura (é a substância natural mais dura que se conhece).
- Reflecte a luz e é brilhante.
- Não conduz a corrente eléctrica.
- Ponto de fusão elevadíssimo: maior que 3550 °C.

O diamante é usado na perfuração de terrenos duros e rochosos, no corte de vários tipos de vidros, no polimento de pedras preciosas, assim como na gravação de letras, palavras ou imagens em metais duros e ainda no fabrico de jóias.

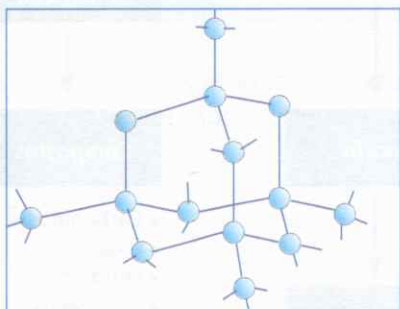


Fig. 2 Estrutura tridimensional do diamante



Fig. 3 Diamante – uma pedra preciosa

## Grafite

Os cristais de grafite têm uma estrutura hexagonal em camadas, onde cada átomo de carbono liga-se a outros três (3) átomos através de ligações covalentes simples, apresentando uma rede de átomos semelhante a uma «tela de capoeira». Desta forma, cada átomo fica com um electrão livre que facilmente se pode mover ao longo de uma camada criando uma nuvem de electrões deslocalizados. O comprimento de ligação entre átomos de uma camada e doutra é relativamente maior que o da ligação de átomos na mesma camada.

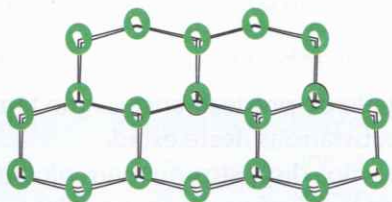


Fig. 4 Estrutura do grafite (uma camada)

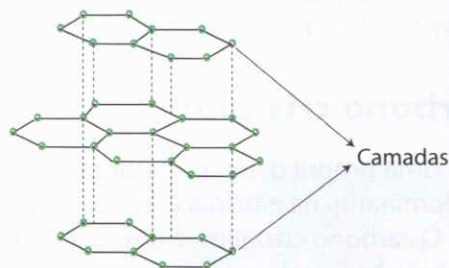


Fig. 5 Estrutura hexagonal em camadas de grafite

A estrutura diferente da grafite faz com que as suas **propriedades físicas** sejam diferentes das do diamante, como se descreve em seguida.

- A grafite é uma substância cinzenta opaca, mole e com um fraco brilho metálico.
- Conduz a corrente eléctrica.
- É escorregadio ao tacto. Esta propriedade é possível notar-se quando se escreve com um lápis (mistura de grafite e argila): pequenas lâminas de grafite depositam-se no papel formando os riscos.

A grafite é usada nas impressoras e em tempos passados foi usada em máquinas de escrever e como lubrificante. Este facto explica-se pela capacidade que as suas camadas têm de poder deslizar umas sobre as outras.

Em Moçambique a grafite é encontrada em algumas regiões da província de Cabo Delgado e é muito usada em objectos de ornamentação, fabricados manualmente por artesãos.

À temperatura de 25 °C e à pressão de 1 atm a grafite constitui a forma alotrópica mais estável do carbono, mas nestas condições, a transformação do diamante em grafite é muito lenta e praticamente impossível de se observar. Como o diamante tem uma estrutura mais compacta que a da grafite e maior densidade, torna-se estável a altas pressões.

Assim, próximo de  $10^5$  atm e 3000 °C a transformação grafite – diamante pode ser efectuada com o auxílio de metais de transição como catalisadores. Este processo é usado para a obtenção de pequenos cristais de diamante usados para fins industriais, apesar de implicar elevados custos de produção.

Actualmente é usado um novo processo de produção no qual se obtém diamante de melhor qualidade em relação ao extraído da terra.



Fig. 6 Grafite usada no fabrico de lápis.

## Carbono amorfo (carvão)

O carbono amorfo subdivide-se em:

- Carvão natural ou mineral
- Carvão artificial

Os carvões artificiais formam-se por acção do Homem, excluindo-se assim da ocorrência do carbono na Natureza.

### Carvão natural ou carvão mineral

O **carvão natural** é um combustível formado a partir de matéria orgânica proveniente de restos vegetais que, em tempos pré-históricos, ficaram soterrados sob pressão e a altas temperaturas na ausência do oxigénio. Os carvões minerais são também designados carvões fósseis e os seus maiores jazigos mundiais encontram-se na Rússia, Alemanha, Estados Unidos da América e China.

No processo de formação do carvão mineral, que decorre durante milénios, há um enriquecimento progressivo do teor de carbono. Dependendo do teor de carbono, resultado do tempo de fossilização (formação), o carvão mineral é subdividido em quatro grupos:

- Turfa
- Lenhite (legnite)
- Hulha
- Antracite

• **Turfa** – constitui a primeira etapa de transformação do material vegetal em carvão. É o carvão natural de formação mais recente, com menor percentagem de carbono (55-60%) e um teor calorífico inferior em relação aos outros carvões devido ao alto teor de cinzas e elevada percentagem de água. A turfa tem uma cor acastanhada parda ou preta, com fragmentos de plantas. Quando seco, arde facilmente produzindo muito fumo e cheiro desagradável (de ervas secas). Aplica-se como combustível doméstico e como adsorvente de metais pesados em ambientes aquáticos e nos solos.

- **Legnito/lenhite** – de formação mais antiga que a turfa e contém cerca de 65–70% de carbono. Tem uma cor acastanhada ou preta e arde facilmente (sofre um desgaste rápido) produzindo muita cinza e exalando cheiro a óleo queimado. É usado como combustível e como matéria-prima na Indústria Química.

- **Hulha (carvão betuminoso)** – carvão fóssil de maior aplicação. Contém 75–90% de carbono. É preto, compacto ou folheado, frágil e arde com pouco fumo. É encontrado em grandes quantidades em Moçambique, mais concretamente nas minas de Moatize, na província de Tete. A hulha é uma fonte rica de produtos químicos, como amoníaco, fenol, benzeno e alcatrão, importantes matérias-primas no fabrico de corantes, plásticos e explosivos. Além de combustível é também adsorvente, sendo, por isso, muito utilizado em refinarias de açúcar e em máscaras contra gases, cujo filtro de carvão retém os gases tóxicos.



Fig. 7 Máscara com filtro de carvão

- **Antracite** – mais antigo dos carvões fósseis. É o mais rico em carbono com uma percentagem média de 95%. É um carvão de cor preta, compacto e duro; tem uma elevada densidade e possui um certo brilho metálico. A sua combustão é lenta (arde com dificuldade), não produz fumo (fuligem) e tem uma chama quase invisível. É usado em filtros de tratamento de água e como combustível.

## Carvões artificiais

São obtidos por destilação seca, calcinação ou combustão incompleta de certas substâncias orgânicas ricas em carbono. São vários tipos:

- Coque
- Carvão animal
- Carvão de madeira
- Carvão de açúcar
- Negro de fumo
- etc.

- **Coque** – o mais importante dos carvões artificiais. É um resíduo que se obtém a partir da destilação seca da hulha. Apresenta um aspecto poroso e necessita de muito ar para a sua combustão. Tem maior aplicação na metalurgia onde se obtém metais a partir da redução dos seus óxidos. É também usado na preparação do gás de água e gás de síntese, que tem larga aplicação industrial.

- **Carvão de madeira (carvão vegetal)** – obtém-se pela combustão incompleta da madeira. Em Moçambique é bastante usado como combustível doméstico para confeccionar os alimentos.



Fig. 8 Carvão vegetal

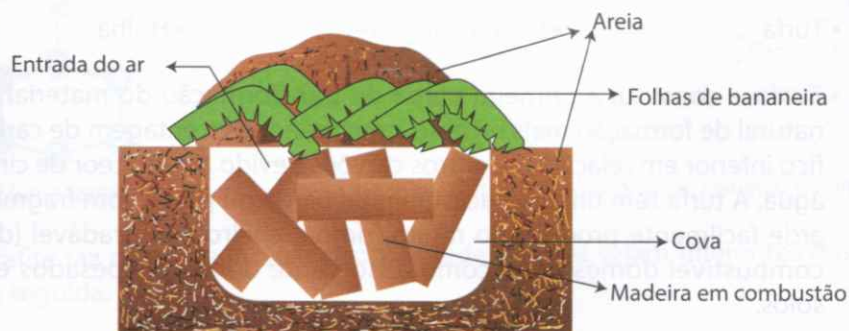


Fig. 9 Um dos métodos de produção do carvão de madeira em Moçambique

- **Negro de fumo (fuligem)** – resulta da combustão incompleta de certas substâncias orgânicas voláteis ricas em carbono, tais como: álcool, hidrocarbonetos, petróleo, alcatrão, gás natural, etc. O negro de fumo é um pó fino usado como matéria-prima para a produção de graxas de sapatos, pneus, tinta da china, esmaltes negros, tinta de impressão, «tonner» para impressoras e fotocopiadoras.



**Fig. 10** Negro de fumo causa o escurecimento do vidro do candeeiro

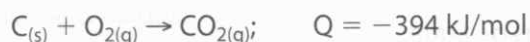
## Ocorrência no estado combinado

O carbono combina-se com vários outros elementos formando compostos como: óxidos de carbono (monóxido e dióxido de carbono), carbonatos (sais oxigenados); entra na composição do petróleo bruto e do gás natural através de hidrocarbonetos (compostos orgânicos).

O **carbono combinado** encontra-se em toda a matéria proveniente dos seres vivos, facto que o torna um dos elementos mais abundantes na Natureza.

## Importância do carvão mineral

O **carvão mineral** é uma fonte importante de energia que, quando entra em combustão, liberta uma quantidade relativamente elevada de calor :



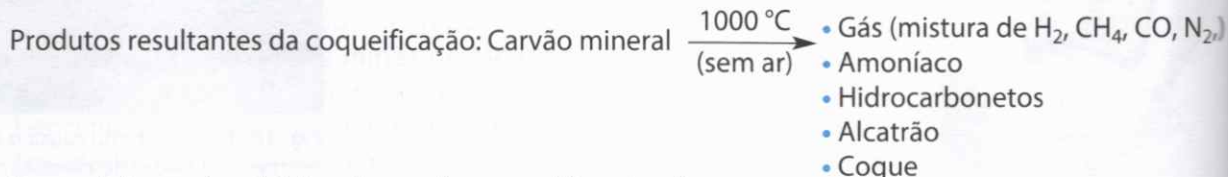
**Fig. 11** Carvão mineral de Moatize

Como matéria-prima é usado na obtenção de várias substâncias que possuem inúmeras aplicações. Para tal ele é submetido a várias **formas de tratamento**, sendo as principais: a **desgaseificação** (coqueificação) e **gaseificação**.

## Desgaseificação do carvão (coqueificação)

É um processo que ocorre quando o carvão (hulha) é aquecido a altas temperaturas, na ausência de ar, resultando uma decomposição de onde se distinguem vários produtos. Um desses produtos fica depositado em maior quantidade em forma de resíduo e é denominado **coque**.

Desgaseificação = retirada de gases; coqueificação = formação de coque por retirada de gases.



Os produtos assim obtidos são usados para diferentes fins:

- **Gás** – usado como fonte de energia.
- **Amoníaco** – convertido em adubo:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .
- **Mistura de hidrocarbonetos** – contém benzeno e outros hidrocarbonetos aromáticos.
- **Alcatrão** – usado como asfalto.
- **Coque** – uma fonte de energia com alto teor calorífico. É um agente redutor muito importante na metalurgia. É utilizado na fundição do ferro e como fonte de obtenção de muitos compostos orgânicos. Como o produto principal é o coque, este processo é também denominado **coqueificação**.

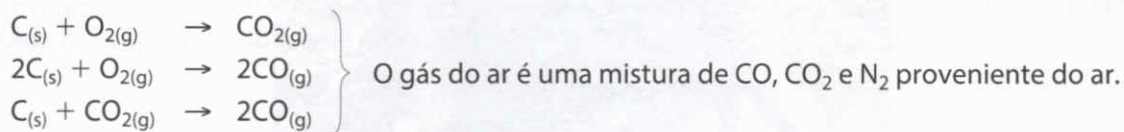
## Gaseificação do carvão

Consiste no tratamento do carvão na presença do ar.

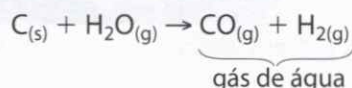
Pode decorrer de duas formas:

- Gaseificação com ar  $\Rightarrow$  forma-se o gás de ar.
- Gaseificação com água  $\Rightarrow$  origina o gás de água.

Na **gaseificação com o ar**, o carvão é tratado com reagentes encontrados no ar. Os processos que decorrem podem ser resumidos nas seguintes equações:



Na **gaseificação com a água**, o carvão é tratado com o vapor de água.



Na prática, muitas vezes, combinam-se os dois processos resultando o **gás misto (gás de síntese)**.

**Gás misto** é a mistura do gás de ar e o gás de água cuja composição é  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  e  $\text{H}_2$ .

O gás misto é usado como matéria-prima para a produção de: fertilizantes, amoníaco, álcool metílico, plásticos, fibras sintéticas, medicamentos e corantes. Por exemplo, após o processo de separação, o nitrogénio e o hidrogénio são usados na síntese de amoníaco e o monóxido de carbono e hidrogénio podem ser usados na síntese de compostos orgânicos.

## Propriedades químicas do carbono

O carbono é mais electronegativo que os elementos metálicos actuando como um oxidante, mas com os ametais revela propriedades de um redutor.

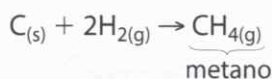
### Reacção com oxigénio

Da combustão do carbono resultam dois óxidos cuja formação depende da quantidade de oxigénio que participa no processo.

- $2C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)} \Rightarrow$  **combustão incompleta** – quantidade limitada de oxigénio.
- $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \Rightarrow$  **combustão completa** – oxigénio em abundância.

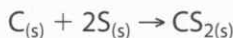
### Reacção com hidrogénio

Forma-se um gás (composto orgânico) denominado metano.



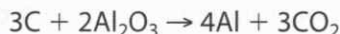
### Reacção com enxofre

Forma-se o dissulfureto de carbono ( $CS_2$ ), empregue como matéria-prima na indústria têxtil para a obtenção de fibras sintéticas.



### Reacção com óxidos metálicos

O carbono actua como redutor. É um processo muito usado na indústria metalúrgica para obtenção de metais a partir dos seus óxidos.



**N.B.:** É uma reacção redox, podendo-se notar a variação dos números de oxidação.



Fig. 12 Forno de produção de alumínio

## Compostos inorgânicos de carbono

Os compostos de carbono podem ser agrupados em dois grandes grupos: os **compostos orgânicos**, que serão discutidos mais adiante, e os **compostos inorgânicos** tratados nesta unidade.

### Óxidos de carbono

O dióxido de carbono e o monóxido de carbono são produtos de reacções de combustão. Os fogões a gás, lenha e a carvão, os aquecedores a gás, a respiração humana, o fumo do cigarro e dos escapes de carros são algumas das principais fontes destes gases no quotidiano.

## Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

### Ocorrência, propriedades físicas e aplicações

Também conhecido como gás carbônico ou anidrido carbônico, o dióxido de carbono é um gás incolor e inodoro e mais denso que o ar. Na Natureza forma-se durante a oxidação completa do carbono ou de substâncias orgânicas ricas em carbono: putrefacção de resíduos animais e vegetais, respiração, combustão, fermentação, etc.

Entra na composição de: **bebidas gaseificadas**, como refrigerantes, água mineral, água tônica, etc.; é usado em extintores de incêndios; na forma de **neve carbônica** (CO<sub>2</sub> no estado sólido) é usado na refrigeração e conservação de alimentos congelados.



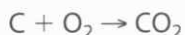
Fig. 13 Aplicações do dióxido de carbono

### Obtenção do dióxido de carbono

As **possibilidades de obtenção** do dióxido de carbono resumem-se nos seguintes processos:

#### Reacção de combustão completa

A combustão completa do carbono ou de substâncias ricas em carbono, principalmente os compostos orgânicos, como o metano, produzem o dióxido de carbono.



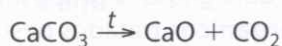
#### No laboratório

O dióxido de carbono é obtido no laboratório através da acção de um ácido sobre um carbonato.



#### Na indústria

Na indústria o dióxido de carbono é obtido a partir da decomposição térmica de carbonatos.



#### Na metalurgia

O dióxido de carbono é obtido na metalurgia pela reacção entre o coque e um óxido metálico.

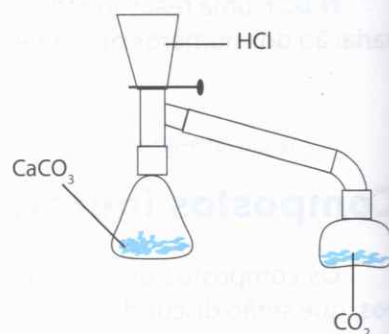
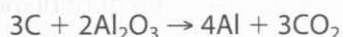


Fig. 14 Obtenção laboratorial do dióxido de carbono

## Propriedades químicas

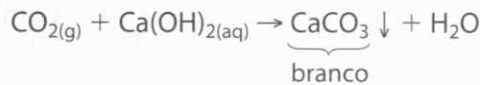
O dióxido de carbono não é comburente. As suas reacções assemelham-se às dos outros óxidos ácidos: reage com água, com hidróxidos, óxidos básicos, etc., formando ácido ou sal e água.



## Identificação do dióxido de carbono

A **identificação** do dióxido de carbono pode ser feita de duas formas:

- O dióxido de carbono pode ser identificado com uma solução de hidróxido de cálcio (água de cal) (ou de hidróxido de bário) de onde se nota a formação de um **precipitado branco de carbonato de cálcio**.



Após a turvação da água de cal (formação do precipitado) poderá verificar-se o seu desaparecimento caso se acrescente mais dióxido de carbono. Passa-se então, por uma nova reacção no fim da qual forma-se uma outra substância (solúvel) – o hidrogenocarbonato de cálcio ou bicarbonato de cálcio –  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .



O hidrogenocarbonato de cálcio ao ser aquecido decompõe-se, formando o carbonato de cálcio, água e dióxido de carbono.



- Outro método de identificação do dióxido de carbono é através da sua propriedade de **extinção de chamas**. Por exemplo, um palito aceso apaga-se no meio do dióxido de carbono.

## Efeito estufa e a influência do dióxido de carbono

O dióxido de carbono, apesar de se encontrar em pequenas quantidades na atmosfera, desempenha um papel importante na regulação do clima.

O **efeito estufa** é a forma que a Terra tem para manter a sua temperatura constante. Sendo a atmosfera uma massa transparente, cerca de 35% das radiações que recebe acaba sendo reflectida de novo para o espaço, retendo-se na superfície cerca de 65%. Esta retenção é feita por uma camada de substâncias gasosas, em que o principal gás é o dióxido de carbono e grande quantidade destes raios é absorvida e transformada em calor.

Devido ao aumento da concentração de substâncias gasosas na atmosfera (incluindo o dióxido de carbono) o efeito estufa tem provocado, nos últimos anos, o aumento da temperatura no globo terrestre. As **consequências do aquecimento global** são:

- Aumento e surgimento de desertos.
- Aumento do nível da água do mar (derrete o gelo das regiões polares).
- Alteração do clima (o clima começará a ficar cada vez mais violento, com ventos, chuvas, tempestades, etc.).
- Extinção de várias espécies de seres vivos.



**Fig. 15** Libertação do dióxido de carbono (gases) – uma causa do aquecimento global

## Monóxido de carbono (CO)

É um gás incolor, inodoro, muito tóxico e venenoso.

Combina-se facilmente com a hemoglobina do sangue, limitando o transporte do oxigénio dos pulmões aos tecidos através do sangue.

A inalação de uma pequena quantidade de monóxido de carbono pode provocar sonolência e dores de cabeça, podendo levar à morte quando cerca de metade das moléculas de hemoglobina estiverem ligadas ao monóxido de carbono. Na prestação dos primeiros socorros, deve-se transportar de imediato a vítima que inalou o monóxido de carbono para uma área com muito oxigénio ou reanimá-la através da respiração boca-a-boca.

## Obtenção do monóxido de carbono

O monóxido de carbono é obtido:

- **Pela combustão incompleta do carbono ou de seus compostos**



- **Através da gaseificação com a água**



Sendo um óxido neutro (indiferente) a sua reactividade química é muito reduzida. Reage com oxigénio, ardendo com uma chama azul e formando o dióxido de carbono.



**Fig. 16** Os carros são os principais responsáveis pela libertação do monóxido de carbono para o meio ambiente.

## Ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)

O dióxido de carbono é o anidrido carbónico porque é o óxido que ao reagir com a água origina o ácido carbónico. Este é um ácido muito fraco que não pode ser isolado, podendo apenas existir em pequenas concentrações nas soluções aquosas do dióxido de carbono.



O equilíbrio que se estabelece na reacção comprova que o ácido carbónico apenas pode ser encontrado em solução aquosa e nunca no estado puro, porque facilmente se decompõe em dióxido de carbono e água.

As **propriedades químicas** do ácido carbónico assemelham-se às dos outros ácidos inorgânicos. De realçar que sendo um ácido diprótico, forma duas espécies de sais: os **carbonatos**, contendo o anião  $\text{CO}_3^{2-}$ , e os **hidrogenocarbonatos**, contendo o **anião  $\text{HCO}_3^-$** .

## Carbonatos

Carbonatos são sais neutros derivados do ácido carbónico que apresentam como radical negativo o ião carbonato,  $\text{CO}_3^{2-}$ . Por exemplo:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , etc., são carbonatos.

São sais com uma fraca solubilidade em água, visto só serem solúveis os carbonatos dos metais alcalinos e de amónio.

A obtenção destes sais é feita usando métodos idênticos aos dos outros sais inorgânicos.

As **propriedades químicas** são idênticas às dos outros sais oxigenados. Destaca-se a sua reacção com ácidos fortes, que é importante para a **identificação** deste grupo de sais devido à **libertação violenta do dióxido de carbono**, que se pode notar através de formação de «bolhas» características.

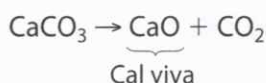


Dada a sua grande utilidade, alguns carbonatos merecem particular destaque:

O **carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ )** é um sólido branco e insolúvel em água. Na Natureza encontra-se em rochas cujas variedades principais são: o calcário, o mármore e o giz.

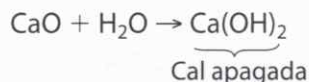
É utilizado como matéria-prima na indústria de construção civil, na produção do vidro, cimento e cal. Em Moçambique há abundância do mármore nas províncias de Cabo Delgado e Zambézia.

O carbonato de cálcio, ao ser aquecido, sofre uma decomposição, formando o dióxido de carbono e a **cal viva** (óxido de cálcio).



A **cal viva** é uma substância branca, sólida, resistente ao fogo. Tem uma grande **aplicação** na indústria de produção de cimento, vidro, fertilizantes e na de construção civil.

A cal viva, ao reagir com a água, forma a **cal apagada** (hidróxido de cálcio) ou cal morta, que é um sólido branco pouco solúvel em água; é muito usada na construção de obras como argamassa (combinado com areia e água) para consolidar tijolos e na agricultura como fertilizante de terrenos ácidos ou pobres em cálcio.



O **carbonato de sódio** ou **soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )** é uma substância branca cristalina, usada no fabrico de vidro e na produção da soda cáustica ( $\text{NaOH}$ ). É conhecido como «soda de lavagem» porque é utilizado para aumentar a acção do sabão na remoção de óleos e graxas. Actualmente é muito usado como aditivo de detergentes porque não tem consequências prejudiciais para o meio ambiente.



Fig. 17 Pedaco natural de carbonato de cálcio

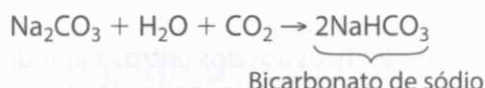


Fig. 18 Carbonato de sódio

## Hydrogenocarbonatos

Os hidrogenocarbonatos são sais «ácidos» derivados do ácido carbónico que apresentam como radical o ião hidrogenocarbonato,  $\text{HCO}_3^-$ . O termo «sal ácido» deve-se à presença do hidrogénio proveniente da dissociação parcial do ácido. Por exemplo, o  $\text{NaHCO}_3$  e o  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  são hidrogenocarbonatos.

São frequentemente obtidos a partir da reacção entre um carbonato, água e dióxido de carbono.



Os hidrogenocarbonatos são também designados por **bicarbonatos** e facilmente se decompõem por intermédio do aquecimento:



## Silício (Si)

A palavra silício vem do latim *silex* que significa pedra. É um sólido cinzento escuro, com brilho metálico, é duro e insolúvel na água, mas solúvel em metais fundidos. Tem uma rede cristalina idêntica à do diamante, mas ao contrário deste, o silício conduz a corrente eléctrica quando se activam os electrões dos seus átomos, tornando-se num **semicondutor**. Quimicamente é classificado como um metalóide (semimetal) por possuir tanto propriedades metálicas como propriedades não-metálicas.

## Ocorrência na Natureza

O silício é um dos elementos mais abundantes da Natureza, onde constitui parte da crosta terrestre. Encontra-se apenas no estado combinado na forma de:

- **Dióxido de silício** – quartzo, principal componente das areias e dos solos.
- **Silicatos** – sais principalmente de metais alcalinos, alcalino-terrosos, de alumínio e de ferro que entram na composição de minerais tais como: argila, granito, asbestos, feldspatos, esmeraldas, micas, etc.

É encontrado no Sol e nas restantes estrelas e é o principal componente dos meteoritos.

## Estados alotrópicos do silício

O silício apresenta-se sob dois estados alotrópicos:

- O silício cristalino (com brilho de aço)
- O silício amorfo



Fig. 19 O bicarbonato de sódio é frequentemente usado como fermento para bolos.



Fig. 20 Silício cristalino

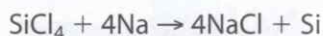
## Métodos de obtenção

A obtenção do silício no estado puro é bastante difícil, sendo possível apenas a elevadas temperaturas. Os métodos mais usados são:

- **Redução do dióxido de silício pelo magnésio**



- **Redução do tetracloreto de silício por um metal (sódio, magnésio ou zinco)**



- **Redução do dióxido de silício pelo coque**  $\Rightarrow$  Processo industrial



## Propriedades químicas

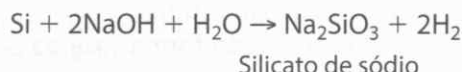
O silício é um elemento relativamente inerte à temperatura ambiente, isto é, quase que não reage. Todas as suas reacções decorrem a altas temperaturas.

- **Reacção com o oxigénio:** forma-se o dióxido de silício –  $\text{SiO}_2$ .



Não há necessidade prática desta operação visto que o dióxido de silício é bastante abundante na Natureza.

- **Reacção com bases fortes:** ocorre **sempre com adição da água**. Forma-se um silicato (sal) e liberta-se hidrogénio.



- **Reacção com o ácido fluorídrico**



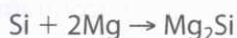
O silício não reage com os restantes ácidos.

- **Reacção com o cloro:** forma-se o tetracloreto de silício



tetracloreto de silício

- **Reacção com metais:** a reacção decorre apenas com os metais dos grupos I-A e II-A da tabela periódica originando compostos denominados silicetos.



Siliceto de magnésio



Fig. 21 Silicato de sódio

**N.B.:** Com os metais dos grupos secundários o silício forma **ligas** – misturas de duas ou mais substâncias sólidas, depois de fundidas.

## Aplicações do silício

- O silício é usado principalmente na indústria metalúrgica, onde faz parte integrante de muitas ligas e é usado para remover o oxigénio de metais fundidos.
- É usado na produção do vidro e cimento; entra na composição dos silicones (substâncias plásticas).
- É usado em técnicas de fabrico de semicondutores: baterias solares, amplificadores, transístores para *chips*, dispositivos electrónicos, etc.



Fig. 22 O silício amorfo e o cristalino são usados como conversores de energia solar em energia eléctrica e no fabrico de *chips* electrónicos.

## Compostos de silício

### Dióxido de silício, quartzo ou sílica

O dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ) encontra-se na forma cristalina e amorfa, sendo estes os seus dois estados alotrópicos. Na forma cristalina (quartzo) é uma substância branca, dura, insolúvel em água; é o principal componente da areia e faz parte de muitas rochas.

Depois de fundido, o dióxido de silício cristalino transforma-se num líquido incolor que quando arrefecido forma uma massa vidrada e transparente: corresponde ao **estado amorfo**.

O dióxido de silício não possui moléculas isoladas, forma estruturas atómicas gigantes entre os átomos de silício e oxigénio. Esta estrutura justifica o seu alto valor de ponto de ebulição. Tratando-se de uma substância dura, o dióxido de silício tem grande aplicação na construção, na fabricação de vidro e materiais de cerâmica (tijolos, telhas, chapas de revestimento, etc.) e no fabrico de cimento.

### Ácidos de silício

O dióxido de silício forma dois ácidos:

- Ácido orto silícico –  $\text{H}_4\text{SiO}_4$
- Ácido meta silícico ou ácido silícico –  $\text{H}_2\text{SiO}_3$

### Sais de silício (Silicatos)

Os silicatos são sais de ácido silícico. Na Natureza, encontram-se em forma de rochas, tais como argila e feldspatos entre outros, que são usados como matéria-prima na produção de cimento e vidro, assim como na fabricação de objectos de cerâmica e porcelana.

Com excepção dos silicatos dos metais alcalinos, todos os restantes são insolúveis em água.

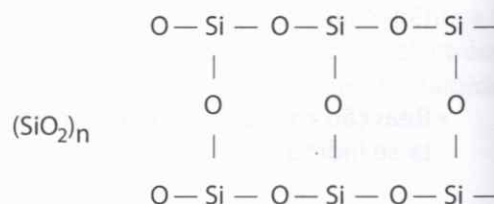


Fig. 23 Ligação entre os átomos de silício e oxigénio no dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ )

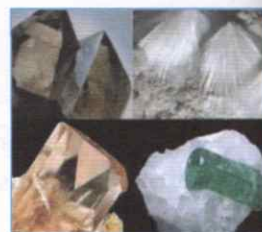
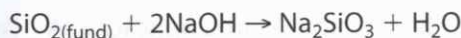


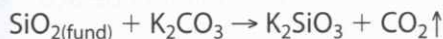
Fig. 24 Silicatos

Estes sais obtêm-se principalmente a partir de:

• **Reação de dióxido de silício com bases fortes**



• **Reação de dióxido de silício com carbonatos dos metais alcalinos**



## Vidro e cimento

### Vidro

O vidro é uma mistura homogênea e amorfa de dióxido de silício, silicatos e vários óxidos metálicos. Todos os vidros são insolúveis em água e resistentes à maioria dos solventes.

No seu processo de fabricação usam-se como matéria-prima: **areia, soda e calcário** ou **giz**.

Quando o vidro é aquecido, passa gradualmente ao estado líquido; este vidro fundido ao ser resfriado solidifica-se também gradualmente.

Pode-se obter vidros com propriedades diferentes, aplicados para vários fins, utilizando-se para isso diferentes materiais iniciais e diferentes metodologias de fabricação.



Fig. 25 Vidro fundido durante o processo da sua fabricação.



### Exemplos

O **vidro vulgar**, aquele do qual se fabrica louça (copos, garrafas, etc.) é formado principalmente por silicatos de sódio e cálcio misturados com o dióxido de silício. É um vidro que não pode ser aquecido e não tolera variações bruscas de temperatura; tem uma fraca resistência química e pequena resistência mecânica.

O **vidro de quartzo** é muito resistente a variações bruscas de temperatura; não apresenta desgaste químico sendo por isso, mais resistente que o vidro comum; pode ser translúcido ou transparente. É muito usado em laboratórios e na indústria química.



Louça de vidro

O uso do vidro, quer no contexto doméstico, quer no contexto industrial, tem uma vantagem ecológica porque os seus produtos são 100% recicláveis.

### Cimento (cimento portland)

É uma mistura que se obtém aquecendo **calcário, argila** e **gesso** a altas temperaturas.

Durante a sua preparação, liberta-se o dióxido de carbono do calcário e água da argila, enquanto os óxidos de cálcio, de alumínio e de silício combinam-se formando sais (silicatos e aluminatos) de cálcio que fazem parte do cimento.

Muitas vezes, antes da utilização do cimento junta-se-lhe areia e cascalho (areia grossa com mistura de pedras) para aumentar o seu volume. Obtém-se desta forma o **concreto** ou **betão**.

O concreto é um material de construção de larga aplicação. A partir dele são construídos prédios, pontes, barragens, casas, etc. Para aumentar a sua resistência, junta-se-lhe uma armadura de aço dando assim origem a uma **estrutura de betão armado**.



Fig. 26 Fábrica de cimento da Matola



Fig. 27 Na construção de prédios e pontes usa-se uma estrutura de betão armado.

## Cálculos estequiométricos

### Cálculo de massa e volume dos reagentes e produtos nas reacções químicas

A **estequiometria** é um ramo da química que trata dos cálculos numéricos associados às reacções químicas.

É graças a este tipo de cálculos que se torna possível, a nível da indústria, prever a quantidade da matéria-prima necessária para produzir uma quantidade definida de produto desejado, evitando assim desperdícios. Também permitem conhecer o grau de pureza das substâncias.

Para realizar este tipo de cálculo é necessário ter em consideração algumas leis e relações quantitativas já estudadas nas classes anteriores. Deve saber:

- Escrever e acertar uma equação química.
- Determinar a massa molar de uma substância.
- Fazer a relação entre: a massa molar, número de moles, número de partículas e o volume molar.

A **escrita** e o **acerto de equações químicas** pressupõe o conhecimento dos símbolos químicos e fórmula química, dos procedimentos da escrita, bem como da Lei de Lavoisier.

A **massa molar (M)** é a massa de uma mole dessa substância; é o quociente da massa ( $m$ ) e o respectivo número de moles ( $n$ ). É expressa em gramas por mole (g/mol). O seu valor é facilmente obtido através da soma da massa de todos os átomos numa substância.

$$\begin{aligned} M(\text{CO}_2) &= 1 \times \text{Ar}(\text{C}) + 2 \times \text{Ar}(\text{O}) \\ &= 1 \times 12 + 2 \times 16 \\ &= 12 + 32 = 44 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

Uma mole de uma substância contém o número de Avogadro,  $N_A$  de partículas ( $6,02 \times 10^{23}$ ), que é equivalente à massa molar dessa substância e ocupa o volume de 22,4 litros, em condições normais de temperatura e pressão, CNTP.



**Exercícios resolvidos**

1. Determine a massa de carbono (carvão), em toneladas, que deve ser usada para a obtenção de 1,5 toneladas de alumínio por redução do óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

**Resolução**

Dados

$$m(\text{C}) = ?$$

$$m(\text{Al}) = 1,5 \text{ t} = 1\,500 \text{ kg} = 1\,500\,000 \text{ g} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ g}$$

$$\text{Ar}(\text{C}) = 12$$

$$\text{Ar}(\text{Al}) = 27$$



$$x - 1,5 \cdot 10^6 \text{ g}$$

$$36 \text{ g} - 108 \text{ g}$$

$$x = \frac{36 \text{ g} \times 1,5 \cdot 10^6 \text{ g}}{108 \text{ g}}$$

$$x = 500\,000 \text{ g}$$

$$x = 0,5 \text{ t}$$

**R.:** Para a obtenção de 1,5 toneladas de alumínio são usados 0,5 toneladas de carvão.

2. Que volume de dióxido de carbono é libertado para a atmosfera quando se produz 1,5 toneladas de alumínio, em CNTP?

**Resolução**

Dados

$$V(\text{CO}_2) = ?$$

CNTP

$$V_m = 22,4 \text{ l/mol}$$

$$\text{Ar}(\text{Al}) = 27$$



$$1,5 \cdot 10^6 - x$$

$$108 \text{ g} - 67,2 \text{ l}$$

$$x = \frac{67,2 \text{ l} \times 1,5 \cdot 10^6 \text{ g}}{108 \text{ g}}$$

$$x = 933\,333,3 \text{ l}$$

**R.:** Na produção de 1,5 toneladas de alumínio são libertados para a atmosfera 933 333,3 l de dióxido de carbono.

3. Sabe-se que a partir de uma reacção em que o carbonato de sódio reage completamente com o ácido clorídrico em solução, forma-se 112 litros de dióxido de carbono. A massa do ácido clorídrico que se consome na reacção e o número de moles do cloreto de sódio que se forma, será respectivamente igual a:

**Resolução**

1.º Escrever e acertar a equação:



2.º Para determinar a massa do ácido clorídrico, considera-se a massa de duas moles dadas pela reacção e o volume de uma mole do dióxido de carbono, bem como o volume dado.



$$\begin{array}{l} 2(1+35,5) \text{ g} \quad \text{-----} \quad 22,4 \text{ l} \\ x \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad 112 \text{ l} \end{array}$$

$$x = \frac{73 \text{ g HCl} \cdot 112 \text{ l}}{22,4 \text{ l}} = 365 \text{ g de HCl}$$

3.º Para determinar o número de moles do cloreto de sódio, consideram-se as 2 moles de NaCl que correspondem ao volume de uma mole de dióxido de carbono e o volume dado.



$$\begin{array}{l} 2 \text{ moles} \quad \text{---} \quad 22,4 \text{ l} \\ y \quad \quad \quad \text{---} \quad 112 \text{ l} \end{array}$$

$$y = \frac{2 \text{ mol/s NaCl} \cdot 112 \text{ l}}{22,41} = 10 \text{ moles de NaCl}$$

R.: 365 g de cálcio clorídrico e 10 moles de cloreto de sódio.

4. a) Determine a massa de alumínio que se obtém da decomposição térmica de 20 g de óxido de alumínio.

b) Que volume de oxigénio é libertado na decomposição dos 20 g de óxido de alumínio, em CNTP?

### Resolução

a) Dados

$$m(\text{Al}) = ?$$

$$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 20 \text{ g}$$

$$\text{Ar}(\text{Al}) = 27$$

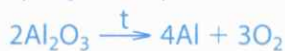
$$\text{Ar}(\text{O}) = 16$$

$$\begin{aligned} M(\text{Al}_2\text{O}_3) &= 2 \times 27 + 3 \times 16 \\ &= 102 \text{ g} \end{aligned}$$

1.º Escrever a equação química e acertar.



2.º Estabelecer as proporções e aplicá-las à equação química.



$$\begin{array}{l} 20 \text{ g} \quad \text{---} \quad x \\ 2 \cdot 102 \text{ g} \quad \text{---} \quad 4 \times 27 \text{ g} \end{array}$$

3.º Resolver.

$$\begin{array}{l} 20 \text{ g} \quad \text{---} \quad x \\ 2 \cdot 102 \text{ g} \quad \text{---} \quad 4 \times 27 \text{ g} \end{array}$$

$$x = \frac{20 \text{ g} \times 108 \text{ g}}{2 \times 102 \text{ g}} = 10,58 \text{ g}$$

R.: A partir de 20 g de óxido de alumínio obtém-se 10,58 g de alumínio.

b) Dados

$$V(\text{O}_2) = ?$$

$$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 20 \text{ g}$$

CNTP

$$V_m = 22,4 \text{ l/mol}$$

1.º Escrever a equação química e acertar.



2.º Estabelecer as proporções e aplicá-las à equação química.



3.º Resolver.

$$\begin{array}{l} 20 \text{ g} \quad \text{---} \quad x \\ 2 \cdot 102 \text{ g} \quad \text{---} \quad 3 \times 22,4 \text{ l} \end{array}$$

$$x = \frac{20 \text{ g} \times 108 \text{ g}}{2 \times 102 \text{ g}} = 6,58 \text{ g}$$

R.: Na decomposição de óxido de alumínio são libertados 6,5 litros em CNTP.



1. Imagine que são descobertos três depósitos carboníferos: um de turfa, outro de hulha e um terceiro de antracite.

Qual deles apresenta maior teor de carbono? Porquê?

### Resolução

Antracite é o que tem maior teor de carbono porque é o de formação mais antiga.

2. O coque obtido na destilação da hulha é constituído principalmente por:

A. Monóxido de carbono

B. Carbono

C. Carbonato de sódio

D. Hidrocarbonetos

### Resolução

Alternativa B. porque o coque é uma das formas alotrópicas do carbono.

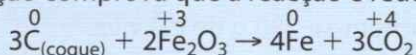
3. Equacione a reacção balanceada do coque com o óxido de ferro (III) e demonstre que a reacção é redox, indicando as semi-equações (oxidação e redução) e os agentes (oxidante e redutor).

### Resolução

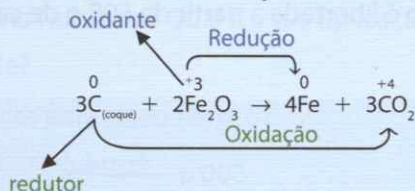
• Equação da reacção:  $C_{(\text{coque})} + Fe_2O_3 \rightarrow Fe + CO_2$

• A equação balanceada:  $3C_{(\text{coque})} + 2Fe_2O_3 \rightarrow 4Fe + 3CO_2$

• A variação do número de oxidação comprova que a reacção é redox:



• Na **oxidação** há aumento do número de oxidação do carbono (de zero para +4)  $\Rightarrow$  o coque é o **redu- tor** e na **redução** há diminuição do número de oxidação do ferro (de +3 para zero)  $\Rightarrow$  é o **oxidante**.



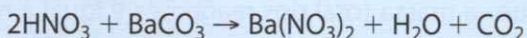
4. O dióxido de carbono é obtido no laboratório por acção de ácidos diluídos sobre os carbonatos.

a) Escreva a equação química que traduz a reacção do ácido nítrico e o carbonato de bário.

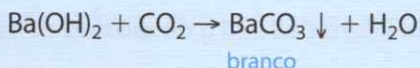
b) Explique como procederia para identificar o dióxido de carbono. Ilustre por uma equação química.

### Resolução

a) Para este caso é válida a seguinte reacção:



b) Bastaria fazer reagir a solução aquosa de hidróxido de bário,  $Ba(OH)_2$  com o gás suspeito. Se de facto for o  $CO_2$ , formar-se-á um precipitado branco que prova ser  $CO_2$ , por este ter reagido com  $Ba(OH)_2$  formando  $BaCO_3$ .



5. O diamante e a grafite são alotrópicos do carbono. Como é que se explica o facto da grafite ser condutora de electricidade e o diamante ser isolador de corrente?

## Resolução

Embora nas estruturas das duas substâncias o carbono manifeste a sua tetravalência, no diamante os 4 electrões de cada átomo participam da ligação covalente apolar formando a estrutura compacta deste. Entretanto, na grafite apenas 3 electrões de cada átomo participam da ligação covalente apolar, ficando sempre um electrão livre; é este que será responsável pela condução eléctrica da grafite.

6. Calcule a massa de cal viva (CaO) que é obtida quando são submetidos à decomposição de 500 g de calcário,  $\text{CaCO}_3$ .

## Resolução

Dados

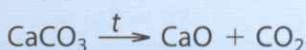
$$m(\text{CaO}) = ?$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 500 \text{ g}$$

$$\text{Ar}(\text{Ca}) = 40$$

$$\text{Ar}(\text{C}) = 12$$

$$\text{Ar}(\text{O}) = 16$$



$$M(\text{CaCO}_3) = 40 + 12 + 3 \cdot 16 = 100 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{CaO}) = 40 + 16 = 56 \text{ g/mol}$$

$$\begin{array}{l} 500 \text{ g} \text{ — } x \\ 100 \text{ g} \text{ — } 56 \text{ g} \end{array}$$

$$x = \frac{56 \text{ g} \cdot 500 \text{ g}}{100}$$

$$x = 280 \text{ g}$$

R.: A partir de 500 g de calcário obtém-se 280 g de cal viva.

7. Que massa de dióxido de carbono é libertada a partir de 500 g de calcário?

## Resolução

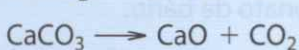
Dados

$$m(\text{CO}_2) = ?$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 500 \text{ g}$$

$$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{CO}_2) = 12 + 2 \cdot 16 = 44 \text{ g/mol}$$



$$\begin{array}{l} 500 \text{ g} \text{ — } x \\ 100 \text{ g} \text{ — } 44 \text{ g} \end{array}$$

$$x = \frac{44 \text{ g} \cdot 500 \text{ g}}{100}$$

$$x = 220 \text{ g}$$

ou

Da Lei de Lavoisier sabe-se que «a massa total dos reagentes é igual à massa total dos produtos».

$$m(\text{CaCO}_3) = m(\text{CaO}) + m(\text{CO}_2)$$

$$m(\text{CO}_2) = m(\text{CaCO}_3) - m(\text{CaO})$$

$$m(\text{CO}_2) = 500 - 280$$

$$m(\text{CO}_2) = 220 \text{ g}$$

R.: A partir de 500 g de calcário são libertadas 220 g de dióxido de carbono.



1. Explique como variam as propriedades ametálicas ao longo do grupo do carbono.
2. Por que se diz que o diamante e a grafite são alotrópicos?
3. Como se diferenciam os estados cristalino e amorfo do carbono?
4. O diamante e a grafite são substâncias formadas apenas por átomos de carbono. O que faz com que o diamante seja uma substância dura e a grafite uma substância mole?
5. De que depende o teor calorífico do carvão mineral?
6. a) Mencione as principais formas de tratamento do carvão mineral.  
b) Indica a principal diferença entre os processos de transformação do carvão mineral.
7. Uma das aplicações do coque é o seu uso como redutor nas grandes indústrias metalúrgicas. Equacione a sua reacção com os seguintes óxidos:  
a) FeO                                      b) PbO<sub>2</sub>                                      c) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
Através de semi-equações demonstre que estas reacções são redox indicando o *nox* para cada um dos elementos na reacção.
8. Como se forma o dióxido de carbono na Natureza?
9. Por que é que da reacção entre um carbonato e um ácido forte forma-se dióxido de carbono e água e não um novo ácido?
10. Equacione todas as possibilidades de obtenção do carbonato de cálcio a partir de:  
a) Ácido carbónico                      b) Dióxido de carbono                      c) Hidróxido de cálcio
11. Mencione a importância das seguintes substâncias:  
a) Calcário                                      b) Anidrido carbónico                      c) Soda (carbonato de sódio)
12. Compare a condutibilidade eléctrica do silício com a dos metais.
13. Comente a afirmação: «O silício é um metalóide».
14. Onde se pode encontrar a sílica na Natureza? Qual é a sua aplicação?
15. a) O que é o vidro, quimicamente?  
b) Quais as matérias-primas usadas para o seu fabrico?
16. Escreva as equações das reacções seguintes:  
a) Obtenção do hidrogenocarbonato de potássio.  
b) Combustão completa do carbono.  
c) Decomposição térmica do carbonato de bário.  
d) Decomposição do carbonato de sódio.
17. Complete e acerte as equações:  
a) CO<sub>2</sub> + Mg(OH)<sub>2(aq)</sub> → \_\_\_\_\_  
b) \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ → CaCO<sub>3(s)</sub>  
c) SiO<sub>2(fund)</sub> + \_\_\_\_\_ → Na<sub>2</sub>SiO<sub>3(aq)</sub> + H<sub>2</sub>O  
d) \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ → K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub>↑  
e) SiO<sub>2(fund)</sub> + Li<sub>2</sub>CO<sub>3(fund)</sub> → \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_
18. a) Quantos litros de oxigénio molecular são necessários para a combustão completa de 100 g de carvão (carbono), em CNTP?  
b) Determine a massa de dióxido de carbono que se forma durante a combustão de 100 g de carbono.

A photograph of a clear glass bottle filled with yellow oil, likely almond oil, with a black screw cap. To the right of the bottle is a large pile of almonds. The background is a soft, light green color. At the bottom of the image, a pair of glasses is partially visible.

## OBJECTIVOS

### O aluno deve ser capaz de:

- Conhecer a história do surgimento e desenvolvimento da Química Orgânica.
- Conhecer a importância da Química Orgânica para a vida do Homem.
- Classificar as cadeias carbônicas.
- Distinguir os diferentes tipos de fórmulas químicas.
- Conhecer as diferentes funções orgânicas.

# UNIDADE 2

## CONTEÚDOS

- Introdução à Química Orgânica
- História da Química Orgânica
- Objecto do estudo da Química Orgânica
- Importância da Química Orgânica na sociedade (saúde, indústria farmacêutica, alimentar, têxtil, petrolífera e outras) – Tema Gerador
- Comparação entre compostos orgânicos e inorgânicos quanto a: composição solubilidade, pontos de fusão e de ebulição e combustibilidade
- Cadeias carbónicas: conceito, classificação: aberta e fechada; normal e ramificada, saturada e insaturada
- Tipos de fórmulas: molecular, estrutural e racional
- Funções orgânicas: conceito; classificação

## Introdução

A Química Orgânica é a parte da Química que trata dos compostos de carbono. Estes compostos representam a maior parte dos compostos conhecidos, não só por entrarem na constituição de todos os seres vivos, como também por serem a base da composição dos combustíveis, medicamentos, tecidos de vestuário, alimentos, etc., podendo-se concluir que a Química Orgânica está presente em todos os momentos da nossa vida.

## História da Química Orgânica

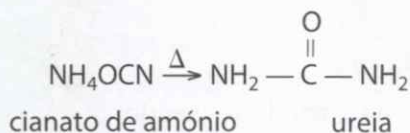
A maior parte dos compostos orgânicos que hoje são conhecidos, sempre estiveram presentes na história da Humanidade: o processo de se queimar a madeira (combustão) já era feito pelo homem pré-histórico; na era antes de Cristo já a humanidade produzia bebidas alcoólicas (vinho a partir da fermentação da uva), vinagre a partir do vinho, corantes, etc.; os alquimistas no século XVI, na procura do «elixir da vida eterna» obtiveram muitos extratos de vegetais e animais.

A Química Orgânica, como ciência, surgiu no século XVIII quando Carl Wilhem Scheele (1742-1786) conseguiu isolar ácido tartárico da uva, ácido cítrico do limão, ácido láctico do leite, glicerina da gordura, ureia da urina, etc.

Os trabalhos de Scheele tiveram grande importância no desenvolvimento da Química Orgânica, pois à medida que aumentava o número de compostos extraídos de animais e plantas, notavam-se diferenças acentuadas entre as propriedades destes e as dos compostos minerais/inorgânicos (por exemplo: pontos de fusão e de ebulição). Por esse motivo, o cientista Torbern Olof Bergman (1735-1784), em 1777, definiu a **Química Orgânica** como a Química dos compostos existentes nos seres vivos (animais e vegetais), enquanto a **Química Inorgânica** foi definida como a dos compostos provenientes do reino mineral.

Na época, um facto chamou a atenção dos químicos: enquanto os compostos inorgânicos eram facilmente sintetizados em laboratórios, falhavam as várias tentativas de produção dos compostos orgânicos criando-se a ideia de que eles jamais poderiam ser sintetizados, isto é, preparados artificialmente quer no laboratório quer na indústria. Para reforçar este facto, o sueco Jöns Jakob Berzélius (1743-1794) estabeleceu a **Teoria da força vital** ou **vitalismo**, lançando a ideia de que somente os seres vivos tinham uma «força vital» capaz de produzir os compostos orgânicos: «Os compostos orgânicos só poderiam ser obtidos a partir dos seres vivos».

Porém, em 1828, Friedrich Wöhler, discípulo de Berzélius, efectuou a seguinte reacção:



Desta forma foi possível obter-se um composto orgânico, a ureia (até então obtida só através da urina) a partir de um composto inorgânico (cianato de amónio) dando início, com estes novos dados, à queda do vitalismo.

Nos anos que se seguiram à síntese de Wöhler, muitas outras substâncias orgânicas foram sintetizadas a partir de fontes não vivas (acetileno, metanol, etc.), fazendo com que os químicos passassem a acreditar na possibilidade de síntese de qualquer outra substância. Abandonou-se definitivamente a ideia de compostos que só poderiam ser obtidos a partir de animais e plantas.



**Fig. 1** Friedrich Wöhler (1800-1882)



**Fig. 2** Modelo molecular da estrutura da ureia

# Objecto de estudo da Química Orgânica

Em 1858, Friedrich August Kekulé (1829-1896) propôs o actual conceito de Química Orgânica.

**Química Orgânica** – parte da Química que estuda os compostos de carbono.

Esta definição não é completamente satisfatória, mas é aceite pela maioria dos químicos e é a que deve ser considerada válida.

Alguns compostos de carbono tais como ácido cianídrico (HCN), óxidos de carbono (CO; CO<sub>2</sub>), ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), carbonatos (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), etc., são considerados **compostos de transição** (entre as duas químicas) porque apresentam o carbono na sua composição, mas as suas estruturas e propriedades assemelham-se às dos compostos inorgânicos.

## Comparação entre compostos orgânicos e inorgânicos

- **Quanto à composição** – geralmente os compostos orgânicos apresentam a mesma composição qualitativa, isto é, têm o **carbono** sempre presente e muitas vezes ligado a átomos de **hidrogénio**. Esta estrutura base pode combinar-se, por vezes, com oxigénio, nitrogénio, enxofre, fósforo ou halogénios. A composição dos compostos inorgânicos é diversificada. Baseia-se em todos os elementos do sistema periódico, incluindo o carbono.
- **Quanto à solubilidade** – a maioria dos compostos orgânicos são substâncias com carácter **não polar** sendo, por isso, pouco solúveis/ou insolúveis na água, que é uma substância fortemente **polar**. Entretanto, dissolvem-se facilmente em solventes apolares tais como benzina, gasolina, etc. Os compostos inorgânicos são maioritariamente polares e solúveis em água.
- **Quanto aos pontos de fusão e de ebulição** – em compostos orgânicos os pontos de fusão e de ebulição tendem a aumentar, com o aumento da massa molar. Os compostos orgânicos apresentam os valores de ponto de fusão e de ebulição relativamente baixos, comparados com os dos compostos inorgânicos de igual massa molar.
- **Quanto à combustibilidade** – grande parte das substâncias orgânicas é combustível. Queimam-se formando dióxido (monóxido) de carbono e água ou carvão e água, dependendo do tipo de combustão sofrida. Os inorgânicos raramente são combustíveis.
- **Quanto ao número de compostos** – os átomos de carbono têm a capacidade de se ligar entre si formando cadeias de diferentes dimensões, facto que torna o número de compostos orgânicos muito superior em relação aos compostos inorgânicos. Os compostos inorgânicos, apesar de serem formados com base em todos elementos da tabela periódica, formam poucos compostos em relação aos orgânicos.
- **Fenómeno de polimerização e isomeria** – são fenómenos típicos para os compostos orgânicos. Serão estudados com detalhes nos capítulos posteriores.

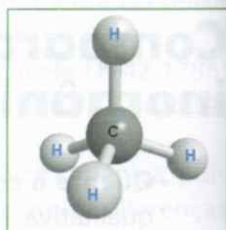
# Características do átomo de carbono nos compostos orgânicos

O átomo de carbono apresenta certas particularidades que o tornam diferente de todos os outros elementos químicos. Esta característica foi percebida por Kekulé na metade do século XIX e possibilitou uma melhor compreensão da **estrutura das substâncias orgânicas**, cuja teoria estrutural estabeleceu os seguintes postulados:



**Fig. 3** Friedrich August Kekulé (alemão) (1829-1896)

- **Tetravalência do carbono** – o carbono com o número atômico,  $Z = 6$ , tem os seus electrões distribuídos em duas camadas, cabendo na última os quatro electrões, denominados **electrões de valência**. Isto mostra que para ele completar o octeto (atingir a estabilidade) precisa de formar quatro ligações covalentes (compartilhar electrões).



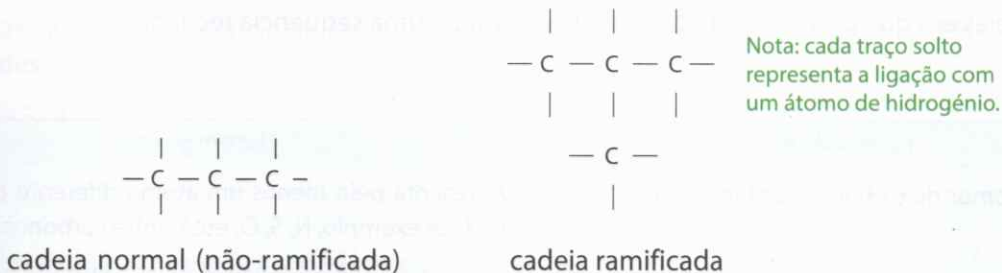
**Fig. 4** Tetravalência do carbono

- **Ligações entre átomos de carbono** – cada átomo de carbono pode formar ligações **simples, duplas ou triplas**.

Tipo de ligação	Estrutura electrónica	Fórmula estrutural
Ligação simples	$  \begin{array}{c}  \bullet \\  \bullet \text{ C } \bullet * \text{ C } * \\  \bullet  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{H} \\    \quad   \\  \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{H} \\    \quad   \\  \text{H} \quad \text{H}  \end{array}  $
Ligação dupla	$  \begin{array}{c}  \bullet \\  \bullet \text{ C } \bullet * \text{ C } * \\  \bullet \bullet  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{H} \\    \quad   \\  \text{H} - \text{C} = \text{C} - \text{H}  \end{array}  $
Ligação tripla	$  \begin{array}{c}  \bullet \bullet \\  \bullet \text{ C } \bullet \bullet \text{ C } * \\  \bullet \bullet  \end{array}  $	$  \text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}  $

- **Formação de cadeias** – o átomo de carbono tem a capacidade de se ligar a outros átomos de carbono (de oxigénio, nitrogénio, etc.), formando cadeias curtas ou longas e com variadas disposições e tamanhos diferentes. São essas cadeias que constituem os diferentes tipos de compostos orgânicos.

- As cadeias podem ser **ramificadas** ou **normais (não-ramificadas)**:



**N.B.:** Na prática, as cadeias de carbono encontram-se em ziguezague embora na sua representação mais corrente (simplificada) apareçam de uma forma linear.

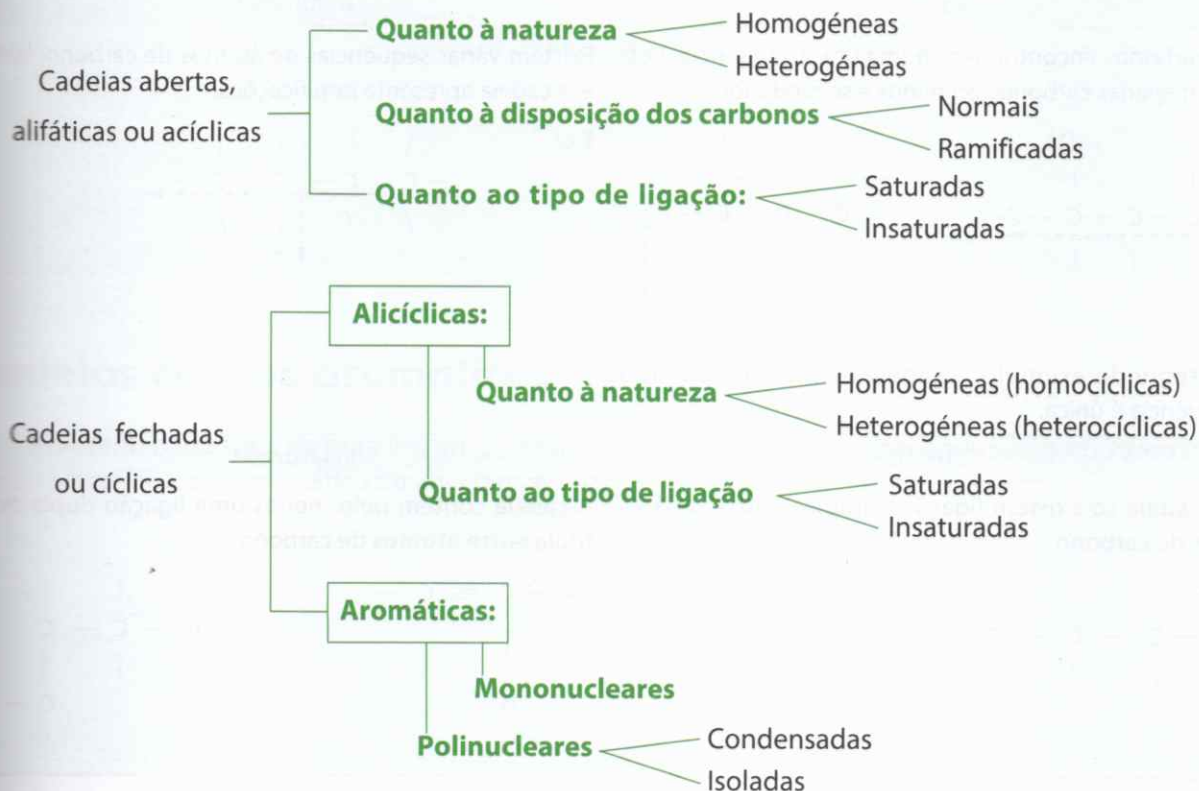
## Cadeias de carbono

A existência de uma grande variedade de cadeias carbónicas exige a sua classificação segundo vários critérios:

### Quanto ao fechamento da cadeia

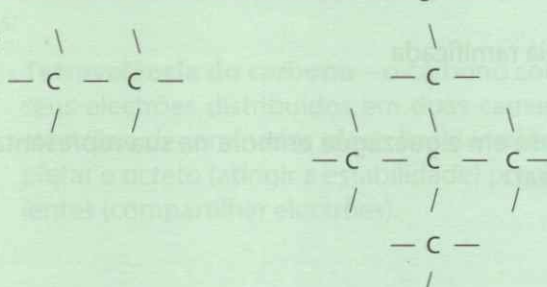
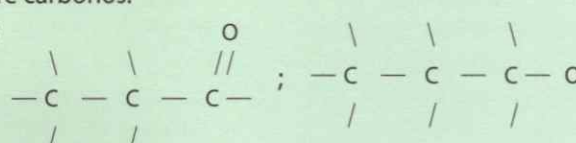
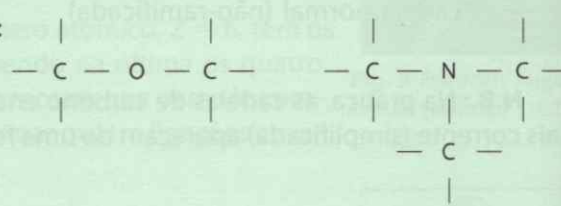
- Cadeia aberta (acíclica)
- Cadeia fechada

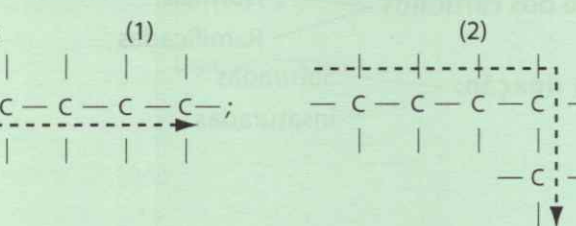
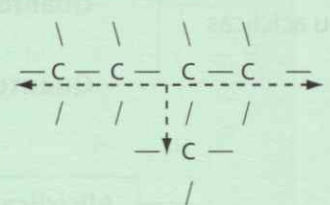
Estas por sua vez têm uma classificação que pode ser resumida da seguinte forma:

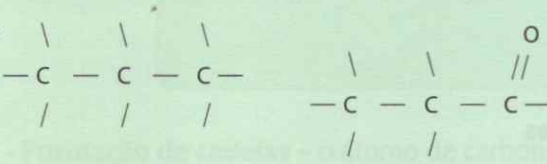
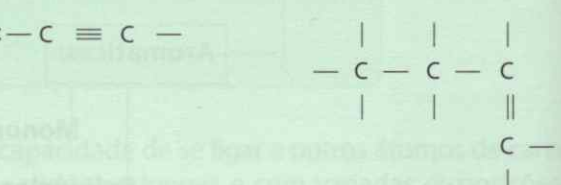


# Cadeias abertas, alifáticas ou acíclicas

São cadeias em que os átomos de carbono não formam uma sequência fechada.

Homogénea	Heterogénea
<p>Só contém átomos de carbono e de hidrogénio.</p> <p>Ex.: </p> <p><b>N.B.:</b> Uma cadeia é também homogénea quando o(s) átomo(s) diferente(s) de carbono não se encontra(m) entre carbonos.</p> <p>Ex.: </p>	<p>Apresenta pelo menos um átomo diferente de carbono (por exemplo, N, S, O, etc.), entre carbonos.</p> <p>Ex.: </p>

Normal	Ramificada
<p>Os carbonos encontram-se numa única sequência. Possuem apenas carbonos primários e secundários.</p> <p>Ex.: </p> <p>No segundo exemplo, a cadeia está dobrada mas a sequência é única.</p>	<p>Existem várias sequências de átomos de carbono, isto é, a cadeia apresenta ramificações.</p> <p>Ex.: </p>

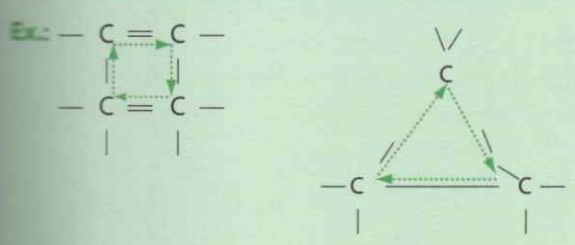
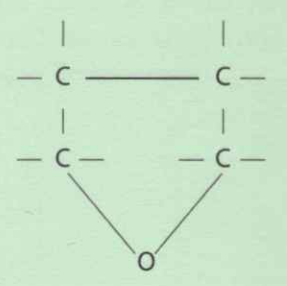
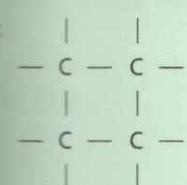
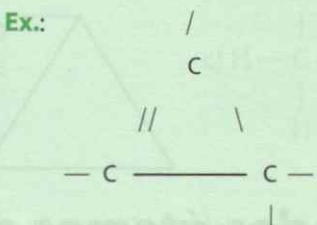
Saturada	Insaturada
<p>Na cadeia só existem ligações simples, <b>entre os átomos</b> de carbono.</p> <p>Ex.: </p>	<p>A cadeia contém pelo menos uma ligação dupla ou tripla <b>entre átomos</b> de carbono.</p> <p>Ex.: </p>

## Cadeias fechadas ou cíclicas

Nestas cadeias a sequência de átomos de carbono fecha-se formando um ciclo. São agrupadas em dois grandes grupos:

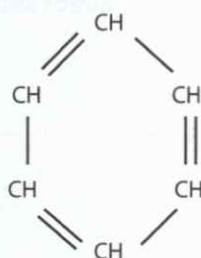
- Cíclicas alicíclicas
- Cíclicas aromáticas

### Cadeias cíclicas alicíclicas


Homogénea	Heterogénea
<p>O ciclo é formado apenas por átomos de carbono.</p> <p>Ex:</p>  <p>As setas mostram a sequência de carbonos que se fecha.</p>	<p>Apresenta no ciclo pelo menos um átomo diferente de carbono.</p> <p>Ex.:</p> 
Saturada	Insaturada
<p>Só contém ligações simples no ciclo.</p> <p>Ex:</p> 	<p>Contém ligações duplas ou triplas entre os carbonos do ciclo.</p> <p>Ex.:</p> 

### Cadeias cíclicas aromáticas

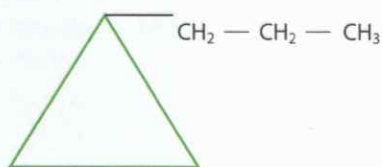
Apresentam na sua estrutura um grupo de átomos muito importante denominado grupo aromático, grupo benzênico, anel aromático ou anel benzênico.



O anel benzénico é formado por um total de seis átomos de carbono e seis de hidrogénio e possui três ligações simples alternadas por ligações duplas.

Mononuclear	Polinuclear	
Só possui um grupo benzénico.	Possui vários grupos aromáticos.	
	<p><b>Condensada</b></p> <p>Nesta, existe pelo menos um carbono comum aos dois anéis.</p> <p>Ex.:</p> <pre>           CH           CH          //           \  /           //         CH             C           CH  CH             C           CH          \\           /  \           \\           CH           CH           </pre>	<p><b>Isolada</b></p> <p>Cada anel apresenta os seus átomos de carbono, isto é, não há carbonos que pertencem em simultâneo aos dois anéis.</p> <p>Ex.:</p> <pre>           H                       C          // \         H-C  C-H                        H-C  C-H                           C   C                          C   C          // \         H-C  C-H                        H-C  C-H                           C   C                          C   H           </pre>

**N.B.:** Existem também as **cadeias mistas**, que são as que apresentam uma parte da cadeia fechada e outra aberta.



## Classificação dos átomos de carbono

A **classificação de átomos de carbono** numa cadeia carbónica depende do número de átomos de carbono a que cada um deles estiver ligado:

Carbono primário	Carbono secundário	Carbono terciário	Carbono quaternário
Está ligado a apenas um outro átomo de carbono.	Está ligado a dois outros átomos de carbono.	Encontra-se ligado a três outros átomos de carbono.	Liga-se a quatro outros átomos de carbono.
<pre>                   C - C - C - C                           </pre>	<pre>                   - C - C - C - C -                           </pre>	<pre>               - C - C - C -                           C               - C -           </pre>	<pre>                       - C -                             - C - C - C -                               - C -           </pre>

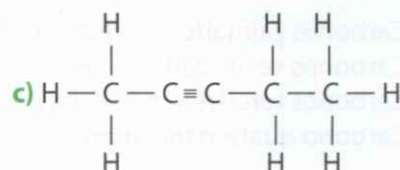
# Fórmulas químicas dos compostos orgânicos

Fórmula molecular	Fórmula estrutural	Fórmula racional
Indica apenas os elementos químicos e a quantidade total de cada um deles.	Mostra a disposição dos átomos dentro da molécula e põe em evidência o tipo de ligação.	É uma forma simplificada de representar a estrutura agrupando os átomos de hidrogénio ligados a determinado átomo de carbono.
$C_4H_{10}$	<pre>       H   H   H   H                         H - C - C - C - C - H                           H   H   H   H           </pre>	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$
<b>N.B.:</b> Não mostra as ligações nem a forma como os átomos se distribuem na cadeia.	<b>N.B.:</b> A fórmula estrutural pode ser simplificada, representando cada átomo de hidrogénio por um traço livre.	<b>N.B.:</b> A fórmula racional é também designada por <b>fórmula estrutural condensada</b> .
	<pre>                         - C - C - C - C -                               </pre>	



## Exercício resolvido

1. Representar nas outras duas fórmulas químicas:

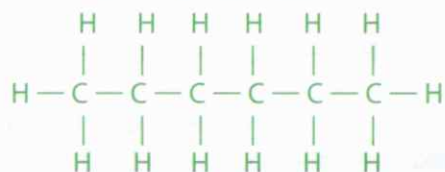


### Resolução

a) Fórmula racional



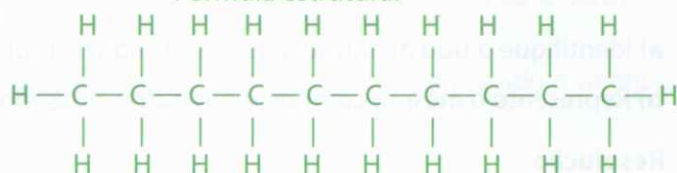
Fórmula estrutural



b) Fórmula molecular



Fórmula estrutural



c) Fórmula molecular



Fórmula racional

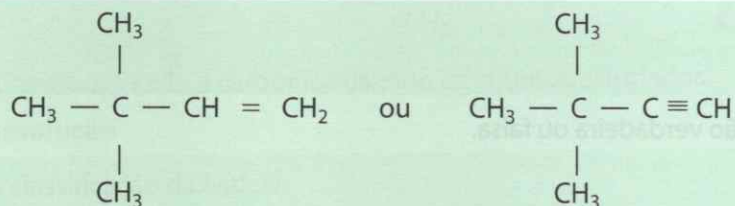






6. Representa na fórmula racional uma cadeia carbónica insaturada, ramificada, com um carbono quaternário e um total de seis átomos de carbono.

### Resolução



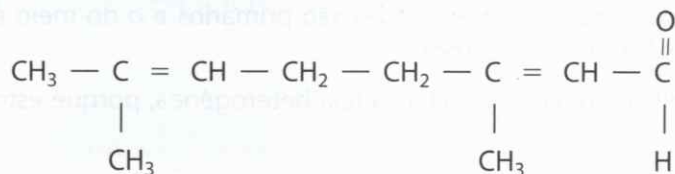
7. Assinale com um V apenas as características dos compostos orgânicos:

- a) Elevada estabilidade térmica e apresentando pontos de fusão e de ebulição elevadas.
- b) Raramente solúveis em água e geralmente formados por ligação covalente.
- c) Quase todos são combustíveis e facilmente se decompõem pelo calor.
- d) Geralmente mais densos do que a água.

### Resolução

b) e c)

8. O citrol, composto de sabor de limão, tem a fórmula:



A sua cadeia é classificada como:

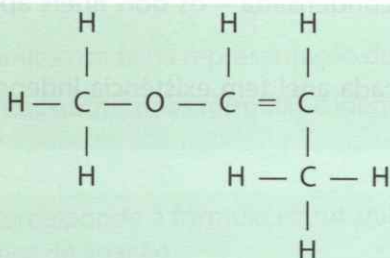
- a) homogénea, insaturada e ramificada
- b) homogénea saturada e normal
- c) homogénea insaturada e aromática
- d) heterogénea, insaturada e ramificada

### Resolução

É uma cadeia homogénea, insaturada e ramificada. Opção a).

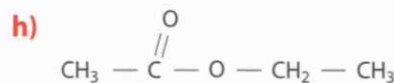
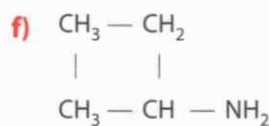
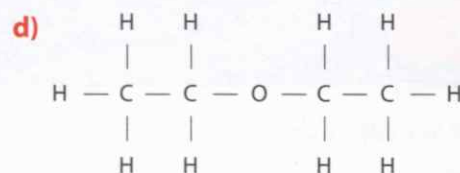
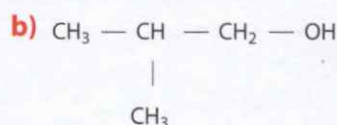
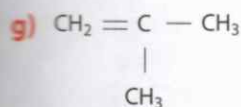
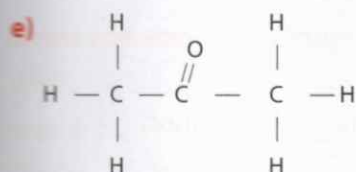
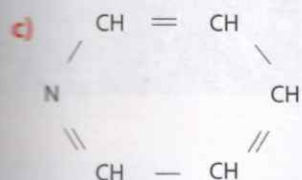
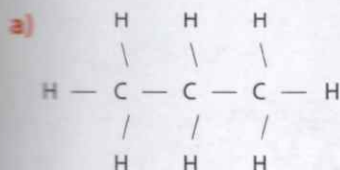
9. Represente, na fórmula estrutural, uma cadeia carbónica aberta, heterogénea, ramificada, insaturada de 4 átomos carbonos.

### Resolução



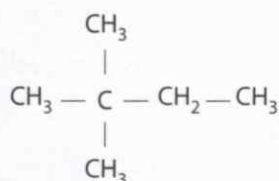


- Escreva um pequeno texto justificativo usando as seguintes frases:
  - «A Química Orgânica é a Química dos compostos de carbono».
  - «A Química Orgânica é a Química da vida».
- Qual é a propriedade típica do carbono que o diferencia dos demais elementos químicos?
- Em que consistia a teoria da força vital ou vitalismo?
  - Qual foi o acontecimento que abalou profundamente esta teoria? Mencione o nome do cientista responsável.
- Como se explica o facto de existir maior número de compostos orgânicos, em relação aos compostos inorgânicos?
- Que ligações predominam nos compostos orgânicos?
- O que são compostos de transição? Dê dois exemplos, através de fórmulas químicas.
- Encontre uma definição para «cadeia carbónica».
- Represente uma cadeia carbónica que contém um total de oito átomos de carbono e que seja homogénea, saturada e com apenas carbonos primários e quaternários.
- Usando todos os critérios estudados, classifique as seguintes cadeias carbónicas:



Represente a cadeia da alínea a) na fórmula molecular.

10. Considere a seguinte fórmula:



- Represente a sua fórmula molecular.
- Represente a sua fórmula estrutural.
- Classifique todos os carbonos da cadeia.



## OBJECTIVOS

### O aluno deve ser capaz de:

- Definir e classificar os hidrocarbonetos.
- Usar a nomenclatura IUPAC e usual para nomear os alcanos, alcenos, alcinos e os compostos aromáticos.
- Escrever as equações das reacções que traduzem as propriedades químicas dos alcanos.
- Mencionar as aplicações dos alcanos.
- Escrever a fórmula geral, a série homóloga e a estrutura dos alcenos.
- Representar as equações químicas das reacções de obtenção dos alcenos.
- Mencionar as aplicações dos alcenos.
- Mencionar as propriedades físicas dos alcinos.
- Representar as equações químicas das reacções de obtenção dos alcinos.
- Escrever as equações das reacções que traduzem as propriedades químicas dos alcinos.
- Mencionar as aplicações dos alcinos.
- Descrever a estrutura do benzeno estrutura aromática.
- Mencionar as propriedades físicas dos compostos aromáticos.
- Nomear os compostos derivados do benzeno.

# UNIDADE 3

## CONTEÚDOS

### Hidrocarbonetos

«Conceito e classificação

**Alcanos:** conceito, fórmula geral, série homóloga e radicais derivados dos alcanos

**Alcinos:** conceito, fórmula geral, série homóloga e nomenclatura (IUPAC e usual)

**Fontes naturais dos Hidrocarbonetos:** petróleo bruto: Tema Gerador, origem, ocorrência, propriedades físicas, composição química, extracção, destilação fraccionada e refinação dos alcanos

**Alcenos:** conceito, fórmula geral, série homóloga e nomenclatura (IUPAC e usual)

**Gas natural:** origem, composição, ocorrência e aplicações, fontes naturais em Moçambique (zonas de extracção), sua importância para a economia do país

**Hidrocarbonetos aromáticos:** conceito, benzeno como representante dos hidrocarbonetos aromáticos

## Hidrocarbonetos

Sabe-se que os compostos inorgânicos estão agrupados em funções (óxidos, bases, ácidos e sais), divisões que facilitam o estudo da nomenclatura e reações químicas. A mesma base é usada para os compostos orgânicos, com a diferença de que as suas funções são em maior número em relação aos compostos inorgânicos. Ao longo dos próximos capítulos far-se-á o estudo dos principais grupos de compostos orgânicos, nomeadamente os seguintes: **hidrocarbonetos**, **álcoois**, **fenóis**, **aldeídos**, **cetonas**, **ácidos carboxílicos** e **ésteres**.

**Função química** (classe funcional) é um grupo de compostos que apresentam semelhanças estruturais e por consequência, possuem semelhanças nas suas propriedades químicas.

Compostos da mesma função química têm o mesmo **grupo funcional** com a excepção dos hidrocarbonetos que não o apresentam.

Um grupo funcional é um átomo ou conjunto de átomos que determinam as características dos compostos de uma dada função.

Os hidrocarbonetos constituem a função mais simples dos compostos orgânicos, por serem formados apenas por átomos de carbono e hidrogénio. Têm uma particular importância pelo facto de servirem de «esqueleto» de todas as demais funções orgânicas.

Por definição:

**Hidrocarbonetos** são compostos orgânicos formados apenas por átomos de carbono e de hidrogénio.

Os hidrocarbonetos são muito importantes porque para além de constituírem um grupo muito grande e diversificado de compostos, são os principais formadores do petróleo (e seus derivados), do gás natural e do carvão mineral.



Fig. 1 Butano



### Exemplos

$\text{CH}_4$	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{C}_8\text{H}_{18}$
<b>Metano:</b> existe no gás natural	<b>Butano:</b> existe no gás de cozinha	<b>Octano:</b> existe na gasolina

De acordo com a cadeia carbónica, os hidrocarbonetos são classificados em:

- **Alifáticos** (alcanos, alcenos, alcinos)
- **Cíclicos:** – **Alicíclicos** (cicloalcanos, cicloalcenos)  
– **Aromáticos**

Os hidrocarbonetos apresentam propriedades físicas, que variam da seguinte forma:

- O **estado físico** varia de acordo com o número de átomos de carbono na cadeia. Assim, de  $\text{C}_1$  a  $\text{C}_4$  são gases; de  $\text{C}_5$  a  $\text{C}_{15}$  são líquidos e de  $\text{C}_{16}$  a  $\text{C}_\infty$  são sólidos.

Os representantes gasosos e os sólidos são geralmente inodoros; os líquidos têm um cheiro característico. A maior parte dos hidrocarbonetos são incolores.

- Os pontos de fusão e de ebulição aumentam com o aumento de átomos de carbono na cadeia devido ao aumento da massa molecular.
- Os hidrocarbonetos são apolares, por isso são insolúveis na água (polar) e em outros solventes polares, mas solúveis em solventes apolares, tais como benzina, gasolina, etc.

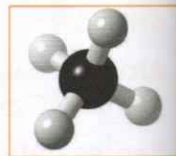


Fig. 2 Modelo molecular da estrutura do metano

## Alcanos (parafinas)

**Alcanos** (hidrocarbonetos parafínicos) são hidrocarbonetos acíclicos (alifáticos) e saturados, isto é, têm cadeias abertas e apresentam somente ligações simples entre os átomos de carbono.

Os alcanos possuem o maior número possível de hidrogénios ligados ao carbono, não sendo admissível a introdução de mais átomos, daí a designação **saturados**.

### Fórmula geral

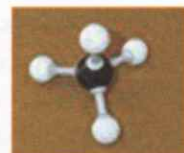
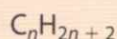


Fig. 3 Modelo molecular da estrutura do etano

onde  $n =$  número de átomos de carbono;  $2n + 2 =$  número de átomos de hidrogénio.

N.º de átomos de carbono	Fórmula molecular	Fórmula estrutural	Fórmula racional
$ n = 1 $	$ CH_4 $	<pre> H   H-C-H   H                     </pre>	$ CH_4 $
$ n = 2 $	$ C_2H_6 $	<pre> H   H       H-C-C-H       H   H                     </pre>	$ CH_3 - CH_3 $

Cada grupo de compostos orgânicos apresenta a sua série homóloga.

**Série homóloga** – é uma sequência de compostos orgânicos pertencentes à mesma classe e que diferem entre si por um ou mais grupos  $CH_2$ .

Série homóloga dos alcanos:



**N.B.:** Os membros da mesma série homóloga são facilmente distinguidos por corresponderem à mesma fórmula geral.

## Nomenclatura IUPAC

A nomenclatura oficial dos compostos químicos foi estabelecida pela IUPAC (Internacional Union Of Pure Applied Chemistry = União Internacional da Química Pura e Aplicada). O consenso foi feito pela primeira vez em Genebra, em 1892, num congresso que reuniu químicos de todo o mundo. Ao longo do tempo, as regras desta nomenclatura têm sido modificadas e adaptadas de forma a facilitar a identificação do crescente número de compostos descobertos.

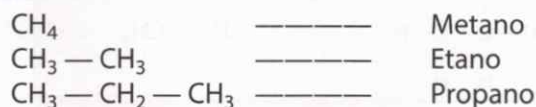
## Nomenclatura dos alcanos de cadeia normal

Os nomes dos alcanos de cadeia normal são formados por um **prefixo** (de origem grega ou latina), que indica o número de átomos de carbono na cadeia, seguido da terminação «**ano**».

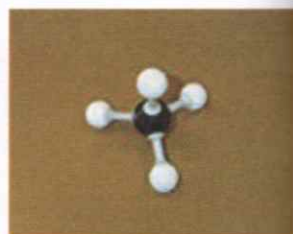
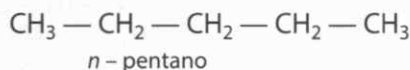
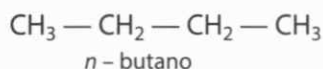
Prefixo + «ano»

**Tabela 1:** Tabela de prefixos

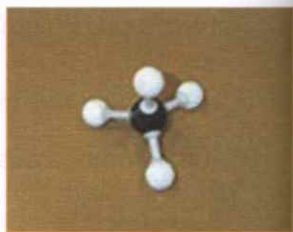
N.º de átomos de carbono	Prefixo
1	Met
2	Et
3	Prop
4	But
5	Pent
6	Hex
7	Hept
8	Oct
9	Non
10	Dec



**NB.:** Para os compostos com mais de três átomos pode-se colocar a letra «*n*» a anteceder o nome. O «*n*» refere-se à cadeia «**normal**».



**Fig. 4** Modelo molecular da estrutura do propano



**Fig. 5** Modelo molecular da estrutura do butano

## Nomenclatura dos alcanos de cadeia ramificada

Para os **alcanos de cadeia ramificada** deve-se mencionar, além do nome da cadeia, o das ramificações. As ramificações mais simples são derivadas dos alcanos, pela retirada de apenas um átomo de hidrogénio e têm a designação genérica de **alquil** (**alquila**). Os nomes dos radicais alquil são dados trocando-se a terminação «**ano**» por «**il**».

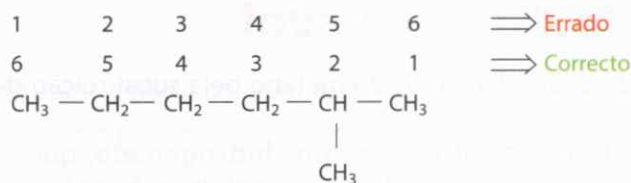
A tabela 2 mostra os radicais mais comuns:

Tabela 2: Radicais mais comuns

Total de carbonos	Radical	Nome	Comentário
1	CH <sub>3</sub> -	metil	É retirado um dos hidrogénios do metano.
2	CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> -	etil	É retirado um dos hidrogénios do etano.
3	CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> -	n-propil	O átomo de hidrogénio é retirado de um dos carbonos das extremidades (carbono primário).
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{H} \end{array}$	isopropil	O hidrogénio que sai é do carbono central (carbono secundário).
4	CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> -	n-butil	Tem uma <b>sequência normal</b> e o hidrogénio é retirado de um dos carbonos da extremidade (carbono primário).
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{H} \end{array}$	sec-butil	Tem uma <b>sequência normal</b> e o hidrogénio é retirado de um dos carbonos secundários.
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{H} \end{array}$	terc-butil	Tem uma <b>sequência ramificada</b> e retira-se o hidrogénio do carbono terciário (o único central).
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	isobutil	Tem uma <b>sequência ramificada</b> e o hidrogénio sai de um dos carbonos primários (de uma das extremidades).

Para os alcanos de cadeia ramificada são válidas as seguintes regras:

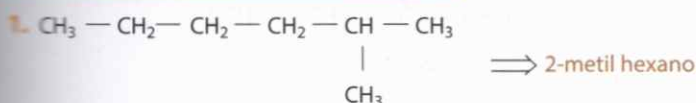
- Escolhe-se a cadeia principal que deve ser a sequência mais longa de átomos de carbono; os seus átomos são numerados de modo que as ramificações recebam os menores números possíveis.

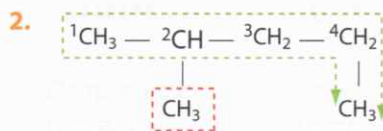


- Os nomes dos radicais devem ser colocados obedecendo à ordem alfabética ou de complexidade crescente.
- Cada ramificação deve ter um número que indica a sua posição na cadeia principal; caso existam dois ou mais radicais iguais devem ser agrupados usando os prefixos: di-, tri-, tetra-, etc.
- No fim dá-se o nome da cadeia principal obedecendo à regra da nomenclatura dos alcanos de cadeia normal.

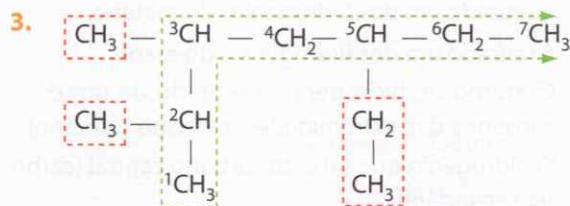


### Exemplos



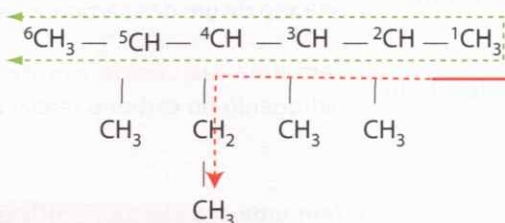


2-metil pentano  
4-metil pentano ⇒ nome incorrecto



2,3-dimetil 5-etil heptano ⇒ ordem de complexidade crescente  
5-etil 2,3-dimetil heptano ⇒ ordem alfabética

**N.B.:** Se eventualmente, duas ou mais seqüências tiverem maior (igual) número de átomos de carbono, será considerada cadeia principal a que for mais ramificada.



Esta não pode ser a cadeia principal porque apresenta apenas três ramificações.

**Correcto:** • 2,3,5-trimetil 4-etil hexano ⇒ ordem de complexidade crescente

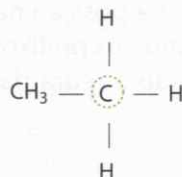
• 4-etil 2,3,5-trimetil hexano ⇒ ordem alfabética

**Incorrecto:** 2,3-dimetil 4-isopropil hexano.

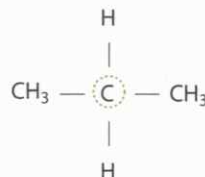
## Nomenclatura trivial ou usual

Os alcanos são «considerados» derivados do metano pela substituição de um ou mais hidrogénios por radicais alquil (a).

Para dar nomes identifica-se o carbono **menos hidrogenado**, que será o carbono **metano** e todos os demais são considerados **radicais**. Assim, nomeiam-se os radicais e por fim acrescenta-se a palavra metano.



Metil metano



Dimetil metano

Existem nomes antigos que ainda persistem e são reconhecidos pela IUPAC, sendo os mais importantes:

Isobutano	Isopentano	Neopentano
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
2 - metil propano	2 - metil butano	2,2 - dimetil propano

## Métodos de obtenção dos alcanos

Os métodos de preparação dos alcanos são agrupados em três:

- **Reacções de síntese** – ocorrem com o aumento de átomos de carbono na cadeia.
- **Reacções de degradação** – ocorrem com a diminuição de átomos de carbono na cadeia.
- **Reacções hidrogenação catalítica e outras** – ocorrem com a conservação de átomos de carbono na cadeia.

## Métodos que aumentam o número de carbonos na cadeia

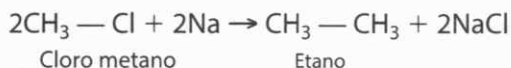
### Síntese de Wurtz

Consiste na reacção entre um haleto orgânico com o sódio. A reacção ocorre em meio anidrido (na ausência da água). Nesta reacção, ocorre a duplicação da quantidade de átomos de carbono do radical orgânico do haleto.



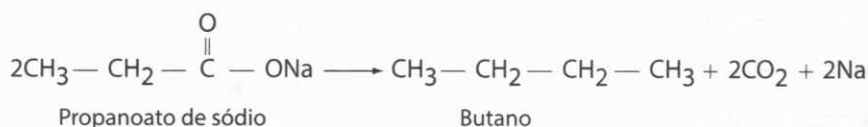
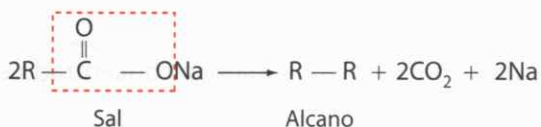
onde: X = halogénio

**Exemplo:** Obtenção do etano a partir do cloro metano.



### Síntese de Kolbe

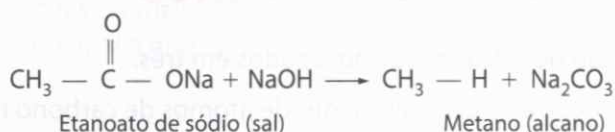
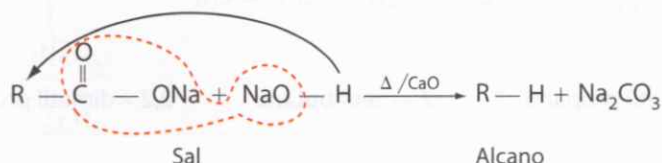
Consiste na electrólise de sais de sódio derivados dos ácidos carboxílicos, alifáticos e saturados.



## Métodos que diminuem o número de carbonos na cadeia

### Degradação de Dumas

Consiste no aquecimento, a seco, de um sal de ácido carboxílico com o hidróxido de sódio (na presença do CaO).



## Métodos que conservam o número de carbonos na cadeia

### Hidrogenação catalítica de hidrocarbonetos insaturados (método de Sabatier-Senderens)

Consiste na adição do hidrogénio a hidrocarbonetos insaturados (alcenos ou alcinos) na presença de catalisadores que podem ser: Ni, Pd ou Pt.



#### Exemplos

- $$\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Cat}/\Delta} \text{CH}_3 - \text{CH}_3$$

Alceno Alcano
- $$\text{CH} \equiv \text{CH} + 2\text{H}_2 \xrightarrow{\text{Cat}/\Delta} \text{CH}_3 - \text{CH}_3$$

Alcino Alcano

Nestes dois exemplos nota-se a diferença da quantidade de hidrogénios necessária para saturar um alceno e um alcino, respectivamente.

### Método de Berthelot

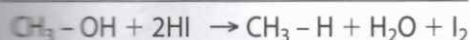
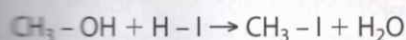
Consiste na reacção entre um álcool e o ácido iodídrico concentrado e quente. A reacção decorre em etapas:



Estas duas etapas resultam numa única:



## Exemplo



## Propriedades químicas dos alcanos

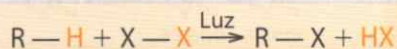
Os alcanos, também designados de **parafinas** (do latim: *parum affinis* = pouco afim), apresentam uma tendência muito baixa de reagir com as outras substâncias. É devido a esse facto que são muito usados como solventes em algumas reacções pois não interferem nelas.

## Reacções de substituição

Em condições adequadas, os alcanos sofrem **reacções de substituição** que consistem na substituição de um ou mais átomos de hidrogénio por um radical. Dependendo do reagente presente, os alcanos realizam diferentes **reacções de substituição**: halogenação, nitração e sulfonação.

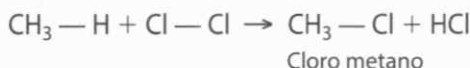
### Halogenação

Na presença da luz, o hidrogénio é substituído por um halogénio ( $X_2$ ).

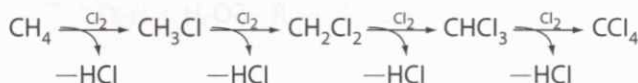


Onde:  $X-X = X_2$  é uma molécula diatómica de um halogénio, verificando-se experimentalmente que a ordem de reactividade é:  $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$ . O flúor mostra maior tendência para reagir, mas esta reacção é tão violenta que pode ser explosiva; com o iodo praticamente não há reacção. Assim a halogenação limita-se à **cloração** e a **bromação**.

#### Exemplo:



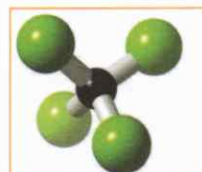
Após a monocloração de um alcano, neste caso do metano, a reacção pode prosseguir (se houver cloro disponível), conduzindo a derivados com dois ou mais átomos de halogénio. Note que para cada substituição usa-se uma mole de molécula do halogénio.



As quatro etapas podem ser representadas numa única equação:



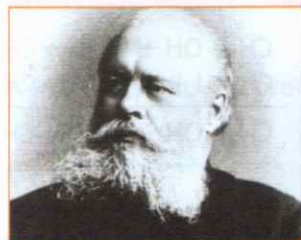
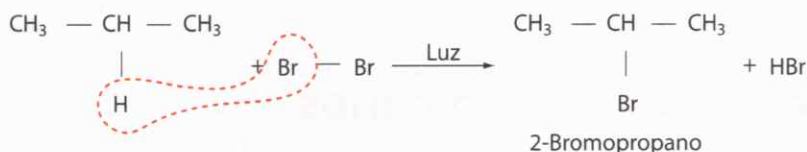
Tetra cloreto de carbono ou tetraclorometano



**Fig. 6** Modelo molecular da estrutura do tetraclorometano

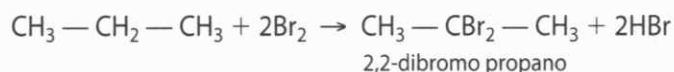
**N.B.:** Havendo mais de uma possibilidade de substituição, deve-se aplicar a **regra de Markovnikov**:

«Em reacções de substituição será substituído o hidrogénio que estiver ligado ao carbono menos hidrogenado.»



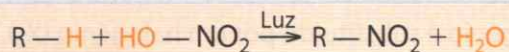
**Fig. 7** Vladimir V. Markovnikov (1838-1904)

A substituição seguinte terá de decorrer no mesmo carbono, que continuará a ser o menos hidrogenado.

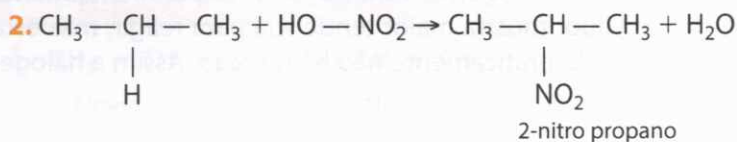
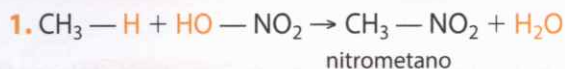


## Nitração

A substituição do hidrogénio é feita pelo **grupo nitro** (-NO<sub>2</sub>) quando o alcano é aquecido com o ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) concentrado.



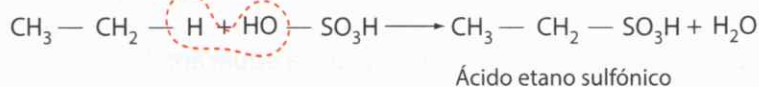
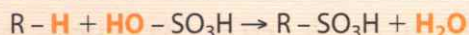
### Exemplos



Nota-se a validade da regra de Markovnikov.

## Sulfonação

Verifica-se a substituição do hidrogénio pelo **grupo sulfónico** (-SO<sub>3</sub>H), quando se aquece o alcano com o ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentrado.



Como uma das consequências da regra de Markovnikov, pode-se concluir que a reactividade nas reacções de substituição varia da seguinte forma:

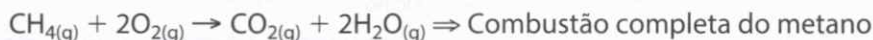
**carbono terciário > carbono secundário > carbono primário**

## Reacções de combustão

A maior parte dos compostos orgânicos são combustíveis, isto é, ardem libertando uma grande quantidade de energia (na forma de luz e calor). A energia assim obtida pode ser usada para diversos fins: iluminação, funcionamento de motores, aquecimento de caldeiras, produção de energia eléctrica, etc.

Há duas diferentes formas de combustão:

- **Combustão completa** – ocorre quando há maior consumo de oxigénio (ar) e como produtos forma-se o dióxido de carbono e o vapor de água.

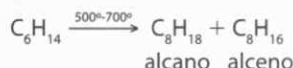


- **Combustão incompleta** – ocorre quando há pouco oxigénio e há formação de monóxido de carbono ou carbono (carvão = fuligem) e água.



## Reacção de pirólise ou cracking

O termo *cracking* vem do inglês *to crack* (quebrar) e representa a decomposição de cadeias maiores, quando submetidas a elevadas temperaturas e na presença de catalisadores apropriados. Formam-se compostos com menor número de átomos de carbono na cadeia.



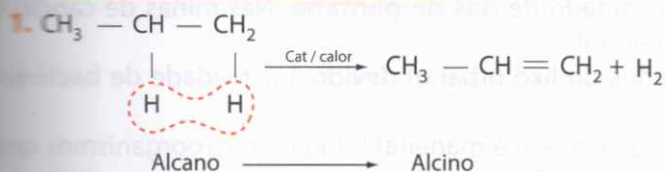
## Reacções de eliminação

São aquelas em que alguns átomos ou grupos de átomos (de carbonos vizinhos) são eliminados (retirados) da molécula orgânica.

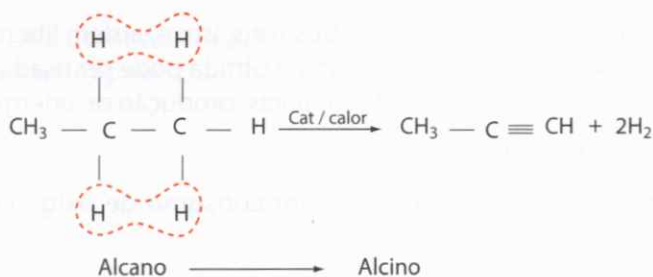
- **Desidrogenação:** é um tipo de reacção de eliminação em que são eliminados átomos de hidrogénio ligados a carbonos vizinhos, com a formação de uma ligação (dupla).



### Exemplos



2. A retirada de mais átomos de hidrogénio poderá originar a formação de uma ligação tripla.



Estas reacções de eliminação são de grande importância na indústria petroquímica, pois a partir dos alcanos existentes no petróleo é possível obter-se alkenos e alcinos, compostos que têm muitas outras aplicações industriais.

## Metano

O metano (CH<sub>4</sub>) é o hidrocarboneto mais simples e o primeiro membro da série dos alcanos. É um gás incolor, inodoro, insolúvel em água e menos denso que o ar. É muito inflamável: ao misturar-se com o ar explode violentamente e quando em contacto com uma chama emite faísca.

A molécula do metano é formada por um átomo de carbono ligado por quatro ligações covalentes simples a quatro átomos de hidrogénio, formando um tetraedro, em que o átomo de carbono é o centro e os átomos de hidrogénio os vértices.



Fig. 8 Modelo molecular da estrutura tetraédrica do metano

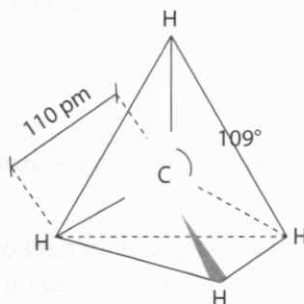


Fig. 9 Geometria espacial da molécula de metano

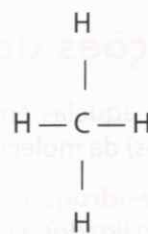


Fig. 10 Fórmula estrutural do metano

O metano forma-se nos pântanos como produto da decomposição anaeróbica (apodrecimento) de restos vegetais na presença da água, por isso é chamado de **gás de pântano**. Nas minas de carvão é denominado **grisu**. É também encontrado no gás natural.

Forma-se ainda em aterros sanitários (derivados do lixo urbano) devido à actividade de bactérias que se multiplicam no lixo.

No sistema digestivo das **térmitas** (insectos que comem a madeira) habitam microorganismos que decompõem a celulose em metano e outros compostos orgânicos.

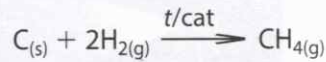
A atmosfera de Neptuno, o oitavo planeta do sistema solar, contém grande quantidade de metano.

Apesar de ser um gás com uma abundância relativamente grande na Natureza, o metano pode ser sintetizado através dos seguintes métodos:

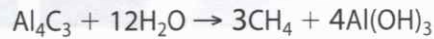
• **Reacção do gás de água na presença do níquel**



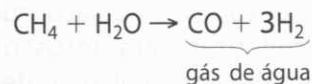
• **Reacção directa entre o carbono e o hidrogénio a altas temperaturas e na presença do níquel como catalizador**



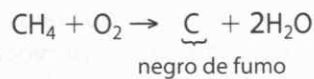
• **Reacção entre o carbeto de alumínio e a água**



O metano natural ou sintetizado é usado para obtenção do gás de água, que serve para a síntese de vários compostos orgânicos.



É também utilizado como combustível e na obtenção do negro de fumo.



## Aplicações dos alcanos e dos seus principais produtos de substituição

**Alcanos gasosos** – são usados como combustível, por exemplo, butano e propano entram na composição do gás de cozinha.



Fig. 11 Botijas de gás de cozinha

**Alcanos líquidos** – são usados como combustível; de aviões, automóveis, etc.; por exemplo, gasolina, diesel.



Fig. 12 Bombas de combustíveis

**Alcanos sólidos** – usam-se na fabricação de diversos produtos, por exemplo velas, ceras, flores artificiais, etc.



Fig. 13 Velas produzidas a partir de alcanos sólidos.

**Clorofluorhidrocarbonetos (CFC) ou freons** – são compostos orgânicos halogenados derivados dos alcanos, principalmente do metano. São obtidos pela substituição do hidrogénio por átomos de **cloro** e **flúor**.

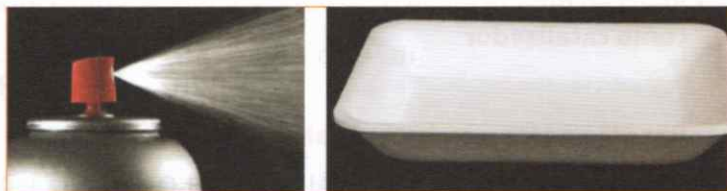
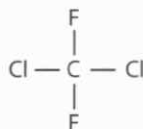


Fig. 14 Alguns artigos que provocam a destruição da camada de ozono.

Foram introduzidos na década de 30 como gases de refrigeração (em frigoríficos, aparelhos de ar condicionado, etc.) substituindo o dióxido de enxofre e amoníaco (substâncias tóxicas). Na década 60, passaram a ser usados também como propelentes para aerossóis em produtos de *spray* (perfumes, desodorizantes, etc.), em alguns insecticidas e em embalagens descartáveis.

Os CFC não são tóxicos nem combustíveis, liquefazem-se facilmente, são voláteis e relativamente inertes. Durante o seu uso são lançados para a atmosfera de onde são facilmente transportados (sem sofrer transformação) para a estratosfera. Aqui, sob acção dos raios ultravioleta, decompõem-se soltando os átomos de cloro que reagem com o oxigénio do **ozono** provocando a sua **destruição**. Como consequência, a Terra perde certa protecção em relação aos raios solares e criam-se problemas de saúde, tais como: cancro de pele, cataratas, etc.; destruição das colheitas agrícolas; diminuição a quantidade de fitoplâncton (algas, bactérias, etc.) nos oceanos.

- **Clorometano** ( $\text{CH}_3 - \text{Cl}$ ) – é um gás incolor e muito inflamável, com cheiro característico. Facilmente passa ao estado líquido. É por isso que, em tempos passados foi usado como agente refrigerador nos sistemas frigoríficos.
- **Diclorometano** ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) – é um líquido incolor, volátil e com cheiro característico. É usado como solvente apolar no processo de descafeinar o café. Usa-se também para remover tintas e gorduras e como propulsor de aerossóis.
- **Triclorometano (clorofórmio)** ( $\text{CHCl}_3$ ) – é um líquido incolor, volátil, de cheiro adocicado. É usado como solvente e como matéria-prima. Os seus vapores são tóxicos e quando inalados provocam a anestesia total. Em tempos era usado na medicina durante as intervenções cirúrgicas, acto que foi abandonado devido aos seus efeitos secundários: irritação na pele, olhos e tracto digestivo.
- **Tetraclorometano** ( $\text{CCl}_4$ ) – é um líquido pesado. Foi usado como solvente (apolar) de limpeza a seco (na remoção de nódoas de gordura e óleos nos tecidos) e nos extintores de fogo. Actualmente a sua produção e comercialização são proibidas por causa dos seus efeitos negativos: é prejudicial à saúde (pode provocar cancro).
- **Cloroetano** ( $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{Cl}$ ) – é um gás que facilmente passa ao estado líquido. É usado na medicina como anestesia local para aliviar as dores durante um curto intervalo de tempo e tem grande aplicação no mundo desportivo.
- **Dicloroetano** – é um líquido usado como solvente e como insecticida.

## Compostos halogenados

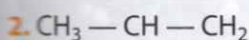
Nas reacções de substituição, assim como em várias outras reacções orgânicas (adição) formam-se derivados **halogenados** ou **haletos orgânicos** – compostos que contêm pelo menos um átomo de halogénio na molécula. Para nomear estes compostos seguem-se todas as regras mencionadas para os hidrocarbonetos tomando em conta que a cadeia principal deve passar pelo carbono que contém o(s) halogénio(s) e a sua numeração deve começar na extremidade mais próxima ao(s) halogénio(s).



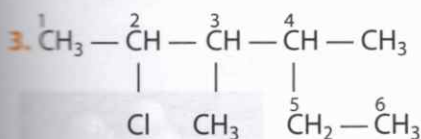
## Exemplos



Cloroetano



1,2-dibromo propano



3,4 - dimetil, 2 - cloro hexano



Modelo molecular da estrutura do cloroetano.

## Isomeria

A palavra «isomeria» vem do grego *isos* = igual; e *mero* = parte.

Nos compostos orgânicos é comum que a mesma fórmula molecular (mesma quantidade total de átomos) possa representar dois ou mais compostos diferentes.

A existência de isômeros é uma das razões da existência de um número muito elevado de compostos orgânicos. Quanto maior for o número de átomos de carbono, maior é o número de isômeros possíveis.

**Isomeria** é um fenómeno em que dois ou mais **compostos diferentes** apresentam a **mesma fórmula molecular**.

Os isômeros apresentam diferentes propriedades físicas (ponto de fusão e de ebulição, densidade, cheiro, etc.).

Os casos mais comuns de isomeria são:

- Isomeria de cadeia
  - Isomeria de posição
  - Isomeria de função
- } ⇒ casos de isomeria plana
- Isomeria geométrica ⇒ caso de isomeria espacial

## Isomeria de cadeia

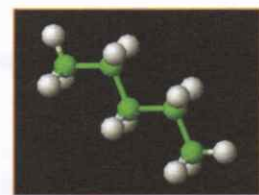
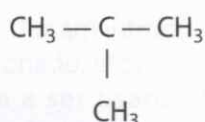
É um tipo de isomeria plana porque a diferença entre os seus isômeros pode ser explicada através das fórmulas estruturais planas. Os isômeros de cadeia pertencem à mesma função, mas apresentam cadeias diferentes; uma é cadeia ramificada e outra é cadeia normal ou linear.

**Isomeria de cadeia** (ou de núcleo) é aquela em que os compostos têm cadeias (ou núcleos) diferentes.

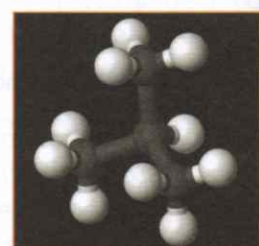


## Exemplos

1. A fórmula molecular  $C_5H_{12}$  apresenta os seguintes isômeros:



Modelo molecular da estrutura de  $C_5H_{12}$

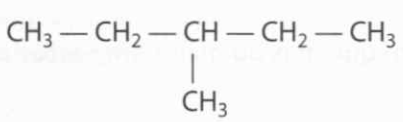
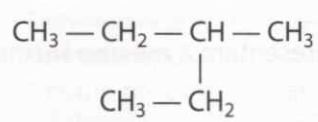


Modelo molecular da estrutura do  $C_4H_{10}$

2. A fórmula  $C_4H_{10}$  só apresenta isômeros de cadeia:



**N.B.:** Nem sempre a mudança de posição dos átomos causa o aparecimento de novos compostos, isto é, uma mesma fórmula pode ser escrita de vários modos, sem que passe a representar compostos diferentes.



As duas fórmulas **não são isômeros** visto tratar-se do mesmo composto **3 - metil pentano**.

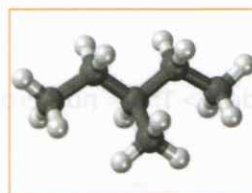
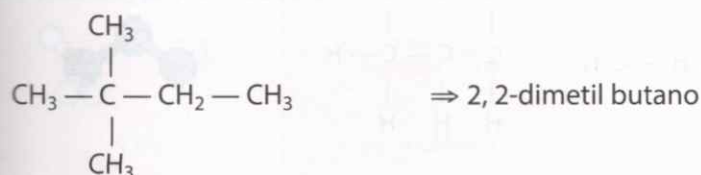
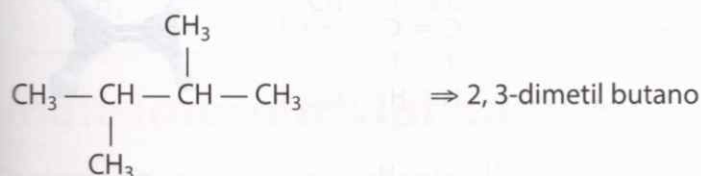
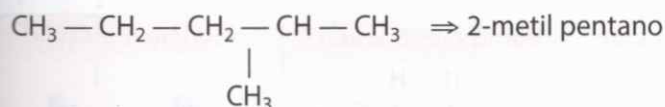
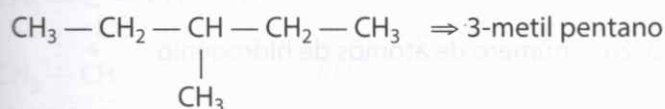
## Isomeria de posição

A isomeria de posição é de igual modo um tipo de isomeria plana, sendo que neste caso os isômeros pertencem à mesma função e têm o mesmo tipo de cadeia, mas diferem na posição.

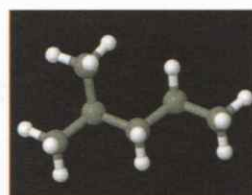
**Isomeria de posição** é um fenômeno de ocorrência de dois ou mais compostos de mesma fórmula molecular, diferindo entre si na posição dos radicais (ou de ligações múltiplas).

**Exemplo**

A fórmula molecular  $C_6H_{14}$  apresenta os seguintes isómeros:



Modelo molecular da estrutura de metil pentano



Modelo molecular da estrutura do dimetil butano

Note que apesar de partilharem a mesma fórmula molecular, estes compostos diferem na posição dos radicais. Assim, o 2-metil pentano e 3-metil pentano são isómeros de posição e 2,3-dimetil butano é isómero de posição do 2, 2-dimetil butano.

## Alcenos (olefinas)

**Alcenos** (também chamados alquenos, olefinas ou hidrocarbonetos etilénicos) são hidrocarbonetos acíclicos insaturados que apresentam uma ligação dupla entre átomos de carbono na cadeia.

Em relação à ligação dupla (ou seja às duas ligações existentes), é importante salientar que as duas ligações não são equivalentes entre si:

- Uma das ligações é mais forte e é denominada **ligação  $\sigma$**  (sigma) – exige maior energia para ser quebrada, por exemplo, 348 kJ/mol no caso do eteno.
- A outra ligação é mais fraca e é chamada **ligação  $\pi$**  (pi) – é esta que será quebrada com maior facilidade, (por exemplo, 267 kJ/mol para o caso do eteno).


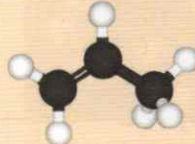
Os alcenos são também chamados de olefinas (do latim «*oleum*» = óleo e *ficare* = fazer) porque o representante da sua série, o etileno, ao reagir com o cloro forma um líquido oleoso.

Os alcenos são raros na Natureza. Os gasosos encontram-se em pequenas quantidades, nos gases do petróleo e no gás natural. As suas propriedades físicas sofrem a mesma variação que as dos alcanos.

## Fórmula geral



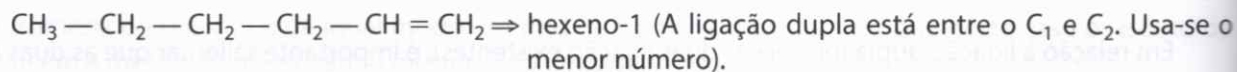
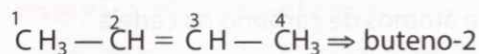
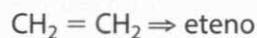
onde  $n > 1$ ;  $n$  = número de átomos de carbono;  $2n$  = número de átomos de hidrogénio

	Fórmula molecular	Fórmula racional	Fórmula estrutural	Modelo molecular
$n = 2$	$C_2H_4$	$CH_2 = CH_2$	<pre> H   H       C = C       H   H                     </pre>	 <p>Etileno</p>
$n = 3$	$C_3H_6$	$CH_2 = CH - CH_3$	<pre> H       H           C = C - C - H           H   H   H                     </pre>	 <p>Propeno</p>

## Nomenclatura IUPAC

Para alcenos de cadeia normal usa-se a regra:

Prefixo + «eno» – posição da dupla ligação



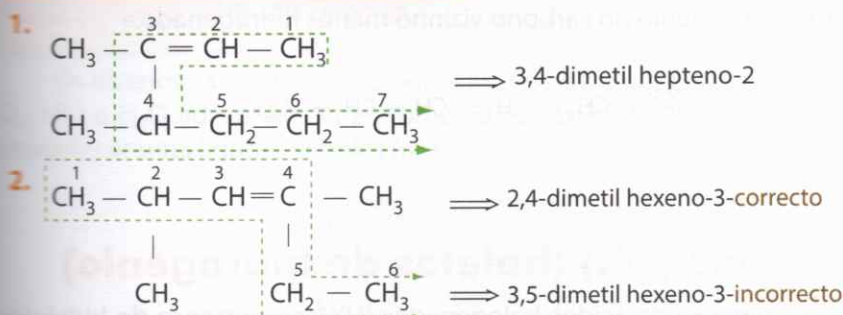
**N.B.:** A cadeia é numerada a partir da extremidade mais próxima da dupla ligação, de tal modo que esta fique com o menor número possível.

Para os alcenos de cadeia ramificada, obedecem-se às seguintes regras:

- Escolhe-se a cadeia principal que é a sequência mais longa de átomos de carbono que **contém a ligação dupla**.
- Numeram-se os carbonos da cadeia principal a partir da extremidade mais próxima da ligação dupla para que esta se situe no carbono com o índice mais baixo possível.
- Indicam-se as ramificações com as respectivas posições e os nomes obedecendo à ordem alfabética ou de complexidade crescente.
- No fim escreve-se o nome da cadeia principal usando a regra válida para os alcenos da cadeia normal.



Exemplos

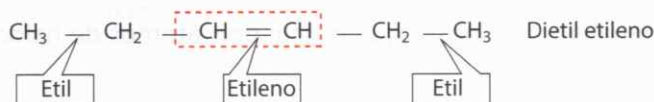


## Nomenclatura trivial ou usual

Os alcanos mais simples usam a terminação «ileno» e são vulgarmente conhecidos por:

etileno	propileno	butileno	isobutileno
$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	$\text{CH}_2 = \text{C} - \text{CH}_3$   $\text{CH}_3$

Outra **nomenclatura trivial** considera os alcenos como derivados do primeiro membro – **etileno**. Para tal identificam-se os dois carbonos envolvidos na ligação dupla que constituem a base do etileno e os restantes carbonos ficam como radicais.



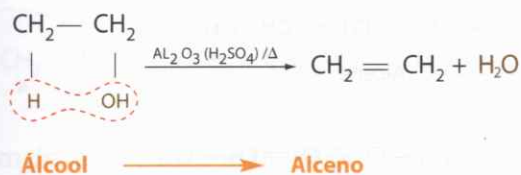
## Métodos de obtenção

Os alcenos são frequentemente obtidos a partir de reacções de eliminação.

### Eliminação de hidrogénio de um alcano (desidrogenação)



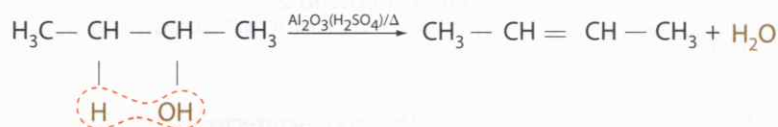
### Eliminação de água (H - OH) (desidratação de álcoois)



Para a formação da água houve retirada (eliminação) do grupo «OH» e do «H» ligado ao carbono vizinho, àquele que apresentava o «OH».

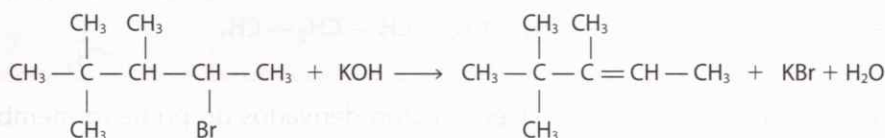
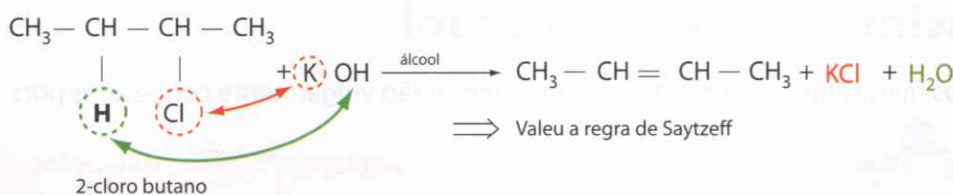
Nas reacções de eliminação de cadeias maiores, deve-se obedecer à **Regra de Saytzeff**:

«Em reacções de eliminação, sairá o hidrogénio do carbono vizinho menos hidrogenado.»



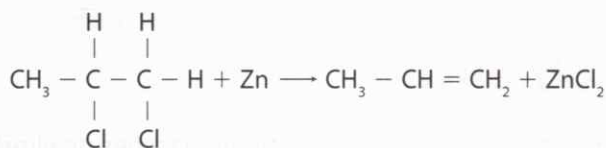
## Eliminação de halogenetos (HX) (haletos de hidrogénio)

Ocorre quando um haleto sofre eliminação de ácidos halogenados (HX), na presença do hidróxido de potássio (KOH) em solução alcoólica.

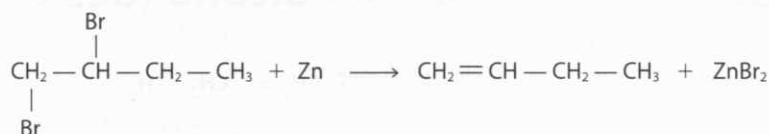


## Eliminação de halogénios (X<sub>2</sub>)

Ocorre quando um di-haleto (composto que possui dois átomos de halogénios) orgânico é tratado com o zinco.

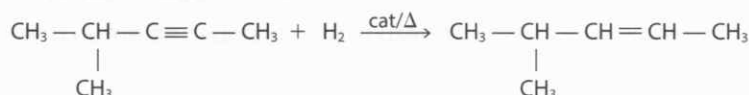
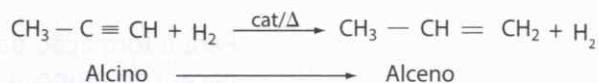


1,2-dicloro propano (um di-haleto vicinal)



## Hidrogenação catalítica de alcinos

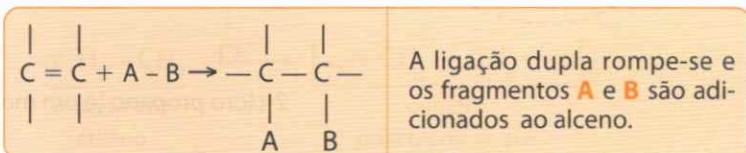
Os alcenos também podem ser obtidos a partir da **adição de hidrogénio a alcinos**, na presença de catalisadores e aquecimento.



## Propriedades químicas

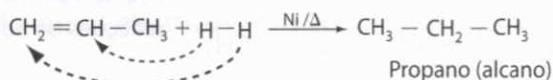
### Reacções de adição

Os alcenos caracterizam-se por **reacções de adição** nas quais partes de moléculas, tais como de  $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $HCl$  e  $H_2O$  adicionam-se a átomos de carbono da ligação dupla ( $\pi$ ), que após a reacção, passam a estabelecer uma ligação simples ( $\sigma$ ) formando um único produto.



### Adição de hidrogénio (hidrogenação catalítica)

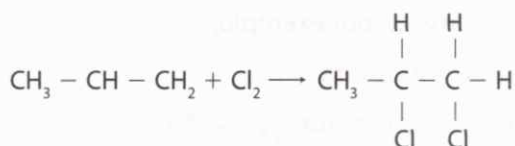
O gás hidrogénio é adicionado ao alceno, formando um alceno. A reacção é catalisada por níquel (Ni), platina (Pt) ou paládio (Pd).



A hidrogenação catalítica é também conhecida como reacção de **Sabatier-Senderens**.

### Adição de halogénios ( $X_2$ )

Os halogénios reagem com alcenos em reacções de adição. O produto obtido é um di-haleto no qual os átomos de halogénios ficam posicionados em carbonos vizinhos chamado de vicinal. A reacção é espontânea.



1,2-dicloro propano (um di-haleto vicinal)

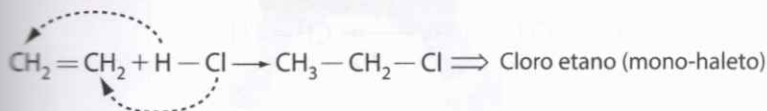
A ordem de reactividade varia:  $Cl_2 > Br_2 > I_2$  (não se menciona o flúor porque a sua elevada reactividade provoca a destruição do composto orgânico.)

### Adição de haletos de hidrogénio (HX)

Compostos do tipo HX, onde o X é um halogénio, adicionam-se a alcenos numa reacção catalisada pelos iões  $H^+$ , formando um mono-haleto orgânico.



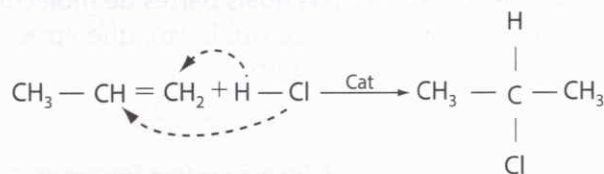
#### Exemplo



A ordem de reactividade é:  $HI > HBr > HCl$  (ordem da força dos ácidos)

**N.B.:** A preferência da adição do hidrogénio é expressa pela **2.ª Regra de Markovnikov**:

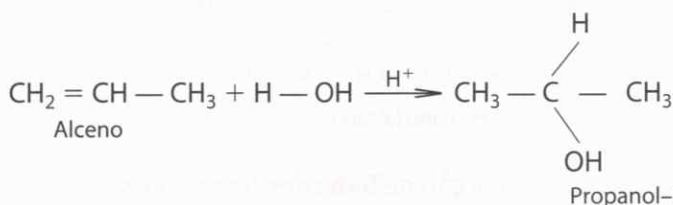
«Nas reacções de adição, o hidrogénio adiciona-se ao carbono insaturado mais hidrogenado».



2-cloro propano (é um mono-haleto)

## Adição de água (hidratação)

O mecanismo é semelhante ao da adição de HX. Contudo, a reacção requer a presença de um catalisador ( $\text{H}^+$ ) e como resultado forma-se um álcool.

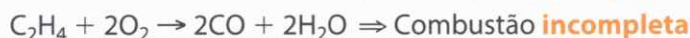
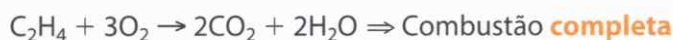


Fez-se valer a regra de Markovnikov para as reacções de adição.

Propanol-2 (é um álcool.)

## Reacções de combustão

Os alcenos, tal como qualquer outro hidrocarboneto são combustíveis e queimam-se segundo os dois tipos de combustão: **completa** (onde se forma dióxido de carbono e água) e **incompleta** (em que há formação de água e monóxido de carbono/carvão), por exemplo,



## Reacção de eliminação

Os alcenos sofrem uma eliminação que culmina com a formação de mais uma ligação  $\pi$  (a ligação torna-se tripla).

## Eliminação de hidrogénio (Desidrogenação)

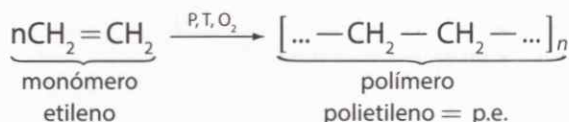
Ocorre com a retirada de hidrogénio dos átomos de carbono insaturados e forma-se um alcino (hidrocarboneto com uma ligação tripla na molécula).



## Reacção de polimerização

É um caso particular de reacção de adição em que várias moléculas (número muito elevado) unem-se para formar uma **macromolécula** (molécula gigante de alto peso molecular) denominada **polímero**. Os polímeros são formados por unidades estruturais que se repetem sucessivamente e que se formam a partir de compostos que sofrem a polimerização— os **monómeros**.

Exemplo: polimerização do etileno



O polietileno (**P.E.**) é um plástico importante e com inúmeras **aplicações**:

- Tem grande utilidade na fabricação de utensílios domésticos: loiça plástica, baldes, sacos plásticos, garrafas, tubos, brinquedos, etc.
- Na indústria química é utilizado no fabrico de recipientes para guardar substâncias corrosivas.
- É muito usado para isolar cabos eléctricos em diversos aparelhos e mecanismos de alta tensão.



Fig.15 Aplicações do polietileno

## Eteno ou Etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)

É o composto mais simples da série dos alcenos. É um gás incolor, insípido e ligeiramente mais leve que o ar. É combustível e é usado como matéria-prima para obtenção de uma série de compostos sintéticos, tais como: álcool etílico, polietileno, etc. É produzido nos frutos verdes, sendo responsável pelo amadurecimento dos mesmos daí o seu uso na promoção do rápido amadurecimento de fruta exportada verde.

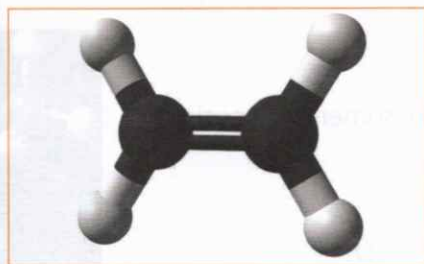


Fig.16 Modelo molecular da estrutura do eteno

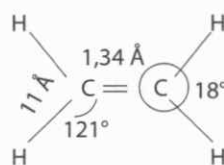


Fig.17 Fórmula estrutural do eteno

Na Natureza, o etileno tem uma abundância relativamente baixa, ocorrendo apenas em quantidades muito reduzidas no gás do petróleo. É principalmente produzido a partir do «craqueamento» (*cracking*) do petróleo e da **desidrogenação do etano**.

## Isomeria nos alcenos

Os alcenos podem apresentar três tipos diferentes de isomeria:

- Isomeria de cadeia
- Isomeria de posição
- Isomeria geométrica

### Isomeria de cadeia

À semelhança dos alcanos, a isomeria de cadeia é caracterizada pela ocorrência de dois ou mais compostos de mesma fórmula molecular mas diferindo no tipo de cadeia – uma normal (linear) e outra, ramificada ou duas com ramificações diferentes.



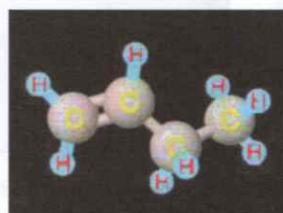
#### Exemplo

A fórmula  $C_4H_8$  fornece os seguintes isómeros:

$CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$  Buteno-1 (cadeia normal)

$CH_2 = C - CH_3$  Metil propeno (cadeia ramificada)  
 $\quad \quad |$   
 $\quad \quad CH_3$

Modelo molecular da estrutura do buteno-1



### Isomeria de posição

Os isómeros diferem na posição da insaturação (ligação múltipla = dupla ou tripla) ou de um grupo OH, halogénio, radical alquil, etc.).

A **isomeria de posição** ocorre quando os compostos têm a mesma cadeia, mas diferem na posição de ligações duplas (ou triplas) ou na posição de determinadas ramificações.

$C_4H_8$

$CH_2 = CH - CH_2 - CH_3 \Rightarrow$  buteno-1 } São isómeros de posição  
 $CH_3 - CH = CH - CH_3 \Rightarrow$  buteno-2 }

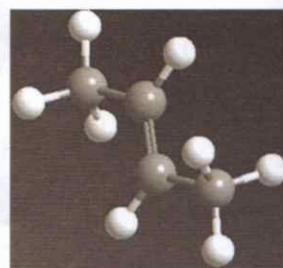
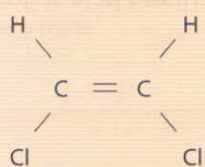


Fig. 18 Modelo molecular da estrutura do buteno-2

## Isomeria geométrica (isomeria cis-trans)

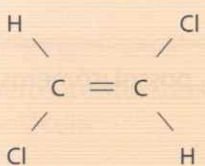
É um caso de geometria espacial porque é explicada somente por meio de fórmulas espaciais.

Na prática os átomos numa molécula distribuem-se ocupando um determinado espaço. Considerando este aspecto, foi possível notar-se que dependendo da forma como os átomos de determinados compostos se distribuem (no espaço), as suas propriedades físicas (densidade, ponto de fusão e de ebulição, etc.) tornavam-se diferentes.



Isómero **cis**

**Fórmula molecular:**  $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$   
**Massa molar:** 97g/mol  
**p.f.** =  $-80^\circ\text{C}$  ; **p.e.** =  $60^\circ\text{C}$   
**Densidade** ( $20^\circ\text{C}$ ) =  $1,28 \text{ g/cm}^3$   
**Polaridade:** polar



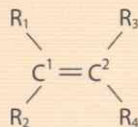
Isómero **trans**

**Fórmula molecular:**  $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$   
**Massa molar:** 97g/mol  
**p.f.** =  $-50^\circ\text{C}$  ; **p.e.** =  $49^\circ\text{C}$   
**Densidade:** ( $20^\circ\text{C}$ ) =  $1,26 \text{ g/cm}^3$   
**Polaridade:** apolar

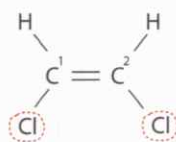
A **isomeria geométrica** é um caso de isomeria espacial que ocorre em compostos que apresentam **ligações duplas** (ou cíclicas) e surge devido à impossibilidade de rotação em torno da ligação dupla entre os dois átomos de carbono.

Um composto pode apresentar isômeros geométricos desde que a sua fórmula estrutural plana obedeça ao **Princípio de isomeria geométrica**: «Ocorrem isômeros geométricos quando a fórmula estrutural plana de um composto apresenta dois carbonos unidos por dupla ligação e em cada um destes (carbonos) surgem dois ligantes diferentes entre si.»

Condição para existência de isômeros geométricos:



$$\text{R}_1 \neq \text{R}_2 \quad \text{e} \quad \text{R}_3 \neq \text{R}_4$$



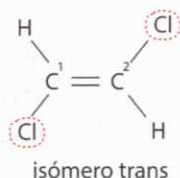
Isómero **cis**

A estrutura acima, forma isómeros geométricos porque:

- Existe uma ligação dupla entre carbono 1 e 2.
- Os ligantes do carbono 1 são diferentes entre si (hidrogénio e cloro).
- Os ligantes do carbono 2 são diferentes entre si (hidrogénio e cloro).

Os isómeros geométricos são sempre dois e são distinguidos pelos prefixos **cis** e **trans**: o que apresenta ligantes iguais do mesmo lado do plano é denominado isómero **cis** (cis = do lado de cá) e o que apresenta ligantes iguais em lados opostos (em relação à ligação dupla) será o isómero **trans** (trans = além).

Assim, o composto representado é o **cis** e o **trans** é representado pela seguinte fórmula:



## Exercício resolvido

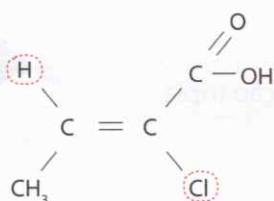
O composto representado pela fórmula:  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$  possui isómeros geométricos? Caso a resposta seja afirmativa, represente-os e identifique-os.

### Resolução

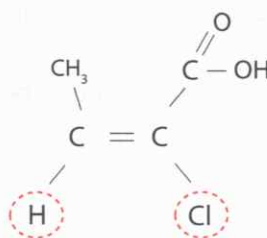
1. Coloque a ligação dupla com os respectivos carbonos.	$\text{C} = \text{C}$
2. Em cada carbono com ligação dupla, sobram duas ligações. Coloca os traços destas ligações.	$\begin{array}{c} \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \end{array}$
3. Complete os ligantes para cada carbono. 4. Verifique se o composto obedece ao princípio de isomeria geométrica. 5. Assinale os <b>ligantes comuns</b> e identifique o isómero representado.	<p style="text-align: center;">Este é o isómero trans.</p>
6. Repita os passos 1, 2 e 3 e troque a posição dos ligantes de um dos carbonos e estará, desta forma, a representar o outro isómero geométrico.	<p style="text-align: center;">Este é o isómero cis.</p>

**N.B.:** Há casos em que o composto obedece ao princípio de isomeria geométrica, mas não se encontram na estrutura, ligantes comuns aos dois carbonos (que contêm a ligação dupla). Nestes casos destacam-se e consideram-se os ligantes mais simples de cada um dos carbonos. →

## Ácido 2 - cloro butano - 2



Isómero trans



Isómero cis

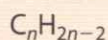
## Alcinos

**Alcinos** são hidrocarbonetos insaturados de cadeia aberta que apresentam **uma ligação tripla** entre átomos de carbono na molécula.

Uma das ligações (a mais forte) é denominada  $\sigma$  (sigma) e as outras duas são ligações de  $\pi$  (pi).

Os alcinos praticamente não ocorrem no estado natural e a maioria das propriedades físicas consideradas para os alcanos estendem-se aos alcinos.

## Fórmula geral



Onde:  $n > 1$ ;  $n$  = número de átomos de carbono;  $2n - 2$  = número de átomos de hidrogénio

N.º de átomos de carbono	Fórmula molecular	Fórmula estrutural	Fórmula racional
$n = 2$	$C_2H_2$	$CH \equiv CH$	$\begin{array}{c} H & H \\   &   \\ C & \equiv & C \end{array}$
$n = 3$	$C_3H_4$	$CH \equiv C - CH_3$	$\begin{array}{c} H & & H \\   & &   \\ C & \equiv & C - C - H \\ & &   \\ & & H \end{array}$

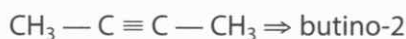
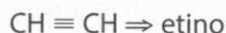
## Nomenclatura IUPAC

Dos alcinos de cadeia normal – usa-se a regra:

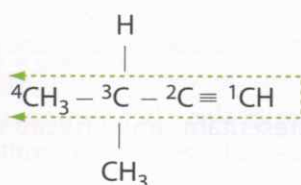
Prefixo + «ino» – posição da ligação tripla



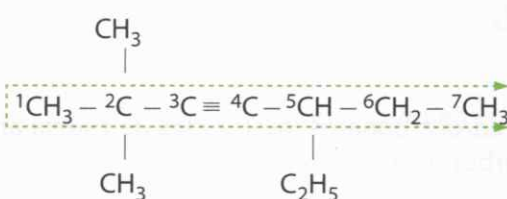
Fig. 19 Modelo molecular da estrutura do propino



Dos alcinos de cadeia ramificada – seguem-se todas as regras indicadas para os alcenos de cadeia ramificada, alterando apenas a terminação **eno** para **ino**.



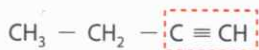
3-metil butino-1



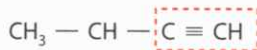
2,2-dimetil 5-etil heptino-3

## Nomenclatura usual

Os alcinos são considerados derivados do membro mais simples da série, o **acetileno**. Com efeito, identifica-se a base acetileno, que é constituída pelos dois átomos carbonos de tripla ligação, e os outros ficam radicais.



Etil acetileno



Isopropil acetileno

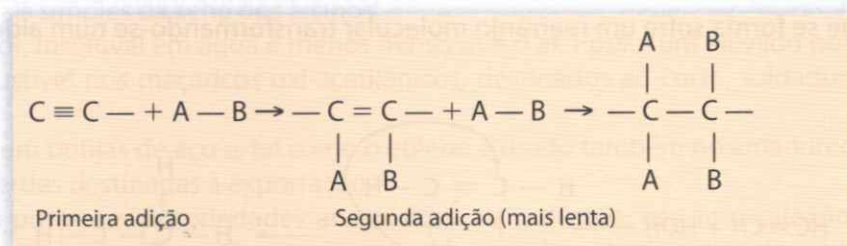
## Propriedades químicas

A ligação tripla nos alcinos tem um comportamento semelhante ao da ligação dupla, isto é, os alcinos sofrem preferencialmente **reações de adição**.

## Reacções de adição

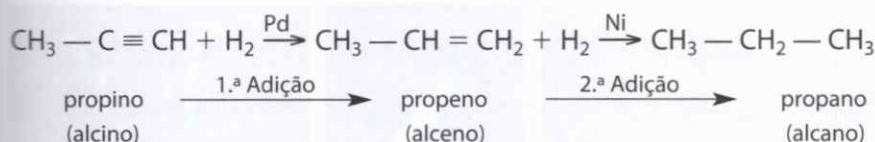
As reacções de adição nos alcinos são mais lentas e, dependendo da quantidade do outro reagente, das condições e do objectivo da reacção, pode ocorrer mais do que uma adição (quebrando-se uma ou as duas ligações  $\pi$ ).

Exemplificação esquemática de reacções de adição nos alcinos:

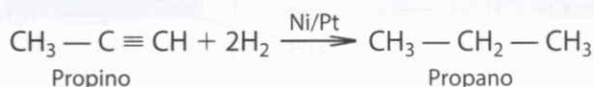


## Adição de hidrogénio (Hidrogenação catalítica)

Decorre na presença de catalisadores (Ni/Pt/Pd) e obtém-se um alcano ou um alceno, dependendo da quantidade de hidrogénio e das condições.

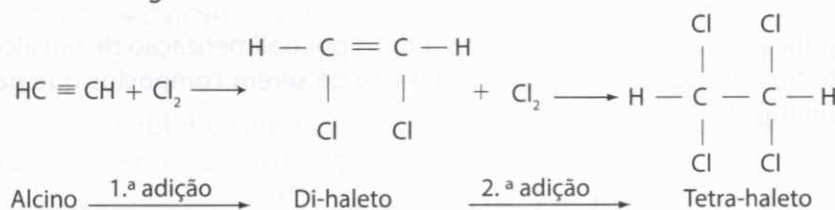


As duas reacções de adição (1.ª e 2.ª) podem ser representadas numa única equação:



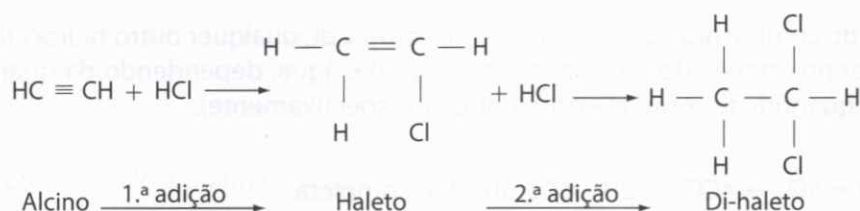
## Adição de halogénios (X<sub>2</sub>)

A adição de halogénios (Cl<sub>2</sub>; Br<sub>2</sub>) segue o mesmo mecanismo que a hidrogenação. Forma-se um di-haleto ou um tetra-haleto orgânico.



## Adição de haletos de hidrogénio (HX)

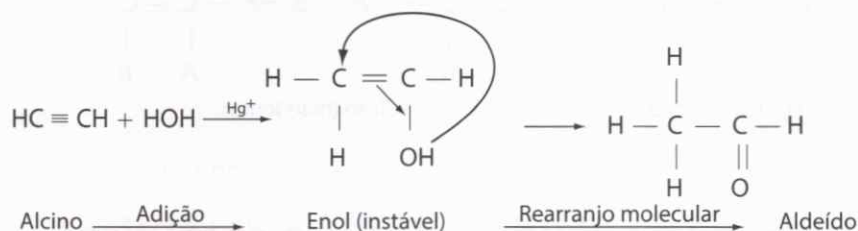
Forma-se um halogeneto orgânico.



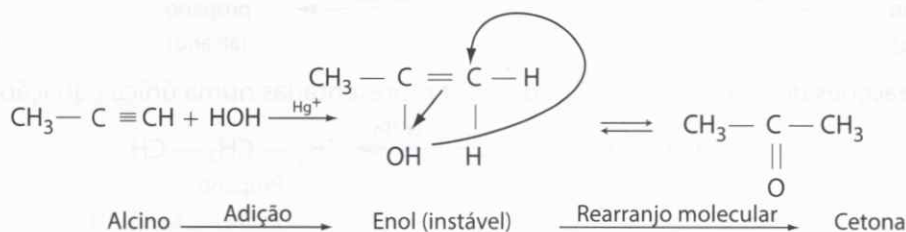
Note que, na 2.ª adição, o hidrogénio ligou-se ao carbono mais hidrogenado, obedecendo à **Regra de Markovnikov** para as reacções de adição.

## Adição de água (hidratação)

Na hidratação de um alcino não ocorre a 2.<sup>a</sup> adição. O produto inicial é um enol (composto instável) que logo que se forma sofre um rearranjo molecular transformando-se num aldeído.

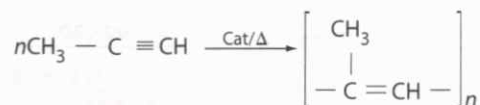


As reacções de hidratação de alcinos maiores que o acetileno são análogas; porém, não se obtém aldeídos, mas sim cetonas.



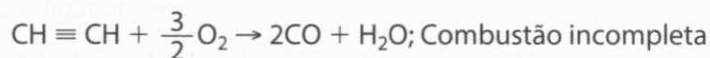
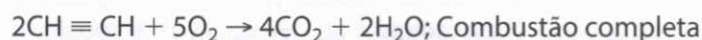
## Reacções de polimerização

Apesar dos principais polímeros não serem obtidos por polimerização de um alcino, estes podem ser submetidos a este tipo de reacção, atendendo ao facto de serem compostos que na sua estrutura apresentam ligações múltiplas.



## Reacções de combustão

A reacção de combustão nos alcinos decorre como a de qualquer outro hidrocarboneto, produzindo dióxido de carbono (monóxido de carbono ou carvão) e água, dependendo da quantidade de oxigénio (combustão da quantidade completa e incompleta, respectivamente).



## Etino ou acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)

É o membro mais simples da série dos alcinos.

É um gás incolor, insolúvel em água e menos denso que o ar. Possui um elevado poder calorífico e é usado como combustível nos maçaricos oxi-acetilênicos, destinados ao corte, soldadura e fundição de metais.

É armazenado em botijas de aço e, tal como o etileno é usado também no amadurecimento artificial de frutas colhidas verdes destinadas à exportação.

No seu estado puro tem propriedades anestésicas. Na indústria, usa-se o calcário como matéria-prima para a obtenção do acetileno. Depois de aquecido, o carbonato de cálcio decompõe-se e fornece o óxido de cálcio, que posteriormente forma o carbeto de cálcio, que por sua vez reage com a água.

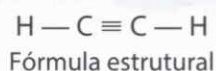
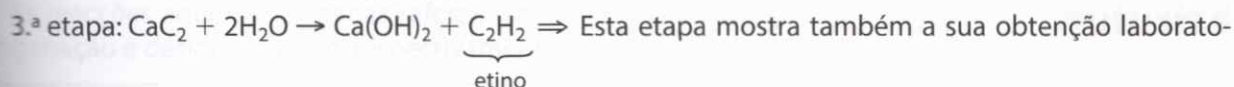
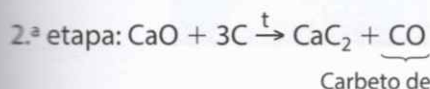
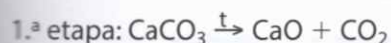


Fig. 20 Modelo molecular da estrutura do etino (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)



Fig. 21 O acetileno guardado em botijas de aço é usado nos maçaricos oxi-acetilênicos utensílios de corte, fusão e soldadura de metais.

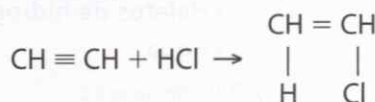


A partir do acetileno são obtidos vários compostos usados no fabrico de explosivos, borracha sintética, plásticos, polieteno (PE) e policloreto de vinilo (PVC), etc.

### Obtenção do PVC

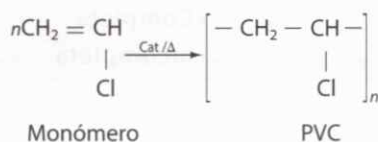
O acetileno é a principal matéria-prima para obtenção do PVC, que se obtém em duas fases:

**1.ª fase:** Obtenção do cloreto de vinilo a partir da reação entre o acetileno e o ácido clorídrico.



Cloro eteno ou cloreto de vinil(o)

**2.ª fase:** O cloreto de vinilo é polimerizado, dando origem ao policloreto de vinilo PVC.



O **PVC** é uma massa elástica com larga aplicação, podendo destacar-se o seu uso nas seguintes áreas:

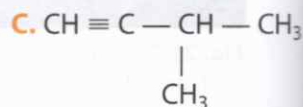
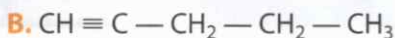
- No isolamento de fios eléctricos.
- No revestimento/produção de tubos e recipientes plásticos resistentes.
- Fabrico de revestimento para o chão, couro-plástico usados em automóveis, sofás, malas, material impermeável e de protecção, etc.



Fig. 22 Diversas aplicações do PVC

## Isomeria nos alcinos

Nos alcinos podem ocorrer isómeros de cadeia e isómeros de posição (em relação à ligação tripla), por exemplo,  $C_5H_8$ :



• **A** e **B** são isómeros de posição. • **B** e **C** são isómeros de cadeia.

**N.B.:** Os alcinos não apresentam isómeros geométricos.

## Comparação dos hidrocarbonetos alifáticos

### Estrutura e tipos de reacções

	Alcanos	Alcenos	Alcinos
<b>Estrutura</b>	Contém <b>apenas ligações simples</b> entre os átomos de carbono.	Contém <b>uma ligação dupla</b> entre átomos de carbono.	Contém <b>uma ligação tripla</b> entre átomos de carbono.
<b>Reacções</b>	<p><b>Substituição:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Halogenação</li> <li>• Nitração</li> <li>• Sulfonação</li> </ul> <p><b>Eliminação:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desidrogenação</li> </ul> <p><b>Combustão:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Completa</li> <li>• Incompleta</li> </ul>	<p><b>Adição:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrogénio</li> <li>• Halogénio</li> <li>• Haletos de hidrogénio</li> <li>• Água</li> </ul> <p><b>Polimerização</b></p> <p><b>Eliminação:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desidrogenação</li> </ul> <p><b>Combustão:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Completa</li> <li>• Incompleta</li> </ul>	<p><b>Adição:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrogénio</li> <li>• Halogénio</li> <li>• Haletos de hidrogénio</li> </ul> <p><b>Polimerização</b></p> <p><b>Combustão:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Completa</li> <li>• Incompleta</li> </ul>

## Descrição das reacções

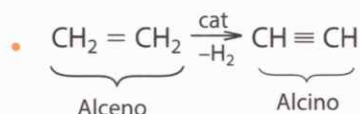
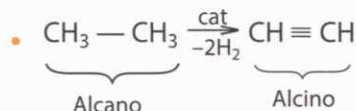
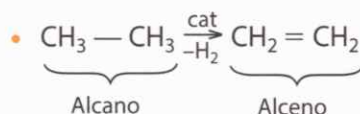
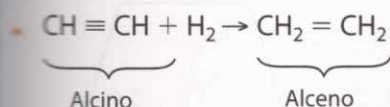
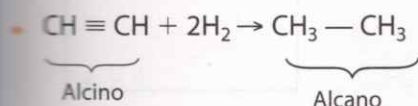
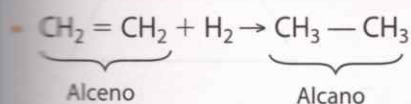
Reacção	Descrição do decorrer das reacções
<b>Substituição</b>	Um ou mais átomos de carbono são retirados e <b>substituídos</b> por um radical.
<b>Adição</b>	Consiste na adição (aumento) de átomos (ou grupos de átomos) na molécula, através do rompimento da(s) ligação(ões) $\pi$ .
<b>Eliminação</b>	Consiste na retirada de átomos ou grupos de átomos ligados a dois carbonos vizinhos resultando a formação de uma ligação $\pi$ .
<b>Polimerização</b>	É uma <b>reacção de adição</b> em que várias moléculas iguais unem-se, originando uma macromolécula o polímero.

## Possibilidades de transformação dos hidrocarbonetos



As reacções aqui mencionadas referem-se à adição e eliminação de átomos de hidrogénio, isto é, hidrogenação e desidrogenação, respectivamente.

### Exemplos



## Hidrocarbonetos cíclicos

**Hidrocarbonetos cíclicos** são compostos de carbono e de hidrogénio, que formam uma estrutura de cadeia carbónica fechada.

Este grupo de hidrocarbonetos subdivide-se em dois grandes grupos:

- Hidrocarbonetos cíclicos alicíclicos
  - Saturados  $\Rightarrow$  cicloalcanos
  - Insaturados  $\Rightarrow$  cicloalcenos
- Hidrocarbonetos cíclicos aromáticos

## Hidrocarbonetos cíclicos alicíclicos

### Cicloalcanos (ou ciclano)

**Cicloalcanos** são hidrocarbonetos de cadeia carbónica fechada, na qual os átomos de carbono estão ligados entre si somente por ligações simples.

#### Fórmula geral

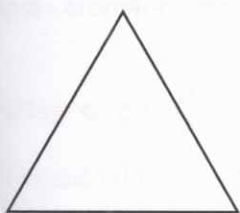


onde:  $n \geq 3$ ;  $n$  = número de átomos de carbono;  $2n$  = número de átomos de hidrogénio

N.º de átomos de carbono	Fórmula molecular	Fórmula estrutural	Fórmula simplificada
$n = 3$	$C_3H_6$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \end{array}$	
$n = 4$	$C_4H_8$	$\begin{array}{cc} \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 \\   & &   \\ \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 \end{array}$	
$n = 5$	$C_5H_{10}$	$\begin{array}{cc} \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 \\   & &   \\ \text{CH}_2 & & \text{CH}_2 \\ \backslash & & / \\ & \text{CH}_2 & \end{array}$	

## Nomenclatura

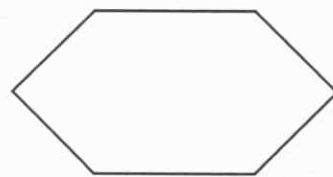
- No nome dos cicloalcanos usa-se o prefixo «ciclo» e a terminação «ano».



Ciclo propano

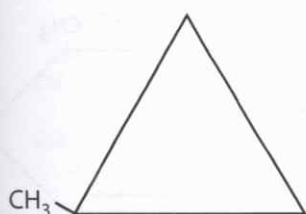


Ciclo butano

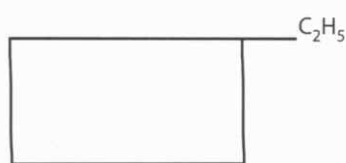


Ciclo hexano

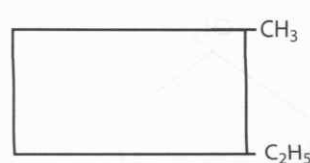
- Existindo uma ou mais ramificações, enumeram-se os carbonos do ciclo, começando pela ramificação mais simples e percorre-se o ciclo de forma que as outras ramificações fiquem com menores números possíveis.



Metil ciclo propano



Etil ciclo butano

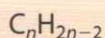


1-metil 2-etil ciclobutano

## Cicloalcenos (ou ciclenos)

**Cicloalcenos** são hidrocarbonetos de cadeia fechada que apresentam no ciclo uma ligação dupla.

### Fórmula geral



onde:  $n \geq 3$ ,  $n$  = número de átomos de carbono;  $2n - 2$  = número de átomos de hidrogénio

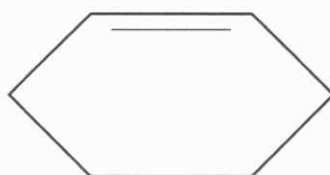
N.º de átomos	Fórmula molecular	Fórmula estrutural	Fórmula simplificada
$n = 3$	$C_3H_4$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{CH} = \text{CH} \end{array}$	
$n = 4$	$C_4H_6$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} \\   \quad \quad    \\ \text{CH}_2 - \text{CH} \end{array}$	
$n = 5$	$C_5H_8$	$\begin{array}{c} \text{CH} = \text{CH} \\   \quad \quad   \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \\ \backslash \quad / \\ \text{CH}_2 \end{array}$	

## Nomenclatura

- Os cicloalcanos recebem o nome do alceno correspondente com o prefixo **ciclo**.

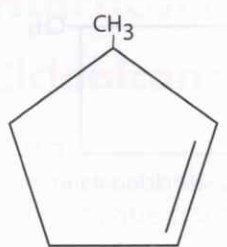


Ciclo buteno



Ciclo hexeno

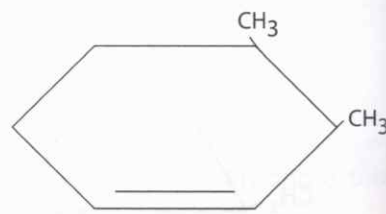
- Havendo ramificações, a numeração do ciclo começa num dos carbonos da ligação dupla, passando imediatamente pelo outro da ligação dupla, desde que a sequência seja de modo a fornecer menor número às ramificações.



3-metil ciclo penteno



4-etil ciclo hexeno



3,4-dimetil ciclo hexeno

## Propriedades físicas dos cicloalcanos e cicloalcenos

As propriedades físicas dos cicloalcanos e cicloalcenos são idênticas às dos alcanos e alcenos, respectivamente. A temperatura de ebulição dos ciclos são maiores que as dos compostos alifáticos correspondentes.

Hidrocarboneto	Ponto de Ebulição
Ciclo pentano	49 °C
<i>n</i> - pentano	36 °C
Ciclo hexano	81 °C
<i>n</i> - hexano	69 °C

## Hidrocarbonetos aromáticos

**Hidrocarbonetos aromáticos** (ou arenos) são compostos de carbono e hidrogênio, que apresentam na sua estrutura pelo menos um anel benzênico.

A designação «**compostos aromáticos**» surgiu porque os primeiros compostos deste tipo, obtidos de fontes naturais, apresentavam um cheiro (aroma) característico.

Apesar de mais tarde ter-se verificado que nem todos os compostos desta série possuíam a referida característica, a designação antiga manteve-se até aos dias de hoje.

A existência de pelo menos um anel benzênico, na composição dos compostos aromáticos, exige que se faça, antes, um estudo detalhado deste (o benzeno).

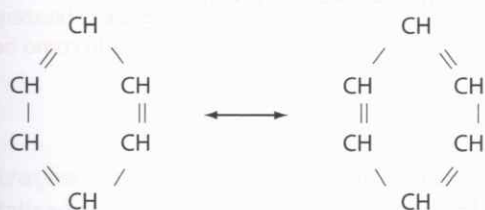
## Benzeno

O benzeno tem a fórmula molecular  $C_6H_6$ . É o representante dos hidrocarbonetos aromáticos e o composto aromático mais simples.

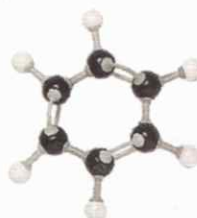
### Estrutura do benzeno

O estudo do benzeno merece um destaque porque após a sua descoberta, em 1825, a sua estrutura representou um problema extremamente difícil para os cientistas da Química Orgânica.

Em 1865, Friedrich Kekulé (cientista alemão) sugeriu a fórmula cíclica da estrutura do benzeno, com ligações simples e duplas alternadas. Para explicar o facto de as ligações duplas não se encontrarem fixas, Kekulé estabeleceu a **teoria da oscilação das ligações duplas**: «As três ligações duplas não se encontram fixas, mas sim oscilando nas duas posições possíveis».



**Fig. 23** Estrutura do benzeno, com ligações duplas e simples alternadas



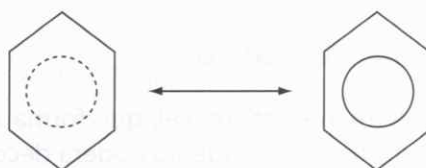
**Fig. 24** Modelo molecular da estrutura do benzeno ( $C_6H_6$ )

Esta estrutura não explicava o estranho comportamento químico do benzeno, relativamente inerte, com grande estabilidade e caracterizado principalmente por reacções de substituição e não de adição como seria de esperar de um composto com ligações duplas.

Só em 1930 foi possível estabelecer-se uma estrutura definitiva para o benzeno. Com base na proposta de Kekulé, constatou-se que a estrutura real do benzeno não seria nenhuma das propostas por este, mas sim uma estrutura intermediária que foi descrita como um **híbrido de ressonância**. Este facto é indicado através de um círculo descrito num hexágono.

**Ressonância** é a existência de várias posições dos electrões dentro de uma molécula, sem que haja mudança na posição dos seus átomos.

A estrutura seguinte mostra que as ligações duplas não ocupam posições fixas e que os electrões  $\pi$  encontram-se deslocalizados exercendo uma influência nos carbonos vizinhos.



**Fig. 25** Estrutura do benzeno mostrando o círculo com os electrões deslocalizados.

## Propriedades físicas e aplicação do benzeno

O benzeno é um líquido incolor com cheiro característico (forte), é volátil e insolúvel em água mas solúvel em solventes apolares.

É um composto tóxico e cancerígeno; deve-se evitar inalar os seus vapores que começam por causar tonturas dores de cabeça até a inconsciência. A inalação por longos períodos causa sérios problemas no sistema nervoso e no sistema sanguíneo (redução dos glóbulos brancos e vermelhos e até a leucemia).

O benzeno encontra-se principalmente no petróleo bruto e nas minas do carvão mineral (hulha).

O benzeno tem larga aplicação industrial onde é aproveitado como solvente orgânico (de iodo, enxofre, gordura, ceras, etc.) e muito usado na síntese de uma série de compostos orgânicos importantes para o fabrico de corantes sintéticos, resinas, detergentes, insecticidas hexaclorobenzeno (BHC) e diclorodifeniltricloroetano (DDT), explosivos como o trinitrotolueno (TNT), medicamentos, etc.

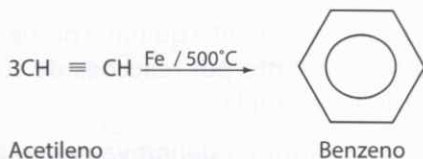


Fig. 26 O benzeno é comercializado como benzina.

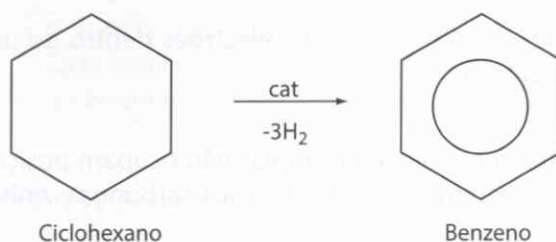
## Obtenção do benzeno

O benzeno pode ser obtido principalmente a partir de:

### • Trimerização do acetileno



### • Desidrogenação do ciclohexano



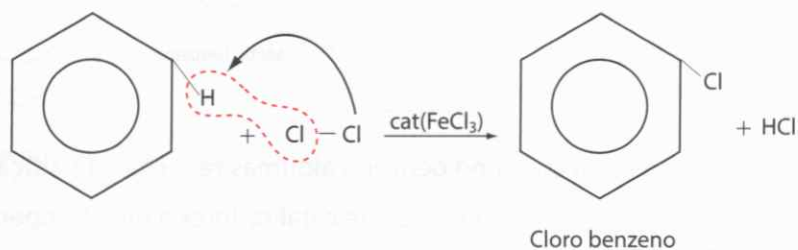
## Propriedades químicas do benzeno

O benzeno é um combustível altamente inflamável, que forma uma mistura explosiva com o ar e com o oxigénio. Dependendo da quantidade de oxigénio poderá decorrer uma combustão completa ou incompleta.

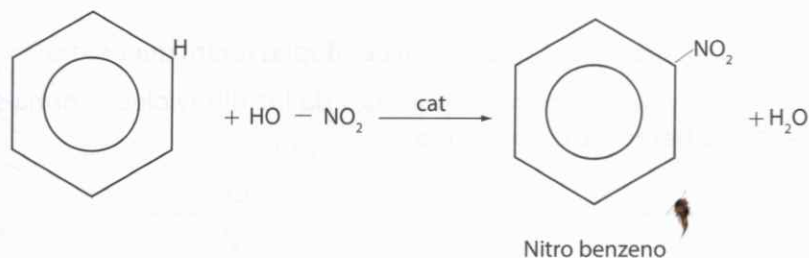


As ligações duplas existentes na molécula do benzeno criam a primeira impressão da facilidade de ocorrência de **reacções de adição**, tal como acontece com os outros hidrocarbonetos insaturados. Porém, isto não acontece devido à elevada estabilidade do anel benzénico. Sendo assim, o benzeno efectua com maior facilidade **reacções de substituição**, que decorrem de forma semelhante à substituição nos alcanos:

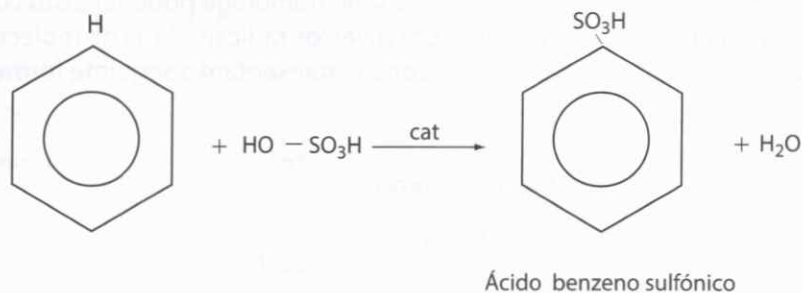
• **Halogenação** – verifica-se a substituição de um ou mais hidrogénios por átomos de halogénios. É uma reacção que decorre na presença de catalisadores.



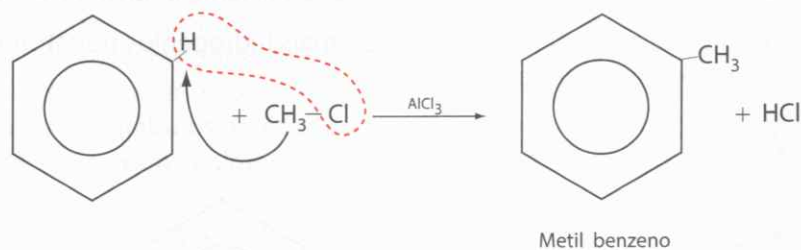
• **Nitração** – há substituição do hidrogénio pelo **grupo nitro** ( $-\text{NO}_2$ ) e usa-se o ácido sulfúrico como catalisador.



• **Sulfonação** – por aquecimento, dá-se a substituição do hidrogénio pelo **radical sulfónico** ( $-\text{SO}_3\text{H}$ ). Decorre na presença do trióxido de enxofre.

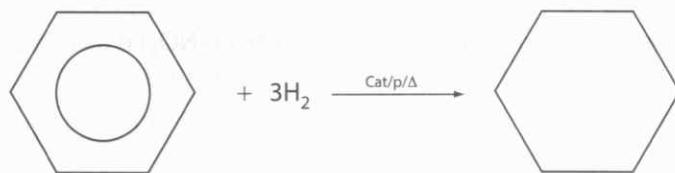


- **Alquilação (síntese de Friedel-Crafts)** – alquilar uma molécula consiste em introduzir-lhe radicais alquil através da substituição de átomos de hidrogénio no anel benzénico. A reacção é feita com haletos orgânicos.



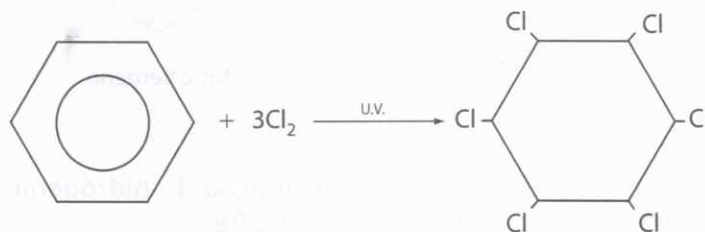
Com certas dificuldades, podem decorrer no benzeno algumas **reacções de adição**:

- **Reacção de hidrogenação** – ocorre na presença de catalisadores a uma temperatura de 300 °C e a uma pressão de 200 atm.



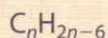
O desaparecimento do círculo mostra que as ligações duplas foram quebradas.

- **Reacção de adição do cloro** – ocorre na presença da luz ultravioleta. Forma-se uma substância usada como insecticida: hexacloro ciclo hexano.



Após a descrição do benzeno e das suas propriedades, pode-se fazer o estudo dos hidrocarbonetos aromáticos tendo em conta que cada composto da sua série homóloga pode ser visto como um produto da substituição de um ou mais átomos de hidrogénio por diversos radicais alquil na molécula do benzeno, por isso são também designados por **derivados do benzeno** e apresentam a seguinte fórmula geral:

**Fórmula geral**



onde:  $n \geq 6$ ;  $n$  = número de átomos de carbono;  $2n - 6$  = número de átomos de hidrogénio

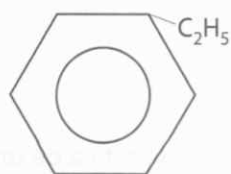
## Nomenclatura IUPAC

### • Presença de um radical ligado ao anel benzênico

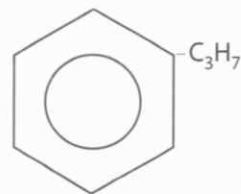
Nome do radical + benzeno



Metil benzeno



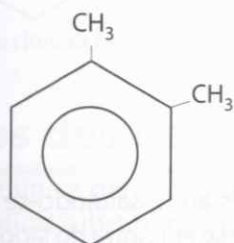
Etil benzeno



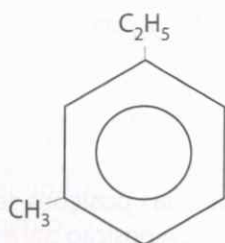
Propil benzeno

### • Presença de vários radicais

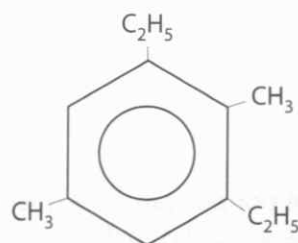
- Numeram-se os carbonos do anel começando pelo que contém menor radical.
- A numeração deve ser feita de tal modo que as restantes ramificações fiquem com menores números possíveis. No fim acrescenta-se a palavra benzeno.



1,2-dimetil benzeno

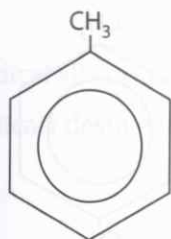


1-metil 3-etil benzeno

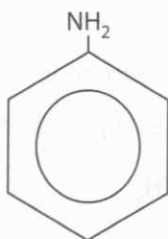


1,4-dimetil 2,6-diethyl benzeno

Alguns derivados têm nomes especiais:



Tolueno



Anilina



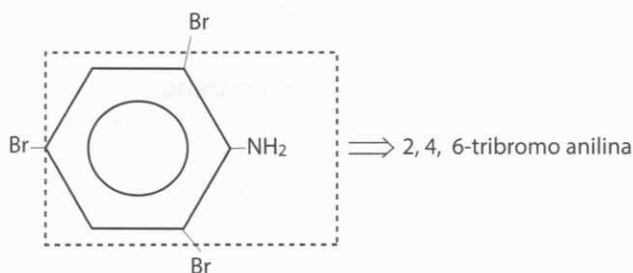
Fenol



Ácido benzeno sulfônico

O tolueno é um líquido com um odor característico. É matéria-prima usada para a obtenção de vários derivados do benzeno. É adicionado aos combustíveis (como antidetonante) e como solvente nas tintas.

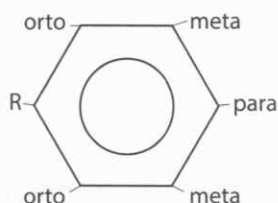
Com a presença de um destes grupos considera-se a sua posição como sendo a primeira (posição 1) e o composto é considerado seu derivado.



No caso de **duas ramificações**, é comum a prática de uma nomenclatura especial (trivial) em que se usam prefixos para indicar as posições dos radicais:

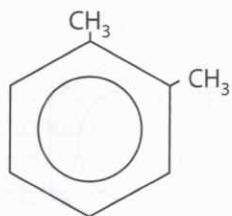
- **Orto** – para as posições 1,2 ( ou 1,6)
- **Meta** – para as posições 1,3 (ou 1,5)
- **Para** – para as posições 1,4

Assim, em relação a um determinado radical «R» preso ao anel benzénico, as outras cinco posições recebem nomes especiais.

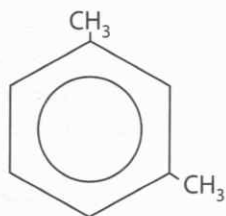


Designa-se por posição **orto** qualquer uma das duas posições seguintes ao **R**; saltando-se um carbono encontra-se, em cada um dos lados, a posição **meta**; A posição **para** é a que se encontra do lado oposto ao **R**.

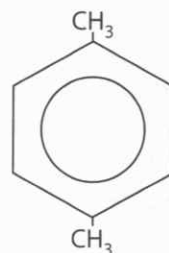
Com dois radicais «metil» ligados ao anel benzeno tem-se o **xileno** dependendo das posições dessas ramificações teremos **orto**, **meta** ou **para**.



**orto** xileno ou  
**orto** dimetil benzeno

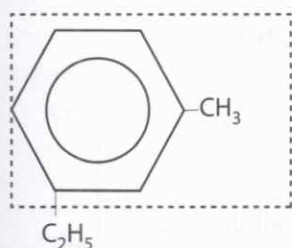


**orto** xileno ou  
**orto** dimetil benzeno

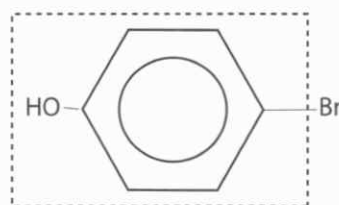


**para** xileno ou  
**para** dimetil benzeno

Se um dos grupos ligado ao anel benzénico origina um nome especial à molécula, pode-se nomear o composto como se fosse um seu derivado.



meta etil tolueno

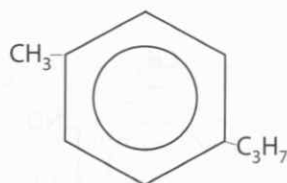


para bromo fenol

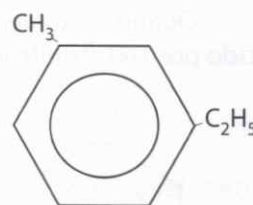
Se os dois grupos forem diferentes e nenhum deles possuir um nome especial, coloca-se a posição **orto** (o), **para** (p), ou **meta** (m) e logo a seguir os radicais em função da ordem alfabética (ou ordem crescente, caso sejam radicais alquil) terminando por benzeno.



o-bromo cloro benzeno



p-metil propil benzeno



m-metil etil benzeno

## Reacções dos derivados do benzeno

Consideram-se derivados do benzeno todos os compostos que possuem no anel benzénico pelo menos um radical substituindo o hidrogénio.

Quando existe um radical «R» preso ao anel, ele influenciará a substituição seguinte. Para tal, existem duas possibilidades:

1. O radical «R» pode ser **orto** – **para** dirigente, isto é, orienta um segundo grupo para as suas posições **orto** e **para**. São formados por um átomo ou grupo de átomos unidos por ligações simples.

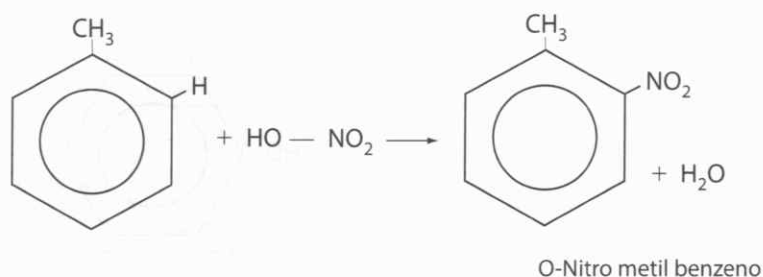
{— NH<sub>2</sub>, — OH, — Cl, — C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, — OCH<sub>3</sub>, etc.} orto-para dirigentes

2. O radical «R» pode ser **meta** dirigente.

São radicais desta natureza, todos aqueles que possuem ligação dupla, tripla (ou dativa).

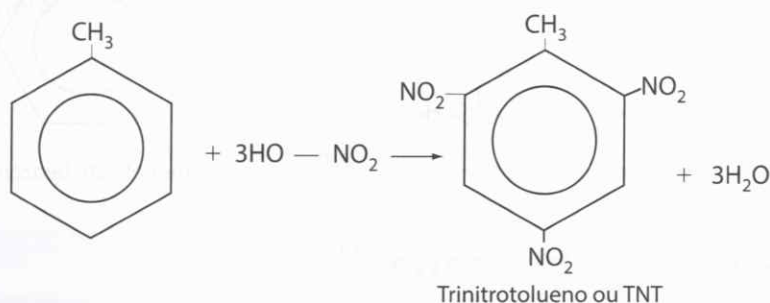
{NO<sub>2</sub>; — C(=O) — H; — SO<sub>3</sub>H; — C(=O) — OH; — C≡N; etc.} meta dirigentes

Vejam os a reacção de nitração do tolueno:



O radical **metil** é um dirigente **orto-para**, por isso orientará o radical nitro para uma destas posições e é nela que decorre a 2.<sup>a</sup> substituição.

Quando o tolueno sofre uma nitração total, forma o 2,4,6-trinitro tolueno, um explosivo conhecido por TNT (trinitrotolueno).



**Fig. 27** Explosão (pedreira) provocada por TNT

Um caso particular é a **reacção do tolueno** com o **cloro** ou com o **bromo**, dependendo das condições, a substituição poderá decorrer fora do anel (na ramificação) ou no anel (neste caso deve-se considerar o radical metil como um dirigente orto-para).



Nos compostos aromáticos é frequente encontrarem-se isómeros de posição que são os que pertencem à mesma função química, apresentam o mesmo tipo de cadeia, mas diferem quanto à posição de um determinado radical no anel aromático.



## Fontes naturais dos hidrocarbonetos

Foi mencionado que, na Natureza, os hidrocarbonetos encontram-se no carvão mineral, petróleo bruto e no gás natural, sendo as duas últimas as principais fontes.



Fig. 28 Hidrocarbonetos encontram-se no carvão mineral, petróleo bruto e no gás natural

## Petróleo bruto

O petróleo bruto, por conter hidrocarbonatos é actualmente um dos recursos naturais do qual a sociedade vive dependente, devido à grande variedade de produtos que são fabricados a partir do petróleo como matéria-prima.



Fig. 29 Petróleo bruto

## Origem/formação do petróleo bruto

Segundo uma das teorias mais aceites, o petróleo tem a sua origem em restos de animais e vegetais que se depositaram no fundo do mar, nas vizinhanças de terra firme. Esse material orgânico, durante milhares de anos, sob acção de microorganismos e sob o efeito da temperatura e elevada pressão, sofreu reacções bastante complexas, originando o petróleo.

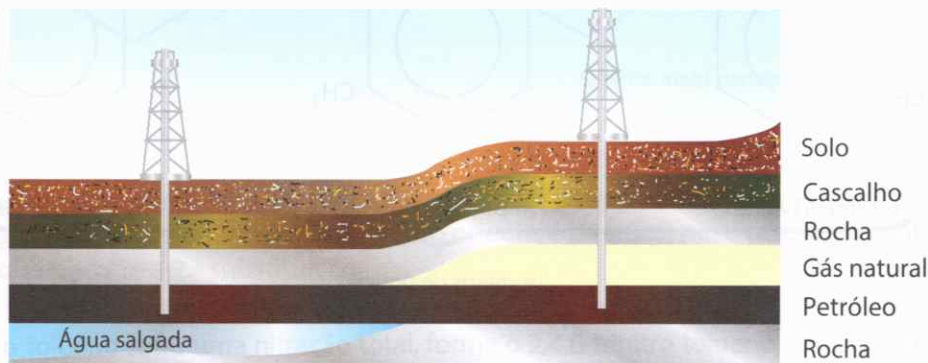


Fig. 30 Jazigo de petróleo

Para a produção do petróleo, a Natureza contou com condições especiais (naturais) e levou milénios para a sua formação. Assim, a Humanidade não conta com meios para a sua produção, considerando-o um **recurso não-renovável**.

## Características físicas

A palavra «petróleo» vem do latim (*petra* = pedra ; *oleum* = óleo), significa assim «material oleoso extraído das rochas». O petróleo é um líquido escuro, oleoso e de cheiro característico; é insolúvel em água e com uma densidade menor que a água.

## Composição química

O petróleo é uma mistura formada fundamentalmente por hidrocarbonetos (compostos orgânicos exclusivamente formados por átomos de carbono e hidrogénio) com diferentes massas moleculares.

A predominância de determinados hidrocarbonetos varia de acordo com localização do petróleo e faz com que os petróleos sejam classificados em:

- **Parafínicos** (hidrocarbonetos de cadeia aberta: alcanos e alcenos)
- **Nafténicos** (naftaleno e seus derivados)
- **Aromáticos** (hidrocarbonetos aromáticos)
- **Mistos** (hidrocarbonetos parafínicos e nafténicos)

No petróleo, há em pequenas quantidades substâncias contendo nitrogénio, oxigénio e enxofre ( $H_2S$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ ) e outras impurezas tais como a água, sais minerais, impurezas mecânicas, etc.

## Ocorrência

O petróleo encontra-se em zonas profundas: umas vezes em terra firme (mas sobre a água salgada), outras abaixo do fundo do mar (embora se acredite que aproximadamente metade das suas reservas encontra-se abaixo do mar). Geralmente vem acompanhado de água salgada e de gás natural.

Embora os seus jazigos sejam encontrados em todos os continentes, a sua distribuição não é equitativa. As maiores reservas conhecidas encontram-se no Médio Oriente, onde se concentra mais de metade do petróleo extraído a nível mundial.

## Prospecção e extracção

A prospecção do petróleo consiste em técnicas de trabalho feitas para a sua localização. Essas técnicas são feitas de várias formas, mas o método mais comum consiste em explorar terrenos sedimentares com cargas explosivas, medindo em seguida as ondas de choque reflectidas pelas várias camadas do subsolo. O estudo e análise dessas ondas mostrará a possibilidade de existência do petróleo.

Actualmente, são usados outros meios mais modernos tais como, aviões e satélites artificiais que ajudam a definir as regiões de maior probabilidade de ocorrência do petróleo. Uma vez confirmada a existência de petróleo segue-se a sua extracção.

Em Moçambique existem algumas zonas de prospecção do petróleo: bacia do Rovuma, principalmente nos distritos de Mocímboa da Praia e Palma, na Província de Cabo Delgado.

A extracção do petróleo é feita a partir de perfurações feitas com sondas de grandes dimensões que são suportadas por torres de perfuração.

Quando um poço é perfurado, o petróleo jorra espontaneamente para o exterior devido à forte pressão exercida pelos gases, atingindo elevadas alturas. Algum tempo depois, a pressão baixa e torna-se insuficiente para o transportar até à superfície, e a sua extracção passa a ser feita através de bombas.

O petróleo extraído dos poços é levado para grandes tanques onde, por decantação, se retiram as primeiras impurezas incluindo a água. É em seguida transportado em «pipelines» (oleodutos) ou em superpetroleiros (navios de grande tonelagem) para as **refinarias** – local onde o petróleo sofre a separação e tratamento dos seus componentes.



Fig. 31 Plataforma de exploração de petróleo

## Formas de tratamento

O tratamento do petróleo consiste numa série de processos físicos e químicos que visam a sua separação em numerosos derivados que fornecem produtos de larga aplicação.

As principais formas de tratamento do petróleo são: **destilação fraccionada** e **cracking**.

## Destilação fraccionada

É um método físico de tratamento do petróleo, que consiste na separação dos seus componentes em diversas fracções de substâncias que diferem pelas suas temperaturas de ebulição.

A técnica inicia-se com o **aquecimento do petróleo bruto** que é conduzido (em forma de vapor) para a parte inferior da primeira **torre de fraccionamento** ou **coluna de destilação**; esta, no seu interior dispõe de uma **série de pratos** (fracções) colocados a diferentes alturas. As moléculas menores (hidrocarbonetos com baixo ponto de ebulição) conseguem contornar essas fracções e chegar ao topo da coluna. As moléculas maiores (de hidrocarbonetos com ponto de ebulição mais alto) não conseguem chegar ao topo e acumulam-se nos diversos níveis da coluna, onde os seus vapores condensam-se consoante os seus pontos de ebulição.

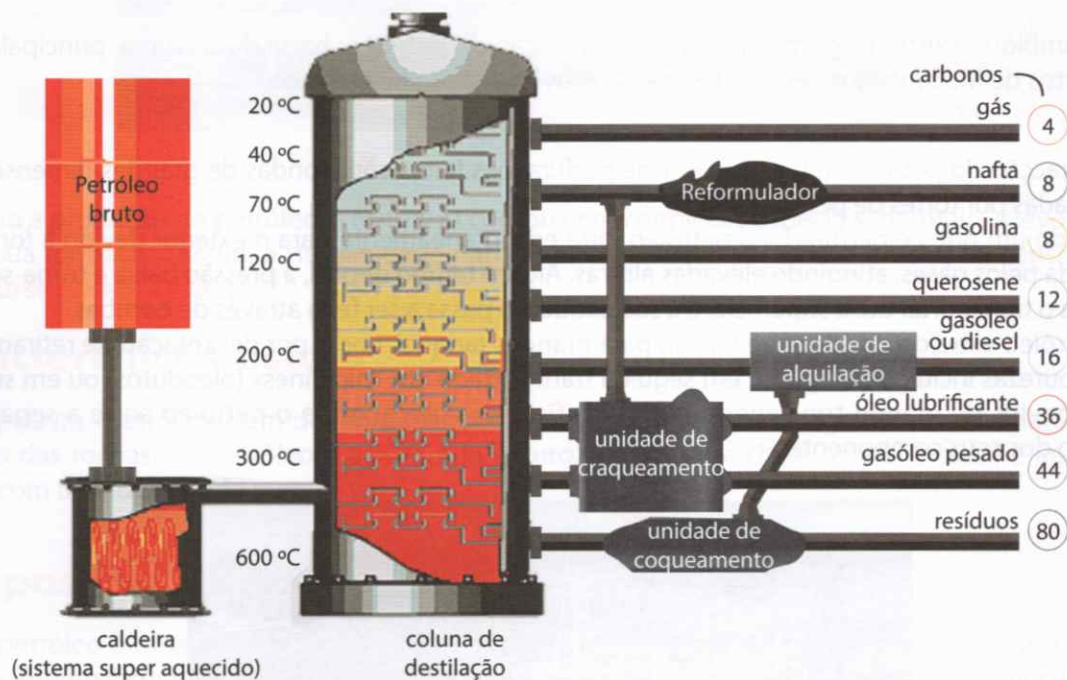


Fig. 32 Coluna de fraccionamento e principais derivados do petróleo.

O resíduo da primeira torre (coluna) é denominado **mazute** – líquido espesso constituído por hidrocarbonetos de alto peso molecular. Para que estes compostos sejam separados, o resíduo é reaquecido a temperaturas ainda mais elevadas e o processo decorre numa segunda coluna de fraccionamento onde a destilação é feita no vácuo e a pressão muito reduzida de forma a evitar-se o rompimento das moléculas. Nesta torre, os componentes do mazute separam-se em diferentes fracções que constituem os diversos óleos pesados e o resíduo final – **alcatrão**.

A tabela 3 mostra as características das principais fracções do petróleo:

**Tabela 3:** Características das principais derivados do petróleo

Fracção	Ponto de ebulição	Composição aproximada	Aplicações
Gás residual	—	C <sub>1</sub> — C <sub>2</sub>	Gás combustível
Gás liquefeito do petróleo – GLP	Até 40 °C	C <sub>3</sub> — C <sub>4</sub>	Contém propano e butano que são engarrafados em botijas como combustível doméstico e industrial.
Gasolina	40 °C – 175 °C	C <sub>5</sub> — C <sub>10</sub>	Combustível de automóveis e solvente de gorduras
Querosene	175 °C – 235 °C	C <sub>11</sub> — C <sub>12</sub>	Óleos usados em lâmpões para iluminação e como combustível de aviões a jacto e foguetões.
Gasóleo leve (diesel)	235 °C – 305 °C	C <sub>13</sub> — C <sub>17</sub>	É empregue em motores a diesel como combustível.
Gasóleo pesado	305 °C – 400 °C	C <sub>18</sub> — C <sub>25</sub>	Combustível e matéria-prima para lubrificantes
Óleos lubrificantes			Óleos usados na lubrificação de vários tipos de máquinas.
Vaselina	400 °C – 510 °C	C <sub>26</sub> — C <sub>38</sub>	Tem aplicação farmacêutica na composição de pomadas.
Parafina			Usadas no fabrico de velas, gomas de mascar, ceras para o chão, lubrificantes, etc.
Alcatrão	Acima de 510 °C	C <sub>38</sub> — C <sub>∞</sub>	Utilizado na pavimentação de estradas. Quando oxidado é usado como revestimento impermeabilizante.

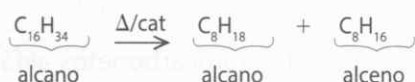
A gasolina e outros derivados voláteis são produtos de maior consumo. A sua quantidade obtida por destilação fraccionada é insuficiente para cobrir as necessidades a nível mundial. Para a obtenção de maior número e maior variedade destes produtos, as fracções mais pesadas são partidas em fracções leves pelo processo de *cracking*.

**Cracking** surgiu para atender ao grande consumo de gasolina e outros derivados voláteis.

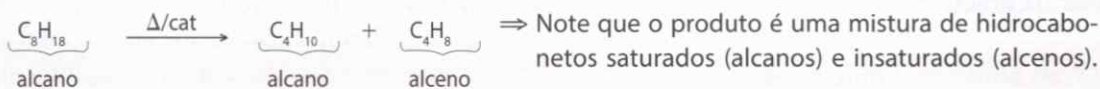
### Cracking do petróleo (craqueamento ou pirólise)

É uma transformação química dos componentes do petróleo.

Este processo consiste na **quebra por aquecimento** de fracções mais pesadas (moléculas maiores) do petróleo, que são transformadas em fracções mais leves (moléculas menores e mais voláteis) por aquecimento (**cracking térmico**) ou por aquecimento e catalisadores (**cracking catalítico**).



Dependendo dos objectivos, a ruptura das moléculas pode continuar:



O *cracking* é um processo complexo, que permite não só aumentar a quantidade e qualidade da gasolina, mas também origina inúmeros compostos que servem como matéria-prima para as outras indústrias.

Após a separação e tratamento inicial, cada uma das fracções do petróleo pode sofrer transformações que fornecem produtos com alto teor de pureza, usados como matéria-prima no fabrico de medicamentos, fibras têxteis, plásticos, borrachas, corantes, explosivos, fertilizantes, detergentes, etc.

**Indústria petroquímica** é um ramo da indústria química que utiliza derivados do petróleo como matéria-prima para a fabricação de novos materiais.

## Gás natural

É uma mistura de gases que se aprisona no subsolo em jazigos semelhantes aos do petróleo ou a ele associado, por isso supõe-se que tem a sua origem a partir de restos de antigos organismos marinhos.

A Rússia possui 47,57 triliões/m<sup>3</sup> de reservas de gás natural, que corresponde a 25% do combustível existente no mundo. Segue-se a tabela 3, dos 10 países com as maiores reservas de gás natural do mundo, encabeçada pela Rússia.

**Tabela 3:** As 10 maiores reservas de gás natural do mundo

Países	Reservas de gás natural (Triliões/m <sup>3</sup> )	Percentagem do total de reservas mundiais (%)
Rússia	47,57	25
Irão	29,6	15,57
Catar	25,47	13,39
Turcomenistão	7,5	3,95
Arábia Saudita	7,46	3,92
Estados Unidos	6,93	3,64
Emirados Árabes Unidos	6,07	3,19
Nigéria	5,25	2,76
Venezuela	4,98	2,62
Argélia	4,5	3,37

Embora a sua composição seja variável, dependendo do local onde se encontra, o constituinte maioritário é sempre o **metano**. Outros componentes são **etano**, **propano**, **butano** (em quantidade muito pequena) e alguns gases inorgânicos (dióxido de carbono, sulfureto de hidrogénio, nitrogénio e outros).

Gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos alifáticos de cadeia curta.

O gás natural é **húmido** quando a percentagem do metano é pequena e **seco** quando existe uma elevada percentagem do metano sendo este considerado o de melhor qualidade.

O gás extraído, após sofrer transformações adequadas, é posteriormente usado como combustível apresentando algumas vantagens em relação aos restantes combustíveis: o seu transporte é mais simples (gaseodutos) e a sua combustão não deixa resíduos, isto é, apesar de seu alto poder calorífico polui menos o meio ambiente.

É também usado na indústria petroquímica como matéria-prima para a obtenção de hidrogénio, acetileno, negro de fumo, alguns derivados do cloro, etc.

## Gás natural em Moçambique

«A ocorrência do gás em Moçambique foi descoberta em 1956, pela Gulf Oil, mas devido às guerras sucessivas e à falta de mercado no país, só a partir da década 80 iniciaram-se negociações que conduziram a acordos sobre o estabelecimento de projectos com vista à sua viabilização. As pesquisas de gás natural em Moçambique foram iniciadas em 1950 pelos EUA e depois pela URSS, potências que dividiram o tempo de sondagem até à queda do muro de Berlim. O interesse dos sul-africanos pelo gás natural moçambicano começou a manifestar-se na década de 80. O projecto de gás de Pande assenta em dois acordos rubricados em Outubro de 2000 pela multinacional petroquímica Sasol e pelos governos de Moçambique e África do Sul, dos quais foi aprovada a exploração das reservas de gás natural existentes nas localidades de Pande e Temane. Numa primeira fase foram abertos 34 furos de captação, sendo 16 em Temane e 18 em Pande.

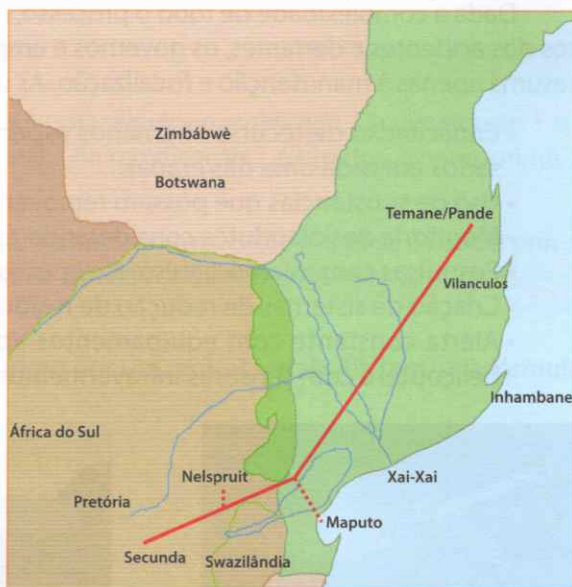
Este gás, depois de captado, é bombeado através de condutas até ao centro de processamento, onde é purificado e comprimido, antes de seguir para um *pipeline* com cerca de 865 km de extensão, ligando os campos de produção à região de Secunda e Sasolburg, na África do Sul.

Testemunhou-se a inauguração oficial do gás natural de Pande e Temane a 1 de Junho de 2004, orientado para a sua pesquisa, exploração, processamento e comercialização nos mercados dos dois países.»

Entretanto, em 2010, foram anunciadas novas descobertas que variavam de 33 a 38 trilhões de pés cúbicos de gás natural recuperável ao longo da costa, na bacia do Rovuma, na província de Cabo Delgado. Durante a exploração em águas profundas, identificaram-se características geológicas nesta bacia que a tornam uma área atractiva não só para a ocorrência do gás natural, assim como para uma provável existência de petróleo. Só em 2012 foram descobertos mais de 100 biliões de pés cúbicos de gás natural em todo o país.

Actualmente, Moçambique tem as maiores reservas de gás natural no continente africano, com potencial para se tornar no terceiro maior produtor de gás natural liquefeito a nível mundial.

O gás natural explorado nos campos de Pande e Temane é conduzido para algumas bombas de combustíveis, canalizado através de tubagens para certas zonas industriais e de habitação de forma a servir de fonte alternativa de energia. Fase seguinte consistirá na canalização do gás para o uso doméstico.



**Fig. 33** Trajecto do gaseoduto ligando Temane/Pande e Secunda (RSA).

## Petróleo, gás natural e meio ambiente

A utilização do petróleo e seus derivados traz grandes riscos para o meio ambiente. Estes riscos surgem desde o processo de extracção, transporte, refinaria, até ao consumo, devido à libertação de diferentes gases que poluem a atmosfera. Os piores danos acontecem durante o transporte do combustível, com o derrame em grande escala de oleodutos e navios petroleiros, mas outros são causados pela exploração selvagem e gananciosa de indivíduos que apenas pensam em lucros, sem se importarem com o meio ambiente.

A emissão dos gases do petróleo bem como o derrame do mesmo poderão ter como consequência para o meio ambiente:

- A poluição atmosférica que poderá prejudicar a saúde das pessoas.
- Chuvas ácidas
- O aumento excessivo do efeito estufa que acaba aumentando a temperatura do planeta.
- A destruição de espécies marinhas

Actualmente, o petróleo é a principal fonte energética mundial para além de servir de matéria-prima para a obtenção de diferentes compostos usados para vários fins, facto que se manterá nos próximos anos. Desta forma há necessidade de se fazer a sua exploração respeitando o meio ambiente, investindo na sua sustentabilidade e adoptando programas de emergência para eventuais acidentes.

Dada a complexidade de todo o processo, haverá sempre algum risco contínuo. Para minimizar os efeitos dos acidentes e derrames, os governos e empresas adoptam várias estratégias, embora a questão não se resume apenas à manutenção e fiscalização. As estratégias podem ser resumidas nos seguintes itens:

- Capacitação de recursos humanos especializados para gerir os problemas do meio ambiente causados em cada uma das etapas.
- Uso de substâncias que possam remover o petróleo do mar.
- Monitoria dos oleodutos considerando as condições climáticas.
- Pesquisas com microorganismos capazes de limpar o petróleo despejado ou derramado.
- Criação de sistemas de redução de resíduos e gases poluentes na atmosfera
- Alerta constante com equipamentos apropriados de segurança (barcos, dispersantes químicos, helicóptero com sensores infravermelhos, detecção de hidrocarbonetos na água, etc.)

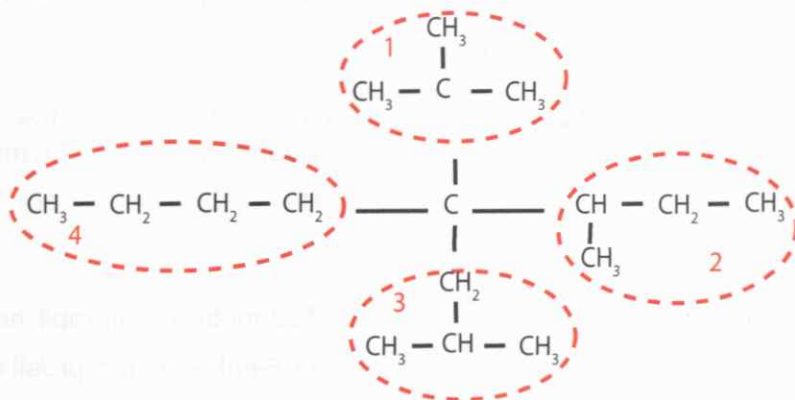


Fig. 34 Derrame do petróleo e alguns danos causados.

O gás natural é sem dúvida uma das melhores alternativas na resolução de problemas relacionados com as mudanças climáticas. Devido à sua composição, a sua combustão é «limpa», não emite partículas sólidas (fuligem), nem cria cinzas. A emissão de óxidos de nitrogénio é muito reduzida e a de enxofre praticamente nula. Além disso, é um combustível de baixo custo em relação aos que derivam do petróleo ou do carvão, e circula facilmente ao longo do oleoduto, facilitando o seu transporte e manuseamento.



1. No composto:



Os radicais circundados pelos números 1, 2, 3 e 4 são respectivamente:

- A. Isobutil, sec-butil, terc-butil e butil
- B. Terc-butil, isobutil, butil e sec-butil
- C. Ter-butil, sec-butil, isobutil e butil
- D. Isobutil, sec-butil, butil e ter-butil

### Resolução

Alternativa correcta: **C**.

Nas ramificações **1** e **2** os quatro átomos de carbono formam uma *sequência ramificada*. Na ramificação **1** o átomo central (terciário) faz a ligação com a cadeia principal e na ramificação **3** é um dos átomos primários que se liga à cadeia principal.

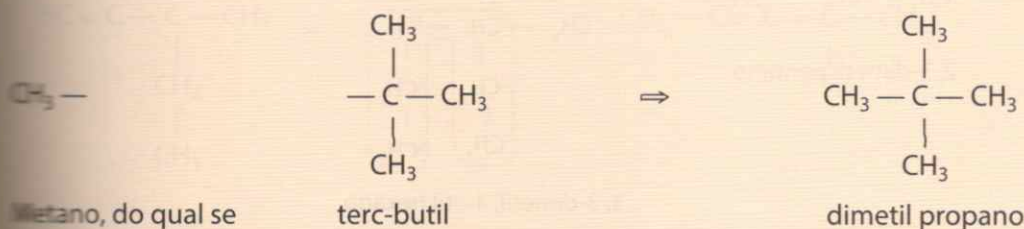
Nas ramificações **2** e **4** os carbonos seguem uma *sequência normal*. A ramificação **2** liga-se à cadeia principal através de um dos carbonos secundários e a **4** através de um dos carbonos primários (extremos).

2. Retirando-se um dos hidrogénios do metano e substituindo-o por um radical terc-butil; tem-se a fórmula dos compostos:

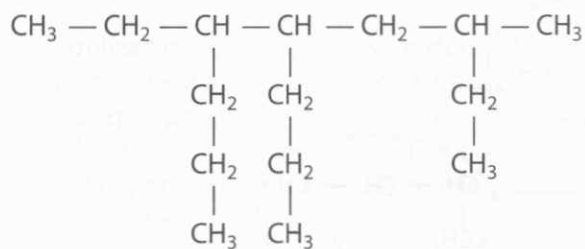
- A. 2,3-Dimetil butano
- B. Dimetil propano
- C. Pentano
- D. 2-Metil butano

### Resolução

Alternativa correcta: **B**.



3. O nome correcto do composto, segundo a IUPAC é:



A. 3,4-dipropil, 6-metil heptano

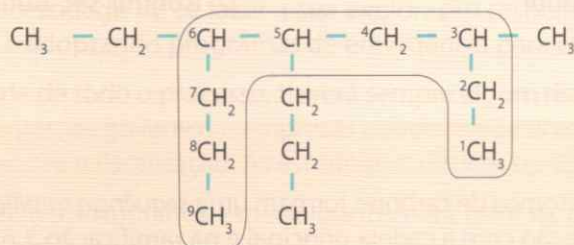
B. 2-metil, 4, 5-dipropil heptano

C. 5-etil, 2-metil, 4-propil octano

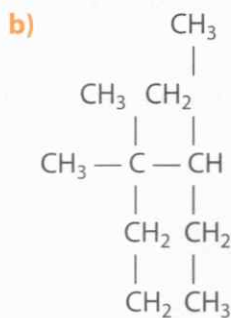
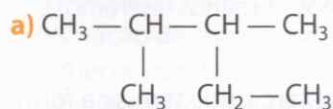
D. 6-etil, 3-metil, 5-propil nonano

## Resolução

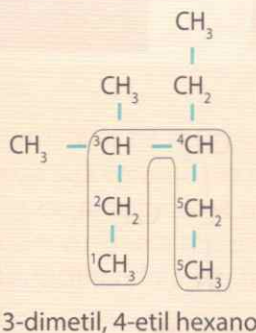
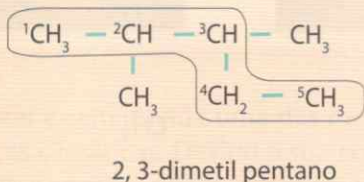
A cadeia principal deve ser a mais longa sucessão dos átomos de carbono; a numeração inicia-se do lado mais próximo da ramificação. Assim a cadeia principal é a indicada e opção **D**..



4. Dê nome segundo a IUPAC:



## Resolução





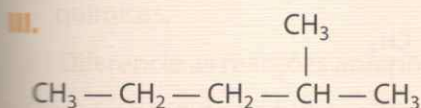
5. Represente os isômeros do composto  $C_6H_{14}$  e classifique-os.

### Resolução

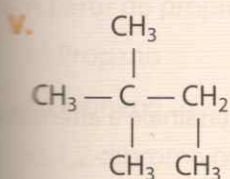
Para uma representação e classificação eficazes dos isômeros, recomenda-se que sejam dados nomes IUPAC a cada um para permitir distingui-los. Assim temos:



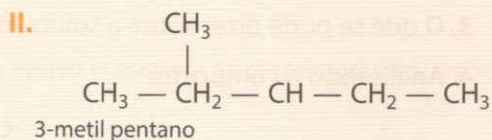
*n*-hexano



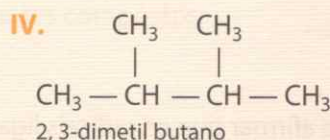
2-metil pentano



2, 2-dimetil butano



3-metil pentano



2, 3-dimetil butano

• Isômeros de cadeia: I, II, (III), IV e V.

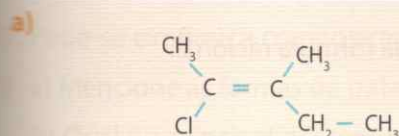
• Isômeros de posição: II e III; IV e V.

6. *Cis*-2-cloro 3-metil penteno-2 e *trans*-2-cloro 3-metil penteno-2 são isômeros.

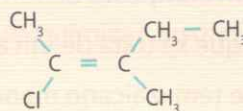
a) Represente as respectivas fórmulas racionais.

b) Indique a fórmula molecular.

### Resolução



*Cis* 2-cloro 3-Metil penteno-2

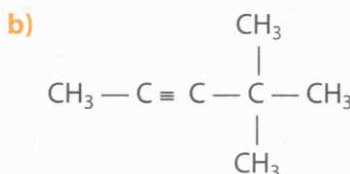
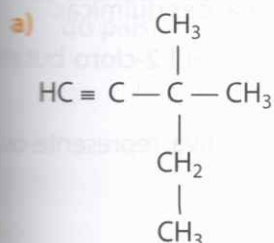


*Trans* 2-cloro 3-Metil penteno-2

Lembre-se que a estrutura **cis** apresenta radicais semelhantes do mesmo lado e, a **trans**, em lados opostos.

b)  $C_6H_{11}Cl$

7. Dê nomes IUPAC dos compostos:



### Resolução

a) 3, 3-dimetil pentino-1

b) 4, 4-dimetil pentino-2





11. Represente as equações do 2-metil buteno-1 com as seguintes substâncias:
- Cloreto de hidrogénio
  - Uma mol de água
  - Uma mol de hidrogénio
12. Que tipo de composto se obtém na hidratação do buteno-2?
13. a) Proponha dois métodos diferentes de obtenção do cloro etano e escreva as respectivas equações químicas.  
b) Diferencie as reacções anteriores.
14. Qual é o produto da hidrogenação parcial dos alcinos?
15. A partir do propino equacione a reacção de obtenção dos seguintes compostos:
- Propano
  - Propeno
  - 1,2-dibromo propeno
16. Qual é o monómero usado na produção do policloreto de vinil(o) (PVC)?
17. Equacione a reacção de hidrogenação total do 3-metil butino-1.
18. O composto 2,2-dibromo propano pode ser obtido a partir de um alcano e a partir de um alcino. Equacione as respectivas reacções e classifique cada uma das reacções.
19. Quais são as principais fontes naturais dos hidrocarbonetos?
20. Mencione quatro características físicas do petróleo bruto.
21. Qual é a composição química do petróleo bruto?
22. Pode-se exprimir a composição do petróleo através de uma fórmula química? Justifique.
23. a) Mencione as formas de tratamento do petróleo bruto.  
b) Qual é a principal diferença entre os processos anteriormente mencionados?
24. Explique, usando palavras suas, o decorrer de uma destilação fraccionada do petróleo.
25. Em que consiste o *cracking* do petróleo? Qual é a sua finalidade?
26. Escreva as equações das reacções de todas as etapas que se dão durante o *cracking* de:  $C_{12}H_{26}$ .
27. No nosso país, existem certas regiões onde se encontram jazigos de gás natural.
- Indique essas regiões.
  - Explique como o aproveitamento desse gás pode contribuir para o desenvolvimento da economia do país.

The background of the page is a photograph of several laboratory glassware items, including Erlenmeyer flasks and beakers, containing liquids of various colors like red, green, and blue. The lighting is dramatic, with strong highlights and deep shadows, creating a scientific and experimental atmosphere.

## OBJECTIVOS

### O aluno deve ser capaz de:

- Definir e classificar os álcoois.
- Escrever a fórmula geral, a série homóloga e a estrutura dos álcoois.
- Usar a nomenclatura IUPAC e usual para nomear os álcoois e fenóis.
- Mencionar as propriedades físicas dos álcoois.
- Explicar as ligações/pontes de hidrogénio.
- Representar os isómeros dos álcoois.
- Representar as equações químicas das reacções de obtenção dos álcoois.
- Escrever as equações das reacções que traduzem as propriedades químicas dos álcoois.
- Mencionar as aplicações dos álcoois.
- Descrever os efeitos do álcool no organismo.
- Definir e caracterizar os fenóis.
- Mencionar as aplicações dos fenóis.

# UNIDADE 4

## CONTEÚDOS

**Álcoois:** conceito, fórmula geral, características gerais, grupo funcional, classificação (quanto à posição e quanto ao número do grupo OH, nomenclatura dos álcoois (IUPAC e usual), obtenção dos álcoois (hidratação de alcenos), propriedades físicas, pontes de hidrogénio, isomeria de cadeia, de posição e de função do grupo OH, propriedades químicas dos álcoois monohidroxilados: reacção de oxidação por combustão e por agentes oxidantes, desidratação, reacção com metais alcalinos e com haletos de hidrogénio

**Etanol:** obtenção (fermentação alcoólica e adição de água ao eteno), propriedades e aplicações, experiências químicas sobre a obtenção do álcool, verificação da volatilidade do álcool e poder dissolvente

**Metanol:** obtenção (oxidação do metano e fermentação da madeira), propriedades e aplicações

**Poliálcoois:** etilenoglicol e glicerina como representantes dos álcoois polihidroxilados, propriedades físicas e aplicações

**Efeitos do álcool:** para a saúde; para a vida social e económica

**Fenóis:** conceito, fórmula geral, grupo funcional, principais fenóis (fenol, cresol, resorcinol, naftol) e suas aplicações

## Introdução

Com excepção dos hidrocarbonetos, todos os outros compostos orgânicos apresentam na sua composição pelo menos um grupo funcional. As moléculas destes compostos podem ser consideradas derivadas dos hidrocarbonetos pela substituição de um ou mais hidrogénios por átomos ou grupo de átomos denominado **grupo funcional**. «Álcoois» e «Fenóis» são exemplos de funções oxigenadas que apresentam como grupo funcional o grupo hidroxilo(a) ou (oxidrila) – OH.

## Álcoois

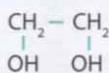
São compostos orgânicos que apresentam um ou mais grupos hidroxilo (oxidrila) – «OH», ligados directamente a átomos de carbonos saturados.



### Exemplo



Álcool alifático



Díálcool alifático



Álcool cíclico



Álcool aromático

A presença do grupo funcional «-OH» irá determinar todas as propriedades físicas e químicas dos álcoois.

### Grupo funcional



A fórmula geral dos monoálcoois (álcoois monohidroxilados), isto é, com um grupo hidroxilo é:

### Fórmula geral

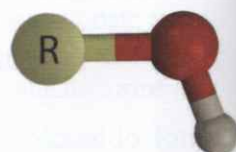
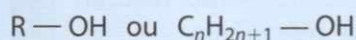


Fig. 1 Modelo molecular da estrutura de um hidroxilo

Onde: R é um radical alquil;  $n$  é o número de carbonos;  $2n + 1$  número de hidrogénio; - OH grupo hidroxilo



### Exemplo

Nº de átomos de carbono	Fórmula racional	Fórmula estrutural	Fórmula molecular
$n = 1$	$\text{CH}_3 - \text{OH}$	$\begin{array}{c}   \\ - \text{C} - \text{OH} \\   \end{array}$	$\text{CH}_4\text{O}$
$n = 2$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	$\begin{array}{c}   \quad   \\ - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\   \quad   \end{array}$	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$

## Tipos de álcoois

Os álcoois podem ser classificados quanto à **posição do grupo funcional** na molécula, em:

- **Álcool primário** – quando o hidroxilo liga-se a um carbono primário.
- **Álcool secundário** – quando o hidroxilo liga-se a um carbono secundário.
- **Álcool terciário** – quando o hidroxilo liga-se a um carbono terciário.

Álcool primário	Álcool secundário	Álcool terciário
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}_2}$	$\text{CH}_3 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \underset{\text{OH}}{\text{C}} - \text{CH}_3 \end{array}$

Com base no **número de grupo hidroxilo (OH)** presente em cada molécula, os álcoois podem ser ainda classificados em:

Monoálcool (monol) (Álcool monohidroxilado)	Poliálcool (Álcool polihidroxilado)	
Contém um único grupo «OH» na molécula.	Contém vários grupos «OH» na molécula, podendo-se destacar:	
	Diálcool (diol)	Triálcool (triol)
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}_2}$	$\text{CH}_3 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \underset{\text{OH}}{\text{CH}_2}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 \\   \quad   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$

## Nomenclatura IUPAC

A nomenclatura oficial dos álcoois obedece à seguinte regra:

Nome do hidrocarboneto + sufixo «ol» – posição do grupo «OH»

- A cadeia principal deve possuir o carbono que contém o grupo «OH».
- Os átomos de carbono devem ser numerados a partir da extremidade mais próxima ao carbono que contém o grupo funcional.
- $\text{CH}_3 - \text{OH} \Rightarrow$  metanol
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH} \Rightarrow$  etanol
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH} \Rightarrow$  propanol - 1



Fig. 2 Modelo molecular da estrutura do metanol

Para os «álcoois de cadeia ramificada são válidas todas as outras regras mencionadas nos alcenos e alcinos estando em causa, para este caso, o grupo funcional - OH.



## Nomenclatura usual

Palavra «álcool» + nome do radical + sufixo «íco»

- $\text{CH}_3 - \text{OH} \Rightarrow$  álcool metílico
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH} \Rightarrow$  álcool etílico
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH} \Rightarrow$  álcool propílico
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH} \Rightarrow$  álcool butílico
- $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{OH} \Rightarrow$  álcool benzílico (nome reconhecido pela IUPAC)



Fig. 3 Modelo molecular da estrutura do álcool etílico

## Mobilidade do átomo de hidrogénio no grupo funcional

Nos álcoois poderá verificar-se, com facilidade, a saída do hidrogénio pertencente ao grupo funcional. Recorde-se que as ligações entre os átomos de carbono e as ligações entre carbono e hidrogénio são covalentes simples – também designadas ligações  $\sigma$  (sigma).

Nos álcoois, o átomo de oxigénio forma duas ligações do mesmo tipo (ligações  $\sigma$ ): uma com o hidrogénio e outra com o carbono, completando desta forma a sua camada de valência.

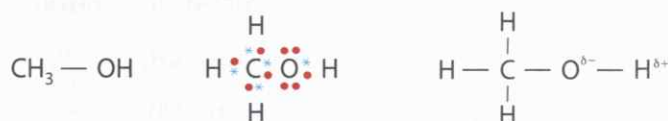


Fig. 4 Ligações covalentes do álcool através da estrutura de Lewis

Deve-se destacar que a ligação  $\text{O} - \text{H}$  é polar e a densidade electrónica na molécula do álcool não se distribui de forma tão uniforme como nos hidrocarbonetos. O átomo de oxigénio, sendo muito mais electronegativo, atrai mais o par electrónico da ligação, fazendo com que o hidrogénio fique relativamente livre da molécula e fácil de ser substituído. É uma facilidade que vai diminuindo com o aumento da cadeia carbónica devido à diminuição da polaridade.

## Propriedades físicas dos álcoois

- Os primeiros três representantes da série alifática saturada são líquidos incolores, voláteis, de cheiro característico e solúveis em água em todas as proporções.
  - À medida que a massa molecular aumenta, os álcoois tornam-se menos voláteis, menos solúveis em água, notando-se também a alteração do seu cheiro.
- Com o aumento da cadeia carbónica, o carácter apolar passa a predominar em relação ao carácter polar do grupo «OH», diminuindo a solubilidade.
- O aumento de grupos «OH» na molécula aumenta o carácter polar da molécula e consequentemente, a solubilidade do álcool na água.
  - Os poliálcoois são mais solúveis que os monoálcoois com o mesmo número de carbonos na cadeia porque um maior número de «OH» implica maior polaridade.
- Os álcoois superiores são sólidos e com elevados pontos de fusão e de ebulição devido ao aumento da cadeia carbónica.

Os álcoois apresentam pontos de ebulição maiores, em relação aos hidrocarbonetos de massa molecular correspondente, devido à existência de **pontes de hidrogénio** – ligações atractivas intermoleculares que ocorrem entre moléculas polares que apresentam átomo(s) de hidrogénio directamente ligado(s) a um elemento muito electronegativo como o flúor, o oxigénio e o nitrogénio.

As pontes de hidrogénio podem ser encontradas em substâncias como: H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, HF, álcoois inferiores, etc.

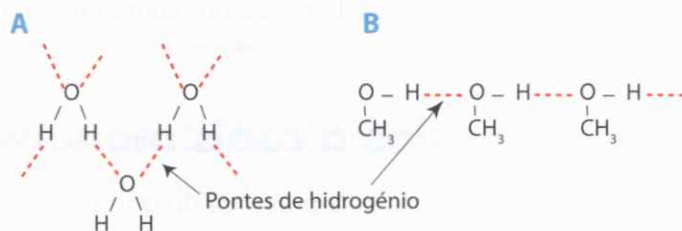


Fig. 5 Pontes de hidrogénio na molécula de água (A); pontes de hidrogénio no metanol (B)

Notam-se ligações atractivas entre o hidrogénio de uma molécula e o elemento muito electronegativo da(s) molécula(s) próxima(s).

As pontes de hidrogénio têm influência nas propriedades físicas das substâncias onde elas ocorrem. Nos álcoois, os pontos de ebulição são mais altos em relação aos compostos de outras classes (que não contêm pontes de hidrogénio) com a mesma cadeia carbónica e de massa molecular igual.

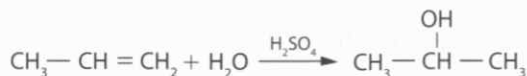


Nos álcoois, o aumento do número de grupos «OH» aumenta o valor dos pontos de ebulição, devido ao aumento do número de pontes de hidrogénio.

## Método de obtenção de álcoois

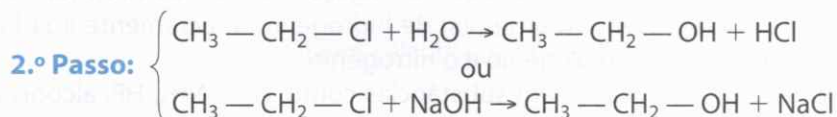
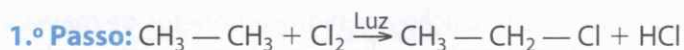
### Adição de água aos alcenos (hidratação dos alcenos)

Em presença de catalisadores adequados (H<sup>+</sup>) os alcenos reagem com a água formando álcoois. Nesta reacção vale a Regra de Markovnicov para reacções de adição.



### Reacção de halelos orgânicos com água ou com bases

A partir de vários hidrocarbonetos (alcanos, alcenos e alcinos) podem ser obtidos **halelos orgânicos** que, ao **reagirem com a água** ou com uma **base**, originam um álcool.



Os haletos orgânicos são compostos muito reactivos, usados como intermediários na preparação de muitos compostos orgânicos.

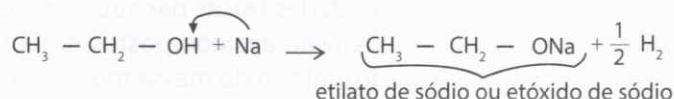
## Propriedades químicas dos álcoois monohidroxilados

As propriedades químicas são influenciadas pela presença do grupo funcional e pelo tamanho das moléculas.

### Reacção com metais muito reactivos

Na reacção entre um álcool (solúvel) e um metal activo a ligação O - H (fraca) quebra-se dando facilidade de substituição do hidrogénio pelo respectivo metal.

O produto da reacção é um **alcoolato** (alcóxido).



Normalmente, nestas reacções tem-se a seguinte ordem de reatividade:

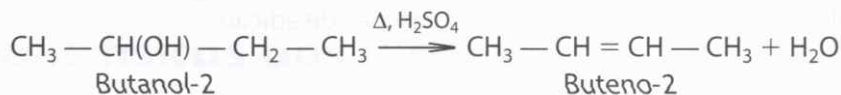


Na reacção com metais, os álcoois comportam-se como ácidos (de Bronsted) perdendo o protão. O carácter «ácido» dos álcoois é mais fraco que o da água e é insuficiente para que eles possam reagir com bases inorgânicas (mesmo as mais fortes).



### Desidratação

A desidratação intramolecular de álcoois, (eliminação da água) na presença de catalisadores origina alcenos.



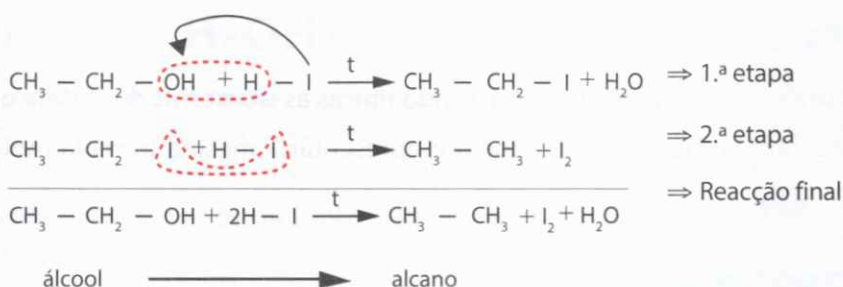
- Nota-se a obediência da regra de Saytzeff.

A velocidade de ocorrência da reacção decresce na ordem:



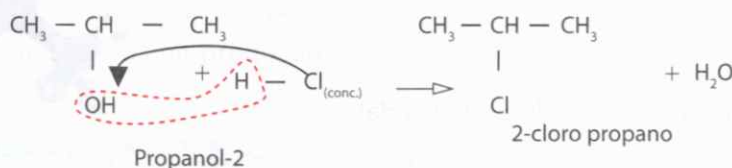
### Redução (Método de Berthelot)

Ocorre na presença do iodeto de hidrogénio onde o álcool é reduzido a altas temperaturas, formando um alcano. A reacção decorre em duas etapas, como podemos ver na página seguinte.



## Reacção com haletos de hidrogénio

Neste tipo de reacção forma-se um haleto orgânico e água.



A velocidade da reacção diminui na ordem:

álcool terciário > álcool secundário > álcool primário e  $\text{HI} > \text{HBr} > \text{HCl}$

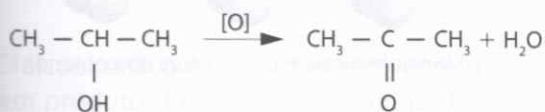
## Oxidação

Perante oxidantes energéticos, como o  $\text{KMnO}_4$  ou  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , em meio ácido, os álcoois oxidam-se e os produtos obtidos serão diferentes dependendo do tipo de álcool (primário, secundário ou terciário).

• **Álcool primário**  $\Rightarrow$  **aldeído**



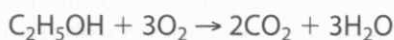
• **Álcool secundário**  $\Rightarrow$  **cetona**



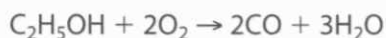
• **Álcool terciário**  $\Rightarrow$  **não há reacção**

## Combustão

Os álcoois queimam-se com facilidade no seio do ar ou do oxigénio, formando dióxido de carbono e água, se a combustão for completa.



Tratando-se de uma combustão incompleta, poder-se-á formar o monóxido de carbono e água ou gás e água.



## Isomeria nos álcoois

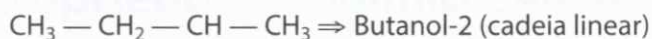
Nos álcoois ocorre o fenómeno de isomeria, sendo típicas as **isomerias de cadeia** e de **posição**.

Os **isómeros de cadeia** são caracterizados por apresentar a mesma fórmula molecular e tipos de cadeias diferentes.



### Exemplos

A fórmula molecular  $C_4H_{10}O$  apresenta os isómeros de cadeia seguintes:



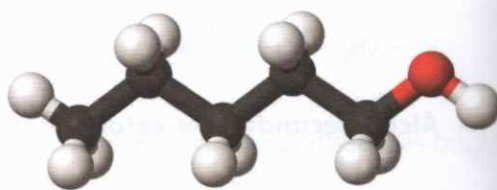
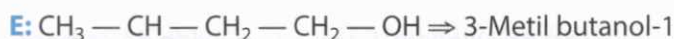
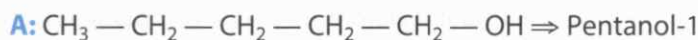
Modelo molecular da estrutura do butanol-2

Os **isómeros de posição** apresentam a mesma fórmula molecular diferindo na posição do grupo **hidroxilo** ou dos **radicais**.



### Exemplos

A fórmula molecular  $C_5H_{12}O$  apresenta os isómeros:



Modelo molecular da estrutura do pentanol-1

**Isómeros de cadeia:** A/D, E; B/D, E; C/D, E

**Isómeros de posição:** A/B, C; D/E

## Álcool etílico (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)

O **etanol** (álcool etílico) ou álcool comum é um líquido incolor, inflamável, de cheiro característico e de sabor ardente; é solúvel em água em qualquer proporção e o seu p.e. = 78,4 °C

Industrialmente existem vários métodos para a sua obtenção, destacando-se os seguintes:

### Fermentação alcoólica

É um processo bioquímico e catalítico.

O álcool etílico forma-se pela fermentação de glicose sob acção de uma enzima denominada – **zimase**, elaborada por *Saccharomyces cerevisiae*, microorganismos capacitados na produção de enzimas que catalisam as reacções.



A matéria-prima que neste processo fornece a glicose varia de região para região, podendo ser principalmente o sumo de frutas (uva, banana, laranja, etc.), beterraba, cana-de-açúcar; batata, trigo, milho, cevada, amoz, etc.

A designação **fermentação** foi dada por Pasteur em alusão à libertação das bolhas, que lembra uma fervura.

### Síntese por hidratação do etileno

O álcool etílico também pode ser obtido a partir da hidratação catalítica do etileno com o vapor de água.



O álcool etílico é um óptimo solvente de colas, vernizes, gordura, resinas, etc; tem inúmeras aplicações em produtos farmacêuticos e de perfumaria; é frequentemente usado como ingrediente de bebidas alcoólicas e como combustível.

As **propriedades fisiológicas** do etanol devem ser mencionadas porque logo que ingerido é rapidamente absorvido pelo organismo.

Devido à sua total solubilidade em água, ele penetra facilmente na corrente sanguínea, distribuindo-se por todas as partes do organismo.

O consumo de pequenas doses, levam à sensação de euforia e doses maiores, afectam o sistema nervoso e diminuem as funções cerebrais, fazendo com que o consumidor tenha reflexos descontrolados e decisões precipitadas, ao ponto de serem prejudiciais. A longo prazo provoca doenças que lesam os sistemas digestivo e cardiovascular podendo conduzir ao estado de coma ou mesmo à morte.

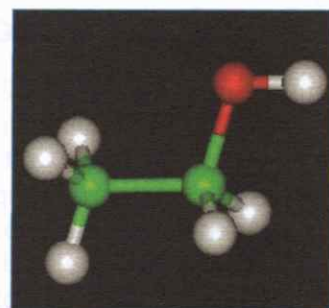


Fig. 6 Modelo molecular da estrutura do etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)

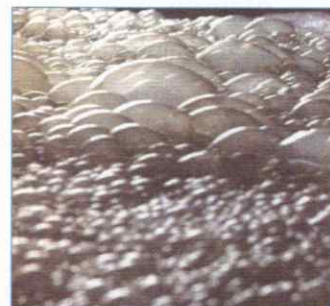


Fig. 7 Durante a fermentação alcoólica formam-se bolhas de dióxido de carbono.

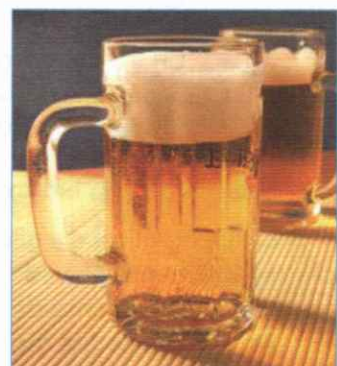


Fig. 8 A bebida alcoólica é nociva para o organismo.

## Álcool metílico (CH<sub>3</sub>OH)

O **metanol** (ou álcool metílico) é um líquido incolor bem solúvel na água sendo o seu ponto de ebulição é 64,5 °C.

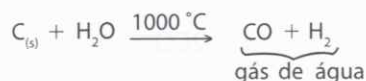
Tal como o etanol, é também usado como solvente orgânico (de gorduras, resinas, etc.), entra na composição de produtos farmacêuticos e de perfumaria; é um reagente importante para a obtenção de diversos compostos orgânicos oxigenados: formaldeído, ácido fórmico, etc.

Ao contrário do etanol, o álcool metílico é **muito venenoso** e **não deve ser consumido**. Em pequenas doses leva à cegueira e em doses maiores provoca a morte, dada a sua elevada toxicidade.

**Atenção: Não se deve empregar o álcool metílico em bebidas alcoólicas!**

Industrialmente, a fabricação do metanol é um processo sintético, no qual se usa como matéria-prima o carvão.

**1ª etapa:** produz-se o gás de água.



**2ª etapa:** obtém-se o metanol a partir da reacção entre o monóxido de carbono e o hidrogénio.

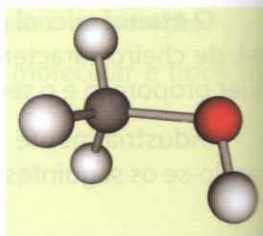
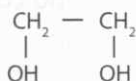


Fig. 9 Modelo molecular da estrutura do metanol (CH<sub>3</sub>OH)

## Poliálcoois (álcoois polihidroxilados)

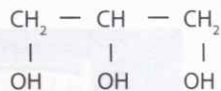
São álcoois cujas moléculas contêm vários grupos hidroxilos ligados ao radical hidrocarboneto, sendo os mais importantes: **etileno glicol** e **glicerina**.

• Etileno glicol – é um diálcool.



1,2 – etano diol ⇒ IUPAC

• Glicerina (ou glicerol) – é um triálcool.



1,2,3 – propano triol ⇒ IUPAC

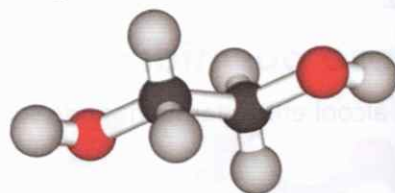


Fig. 10 Modelo molecular da estrutura do etileno glicol



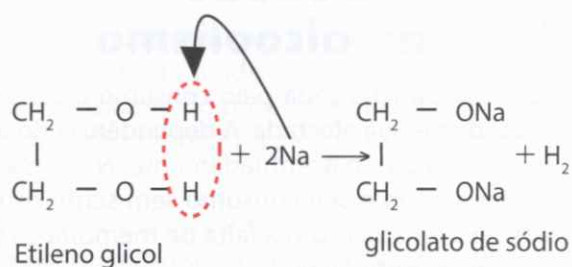
Fig. 11 Modelo molecular da estrutura da glicerina

**N.B.:** Os grupos hidroxilos encontram-se ligados a diferentes átomos de carbono.

O etileno glicol e a glicerina são líquidos espessos de sabor adocicado; apresentam pontos de ebulição relativamente elevados por terem maior número de pontes de hidrogénio e dissolvem-se bem na água devido à presença de vários grupos hidroxilos que aumentam o carácter polar da substância.

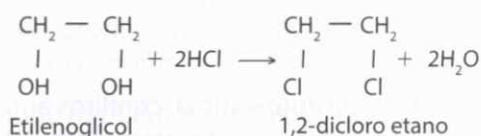
As **propriedades químicas** dos **poliálcoois** são, no geral, semelhantes às dos monoálcoois. Uma diferença é o facto dos poliálcoois apresentarem vários centros de reacção dependendo do número de grupos funcionais presentes na molécula. Portanto, os poliálcoois reagem com tantas moles de um determinado reagente conforme o número de hidroxilas nele presentes.

## Reacção com metais activos



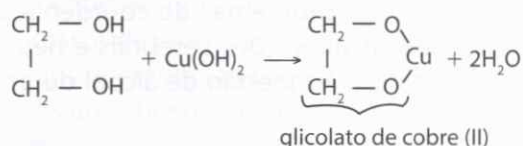
## Reacção com haletos de hidrogénio

Há substituição de um ou mais grupos hidroxilos por átomos de um halogénio.



## Reacção com bases

Ao contrário dos monoálcoois, os poliálcoois têm a particularidade de reagir com as bases, por exemplo com o  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ —hidróxido de cobre (II).



## Aplicações do etilenoglicol e da glicerina

O **etilenoglicol** é usado:

- Como matéria-prima na indústria química, na síntese de fibra sintética.
- No fabrico de anticongelantes (substâncias com baixa temperatura de solidificação igual a  $-50\text{ }^\circ\text{C}$ ), que se usam na substituição de água nos radiadores de automóveis e aviões, durante o inverno.

**Se ingerido**, é muito venenoso!

A **glicerina** possui larga aplicação industrial, principalmente nos seguintes ramos:

- Na indústria farmacêutica/medicina (supositórios) e de cosméticos, onde se usa no fabrico de pomadas, sabonetes e cremes que servem para proteger e amaciar o cabelo e a pele, evitando o seu ressecamento.
- Na indústria têxtil é usada no tratamento de tecidos, para torná-los mais macios e elásticos.
- Uma das principais aplicações é na indústria de explosivos, como matéria-prima para a produção de **trinitro glicerina** usado no fabrico de dinamite. A reacção ocorre entre a glicerina e três moles de ácido nítrico.



Fig. 12 A glicerina entra na composição de produtos para a pele e cabelo.



Fig. 13 Dinamite

## Álcool na vida social e na saúde

### Prevenção e combate ao alcoolismo

O alcoolismo é uma doença crónica, caracterizada pelo consumo incontrolado de bebida alcoólica, que interfere na **saúde física e mental** da pessoa afectada. A dependência do álcool pode desenvolver-se num prazo que varia de 5 a 25 anos, progredindo acentuadamente. No começo, o utente torna-se cada vez mais tolerante ao álcool e vai aumentando o seu consumo sem sentir os efeitos prejudiciais. Com o tempo, começam a surgir problemas relacionados com a falta de memória e consequente perda do controlo sobre a bebida, tornando a vontade incontrolável.

### Causas e consequências do alcoolismo

Vários **factores** contribuem para o desenvolvimento do alcoolismo, mas nenhum pode ser analisado de uma forma isolada:

- Anomalias genéticas ou bioquímicas
- Factores de carácter psicológico (falta de auto-estima, conflitos amorosos/familiares, etc.)
- Influência social: facilidade de acesso ao álcool, vida «stressante», etc.
- Outros, casos mais particulares

O efeito do alcoolismo pode ter **consequências** drásticas na saúde, na vida social, familiar e até na vida profissional:

- Na **saúde**, o álcool provoca tremores, problemas de coordenação motora, perda de memória, dores musculares, impotência sexual, alterações cerebrais e neurológicas, problemas cardíacos, pancreatite, gastrite e cirrose hepática. A ingestão de álcool durante a gravidez pode causar problemas no desenvolvimento do feto.
- Na **vida social**, o dependente do álcool, além de prejudicar a sua própria vida, acaba afectando a sua família, amigos e colegas de trabalho através do seu comportamento imprevisível. O seu descontrolo poderá causar uma **série de perigos**, tais como:
  - Acidentes de trânsito
  - Acidentes de trabalho
  - Violência doméstica
  - Ruptura de relacionamentos e conflitos interpessoais
  - Comportamentos anti-sociais (abuso e negligência infantil)



**Fig. 14** Acidente de viação provocado por motorista embriagado.

### Sintomas

Os **sintomas do alcoolismo**, como doença, só podem ser facilmente detectados, se quando o indivíduo está sóbrio se aperceber dos seguintes sinais:

- Necessidade de diminuir a bebida.
- Críticas por parte dos outros
- Sentimento de culpa
- Necessidade de consumo pela manhã
- Necessidade de consumo para esquecer problemas do quotidiano

## Combate e prevenção do alcoolismo

Após se verificar qualquer um dos sintomas mencionados anteriormente, haverá uma necessidade urgente de se pedir ajuda de um médico ou outro profissional de saúde para determinar a intensidade do problema em relação à bebida alcoólica.

Entretanto, a melhor forma de combater o álcool é a sua **prevenção**, que pode ser feita através das seguintes atitudes:

- Não consumir bebidas alcoólicas ou consumi-las moderadamente.
- Beber apenas (de vez em quando) socialmente, e nunca ultrapassar o limite de tolerância.
- Ao consumir uma quantidade mínima, deve ter-se em conta uma alimentação equilibrada: rica em vegetais, frutas, legumes e proteínas.
- Desligar-se de um grupo de amigos que possa incentivar o abuso do álcool.
- Desenvolver actividades mais produtivas e saudáveis, tais como: praticar desporto, ler, ouvir música, conversar com verdadeiros amigos, etc.

O combate ao alcoolismo pode também ser regulado pela sociedade se esta tiver empenho em:

- Criar condições técnicas para a aplicação de leis que proibam a condução de veículos sob a influência do álcool.
- Melhorar a abordagem dos doentes com alcoolismo em todas as estruturas de saúde.
- Elaborar programas de prevenção ao alcoolismo nas escolas com orientação de profissionais.
- Estabelecer medidas conducentes ao aumento de taxas e preços de bebidas alcoólicas.
- Controlar e fiscalizar os processos de produção e distribuição de bebidas alcoólicas.
- Divulgar resultados de estudos referentes ao uso e abuso do álcool.
- Criar um dia nacional de reflexão sobre o alcoolismo.



## Fenóis

O fenol é extraído na Natureza, do alcatrão de hulha. Os compostos fenólicos são pouco solúveis em água, sólidos, incolores apresentam carácter ácido e são tóxicos. Essa característica ácida é decorrente da presença do hidrogénio no grupo hidroxilo. O grupo se desprende por ionização quando entra em contacto com a água e torna a solução mais ácida.

**Fenóis** são compostos orgânicos que possuem um ou mais grupos hidroxilos directamente ligados ao anel aromático.

### Fórmula geral



Onde: Ar – Radical aril; OH – Grupo hidroxila

### Grupo funcional

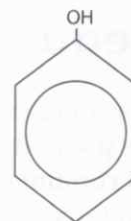


Fig. 15 Fenol

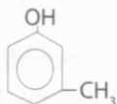
## Nomenclatura IUPAC

Na nomenclatura oficial dos fenóis, enumeram-se os carbonos do anel começando sempre pelo carbono que apresenta o grupo funcional (-OH), que é referido pelo prefixo **hidróxi**. A sequência da numeração deve seguir uma ordem, tal que coloque as restantes ramificações em posições com os menores números possíveis.

Palavra «hidróxi» + número e nome do radical + palavra «benzeno»



Hidróxi benzeno  
ou  
benzenol



Hidróxi 3-metil benzeno  
**e não**  
Hidróxi 5-metil benzeno



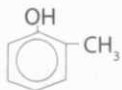
Hidróxi 4-metil benzeno

## Nomenclatura usual

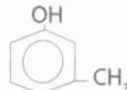
Os fenóis designam-se, geralmente, como se fossem derivados do membro mais simples da família - o **fenol**. Aos metil fenóis dá-se o nome especial de **cresóis**.



fenol comum  
ou  
ácido fénico



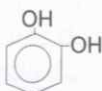
orto cresol  
ou  
orto metil fenol



meta cresol  
ou  
meta metil fenol



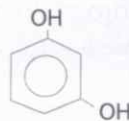
p-cresol  
ou  
p-metil fenol



Catecol  
ou  
o-dihidróxi benzeno



Hidroquinona  
ou  
p-dihidróxi benzeno



Resorcinol  
ou  
m-dihidróxi benzeno

## Propriedades físicas e aplicações dos fenóis

Os fenóis mais simples são líquidos ou sólidos de baixo ponto de fusão e geralmente incolores. A existência de ponte de hidrogénio faz com que apresentem pontos de ebulição relativamente elevados.

O **fenol comum** é um sólido cristalino, tem um cheiro característico e, embora seja incolor, frequentemente tem uma cor rosada (devido à fácil oxidação parcial que sofre quando em contacto com o ar) apresentando uma fraca solubilidade em água. Tem o ponto de ebulição igual a 41,2 °C. Os restantes membros são todos insolúveis. O fenol é tóxico e corrosivo, com acção antisséptica e propriedades cáusticas sobre a pele.

As propriedades antissépticas do fenol tornam-no muito utilizado como desinfetante de diversos locais, mobiliários, instrumentos cirúrgicos, etc.; É também usado como matéria-prima para a obtenção de corantes sintéticos, fenolftaleína (Fig. 16), medicamentos, plásticos, resinas, etc. A partir dele obtém-se o ácido pícrico – substância usada no tratamento de queimaduras na pele e na indústria de explosivos.



Fig.16 Fenolftaleína é um indicador de pH.

Os **cresóis** são um grupo de fenóis manufacturados que também ocorrem naturalmente. São encontrados em alguns alimentos, na madeira, no fumo de tabaco (Fig. 17) e no alcatrão da hulha. Na forma pura são sólidos incolores, porém, podem ser líquidos quando misturados. São utilizados para preservar a madeira. São popularmente conhecidos por **creolina**, que é usada para dissolver desinfetantes e desodorizantes; alguns são usados na produção de perfumes, corantes e insecticidas e entram na composição de alguns detergentes.



Fig.17 Os cresóis encontram-se no fumo do tabaco.

A **hidroquinona** é o ingrediente activo mais prescrito pelos médicos dermatologistas para o tratamento de manchas na pele (Fig. 18). É também usado na revelação de filmes fotográficos.



Fig.18 Hidroquinona é dos componentes dos clareadores da pele.

## Propriedades químicas

Os fenóis são ácidos orgânicos muito fracos quando não substituídos. A introdução de outros radicais negativos no núcleo aromático aumenta a força dos fenóis como ácidos.

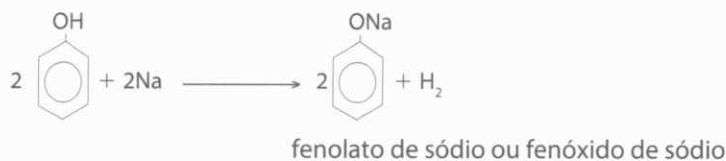


Os fenóis caracterizam-se por **reações de substituição** que podem decorrer fora do anel (substituição no grupo funcional) ou no anel (considerando que o grupo hidroxilo é um dirigente orto-para).

## Substituição fora do anel

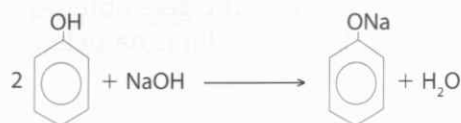
### Reacção com metais (muito reactivos)

A presença do grupo – OH na molécula dá ao fenol algumas semelhanças químicas com os álcoois. Ao reagir com metais (activos) forma um sal fenolato e liberta o hidrogénio.



## Reacção com bases

Por ser um ácido mais forte que a água, reage com hidróxidos, formando o respectivo sal e água.



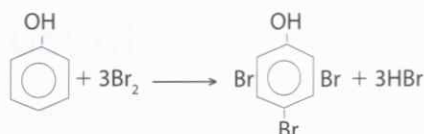
fenolato de sódio ou fenóxido de sódio

## Substituição no anel

O fenol efectua reacções de substituição no anel benzeno dirigidas pelo grupo hidroxilo - «OH» (dirigente orto-para).

### Halogenação

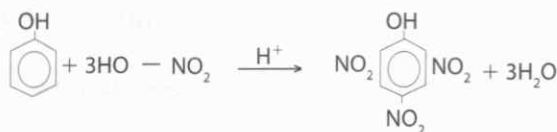
A reacção é feita com halogénios.



tri bromo fenol ⇒ precipitado branco

### Nitração

Ocorre na reacção com ácido nítrico e forma-se o ácido pícrico ou trinitrofenol.



trinitrofenol ou ácido pícrico

### Sulfonação

Reacção com ácido sulfúrico - forma-se um ácido fenol sulfónico.



ácido p-fenol sulfónico

**N.B.:** O fenol não reage com haletos de hidrogénio.





1. No alcatrão da hulha encontram-se, entre outras, as substâncias representadas pelas letras **A** e **B**.



Diga se **A** e **B** são álcoois e justifique.

### Resolução

A substância **A** não é um álcool porque o grupo «OH» não está ligado a um carbono saturado (todos os carbonos do anel aromático são insaturados).

A substância **B** é um álcool porque o grupo «OH» liga-se a um carbono saturado (que só faz ligações simples).

2. É ambíguo referir-se a um determinado álcool por butanol? Porquê?

### Resolução

Sim. Porque há possibilidades diferentes para se posicionar o grupo hidroxila podendo originar o butanol-1 ( $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ ) ou o butanol-2 ( $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ ).

3. Três frascos não rotulados contêm água, benzina e etanol, todos líquidos incolores. Recebendo a recomendação de não cheirar os líquidos, um estudante atribuiu o conteúdo de cada frasco de **A**, **B** e **C** e verificou que:

a) **A** e **B** são combustíveis.

b) **A** e **C** são miscíveis.

c) **B** e **C** não são miscíveis.

Quais são os líquidos **A**, **B** e **C**? Justifique.

### Resolução

O **C** contém água porque não é combustível.

O etanol é polar e pode dissolver-se na água, ao contrário da benzina que é apolar. Portanto **A** é etanol e **B** contém benzina.

4. Os álcoois reagem com metais formando alcoolatos.

a) Complete e acerte a equação química:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH} + \text{K} \rightarrow$

b) Dê o nome ao produto formado (IUPAC).

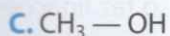
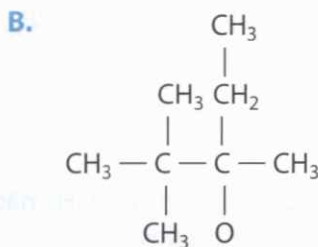
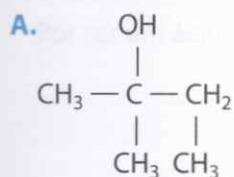
### Resolução

a) Esta reacção obedece um mecanismo de substituição, em que o metal substitui o hidrogénio da hidroxila.



b) Etóxi potássio ou etóxido de potássio ou etilato de potássio.

5. Dados os compostos:



- Dê nome usual aos compostos **C** e **D**.
- Dê nome IUPAC aos compostos **A** e **B**.
- Indique qual é o álcool terciário.
- Indique qual é o álcool altamente venenoso.

### Resolução

a) Os nomes usuais geralmente não obedecem a nenhuma regra para a sua atribuição. Entretanto, para os álcoois vale a seguinte regra: álcool + nome do radical + sufixo (ico). Então:

**C:** Álcool metílico

**D:** Álcool etílico

b) De acordo com as regras IUPAC, temos:

**A:** 2-metil butanol-2, lembrando que a numeração da cadeia principal começa do lado mais próximo da hidroxila.

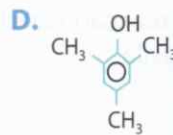
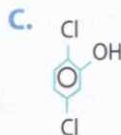
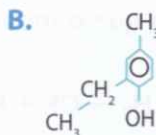
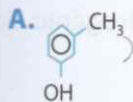
**B:** 2, 2, 3-trimetil pentanol-3

A numeração da cadeia principal (que tem 5 carbonos) deve iniciar do lado esquerdo, pois oferece maior número de radicais com baixa numeração, já que em termos da posição do OH, tanto faz iniciar numa ou noutra extremidade.

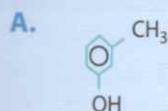
c) Álcool terciário apresenta a hidroxila ligada a carbono terciário (que está directamente ligado a outros 3 carbonos. Portanto é **B**.

d) O álcool venenoso é **C**, o metanol pois, em pequenas doses causa cegueira e, em quantidades maiores poderá causar a morte.

6. Dê nomes IUPAC dos compostos:



### Resolução



3-metil-hidróxi benzeno

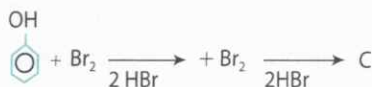
**B.** 2-etil 4-metil hidróxi benzeno

**C.** 2,5-dicloro-hidróxi benzeno

**D.** 2, 4, 6-trimetil-hidróxi benzeno

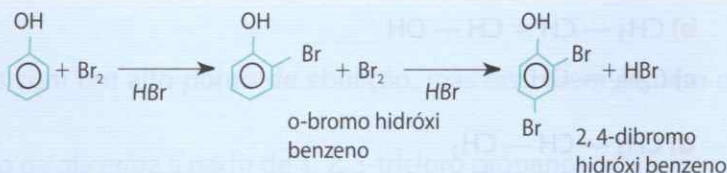


7. Complete a equação química e dê nomes aos produtos.



**Resolução**

A hidroxila é um radical que orienta a substituição seguinte para a posição **orto** ou **para**. Assim teremos:



8. Represente na fórmula racional os compostos:

a) 3-metil pentanol-1

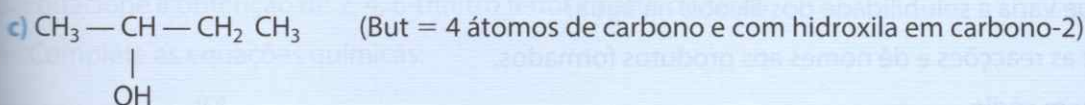
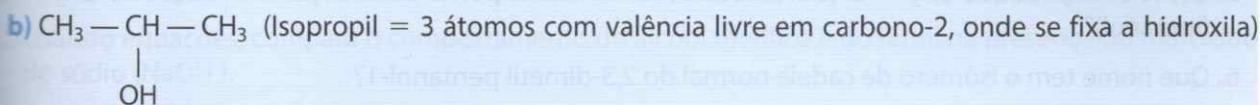
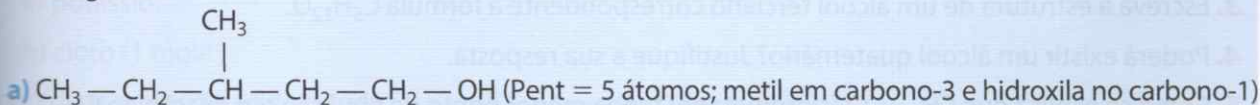
b) Álcool isopropílico

c) Butanol-2

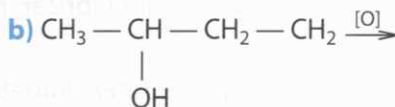
**Resolução**

Para representar os compostos acima procede-se da seguinte forma:

- Escrever o número de átomos de carbono correspondente ao prefixo presente no nome e numerá-los.
- Posicionar os radicais em carbonos referidos e completar a tetravalência dos carbonos com átomos de hidrogéneo.

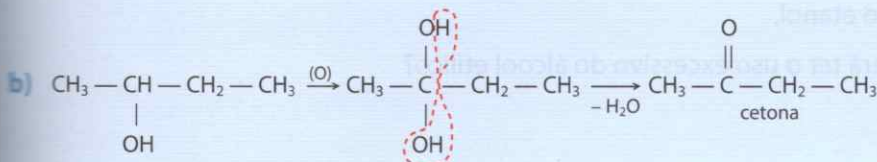
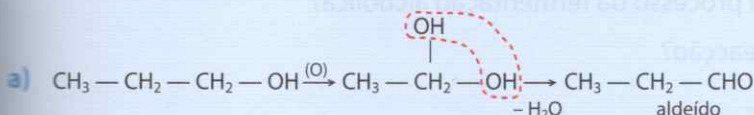


9. Uma das reacções em que os álcoois participam é a de oxidação. Complete as equações químicas que se seguem e indique a função a que pertence o produto:



**Resolução**

Em reacções de oxidação, tudo ocorre como se o oxigénio da oxidação fosse ligar-se a um hidrogénio, directamente ligado ao carbono que já contém a hidroxila, constituindo-se desse modo uma nova hidroxila. Entretanto, composto com duas hidroxilas em mesmo carbono é instável pelo que uma delas é eliminada juntamente com o hidrogénio da outra sob forma de água e resulta o produto (aldeído ou cetona).

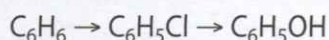




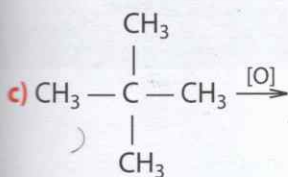
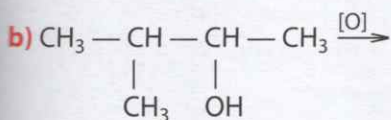
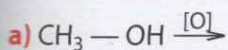
1. Escreva as fórmulas racionais dos primeiros cinco membros da série homóloga dos álcoois monohidroxilados.
2. Assinale com um «X» as fórmulas dos álcoois:
  - a)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
  - b)  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{OH}$
  - c)  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{OH}$
  - d) 
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 \\ | \quad | \\ \text{OH} \quad \text{CH}_3 \end{array}$$
  - e) 
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{OH} \\ || \\ \text{O} \end{array}$$
  - f) 
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{OH} \\ | \quad | \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$$
3. Escreva a estrutura de um álcool terciário correspondente à fórmula  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ .
4. Poderá existir um álcool quaternário? Justifique a sua resposta.
5. Como se explica que  $\text{CH}_3 - \text{Cl}$  (clorometano) tenha menor ponto de ebulição em relação ao  $\text{CH}_3 - \text{OH}$  (metanol)?
6. Que nome tem o isómero de cadeia normal do 2,3-dimetil pentanol-1?
7. Como é que varia a solubilidade dos álcoois na água?
8. Equacione as reacções e dê nomes aos produtos formados.
  - a) Etanol com sódio
  - b) Etanol com potássio
9. Qual é o alqueno que a indústria aproveita para fabricar, por síntese, grandes quantidades de álcool comum?
10. Através de equações, explique como se pode obter cloreto de etila a partir do álcool etílico.
11. Que produtos se obtêm na desidratação dos álcoois?
12. Por que é que a solubilidade dos álcoois na água aumenta com a introdução de novos grupos  $-\text{OH}$  na molécula?
13. O etanol é um álcool muito usado e frequentemente produzido através da fermentação alcoólica.
  - a) Que matérias-primas são usadas no processo da fermentação alcoólica?
  - b) Qual é a enzima responsável pela reacção?
  - c) Equacione o processo mencionado.
  - d) Mencione 5 aplicações do etanol.
  - e) Que consequências poderá ter o uso excessivo do álcool etílico?



14. Durante a síntese industrial do metanol estabelece-se um equilíbrio. Explique como deslocar esse equilíbrio de forma a produzir-se maior quantidade de álcool.
15. Escreva as equações das reacções de formação de:
- 1-bromo propano a partir do respectivo álcool.
  - Propanol-2 a partir de um alceno.
16. O etilenoglicol e a glicerina são líquidos com um alto ponto de ebulição, mas dissolvem-se bem na água. Como se explica?
17. Escreva a equação que traduz a obtenção da glicerina a partir de 1, 2, 3-tricloro propano.
18. A trinitro glicerina é um explosivo que se obtém pela nitração da glicerina. Equacione a reacção.
19. Como se diferenciam monoálcoois dos poliálcoois no que diz respeito às propriedades químicas? (indique duas diferenças)
20. Equacione a obtenção do fenol através das seguintes transformações:



21. Escreva a equação da reacção do fenol com:
- potássio
  - cloro (1 mole)
  - duas moles de ácido nítrico
22. Usando equações, compara o comportamento do álcool metílico e do fenol na presença do hidróxido de sódio (NaOH).
23. Equacione a obtenção de 2, 4, 6-trinitro fenol a partir do fenol.
24. Complete as equações químicas:





## OBJECTIVOS

### O aluno deve ser capaz de:

- Escrever a fórmula geral, a série homóloga e a estrutura dos aldeídos e das cetonas.
- Usar a nomenclatura IUPAC e usual para nomear os aldeídos e cetonas.
- Mencionar as propriedades físicas dos aldeídos e das cetonas.
- Distinguir os tipos de isómeros dos aldeídos e das cetonas.
- Representar os isómeros dos aldeídos e das cetonas.
- Representar as equações químicas das reacções de obtenção dos aldeídos e das cetonas.
- Escrever as equações das reacções de identificação dos aldeídos e das cetonas.
- Mencionar as aplicações dos aldeídos e das cetonas.

# UNIDADE 5

## CONTEÚDOS

### Aldeídos e Cetonas

• Conceitos e fórmulas gerais, o grupo carbonilo

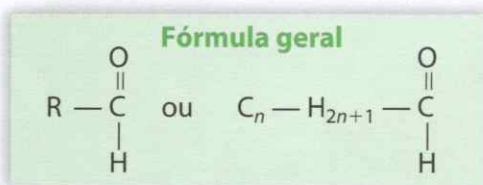
**Aldeídos:** nomenclatura (IUPAC e usual), propriedades físicas, obtenção dos aldeídos (oxidação dos álcoois primários e redução dos ácidos carboxílicos), propriedades químicas (oxidação e redução), metanal e etanal como representantes do grupo, propriedades físicas e aplicações

**Cetonas:** nomenclatura (IUPAC e usual), propriedades físicas, obtenção (oxidação dos álcoois secundários), propriedades químicas (oxidação e redução), isomeria dos aldeídos e das cetonas (isomeria de função), acetona como representante do grupo, propriedades físicas e aplicações, experiências químicas sobre a identificação dos aldeídos e cetonas (reactivos de Fehling e de Tollens)

## Aldeídos

**Aldeídos** – são compostos orgânicos que possuem o grupo funcional  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ | \\ \text{H} \end{array}$  ou  $-\text{CHO}$  ligado a um radical hidrocarboneto.

O grupo  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ | \\ \text{H} \end{array}$  denomina-se **grupo carbonilo(a)**. Como existem vários outros compostos (de diferentes funções) que apresentam na sua composição este grupo, tem-se como hábito agrupá-los numa única designação – **compostos carbonilos** ou carbonilados. O grupo funcional dos aldeídos – CHO (combinação do grupo carbonilo com o hidrogénio) é denominado grupo **aldoxila** (ou **formila**).




Onde: R = Radical alquil ou aril;  $n \geq 0$ ;  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ | \\ \text{H} \end{array}$  = Grupo formilo



Fig. 1 Modelo molecular da estrutura de um aldeído

### Alguns representantes da série homóloga

N.º de átomos de carbono	Fórmula racional	Observação
$n = 0$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \end{array}$	O 1.º membro da série dos aldeídos diferencia-se dos restantes porque o grupo funcional liga-se a um átomo de hidrogénio e não a um radical hidrocarboneto.
$n = 1$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{H} \end{array}$	Neste caso o R = radical alquil (metil)
$n = 2$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{H} \end{array}$	R = Etil
$n = 3$	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_2 - \text{CHO}$	R = Propil
$n = \text{C}_6\text{H}_5$	 $\text{CHO}$	Neste caso o R = radical aril $\Rightarrow$ resulta um aldeído aromático

## Nomenclatura IUPAC

Na nomenclatura oficial dos aldeídos, seguem-se todas as regras da IUPAC, já mencionadas, usando-se, para este caso, a terminação «al». Para os de cadeia ramificada, a cadeia principal deve ser portadora do grupo funcional e é nele que inicia a sua numeração.

Nome do hidrocarboneto correspondente + sufixo «al»

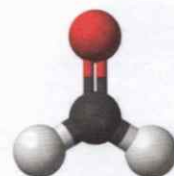
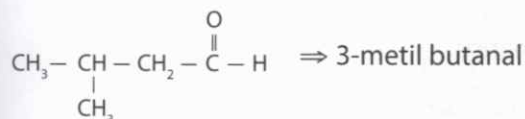
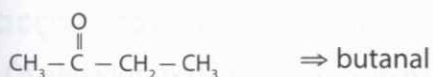


Fig. 2 Modelo molecular da estrutura do metanal

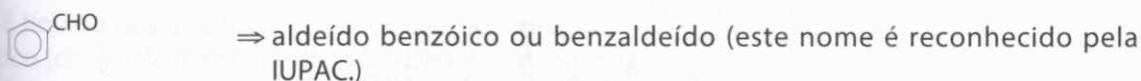
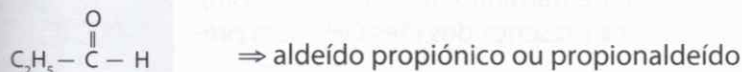


Fig. 3 Modelo molecular da estrutura do etanal

Na numeração há prioridade para o grupo funcional e não para as ramificações.

## Nomenclatura usual

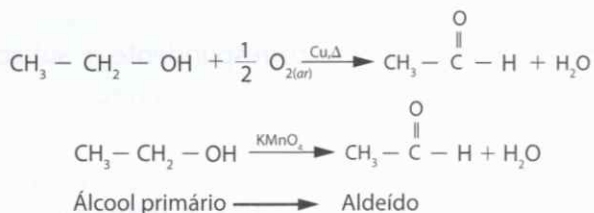
Esta nomenclatura é baseada no nome dos ácidos carboxílicos correspondentes que se formam por oxidação dos aldeídos.



## Obtenção dos aldeídos

Industrialmente os aldeídos podem ser obtidos por **oxidação de álcoois primários**.

A oxidação ocorre na presença de agentes oxidantes, tais como:  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{CrO}_3$  e  $\text{MnO}_2$ , podendo também decorrer sob acção do oxigénio.



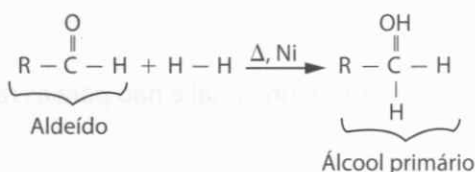
## Propriedades químicas

Durante as reacções dos aldeídos a ligação dupla pode romper-se e decorrer uma reacção de adição.

### Reacção de redução (Hidrogenação)

Na presença do Ni ou Pt, o hidrogénio adiciona-se ao grupo carbonilo originando o respectivo álcool primário.

É um método usado para a obtenção dos álcoois primários.



### Reacção de oxidação

Os aldeídos são **reductores fortes** e oxidam-se facilmente formando os respectivos **ácidos carboxílicos**. Esta facilidade de oxidação é útil para a **sua identificação**, distinguindo-os das cetonas através da reacção com o **licor de Fehling** e com o **reagente de Tollens**.

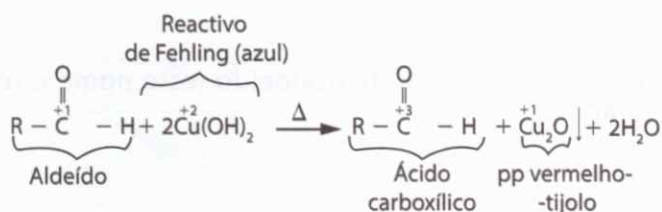
### Reacção com o licor de Fehling

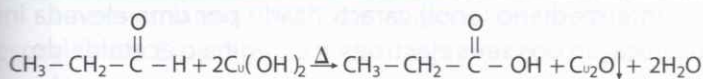
O licor de Fehling é uma mistura na qual se junta uma solução aquosa de  $\text{CuSO}_4$ , solução aquosa de  $\text{NaOH}$  e o sal de Seignette (tartarato de sódio e potássio). Este sal tem a função de manter os iões de  $\text{Cu}^{2+}$  na presença dos iões  $\text{OH}^-$  sem precipitação do  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ .

O reactivo de Fehling tem uma cor azul intensa e a sua representação é simplificada através da fórmula  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ . Ao juntar-se a um aldeído forma-se um **precipitado vermelho – tijolo de  $\text{Cu}_2\text{O}$**  e um ácido carboxílico.



Fig. 4 Licor de Fehling



**Exemplo****Reacção com o reagente de Tollens**

Este reagente é formado por uma solução de  $\text{AgNO}_3$  com excesso de  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

Aquecendo este reactivo com um aldeído, verifica-se o aparecimento de um **precipitado brilhante** de prata metálica (espelho de prata).

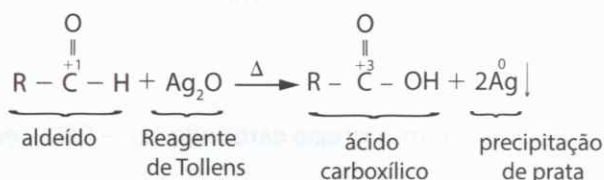
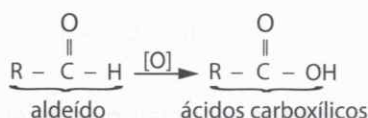


Fig. 5 Reagente da tollens

**Reacção com o oxigénio**

Os aldeídos oxidam-se também na presença do oxigénio, formando um ácido carboxílico.

**Metanal ou Formaldeído/Aldeído fórmico**

O formaldeído é um gás incolor, de cheiro característico (irritante) e bem solúvel na água. (p.e. =  $-21,0^\circ\text{C}$ )

É inflamável e muito venenoso.

É matéria-prima para a produção de plásticos, explosivos, medicamentos e desinfetantes.

A sua solução aquosa (formalina ou formol) é usada para embalsamar corpos, na conservação de cadáveres e órgãos animais usados no estudo de anatomia, histologia, etc.

Industrialmente é produzido por oxidação do álcool metílico com o oxigénio do ar, na presença do cobre (ou prata), a uma temperatura de  $400^\circ\text{C}$ .

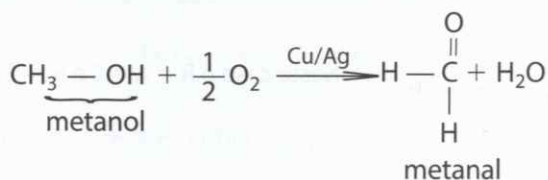


Fig. 6 Solução de formalina usada na conservação de órgãos e tecidos animais.

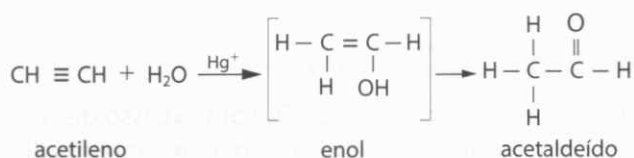
**Etanal ou Acetaldeído/Aldeído acético**

É líquido nos dias frios e gás nos dias quentes (p.e. =  $20^\circ\text{C}$ ). É incolor e volátil com um cheiro característico (cheiro de maçã apodrecida). Dissolve-se bem na água.

É frequentemente aplicado na indústria para a produção do DDT, um dos insecticidas mais importantes e, sendo um redutor, é usado na fabricação de espelhos reduzindo os sais de prata.

Na indústria química é usado na fabricação do álcool etílico e do ácido acético.

A sua obtenção industrial é feita através da adição da água ao acetileno, na presença de sais de mercúrio. Durante a reacção forma-se um composto intermediário (enol) caracterizado por uma elevada instabilidade. O enol sofre um arranjo através da deslocação dos seus electrões  $\pi$  e origina o acetaldeído.



## Cetonas

Cetonas são compostos orgânicos que apresentam o grupo carbonilo (a),  $-\text{CO}-$ , entre os átomos de carbono.

### Fórmula geral



Onde: R e R' são radicais alquil ou aril, podendo ser iguais ou diferentes;

$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}- \end{array}$  corresponde ao grupo carbonilo

Fig. 7 Modelo molecular da estrutura de uma cetona

### Série homóloga das cetonas

Radicais	Fórmula racional	Observação
R = R'	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \end{array}$	O 1.º membro da série das cetonas (cetona mais simples) tem três átomos de carbono.
R $\neq$ R'	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$	Neste caso o R = Metil e R' = Etil
R $\neq$ R'	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{C}_6\text{H}_5 - \text{C} - \text{CH}_3 \end{array}$	R = Aril R' = Metil
R $\neq$ R'	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$	R e R' = Etil

## Nomenclatura IUPAC

A nomenclatura IUPAC das cetonas apresenta a terminação «ona» a seguir ao nome do alcano correspondente. Especifica-se a localização do grupo carbonilo caso a cetona tenha mais do que quatro átomos de carbono.

Nome do hidrocarboneto correspondente + sufixo «ona» – posição do grupo funcional

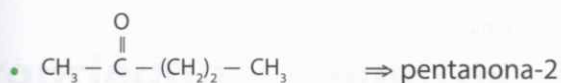


Fig. 8 Modelo molecular da estrutura da propanona

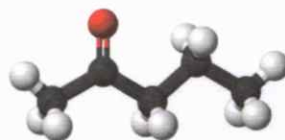
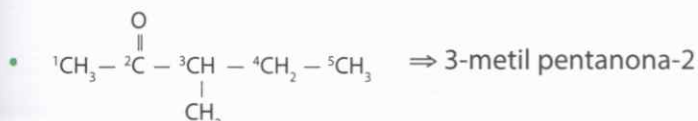


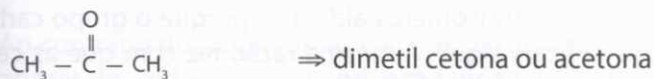
Fig. 9 Modelo molecular da estrutura da pentanona-2

A cadeia principal é a mais longa que contém o grupo carbonilo e a numeração é feita a partir da extremidade mais próxima deste grupo.

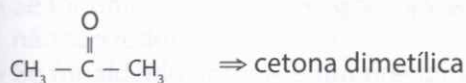


## Nomenclatura usual

A cetona mais simples é vulgarmente conhecida por **acetona**. As restantes cetonas alifáticas designam-se nomeando sucessivamente os dois radicais alquil ligados ao grupo carbonilo e acrescentando-lhes a palavra **cetona**.



**NB.:** Uma nomenclatura mais recente é feita escrevendo-se a palavra «cetona» seguida do nome dos radicais (em ordem alfabética) com a terminação «ica», separados pela letra «e».

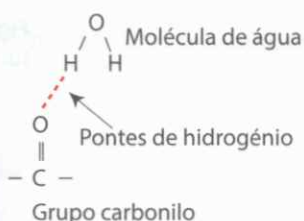


## Propriedades físicas

As cetonas inferiores são compostos líquidos incolores, bastante solúveis em água e muito voláteis. Estas propriedades vão diminuindo à medida que se verifica o aumento da cadeia carbónica. Somente os de massa muito elevada são sólidos.

A existência do grupo carbonilo na estrutura das cetonas confere-lhes algumas propriedades idênticas às dos aldeídos de massa molecular correspondente.

Os aldeídos e cetonas, por si só, não formam pontes de hidrogénio, mas quando se encontram em solução, formam ligações deste tipo com a água (ou outro solvente). Isto faz com que os seus pontos de ebulição sejam mais elevados em relação a outros compostos orgânicos de massa molar comparável (que não formam pontes de hidrogénio).

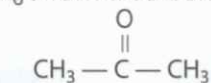


**N.B.:** As cetonas e aldeídos de igual número de átomos de carbono são **isómeros de função**, pois apresentam a mesma fórmula molecular; porém, diferem no **tipo de função** (um é cetona e outro aldeído).

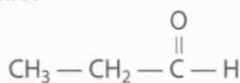


### Exemplo

A fórmula  $C_3H_6O$  forma os isómeros de função:

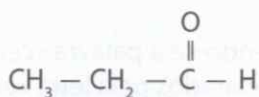


Acetona (cetona)

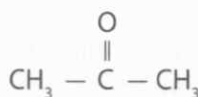


Propanal (aldeído)

As cetonas são mais solúveis na água do que os seus isómeros aldeídos, porque o grupo carbonilo torna-se mais polar devido à influência dos dois radicais alquil. A mesma razão faz com que as cetonas tenham pontos de ebulição mais elevados, em relação aos aldeídos isómeros.



Aldeído propiónico; p.e. = 49 °C

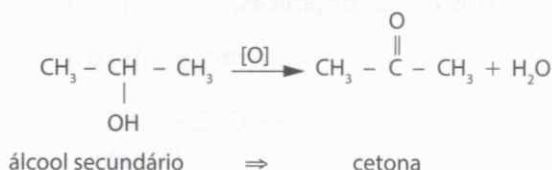


Acetona; p.e. = 56 °C

## Obtenção

A preparação industrial tem como base métodos específicos ou alterações de métodos que permitem o uso de reagentes mais baratos. As cetonas preparam-se, facilmente, por **oxidação de álcoois secundários**.

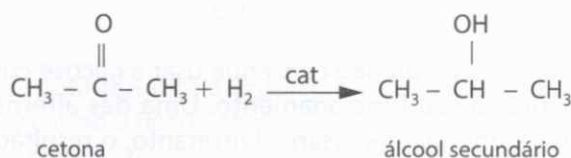
Tal como acontece nos aldeídos, a oxidação dá-se na presença de agentes oxidantes ou na presença de oxigénio.



## Propriedades químicas

### Reacção de redução (hidrogenação)

À semelhança do que acontece com os aldeídos, as cetonas também se reduzem por hidrogenação catalítica, originando **um álcool secundário**. Constitui um método de obtenção dos álcoois secundários.



### Reacção de oxidação

Ao contrário dos aldeídos, as cetonas dificilmente se oxidam. Somente oxidantes muito energéticos são capazes de oxidá-los, dando origem a uma mistura de ácidos carboxílicos.

Assim, só os aldeídos se oxidam na presença dos reactivos de Tollens e de Fehling, concluindo-se que estas reacções podem ser utilizadas para distinguir os **aldeídos das cetonas**.

Por exemplo, dispondo de dois frascos não etiquetados, um com aldeído e outro com cetona, para identificá-los bastaria retirar um pouco do conteúdo de cada um e fazer reagir com os licores de Fehling ou de Tollens.

- Se for uma cetona, não se observa nenhuma alteração na coloração dos reagentes, pois as cetonas não são redutores dos licores.
- Se for aldeído, forma-se um precipitado de cor característico, visto o aldeído ser um bom redutor.

## Acetona ou propanona ou dimetil cetona

É a mais simples das cetonas. É um líquido incolor, muito volátil e inflamável de cheiro forte e bem solúvel na água.

Ponto de fusão igual a  $-95\text{ }^{\circ}\text{C}$  e de ebulição  $56\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

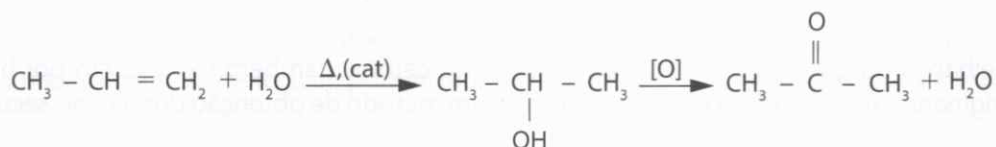
É bastante conhecida por ser o principal solvente usado na diluição de vernizes, tintas e esmaltes.

Usa-se também na extração de óleos de sementes vegetais, na produção de medicamentos e de várias outras substâncias orgânicas.



Fig. 10 A acetona é usada para remover o verniz das unhas.

Industrialmente, a acetona é preparada por hidratação do propeno, seguida de uma oxidação.



Quando há falta de insulina e o corpo não consegue usar a glicose como fonte de energia, as células utilizam outras vias para manter o seu funcionamento. Uma das alternativas encontradas é utilizar a reserva de gordura para obter a energia necessária. Entretanto, o resultado final desse processo leva ao acúmulo dos chamados **corpos cetônicos**, substâncias que deixam o sangue ácido, ou seja, com o pH mais baixo do que o normal.

Essa acidez é extremamente desfavorável para o organismo, porque a maioria das reacções químicas que acontecem a cada segundo nas células humanas dependem de uma faixa muito estreita de pH. Isso significa que o grau de acidez não pode variar muito.

A **cetoacidose diabética** é uma complicação aguda grave, potencialmente mortal. No doente com diabetes tipo 1, ela pode ser a primeira manifestação da doença ou resultar do aumento das necessidades de insulina por causa de infecções, traumas, infartos e cirurgias.

É muito importante que todas as pessoas que tenham diabetes verifiquem os seus níveis de cetona sempre que os seus níveis de glicose no sangue estejam relativamente elevados ou quando não se sintam bem de saúde.

Além da avaliação clínica considerando os sinais e sintomas da doença, exames laboratoriais de sangue e de urina ajudam a confirmar o diagnóstico da doença.

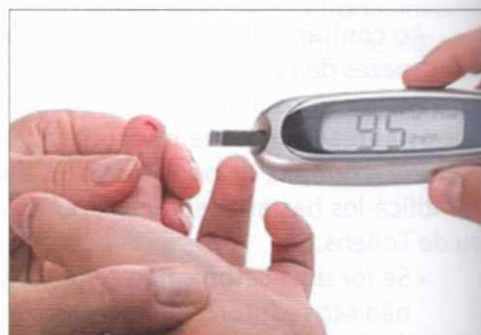


Fig. 11 Os doentes com diabetes devem fazer o controlo diário da insulina.

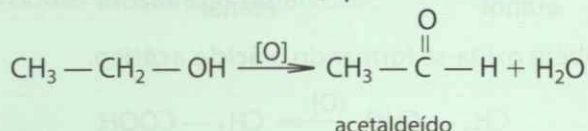


4. O acetaldeído pode ser obtido mediante a oxidação de um álcool primário.

- Escreva a respectiva equação química.
- Qual é o nome IUPAC do álcool?
- Mencione três aplicações do acetaldeído.

### Resolução

a) O acetaldeído apresenta dois átomos de carbono na sua estrutura. Como tal, o álcool primário a ser oxidado também deverá ter 2 átomos de carbono, que é o etanol.



- O nome IUPAC é etanal.
- O acetaldeído é usado na produção de DDT, como redutor na produção de espelhos e na produção de etanol.

5. O acetaldeído é obtido na indústria a partir de:

- Adição da água ao etano
- Adição da água ao eteno
- Adição da água ao etino
- Aliminação da água no etino

### Resolução

Opção C.

6. A equação química que traduz a obtenção do acetaldeído na indústria é:

- $\text{CH}_3 - \text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CHO} + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
- $\text{CH} \equiv \text{CH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{OH} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CHO}$
- $\text{CH} \equiv \text{CH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CHO}$

### Resolução

Opção C.

7. Porque é que não é correcto chamar a uma cetona, butanona-3?

### Resolução

Porque a numeração da cadeia carbónica das cetonas inicia-se sempre da extremidade mais próxima do carbono carbonílico e na cetona de 4 carbonos a carbonila só pode estar no carbono 2, daí não existir butanona-3.



- Os aldeídos são compostos que fazem parte das funções orgânicas oxigenadas.
  - Represente a sua fórmula geral.
  - Represente os primeiros cinco membros da sua série homóloga.
  - Nomeie os compostos da alínea anterior com base nas regras da IUPAC.
  - Qual é a diferença estrutural entre o primeiro membro da série e os restantes?
- Considere o primeiro membro da série dos aldeídos:
  - Menciona três aplicações.
  - Equacione a sua obtenção a partir de um alcano.
  - Equacione uma reacção de oxidação do referido composto.
  - Equacione a sua reacção de redução.
- Equacione a obtenção do formaldeído a partir do carvão, usando várias etapas, sendo que numa das quais se obtém um álcool primário.
- Explique como se pode obter o bromoetano, em fases, a partir do aldeído acético. Escreve as equações.
- Equacione a obtenção do etanal a partir de:
  - Um álcool
  - Etino
  - Eteno
- Qual é o membro mais simples da série das cetonas? Represente a sua fórmula racional.
- Indique três aplicações da acetona.
- Justifique a afirmação: «Os aldeídos e as cetonas são compostos carbonilo».
- Represente um isómero de função e um de posição do hexanona-2.
- Equacione a reacção de redução do pentanona-3.
- Equacione a obtenção de etil metil cetona a partir de um álcool.
- Equacione a reacção de hidrogenação de metil butanona.
- Qual é o produto da oxidação parcial dos álcoois secundários?
- Equacione a reacção do propanal e da propanona com o licor de Fehling.
- Nomeie, usando as regras da IUPAC.
  - $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CHO}$
  - $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{H}$
  - $\text{C}_3\text{H}_{11} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{C}_2\text{H}_5$
  - $\text{H} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{CH}_3$

A close-up photograph of several ants on a piece of wood. The ants are reddish-brown with black abdomens and legs. They are positioned on a light-colored, textured log. The background is a soft, out-of-focus green.

## OBJECTIVOS

### Os aluno deve ser capaz de:

- Escrever a fórmula geral, a série homóloga e a estrutura dos ácidos carboxílicos.
- Usar a nomenclatura IUPAC e usual para nomear os ácidos carboxílicos.
- Mencionar as propriedades físicas dos ácidos carboxílicos.
- Escrever as equações das reacções que traduzem as propriedades químicas dos ácidos carboxílicos.
- Representar as equações químicas das reacções de obtenção dos ácidos carboxílicos.
- Mencionar as aplicações dos ácidos carboxílicos, dos ésteres e das gorduras.
- Caracterizar ésteres e mencionar as suas aplicações.
- Classificar as gorduras, mencionar as suas fontes e os seus efeitos no organismo.
- Mencionar as aplicações dos sabões e dos detergentes.
- Escrever as equações das reacções de transformação entre as várias funções químicas orgânicas estudadas.

CONTEÚDOS

**Ácidos carboxílicos:** conceito, fórmula geral, grupo funcional, nomenclatura (IUPAC e usual), propriedades físicas obtenção, propriedades químicas (reação com metais activos e com os álcoois), ácidos fórmico e acético como representantes do grupo, propriedades e aplicações, experiências químicas da acção de vinagre sobre a casca de ovo e sobre a palha de aço

**Ésteres:** conceito, fórmula geral, nomenclatura (IUPAC e usual), obtenção (esterificação), e experiência química sobre a formação de ésteres (esterificação), propriedades físicas, propriedades químicas (reação de saponificação e reacções de hidrólise), aplicações dos ésteres, óleos e gorduras: classificação e propriedades (ésteres da glicerina), fontes e importância biológica das gorduras (lípidos), efeito das gorduras no organismo, sabões: conceito, propriedades e aplicações, experiência química sobre a produção de sabão (saponificação), produção de sabão, manteiga e margarina – Tema gerador, reacções de transformação entre hidrocarbonetos, derivados halogenados, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos e ésteres

# Ácidos carboxílicos

## Estrutura. Ocorrência na Natureza

**Ácidos carboxílicos** são compostos orgânicos que apresentam o grupo carboxilo(a)  $\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} - \text{OH} \end{matrix}$  ligado a um radical hidrocarboneto.

O grupo carboxilo é uma combinação dos grupos carbonilo ( $-\text{CO}-$ ) e do grupo hidroxilo ( $-\text{OH}$ ). Os ácidos carboxílicos são compostos que abundam na Natureza, verificando-se a sua presença nos animais e plantas, onde ocorrem principalmente na forma de seus ésteres.

Todas as moléculas de proteínas são constituídas por aminoácidos, uma variedade de ácido carboxílico.

O sabor azedo de alguns frutos verdes deve-se ao seu conteúdo ácido.

O ácido propanóico combinado com outras substâncias encontra-se na gordura de certos animais. O sabor da manteiga rançosa, o queijo estragado e o cheiro do suor humano deve-se à presença do ácido butírico.



Fig.1 Os ácidos carboxílicos encontram-se no queijo e na manteiga.

## Classificação dos ácidos carboxílicos

A classificação dos ácidos carboxílicos pode ser feita com base nos seguintes critérios:


### Quanto ao número de grupo funcional

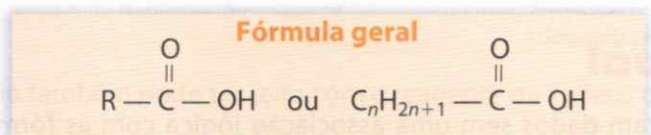
Ácidos monocarboxílicos	Ácidos policarboxílicos	
	Ácidos dicarboxílicos	Ácidos tricarboxílicos
Com um grupo funcional	Com dois grupos carboxílicos	Com três grupos funcionais
Ácido acético $\text{CH}_3 - \text{COOH}$	Ácido oxálico $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \leftrightarrow \text{HOOC} - \text{COOH}$	$\begin{matrix} \text{COOH} \\   \\ \text{HOOC} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{matrix}$

### Quanto à saturação

Ácidos saturados	Só contêm ligações simples entre os átomos de carbono	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{OH}$
Ácido insaturados	Contêm pelo menos uma ligação múltipla entre os átomos de carbono.	$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{OH}$

## Quanto ao tipo de cadeia

Ácidos alifáticos	Contém cadeias abertas	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{OH}$
Ácido aromáticos	Contém pelo menos um anel benzênico.	



Onde: R = radical

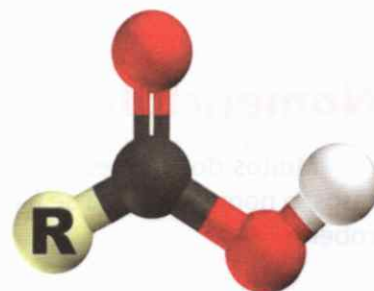
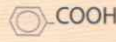


Fig.2 Modelo molecular da estrutura do ácido carboxílico

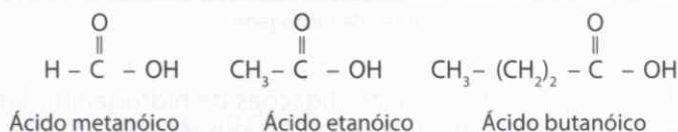
### Alguns membros da série homóloga dos ácidos carboxílicos

	Fórmula racional	Observação
$n = 0$	$\text{H} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{OH}$	O 1.º membro da série dos ácidos carboxílicos diferencia-se dos restantes porque o grupo funcional liga-se a um átomo de hidrogénio e não a um radical hidrocarboneto.
$n = 1$	$\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{OH}$	Neste caso o R = radical alquil (metil)
$\text{R} = \text{C}_6\text{H}_5$		Neste caso o R = radical aril $\Rightarrow$ resulta um ácido carboxílico aromático.

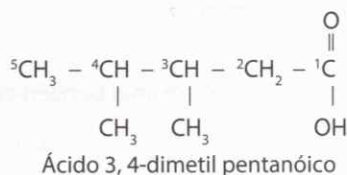
## Nomenclatura IUPAC

Como acontece com os outros compostos orgânicos, a nomenclatura IUPAC dos ácidos carboxílicos cumpre as regras já mencionadas atribuindo-se a terminação «**óico**» e a palavra «**ácido**» no início do nome.

Palavra «ácido» + Nome do hidrocarboneto + sufixo «**óico**»

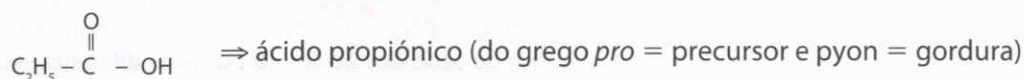


Para os ácidos carboxílicos de cadeia ramificada, a cadeia principal é a maior sequência que contém o grupo carboxílico. A enumeração começa no carbono que faz parte deste grupo continuando de forma que as ramificações fiquem com menores números possíveis.



## Nomenclatura usual

Muitos dos nomes usuais foram dados sem uma associação lógica com as fórmulas. Em muitos casos, o nome relaciona-se à origem do composto ou a um determinado aspecto da sua história ou descoberta.



## Propriedades físicas

Os primeiros três membros da série dos ácidos carboxílicos são líquidos, com cheiro forte e irritante e solúveis em água em todas as proporções. A solubilidade vai-se tornando limitada com o aumento da cadeia carbônica. Os seguintes (até aproximadamente  $\text{C}_9$ ) são líquidos com características rançosas e os ácidos superiores são sólidos com aspecto de cera, inodoros e insolúveis em água.

A ausência de substâncias gasosas (tal como nos álcoois), deve-se à existência de pontes de hidrogénio, onde os ácidos carboxílicos associam-se fortemente dois a dois formando **dímeros cíclicos**.



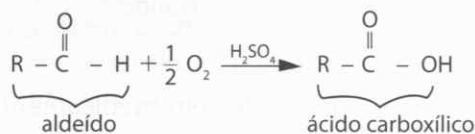
Conclui-se que, devido à formação destas fortes ligações de hidrogénio (dímeros cíclicos), os ácidos carboxílicos têm pontos de ebulição mais altos do que os álcoois de massa molar comparável.

## Métodos de obtenção

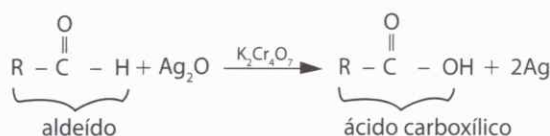
### Oxidação de aldeídos/álcoois primários

Em condições apropriadas, tanto os aldeídos como os álcoois primários podem ser oxidados, originando os respectivos ácidos carboxílicos.

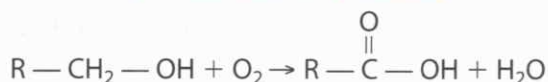
#### • Oxidação de aldeído



Esta oxidação também pode ser feita com o reagente de Tollens ou com o licor de Fehling.

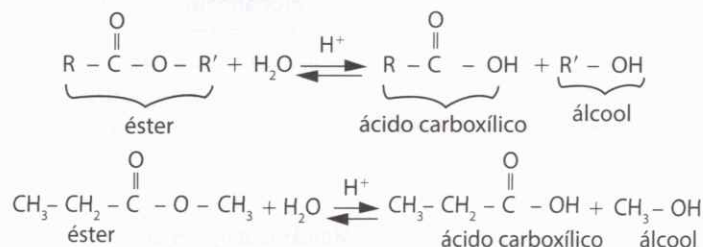


#### • Oxidação do álcool primário



## Hidrólise de ésteres

Um éster, na presença da água, separa-se formando um ácido carboxílico e um álcool.



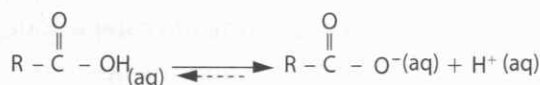
## Propriedades químicas

Todos os ácidos têm um sabor característico: sabor ácido = azedo; em solução aquosa conduzem a corrente eléctrica e reagem com os indicadores, alternando a sua cor.

Os ácidos carboxílicos são mais fracos que os ácidos inorgânicos, mas realizam reacções idênticas obedecendo ao mesmo mecanismo.

### Reacção com água (dissociação)

Os ácidos carboxílicos são ácidos de Arrhenius porque em solução aquosa sofrem ionização soltando como catião os iões  $\text{H}^+$ .



A facilidade de remoção do hidrogénio do grupo hidroxilo é maior que nos álcoois.



Tal como acontece com os ácidos inorgânicos, os ácidos carboxílicos em solução aquosa realizam reacções, produzindo sais que podem ser nomeados substituindo a terminação «ico» do ácido por «ato».

Ácidos carboxílico	Ácido metanóico	Ácido etanóico	Ácido acético
Radical ácido correspondente	Metanoato	Etanoato	Acetato

Os sais de ácidos carboxílicos estão presentes em medicamentos, aditivos alimentares, soluções fotográficas, corantes de tecidos, detergentes, etc.

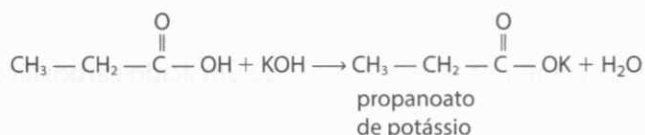
## Reacção com metais activos

- Forma-se um sal e liberta-se hidrogénio.



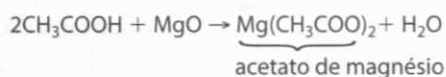
## Reacção com bases

- Forma-se sal e água.



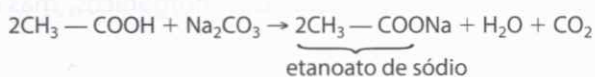
## Reacção com óxidos metálicos

- Forma-se sal e água.



## Reacção com sais

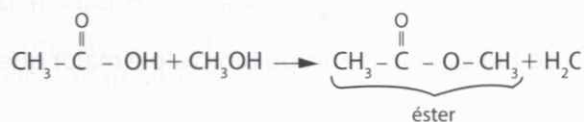
- Forma-se um novo sal e um novo ácido.



Os ácidos carboxílicos, ao contrário dos ácidos inorgânicos, podem reagir com álcoois.

## Reacção com álcoois (esterificação)

- Os ácidos carboxílicos reagem com álcoois formando éster e água.



## Ácido fórmico (ácido metanóico)

É um líquido incolor, cáustico, de cheiro forte e irritante e muito solúvel em água; tem o seu ponto de ebulição relativamente elevado (p.e. = 100,8 °C).

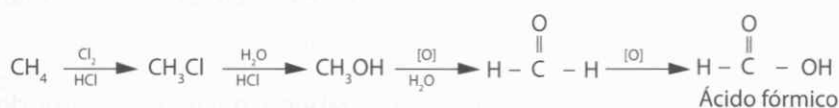
Encontra-se em algumas plantas (urtigas), nas abelhas, vespas e formigas é a causa do ardor das suas picadas. Na antiguidade era extraído das formigas (de onde surgiu o nome) por destilação seca.

Na indústria química é frequentemente usado como redutor e como mordente (substância que fixa o corante na fibra); é importante para a obtenção de diversos compostos orgânicos, principalmente ésteres, usados como solventes e na indústria de perfumaria. Na medicina emprega-se no tratamento de doenças reumáticas (fricções com solução de ácido fórmico).

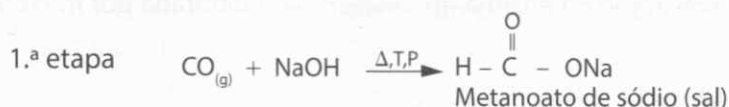


Fig. 3 As formigas libertam o ácido fórmico durante as suas picadas.

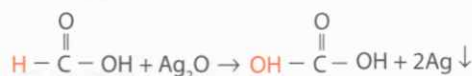
- A sua preparação é feita principalmente por **oxidação do metano**:



- Obtém-se também usando o monóxido de carbono como matéria-prima.



As **propriedades químicas** do ácido fórmico são idênticas às dos outros ácidos carboxílicos entretanto, devido à presença do hidrogénio ligado ao grupo carbonilo, este ácido tem também propriedades semelhantes às dos aldeídos, podendo reduzir os reagentes de Fehling e de Tollens.



## Ácido acético (ácido etanóico)

O ácido acético é um líquido incolor, de cheiro penetrante, sabor azedo e solúvel em água, álcool e éter; apresenta o ponto de ebulição relativamente elevado (p.e. = +118 °C), maior do que o do ácido fórmico, que apresenta menor número de átomos de carbono na sua cadeia.

Quando puro (isento de água), congela a uma temperatura de 16,7 °C, tomando o aspecto de gelo.

Daí o nome de ácido acético glacial. Encontra-se frequentemente nas excreções de insectos (como líquido de defesa) e nas plantas (é a razão do sabor dos frutos verdes e azedos). É um ácido de larga aplicação, podendo ser empregue na alimentação sob a forma de vinagre como condimento e como conservante. Na indústria química serve para obter acetatos (sais) e ésteres usados como solventes. É empregue como matéria-prima na produção de perfumes, fibras sintéticas, corantes, medicamentos (por exemplo: produção de aspirina = AAS ácido acetil salicílico). Alguns dos seus derivados são usados como herbicidas.

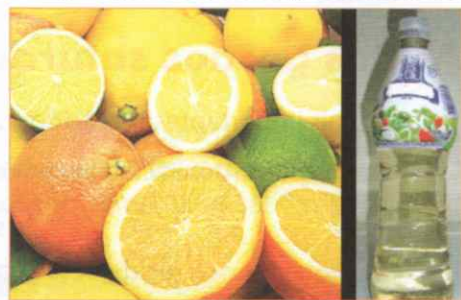
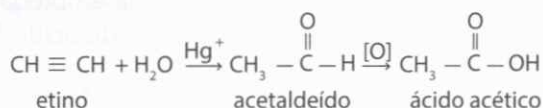
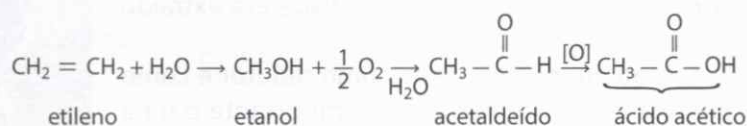


Fig. 4 Alguns frutos e o vinagre contêm ácido acético.

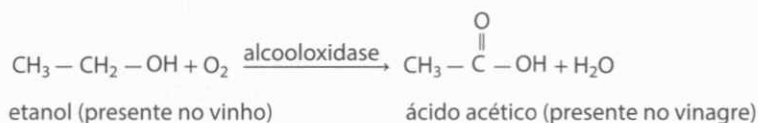
A oxidação de hidrocarbonetos insaturados e a fermentação acética são **os principais métodos de preparação do ácido acético**:

## Oxidação de hidrocarbonetos insaturados



## Fermentação acética

A fermentação acética é o método mais antigo de se fabricar o vinagre a partir do vinho, bastando deixá-lo azedar. Nesta reacção, o etanol presente no vinho reage com o oxigénio e transforma-se em ácido acético, num processo que decorre sob acção da enzima **alcoooloxidase**, elaborada por microorganismos denominados *mycoderma aceti*.



- O vinagre contém 6 a 10% do ácido acético e outros compostos que se formam durante a fermentação que lhe dão cheiro e sabor especial. Na indústria esta oxidação também se pode dar na presença de catalisadores como o pentóxido de vanádio - V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

## Ácidos carboxílicos de cadeia longa

São também conhecidos por **ácidos gordos** ou **ácidos graxos** quando são derivados das gorduras naturais. A designação ácido gordo é dada a um ácido carboxílico que possua uma cadeia carbónica longa, em geral com doze ou mais átomos de carbono.

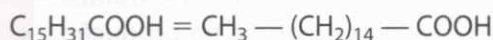
Na Natureza existem em pequenas quantidades no estado livre, sendo contudo abundantes os seus ésteres (óleos e gorduras).

Contêm número par de átomos de carbono e podem ser saturados ou insaturados.

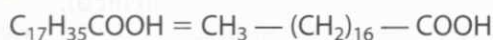
## Ácidos gordos saturados

Os mais importantes dos ácidos gordos saturados são compostos de cadeia normal:

- **Ácido palmítico** (ácido hexadecanóico):



- **Ácido esteárico** (ácido octodecanóico):



Estes dois ácidos são sólidos, brancos e insolúveis em água e com um aspecto semelhante à cera.

O ácido palmítico existe em grandes quantidades na gordura de palma e em pequenas quantidades em quase todas as gorduras e o ácido esteárico é comum em gorduras animais. São principalmente usados na produção de sabões e diversos detergentes.

Sendo ácidos carboxílicos, eles participam em **reações idênticas** às dos outros ácidos pertencentes a esta função: reagem com sais, com soluções alcalinas, com álcoois, etc.

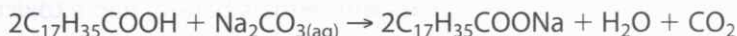
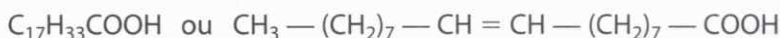


Fig. 5 Ácido esteárico usado na elaboração de sabões e detergentes

## Ácidos gordos insaturados

Podem possuir uma ou várias ligações duplas na molécula. Os mais importantes são:

- **Ácido oleico**: é um ácido gordo monoinsaturado e apresenta uma única ligação dupla (na posição do carbono-9)



- **Ácido linoleico**: é um ácido gordo poli-insaturado que apresenta duas ligações duplas (uma no carbono-9 e outra no carbono-12).



O ácido oleico e o ácido linoleico são líquidos semelhantes ao azeite. Ocorrem geralmente em óleos vegetais: o ácido oleico encontra-se no azeite e o linoleico no óleo de linhaça.

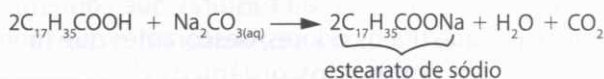
## Sais dos ácidos gordos

Os sais de ácidos gordos são obtidos a partir de métodos já mencionados, destacando-se:

### Reacção entre um ácido (carboxílico) e uma base



### Reacção entre um ácido (carboxílico) e um sal



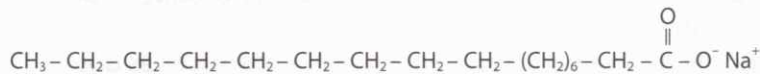
Os sais de sódio e de potássio provenientes de ácidos gordos possuem propriedades saponiformes. Sob o ponto de vista químico, o **sabão** é um sal solúvel de ácido gordo (estearato, palmitato, etc.). Assim só os sais dos metais alcalinos e de amónio dos ácidos gordos são verdadeiros sabões porque são os únicos solúveis em água.

Podem existir diferentes tipos de sabão mas a composição básica resume-se em:

- **Sabões sólidos** – são sabões duros (sais) cujo catião provém do sódio.
- **Sabões líquidos** – são os sabões moles cujo catião provém do potássio.

A ação de um sabão durante a lavagem explica-se partindo da sua estrutura:

A extremidade carboxílica (por exemplo ião estearato) é altamente polar, por isso tende a dissolver-se na água e é chamada parte **hidrofilica** (atrai a água). O radical longo do hidrocarboneto é apolar e dissolve os óleos e gorduras (que também são apolares) e é designada por parte **hidrofóbica** (repele a água).

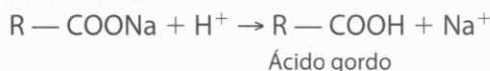


Parte apolar (solúvel em óleos e gorduras)

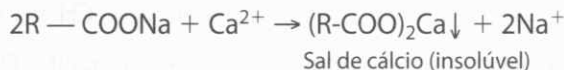
Parte polar (solúvel em água)

O sabão tem, sobre os detergentes, as **seguintes vantagens**: é mais barato, não é tóxico, fabrica-se a partir de matéria-prima renovável (óleos e gorduras) é biodegradável, ou seja, é consumido e destruído pelos microorganismos existentes na água, evitando que a mesma fique poluída. O sabão só apresenta problemas nos seguintes casos:

**1.º Caso:** Quando a água utilizada tiver um carácter ácido, poderá formar-se o **ácido gordo** nos tanques ou reservatórios.



**2.º Caso:** Quando a água usada é dura, isto é, contém iões metálicos, especialmente  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  que podem substituir os iões  $\text{Na}^+$ , ao combinarem-se com o radical ácido vai originar novos sais (de cálcio e/ou magnésio) dos ácidos gordos. Estes são insolúveis e formam crostas nos tanques, lavatórios, canos, etc.



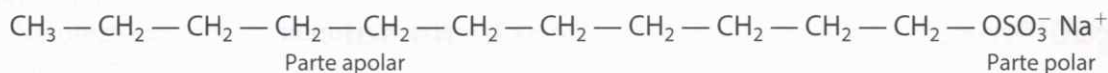
Os inconvenientes acabados de mencionar foram superados, em parte, pelos **detergentes**.

Os **detergentes** são sais de sódio de sulfatos de alquilas de cadeia longa ou de ácidos sulfónicos também de cadeia longa. Por exemplo:

$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{11} - \text{OSO}_3 - \text{Na}^+ \Rightarrow$  lauril-sulfato de sódio (é um sulfato misto de alquila e de sódio.)



Os detergentes agem, na limpeza, de modo semelhante aos sabões, pois também apresentam uma cadeia orgânica longa apolar (solúvel em gorduras) e uma parte polar (solúvel em água) conforme o exemplo:



Normalmente os detergentes comercializados são misturas que contêm, além do próprio detergente: fosfatos que neutralizam a água, bórax que tira os odores, descorantes que tiram as manchas, perfumes, etc.

Em tempos eram fabricados com compostos orgânicos de cadeia ramificada, substâncias não consumidas pelos organismos existentes na água. Desta forma iam-se acumulando nos rios e lagos, causando uma enorme poluição e formando um volume enorme de espuma, que impedia a entrada de oxigénio na água, resultando na morte de animais e plantas aquáticas.

Actualmente, já é dada mais atenção ao problema dos poluentes, sendo crescente o número de produtos de fabrico industrial com características biodegradáveis.



**Fig. 6** Rio poluído devido ao uso de detergentes não biodegradáveis.

Apesar do crescente uso de detergentes biodegradáveis, que não apresentam esses inconvenientes e são formados por compostos orgânicos de cadeias linear, é importante ter consciência do potencial poluente dos produtos industriais.

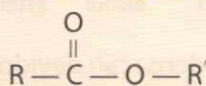
Os sabões, os detergentes e os restantes produtos de limpeza e de higiene podem criar problemas ambientais agravando, principalmente, a poluição das águas, quando na sua fabricação faz-se o uso de:

- **Fosfatos** actuam como fertilizantes das plantas e, quando atingem as águas dos rios e lagos acabam por provocar um crescimento exagerado de certas algas e plantas aquáticas, que consomem uma boa parte do oxigénio da água. Isso acaba por impedir a existência de outras formas de vida, inclusive a dos peixes. Os fosfatos têm estado a ser substituídos por outras substâncias (carbonatos, silicatos) que provocam menos danos.
- **Produtos não biodegradáveis** que se acumulam formando uma camada de espuma nos rios, impedindo a entrada de gás oxigénio.
- **Substâncias tóxicas**, tais como a soda cáustica que poderá alterar o pH e contaminar os cursos de água afectando o solo, a fauna e a flora.

## Ésteres

**Ésteres** são compostos orgânicos que possuem o grupo funcional  $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—O—}$  ligado a dois radicais alquil (ou aril) que podem ser iguais ou diferentes.

### Fórmula geral



Onde: R e R' – Radicais alquil ou aril

### Alguns membros da série homóloga dos ésteres

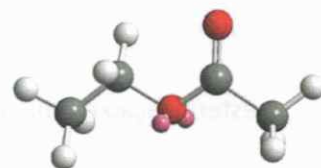
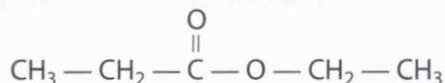
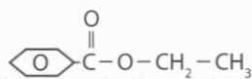
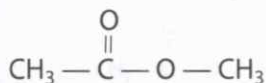
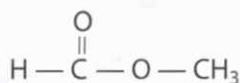


Fig. 7 Modelo molecular da estrutura de um éster

## Ocorrência natural

Os ésteres são muito abundantes na Natureza. Os ésteres simples são responsáveis pelo aroma agradável de partes de plantas (flores e frutos). No organismo encontram-se alguns em forma de gorduras e óleos:

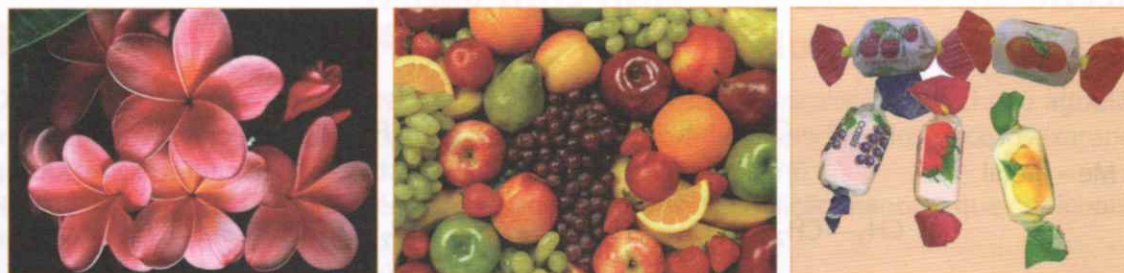


Fig. 8 O aroma agradável das flores, dos frutos maduros e até doces como os rebuçados deve-se à presença de ésteres.

Os ésteres naturais podem ser agrupados em:

- **Essências de frutos** – ésteres de ácidos inferiores e médios com álcoois inferiores e médios.

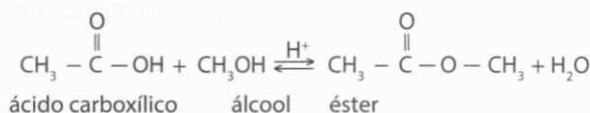
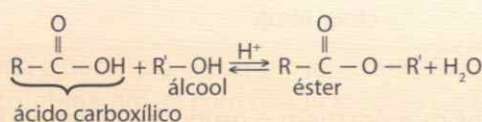


- **Óleos e gorduras** – são ésteres de ácidos superiores com a glicerina.
- **Ceras** – são ésteres de ácidos superiores com álcoois superiores.

## Métodos de obtenção

Os ésteres podem ser obtidos através da reacção entre um ácido carboxílico e um álcool – reacção denominada **esterificação**. Esta é lenta, reversível, de fraco rendimento e ocorre na presença de iões de hidrogénio, ou seja, é catalisada por ácidos fortes.

## Reacção de esterificação



A esterificação é uma reacção de condensação devido à formação da água.

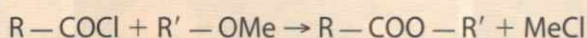
## Reacção entre sal de ácido carboxílico e haleto orgânico



Onde: Me – metal; X – halogénio



## Reacção de cloreto de ácido com «sais» derivados de álcoois (fenóis)



Onde: Me – metal



## Nomenclatura IUPAC

Nome do hidrocarboneto + sufixo + preposição + nome do radical + terminação proveniente do ácido «ato» «de» proveniente do álcool «a»

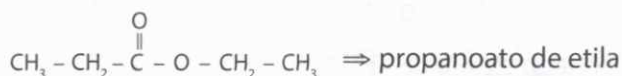
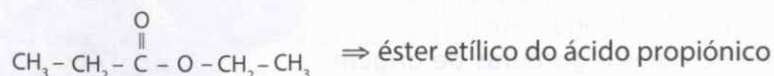
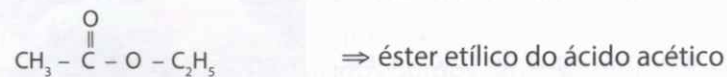
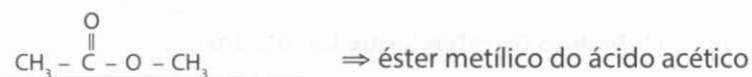


Fig. 9 Modelo molecular da estrutura do etanoato de metila

**N.B.:** Ésteres são isómeros de função de ácidos carboxílicos.

## Nomenclatura usual

Palavra + nome do álcool + nome do ácido «éster» (nomenclatura usual) + «do» + (nomenclatura usual)



## Propriedades físicas

- Os ésteres de massas moleculares baixas são líquidos voláteis, incolores e de cheiro agradável. À medida que aumenta a cadeia carbónica vão-se transformando em líquidos viscosos (xaroposos e gordurosos). Os de massa elevada são sólidos com aspecto de cera.
- Não possuem pontes de hidrogénio. Apresentam pontos de ebulição menores que os álcoois e ácidos carboxílicos de igual massa molecular.
- São insolúveis em água, mas solúveis em álcoois.



## Glicerídios (gorduras e óleos)

Os ésteres mais comuns são encontrados nas gorduras e óleos que fazem parte de um grupo de compostos orgânicos denominado **glicerídios** (lípidos ou lipídios). Estes são de grande importância na alimentação humana e dos animais, servindo de fonte e reserva de energia, embora o seu consumo em excesso possa provocar doenças do coração.

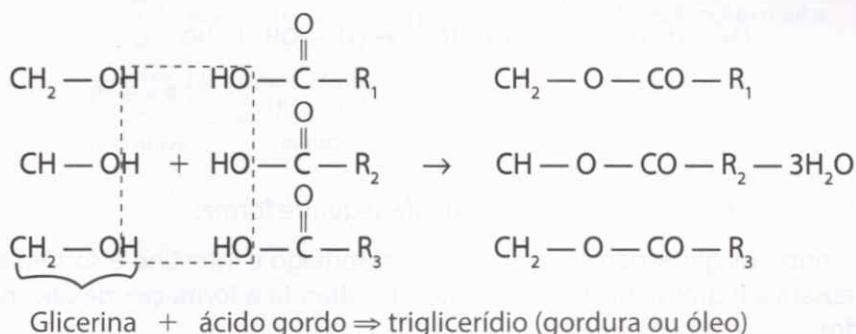
Quimicamente:

**Glicerídios** são ésteres de glicerina (triálcool) com ácidos graxos. São também designados por triglicerídios (triésteres).

Os **glicerídios (triglicerídios)** podem ser classificados da seguinte forma:

- Dependendo dos ácidos graxos:
  - simples – quando os radicais (R e R') são iguais.
  - mistos – quando os (R e R') são diferentes.
- Dependendo da saturação da cadeia:
  - óleos – cadeias insaturadas
  - gorduras – cadeias saturadas

Embora estes ésteres já existam na Natureza, pode-se presumir que eles se formaram por reacções que envolvem a glicerina e três moles de ácidos gordos.

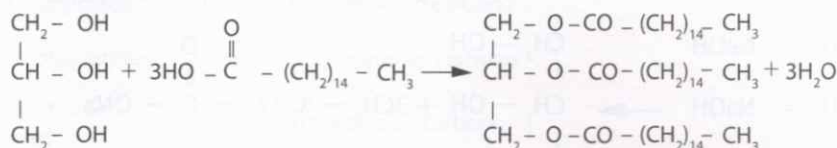


O termo **gordura** é conferido a um éster de glicerina que seja sólido ou semi-sólido e provém de ácidos gordos saturados (podendo ser iguais ou diferentes) e o termo **óleo** a um éster líquido da glicerina, proveniente de ácidos gordos insaturados.



**Fig. 11** Gorduras e óleos são as principais fontes de glicerídios.

Na reacção entre a glicerina e três moles de ácido palmítico forma-se um glicerídio simples.



A maioria das gorduras são ésteres de ácidos carboxílicos gordos de cadeia longa, saturados ou insaturados. Em pequenas quantidades, existem gorduras que se formam a partir de ácidos inferiores.

As gorduras (óleos) naturais contêm ácidos monocarboxílicos com um número par de átomos de carbono e cadeia não ramificada.

Gordura		Óleo	
Animal	Vegetal	Animal	Vegetal
Banha de porco	Gordura de coco	Óleo de fígado de bacalhau	Amendoim
Sebo de boi	Manteiga de cacau	Óleo de baleia	Girassol, soja, etc.

As gorduras têm um aspecto sólido ou semi-sólido; os óleos são líquidos. São substâncias com características untuosas ao tacto, não se misturam com a água (são menos densas), mas são solúveis em certos compostos, tais como: gasolina, benzeno, etc.; o ponto de fusão é baixo (gorduras com maior valor em relação aos óleos); deixam manchas características sobre a pele ou papel.

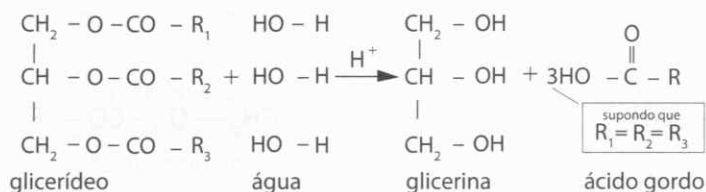
As reacções químicas dos glicerídeos que merecem maior destaque são:

- Hidrólise ácida
- Hidrólise alcalina (saponificação)
- Hidrogenação de óleos

O mecanismo de cada uma destas reacções obedece a princípios já estudados.

## Reacção de hidrólise ácida

O processo de hidrólise das gorduras (óleos), catalisado por ácidos, ocorre mais no organismo durante o metabolismo.



O metabolismo dos lípidos pode ser explicado da seguinte forma:

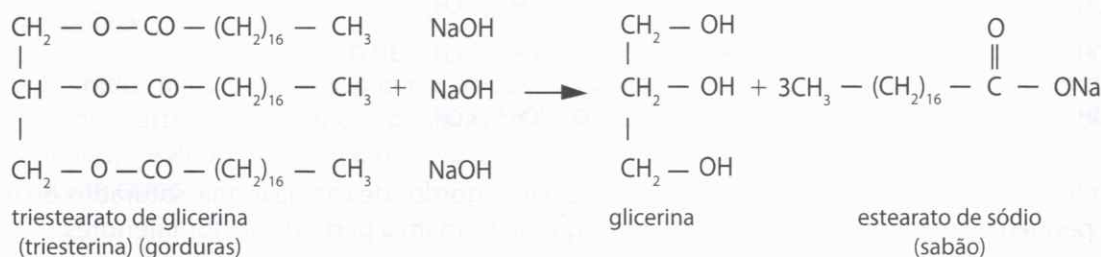
Quando ingeridos, os glicerídeos passam para o estômago e intestino e sofrem a acção de enzimas (lipases) que catalisam a hidrólise destes compostos, resultando a formação de glicerina e ácidos gordos que são destinados:

- Ao fornecimento de energia para as várias actividades do organismo.
- A armazenar energia.
- A formação de moléculas complexas que constituirão células, tecidos, etc.

## Hidrólise alcalina ou saponificação

Os glicerídeos reagem com bases fortes em reacção comumente designada por saponificação, produzindo sabões.

É o principal método de produção do sabão a partir de uma gordura.



## Hidrogenação

Os óleos vegetais podem ser convertidos em gorduras vegetais sólidas ou semi-sólidas com a adição de hidrogénio, reduzindo ou eliminando o número de ligações duplas na cadeia. Assim, na presença de catalisadores, como é o caso do níquel e à temperatura de 150 °C, pode-se transformar um óleo em gordura.

Este é o princípio usado na fabricação da margarina a partir de óleos vegetais.

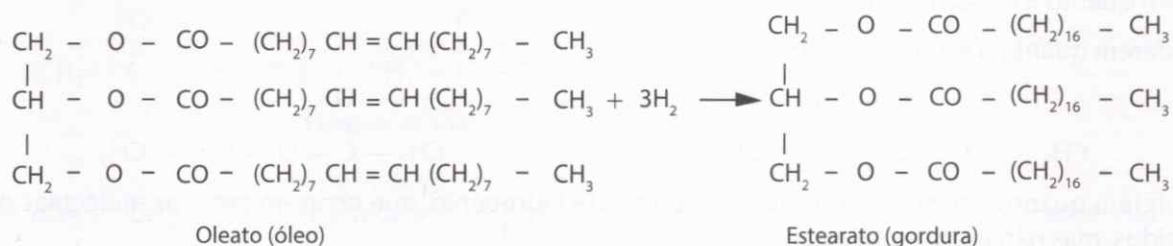



Tabela 1: Principais classes de compostos orgânicos

Função	Características		
Hidrocarbonetos	Alifáticos ou Acíclicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alcanos: <math>C_nH_{2n+2}</math></li> <li>Alcenos: <math>C_nH_{2n}</math></li> <li>Alcinos: <math>C_nH_{2n-2}</math></li> <li>Alcadienos: <math>C_nH_{2n-2}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Só ligações simples</li> <li>Uma ligação dupla</li> <li>Uma ligação tripla</li> <li>Duas ligações duplas</li> </ul>
	Cíclicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cicloalcanos: <math>C_nH_{2n}</math></li> <li>Cicloalcenos: <math>C_nH_{2n-2}</math></li> <li>Aromáticos:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cadeia cíclica saturada</li> <li>Cadeia cíclica com uma ligação dupla</li> <li>Apresentam o anel benzénico</li> </ul>
Álcoois	Grupo «OH» ligado a carbono saturado	$R - \text{CH}_2 - \text{OH}$	
Fenóis	Grupo «OH» no anel aromático	 OH	
Aldeídos	Grupo carbonilo(a) ligado ao hidrogénio	$R - \text{CHO}$	
Cetonas	Grupo carbonilo(a) entre dois carbonos	$R_1 - \text{CO} - R_2$	
Ácidos carboxílicos	Grupo carboxilo(a) ligado a radical orgânico	$R - \text{COOH}$	
Ésteres	Grupo carbonilo(a) ligado ao oxigénio entre átomos de carbono.	$R - \text{COO} - R$	
*Amina	Grupo «NH <sub>2</sub> », «NH» ou «N» ligado a carbono(s).	$\text{RNH}_2; \text{R}_2\text{NH}; \text{R}_3\text{N}$	
*Amida	Grupo carbonilo(a) combinado com o NH <sub>2</sub> ligado ao carbono	$-\text{NH}_2$	
*Nitro compostos	Grupo $-\text{NO}_2$ ligado ao carbono	$R - \text{NO}_2$	
*Compostos nitrilos	Grupo $-\text{C}; \text{N}$ ligado ao carbono	$R - \text{C}; \text{N}$	
*Compostos de Grignard	Grupo MgX ligado ao carbono	$R - \text{MgX}$	
* $\alpha$ Aminoácidos	Grupo NH e grupo carboxílico	$\text{NH}_2 - \text{CH}(\text{R}) - \text{COOH}$	

\* Outras funções orgânicas

1. O ácido butanóico e o etanoato de etila têm a mesma fórmula molecular. Entretanto, diferem quanto às:

I. massas molares

II. fórmulas estruturais

III. ligações por pontes de hidrogénio

A. I

B. I e II

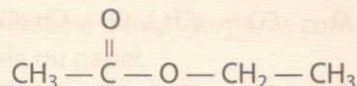
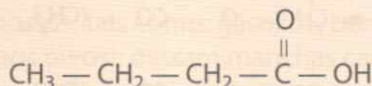
C. II e III

D. I e III

### Resolução

• O ácido butanóico e o etanoato de etil têm a mesma fórmula molecular ( $C_2H_6O$ ), por isso **não diferem** quanto à massa molar.

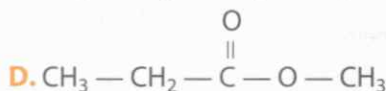
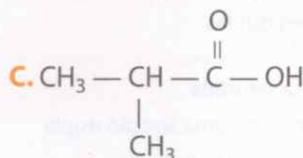
• Diferem quanto à fórmula estrutural:



• Diferem quanto à ocorrência de ligações ponte de hidrogénio, que ocorrem entre as moléculas dos ácidos, mas não entre as do éster.

Alternativa correcta: **C**

2. O etanoato de etila, que tem odor e sabor de maçã, pode ser obtido pela reacção entre o ácido acético e o álcool etílico. A fórmula do isómero de função do etanoato de etila, que apresenta cadeia carbónica ramificada é:



### Resolução

• O composto **A** é um isómero de função, mas a sua cadeia não é ramificada.

• O composto **B** (álcool) não pode ser isómero do etanoato de etila porque tem fórmulas moleculares diferentes.

O composto **D** é um isómero, mas não de função porque pertence à mesma função.

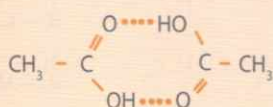
O composto **C** é um ácido carboxílico com a mesma fórmula molecular e de cadeia ramificada.

Alternativa correcta: **C**.

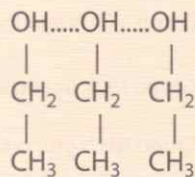
3. Ácidos carboxílicos apresentam pontos de ebulição elevados em relação aos álcoois de igual número de átomos de carbono. Porquê? (Considere o etanol p. e. = 78 °C e de ácido etanóico p. e. = 100,8 °C).

### Resolução

Nos álcoois e nos ácidos carboxílicos ocorrem pontes de hidrogénio entre as moléculas, mas as dos ácidos são mais fortes porque formam dímeros cíclicos, por isso os pontos de ebulição são mais elevados.

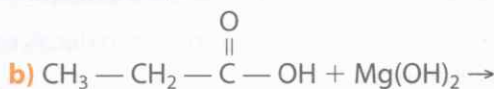
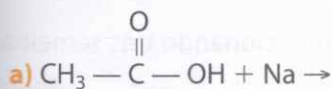


Ácido etanóico

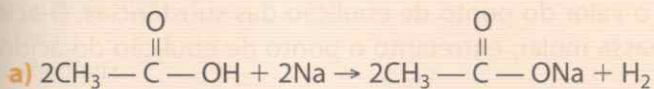


Etanol

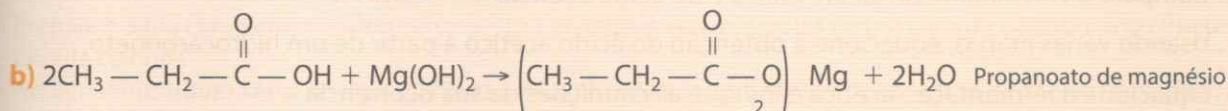
4. À semelhança dos ácidos inorgânicos, os ácidos carboxílicos também reagem com metais e bases formando sal e água. Complete as equações e dê nome IUPAC ao produto:



### Resolução



Etanoato de sódio



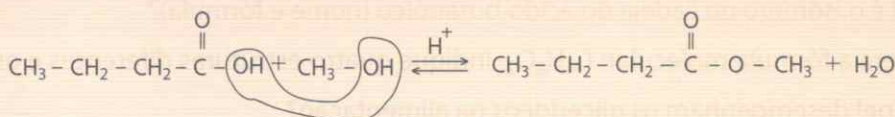
5. A esterificação é a reacção fundamental para a obtenção de ésteres. Escreva equações químicas de obtenção de:

a) Butanoato de metil

b) Éster propílico do ácido acético

### Resolução

- a) Na esterificação os reagentes são um ácido carboxílico e um álcool. É de salientar que, no nome do éster, o prefixo que leva a terminação «oato» deriva do ácido carboxílico correspondente e o de terminação «il», provém do álcool. Portanto, para se formar o butanoato de metil, reage o ácido butanoico e o álcool metanol.



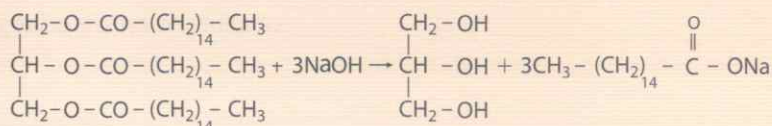
- b) Quando o nome é usual, facilmente se identifica quais os reagentes da esterificação, pois é já referido qual é o ácido (ácido acético) e, logicamente, o álcool será proveniente do prefixo de terminação «ílico», o propílico (propanol).



6. A hidrólise alcalina dos glicerídeos constitui um dos métodos de obtenção de sabão. Escreva a equação química de obtenção de palmitato de sódio.

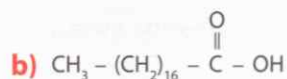
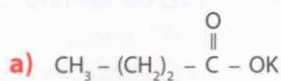
### Resolução

Na estrutura do glicerídeos encontramos uma parte derivada da glicerina e uma que provém do ácido carboxílico. Para se formar o palmitato de sódio devemos reagir o tripalmitato de glicerol com hidróxido de sódio.





1. Qual é o grupo funcional que caracteriza os ácidos carboxílicos? Escreva a fórmula e o nome.
2. Represente dois homólogos do ácido etanóico.
3. Faça a comparação entre os ácidos carboxílicos e os ácidos inorgânicos, mencionando três semelhanças e três diferenças.
4. Sabendo que frequentemente se obtêm ácidos através da oxidação directa dos álcoois, sem passar pela formação do aldeído, escreva a equações da reacção de obtenção do ácido propanóico.
5. A massa molar é um dos factores que afecta o valor do ponto de ebulição das substâncias. O ácido acético e o propanol apresentam a mesma massa molar, entretanto o ponto de ebulição do ácido é maior. Como se explica?
6. Compare a volatilidade do álcool etílico e do ácido acético.
7. Usando várias etapas, equacione a obtenção do ácido acético a partir de um hidrocarboneto.
8. Equacione a fermentação acética e indique as condições da sua ocorrência.
9. a) Como se designa a reacção entre o ácido acético e o álcool metílico?  
b) Equacione a reacção e indique o tipo de composto obtido.
10. O ácido fórmico é o único ácido carboxílico que não possui um isómero éster e também o único que apresenta propriedades de um aldeído.  
a) Equacione a sua reacção com o licor de Fehling.  
b) Explique a razão da ocorrência da reacção.
11. a) Sabendo que os ésteres e ácidos carboxílicos são isómeros de função, indique um isómero de função do ácido butanóico e nomeie-o segundo a IUPAC  
b) Qual é o isómero de cadeia do ácido butanóico (nome e fórmula)?
12. Considera a fórmula molecular:  $C_4H_8O_2$ . Indique quatro estruturas diferentes e os seus nomes oficiais.
13. Que papel desempenham os glicerídeos na alimentação?
14. Usando as regras da IUPAC, nomeie os seguintes compostos orgânicos oxigenados:





## Experiência 1

## Unidade 1

## Adsorção do carvão

**Objectivo:** Comprovar o poder adsorvente do carvão

**Material**

- Copos de Becker ( 250ml)
- Papel de filtro
- Funil
- Almofariz

**Substâncias**

- Sumo, refresco ou água corada
- Carvão de madeira
- Carvão activado

**Procedimento**

- Prepare a água corada misturando cerca de 0,5 l de água e algumas gotas de um corante de cozinha ou use uma bebida colorida.
- No almofariz, triture cerca de duas colheres (use uma espátula para medir) de cada tipo de carvão (de madeira e activado) de forma que a granulação seja mais ou menos idêntica.
  - ⇒ use luvas para evitar sujar as mãos.
- Num copo, coloque uma colher cheia de carvão de madeira e no outro a mesma quantidade de **carvão activado**.
- Em cada copo adicione o mesmo volume de água corada. Agite e deixe em repouso. Aguarde o tempo necessário **até observar alguma alteração**.
- No fim, filtre as duas soluções para separar o carvão da água.
  - ⇒ Anote as observações, analise os resultados e anote as conclusões.

**Questões:**

1. Por que razão a coloração do líquido diminui de intensidade após o contacto com o carvão?
2. Qual das soluções descora mais: a do carvão de madeira ou a do carvão activado? Justifique.



## Experiência 2

## Unidade 3

## Obtenção do negro de fumo

**Objectivo:** Produzir o negro de fumo

**Material**

- Vela
- Fósforo
- Azuleijo

**Procedimento**

- Acenda uma vela ou inflame um pouco de petróleo numa cápsula de porcelana.
- Com um vidro (ou um azulejo branco), «corte» a chama.
  - ⇒ Anote as observações e analise o resultado.


**Experiência 3**
**Dióxido de carbono****Obtenção, identificação e o poder de extinção de chamas****Objectivo: Produzir o dióxido de carbono****Comparar e identificar a presença do dióxido de carbono através da capacidade de extinção de chamas.****Material**

- Um balão de vidro (Erlenmeyer)
- Um balão de borracha
- Funil, copo, vela e fósforos

**Procedimento****1. Obtenção do dióxido de carbono**

- Deite uma pequena quantidade de vinagre no balão de Erlenmeyer.
- Com ajuda de um funil coloque num balão (de borracha) um pouco de carbonato de sódio.
- Coloque o balão de borracha no gargalo do balão de Erlenmeyer e levante-o de modo que o carbonato de sódio caia dentro do recipiente. Sele o balão para não perder o gás.

⇒ Anote as observações, analise os resultados, anote as conclusões e escreva a equação correspondente.

Encha de ar um 2.º balão, de tal forma que fique com o tamanho aproximado ao do primeiro.

Compare a densidade do gás obtido com a densidade do ar, lançando os dois balões para o ar; ou colocando-os numa tina cheia de água.

⇒ Anote as observações e conclusões, depois de analisar os resultados.

**2. O dióxido de carbono e a capacidade de extinção de chamas**

- Coloque uma vela num copo e a sua à volta uma pequena quantidade de bicarbonato de sódio ou fermento de bolo (*Royal*). Acenda a vela e sobre o sal vá colocando algumas gotas de vinagre.

⇒ Anote as observações (explique o que acontece com a chama e os motivos.).


**Experiência 4**
**Obtenção e identificação do acetileno****Objectivo: Produzir o acetileno****Identificar o acetileno através da sua combustibilidade****Material**

- Vidro de relógio
- Fósforo

**Reagentes**

- Carbetto de cálcio ( $\text{CaC}_2$ )
- Água

**Procedimento**

- Em um vidro de relógio coloque uma pequena pedra de carbetto de cálcio ( $\text{CaC}_2$ ).
- Num tubo de ensaio, coloque 5 ml de água.
- Despeje a água do tubo de ensaio sobre o carbetto de cálcio.

⇒ Anote as observações.

- Com muito cuidado, aproxime uma chama próximo das bolhas que se libertam.
- Deixe que todo o carbetto de cálcio seja consumido e anote as observações.
- Terminada a reacção, coloque duas gotas de fenolftaleína, observe e anote.

**N.B.:** Tenha muito cuidado porque na combustão do acetileno liberta-se uma grande quantidade de energia.



## Experiência 5

## Unidade 5

## Aldeídos e cetonas

**Objectivo:** Comprovar a presença de aldeídos e cetonas

**Material**

- Quatro tubos de ensaio
- Conta-gotas
- Bico de Bunsen

**Reagentes**

- Reagente de Tollens
- Licor de Fehling
- Solução de formalina
- Acetona

**Procedimento**

- Use dois tubos, num coloque cerca de 10 ml de formalina (ou glicose) e no outro a mesma quantidade de acetona. Em cada um deles coloque quatro gotas do reagente de Tollens. Aqueça moderadamente cada um dos tubos e anote as observações e as conclusões.

**N.B.:** Lave bem os tubos de ensaio. O espelho de prata é explosivo.

- Use os outros dois tubos com a mesma quantidade de formalina e acetona e adicione à cada um deles algumas gotas do licor de Fehling. Aqueça ligeiramente a mistura, anote as observações e as conclusões.



## Experiência 6

## Unidade 6

## Ácido acético

**Objectivo:** Reagir o ácido acético com o carbonato de cálcio

**Material**

- Um copo

**Reagentes**

- Vinagre branco (ácido acético)
- Casca de ovo (carbonato de cálcio)

**Procedimento**

- Coloque o vinagre dentro do copo ou um outro recipiente escolhido.
- Coloque, com cuidado, o ovo dentro do copo.
- Aguarde alguns dias até que a reação se complete. Se houver necessidade, troque o vinagre algumas vezes durante o dia para que a reacção ocorra mais rapidamente.

⇒ Anote as observações, analise os resultados, anote as conclusões e escreva a equação correspondente.


**Experiência 7**
**Unidade 6****Saponificação**

**Objectivo:** Obter o sabão a partir da hidrólise alcalina de um éster

**Material**

- Um recipiente
- Pipeta volumétrica ou pèra de sucção

**Reagentes**

- 1 l de óleo de cozinha
- 200 g de soda cáustica (NaOH)
- 40 ml de corante e essência perfumada
- Água fervida

**Procedimento**

- Dissolva 200 g de soda numa pequena quantidade de água quente.
- Despeje a soda dissolvida em 1 l de óleo e vá mexendo sem parar.
- Acrescente algumas gotas (40 ml) de corante e de essência.
- Mexa durante 20 minutos e deixe secar por um dia.

**N.B.:** Por ser uma base muito forte e corrosiva, a soda cáustica deve ser manuseada com cuidado. Para tal devem-se usar luvas e óculos de protecção.


**Experiência 8**
**Unidade 6****Esterificação**

**Objectivo:** Produzir um éster a partir da reacção de um álcool (etanol) e o ácido carboxílico (ácido etanóico)

**Material**

- Pinça de madeira
- Conta-gotas
- Erlenmeyer
- Lamparina ou bico de Bunsen

**Reagentes**

- Etanol
- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido acético glacial

**Procedimento**

- Em um tubo de ensaio junte 10 gotas de etanol e 15 gotas de ácido acético (ácido etanóico).
- Acrescente, cuidadosamente, 2 gotas de ácido sulfúrico concentrado. Anote o odor.
- Leve à chama da lamparina por cerca de 15 segundos, tomando cuidado para que a mistura não entre em ebulição. Anote o odor.
- Deixe o tubo de ensaio resfriar um pouco por cinco minutos. Percebe-se algum odor?
- Coloque água num balão de Erlenmeyer e acrescente o conteúdo do tubo de ensaio.
- Sinta o cheiro.

Depois das observações, analisa-os considerando os seguintes aspectos:

- A finalidade do uso do ácido sulfúrico.
- A equação da reacção, indicando o nome dos reagentes e do produtos.

**N.B.:**

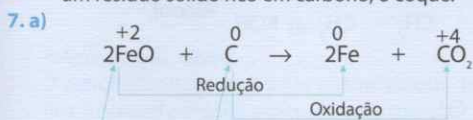
- Se necessário adicione mais algumas gotas de ácido sulfúrico para garantir maior rendimento.
- Use a técnica adequada para cheirar substâncias no laboratório.
- O aquecimento deve ser rápido (10 segundos ou contar até 15), o tubo deve estar ligeiramente inclinado e acompanhado de um ligeiro movimento de vaivém.



## Unidade 1 – Carbono e os elementos do grupo IV-A

### Exercícios propostos p. 29

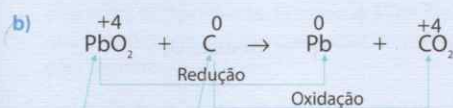
- As propriedades ametálicas aumentam de baixo para cima, ou seja, diminuem de cima para baixo, com o aumento do número atómico.
- O diamante e a grafite são alotrópicos porque são substâncias elementares diferentes (com propriedades diferentes), formadas por átomos do mesmo elemento químico (o carbono).
- O estado cristalino do carbono é caracterizado por apresentar um arranjo regular dos átomos que constituem o sólido, enquanto o estado amorfo não apresenta uma ordenação regular dos átomos.
- O diamante é uma substância dura porque as 4 ligações que cada átomo estabelece são de comprimento de ligação bastante curta, facto que torna os átomos dispostos de forma compacta. A grafite é mole porque na sua estrutura há um electrão livre em cada átomo de carbono. Os átomos dispõem-se em camadas. As camadas separam-se por uma distância relativamente grande, pela qual se torna quebradiça.
- O teor calorífico do carvão mineral depende do teor do carbono presente, que ocorre em função do tempo de fossilização.
- a) As principais formas de tratamento do carvão mineral são gaseificação e desgaseificação (coqueificação).  
b) Na gaseificação o carvão mineral é tratado na presença do ar e formam-se gases. Na desgaseificação o carvão mineral é submetido a aquecimento na ausência do ar, decompondo-se e fica um resíduo sólido rico em carbono, o coque.



Oxidante                      Redutor

Oxidação:  $\text{C} \rightarrow \text{CO}_2$

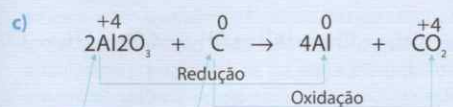
Redução:  $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$



Oxidante                      Redutor

Oxidação:  $\text{C} \rightarrow \text{CO}_2$

Redução:  $\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}$

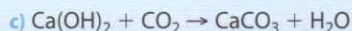
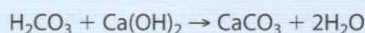


Oxidante                      Redutor

Oxidação:  $\text{C} \rightarrow \text{CO}_2$

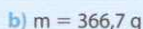
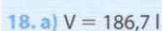
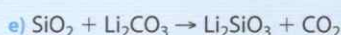
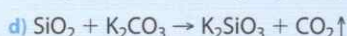
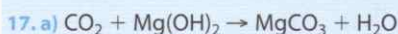
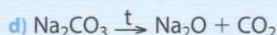
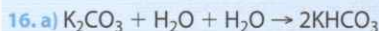
Redução:  $\text{Al} \rightarrow \text{Al}$

- O dióxido de carbono forma-se na Natureza por oxidação completa do carbono ou de substâncias orgânicas ricas em carbono.
- Na reacção entre um carbonato e um ácido não se forma um novo ácido porque o ácido que seria formado (o ácido carbónico) é fraco e facilmente se decompõe em água e dióxido de carbono.



11. Importância de:

- Calcário: obtenção do dióxido de carbono, produção de carbonatos e de hidrogenocarbonatos.
  - Dióxido de carbono: em extintores de incêndio, produção de bebidas gaseificadas, produção de neve carbónica.
  - Carbonato de sódio: produção do vidro, produção do hidróxido de sódio, na produção de detergentes.
12. O silício é um semimetal, a sua condutibilidade eléctrica é inferior à dos metais. Só ocorre quando activado.
13. O silício é um metalóide porque apresenta um pouco de carácter metálico e um pouco de carácter ametálico – é semimetálico.
14. A sílica encontra-se na Natureza na areia, como componente desta. É usada na construção de obras, na fabricação do vidro, de materiais de cerâmica, de cimento, etc.
15. a) Quimicamente o vidro é uma mistura homogénea.  
b) As principais matérias-primas para a fabricação do vidro são: areia, hidróxido de sódio, calcário e giz.



## Unidade 2 – Introdução à Química Orgânica

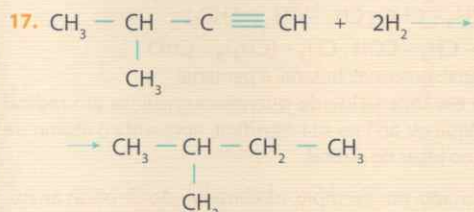
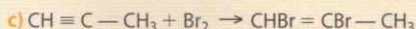
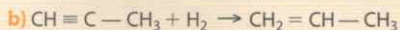
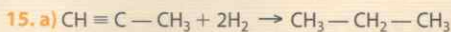
### Exercícios propostos p. 43

- a) A Química Orgânica é a Química dos compostos de carbono porque todo o composto orgânico apresenta carbono na sua constituição.  
b) A Química Orgânica é a Química da vida, pois inicialmente pensava-se que compostos orgânicos só podiam ser encontrados em seres vivos (animais e plantas).
- Os átomos de carbono têm a propriedade de se ligar uns com os outros formando cadeias carbónicas longas, facto que não ocorre com outros elementos.
- a) A teoria da força vital consistia em defender que não era possível obter compostos orgânicos no laboratório, que só podiam advir dos seres vivos, sob acção de uma força divina. A teoria foi abalada pela síntese da ureia a partir do cianato de amónio feita por Wöhler.

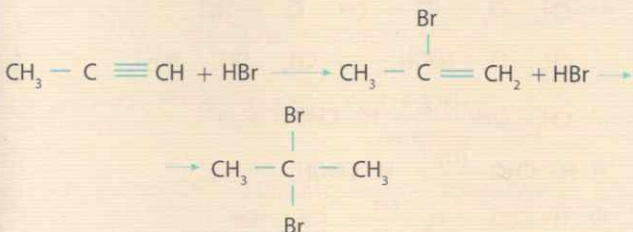
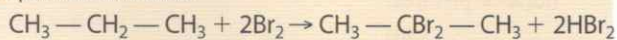




## 14. Alcenos



## 18. A partir de um alcano:



## 19. Petróleo e gás natural

20. O petróleo bruto é um líquido escuro, oleoso, de cheiro característico. Insolúvel em água e menos denso que ela.

21. O petróleo bruto é uma mistura de hidrocarbonetos.

22. Não. Uma mistura não tem composição fixa, pelo que não tem fórmula química.

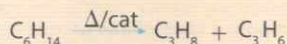
## 23. Destilação fraccionada e cracking.

a) Destilação fraccionada é um processo físico de separação dos diferentes componentes. O *cracking* é um processo químico em que fracções maiores são quebradas, transformando-se em fracções menores mais leves.

24. A destilação fraccionada do petróleo bruto consiste em aquecer o petróleo bruto num forno, onde os componentes de menor ponto de ebulição vaporizam primeiro e condensam-se na coluna fraccionada, a diferentes alturas, sendo depois recolhidos.

25. O *cracking* é um processo químico que consiste em submeter à quebra de fracções pesadas de hidrocarbonetos por acção de aquecimento ou catalisadores formando compostos de baixo peso molecular e que são mais voláteis. O *cracking* permite aumentar a quantidade e qualidade da gasolina, além de formar produtos que servem de matéria-prima para outras indústrias.

26.

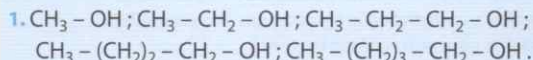


27. a) O gás natural, em Moçambique, encontra-se nos jazigos de Pande e Temane, na província de Inhambane e, em Búzi, na província de Sofala, e em Palma na província nortenha de Cabo Delgado.

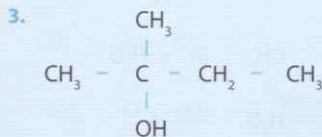
b) O gás natural extraído em Pande e Temane, além de servir, actualmente para o fornecimento de energia à zona industrial da Matola passará igualmente a ser usado como gás doméstico. O gás do Rovuma irá em grande medida ajudar a nossa economia quando começar a sua exploração.

## Unidade 4 – Álcoois e Fenóis p. 104

### Exercícios propostos pp. 122 e 123



2. a) d) f)



4. Não existe álcool quaternário, pois a existir o quaternário teria carbono com cinco ligações, o que não é correcto - viola a tetravalência do carbono.

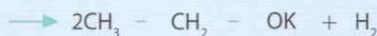
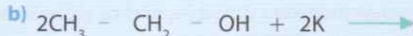
5. É porque entre moléculas de metanol ocorrem ligações ponte de hidrogénio, que elevam os pontos de ebulição, facto que não ocorre em clorometano.

6. Heptanol-1

7. A solubilidade dos álcoois em água diminui com o aumento do tamanho da cadeia carbónica.

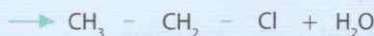


Etóxi sódio ou etóxido de sódio



Etóxi potássio ou etóxido de potássio/etilato de sódio

9. Eteno

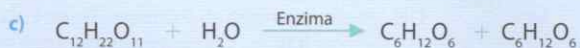


11. Alcenos

12. A introdução de mais grupos «OH» aumenta a polaridade e consequentemente a solubilidade.

13. a) Sumo de frutas, cana-de-açúcar, farelo

b) Zimase

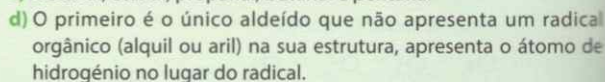
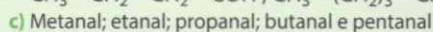
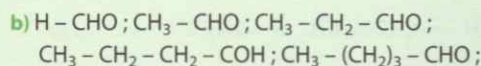
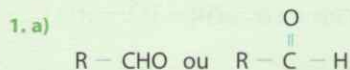


d) Aplicações do etanol: perfumes, produção de medicamentos, solvente de tintas, vernizes como combustível, essência de bebidas alcoólicas.

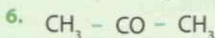
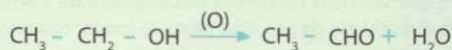
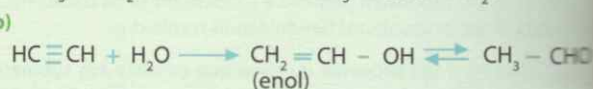
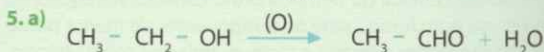
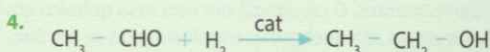
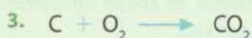
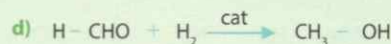
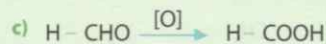
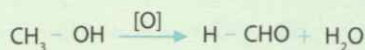
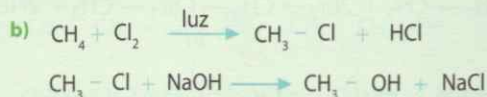
e) O álcool etílico é tóxico. Causa depressão do sistema nervoso central. Uma percentagem elevada causa a morte, além dos danos sociais causados por pessoas que consomem álcool.

## Unidade 5 – Aldeídos e Cetonas

### Exercícios propostos p. 137

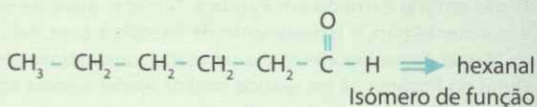
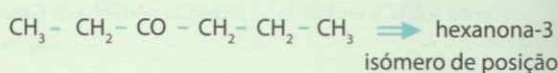


2. a) O metanal é usado, por exemplo, na conservação de peças anatómicas; no tratamento de sementes antes da sementeira; na produção de plásticos.

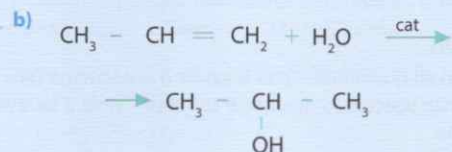
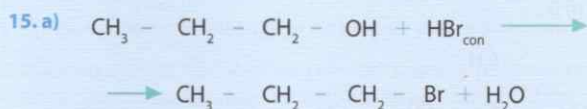


7. Como solvente orgânico; na produção de álcoois, produção de medicamentos

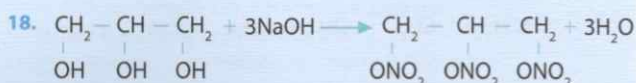
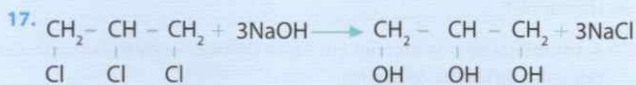
8. Os aldeídos e cetonas são compostos carbonílicos porque apresentam o grupo carbonilo ( $-CO-$ ).



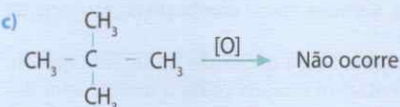
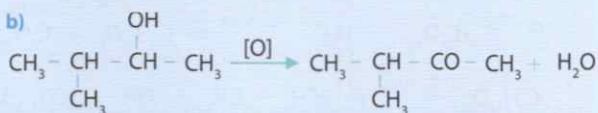
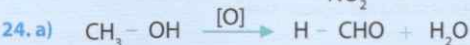
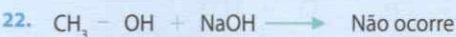
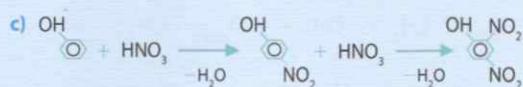
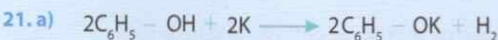
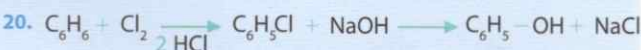
- Aumentar a temperatura.
- Aumentar a concentração de todos os reagentes
- Aumentar a concentração de cada um dos reagentes.
- Diminuir a concentração do metanol.

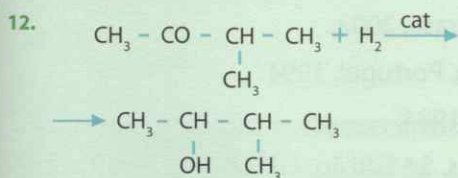
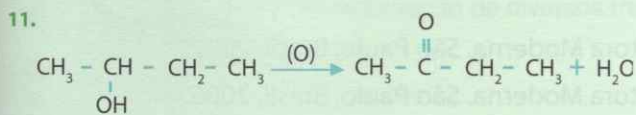
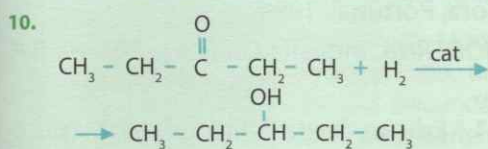


16. Devido à presença de muitas hidroxilas nas suas moléculas e que aumentam a polaridade das moléculas. As moléculas polares são bem solúveis em água que é polar.

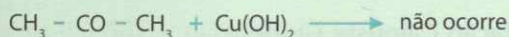
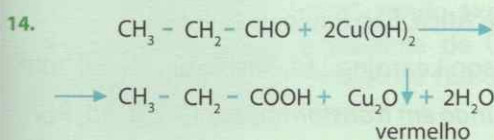


19. Monoálcoois reagem com apenas um mole do seu reagente enquanto que os poliálcoois reagem com tantas moles quanto o número de hidroxilas.  
 Poliálcoois reagem com hidróxido de cobre, mas os monoálcoois não.





13. São acetonas.

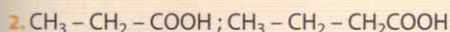
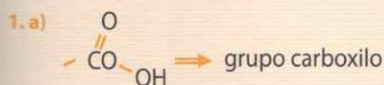


15. a) Butanal

- b) 2-metil butanal
- c) Octanona-3
- d) Etanal

## Unidade 6 – Ácidos Monocarboxílicos e Ésteres

### Exercícios propostos p. 158

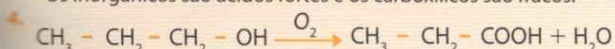


#### 3. Semelhanças:

- Ambos dissociam-se em água libertando  $\text{H}^+$ .
- Alteram cores de indicadores (a vermelham o tornesol).
- Reagem com bases formando sais e água.

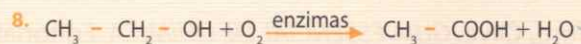
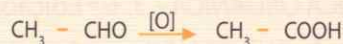
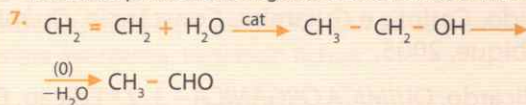
#### Diferenças:

- Os carboxílicos podem ser obtidos por oxidação de álcoois ou aldeídos e os inorgânicos não.
- Os carboxílicos servem/participam na produção de sabões e os inorgânicos não.
- Os inorgânicos são ácidos fortes e os carboxílicos são fracos.

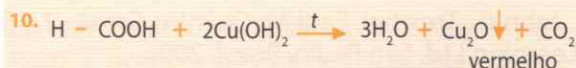


5. Ácido acético apresenta ligações ponte de hidrogénio mais fortes que o propanol.

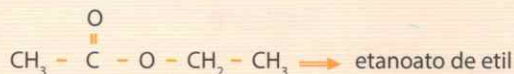
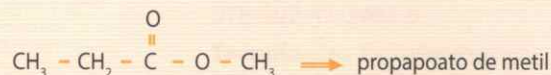
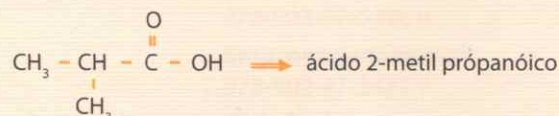
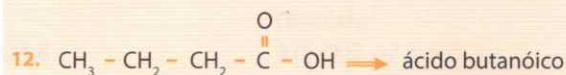
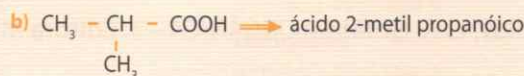
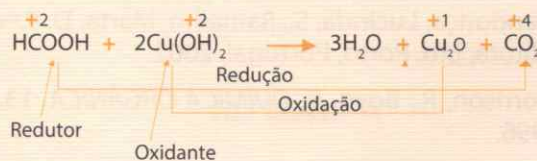
6. O álcool etílico é mais volátil que o ácido acético, pois pela ocorrência das pontes de hidrogénio o ácido acético é mais fixo.



9. a) Reacção de esterificação



a) A reacção ocorre porque na estrutura do ácido existe também o grupo funcional dos aldeídos que é um redutor forte, reduzindo assim o licor de Fehling:



13. São fonte de energia e de reserva da mesma

14. a) Butanoato de potássio

- b) Ácido octadecanóico
- c) Metanoato de etil
- d) Etanoato de etil

- Chang, Raymond. *QUÍMICA*, 5.<sup>a</sup> Edição, Editora McGraw-Hill, Amadora, Portugal, 1994.
- Carvalho, Geraldo Camargo de. *Iniciação à QUÍMICA ORGÂNICA MODERNA*, Indústria Gráfica e Editora S.A. São Paulo, Brasil, 1978.
- Figueiredo, Carlota e Guiamba, Constância. *Química-10.<sup>a</sup> classe*, 1.<sup>a</sup> Edição, Texto Editores Ltd, Maputo, Moçambique, 2005.
- Feltre, Ricardo. *QUÍMICA ORGÂNICA – 3*, 2.<sup>a</sup> Edição, Editora Moderna, São Paulo, Brasil, 2002.
- Feltre, Ricardo. *QUÍMICA ORGÂNICA – 3*, 6.<sup>a</sup> Edição, Editora Moderna, São Paulo, Brasil, 2006.
- Garritz, A.; Chamizo, J. A. *QUÍMICA*, Editora Prentice Hall, São Paulo, Brasil, 2002.
- Gifford, Clive. *GUIA ESSENCIAL DE QUÍMICA*, Editorial Presença, Lisboa, Portugal, 1994.
- Glinka, N. *QUÍMICA GERAL – volume 2*, Editora Mir, Moscovo, U.R.S.S., 1984.
- Kotz, John C.; Treichel, Paul M. *Química Geral – 1 e Reações Químicas*, 5.<sup>a</sup> Edição, Editora Pioneira Thompson Learning Ltd, São Paulo, Brasil, 2005.
- Lembo, António & Sardella. *QUÍMICA-Volume 3*, 12.<sup>a</sup> Edição, Editora Ática, São Paulo, Brasil, 1983.
- McMurry, John. *QUÍMICA ORGÂNICA – volume 2*, 6.<sup>a</sup> Edição, Thompson Learning Ltd, São Paulo, Brasil 2005.
- Mendonça, Lucinda, S.; Ramalho, Marta, D. *9.<sup>o</sup> ano. QUÍMICA no mundo em transformação*, 1.<sup>a</sup> Edição, Porto Editora, Ltd. Porto, Portugal, 2002.
- Morrison, R.; Boyd, R. *QUÍMICA ORGÂNICA*, 13.<sup>a</sup> Edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Portugal, 1996.
- Pereira, Alda.; Camões, Filomena. *Química – 11.<sup>o</sup> ano*, 1.<sup>a</sup> Edição, Texto Editora, Lisboa, Portugal, 1998.
- Tito, Francisco M.; Canto, Eduardo Leite do. *QUÍMICA na abordagem do quotidiano*, 4.<sup>a</sup> Edição, Editora Moderna, São Paulo, Brasil, 2006.
- Tsvetkov, L. A. *QUÍMICA ORGÂNICA – 3*, Editora Mir, Moscovo, U.R.S.S., 1987.



### **Carlota Figueiredo**

Natural de Montepuez, Cabo Delgado, Licenciada em Ensino de Química e Biologia pelo, então, Instituto Superior Pedagógico em 1993. É professora do Ensino Secundário geral, tendo iniciado a sua actividade como docente em 1991. Actualmente, é professora de Química no Colégio Kitabu, onde participou na elaboração de diversos materiais escolares, incluindo fichas.



### **Constância Guiamba**

Natural de Maputo, Licenciada em Ensino de Química e Biologia pela Universidade Pedagógica em 1995. É docente do Ensino Secundário desde 1987, tendo exercido vários cargos de direcção pedagógica. Actualmente, é docente de Química no ISCTEM e Directora Nacional de Formação e Gestão de Recursos Humanos no Ministério dos Combatentes.

#### **8.ª Classe**

##### **Biologia<sup>1</sup>**

978-902-47-5935 4

##### **Física<sup>1</sup>**

978-902-47-5933 0

##### **Geografia<sup>1</sup>**

978-902-47-5937 8

##### **História<sup>1</sup>**

978-902-47-5934 7

##### **Matemática<sup>1</sup>**

978-902-47-5939 2

##### **Português<sup>1</sup>**

978-902-47-5940 8

##### **Química<sup>1</sup>**

978-902-47-5938 5

##### **Agro-Pecuária<sup>2</sup>**

978-902-47-5948 4

##### **Educação Visual<sup>2</sup>**

978-902-47-5932 3

##### **Inglês<sup>2</sup>**

978-902-47-5936 1

#### **9.ª Classe**

##### **Física<sup>1</sup>**

978-902-47-5945 3

##### **Geografia<sup>1</sup>**

978-902-47-5946 0

##### **História<sup>1</sup>**

978-902-47-5947 7

##### **Matemática<sup>1</sup>**

978-902-47-5924 8

##### **Português<sup>1</sup>**

978-902-47-5950 7

##### **Química<sup>1</sup>**

978-902-47-5944 6

##### **Empreendedorismo<sup>1</sup>**

978-902-47-5920 0

##### **Agro-Pecuária<sup>2</sup>**

978-902-47-5949 1

##### **Biologia<sup>2</sup>**

978-902-47-5942 2

##### **Educação Visual<sup>2</sup>**

978-902-47-5941 5

##### **Inglês<sup>2</sup>**

978-902-47-5943 9

#### **10.ª Classe**

##### **Agro-Pecuária<sup>1</sup>**

978-902-47-5472 4

##### **Física<sup>1</sup>**

978-902-47-5469 4

##### **Geografia<sup>1</sup>**

978-902-47-5504 2

##### **História<sup>1</sup>**

978-902-47-5466 3

##### **Matemática<sup>1</sup>**

978-902-47-5496 0

##### **Empreendedorismo<sup>1</sup>**

978-902-47-5471 7

##### **Química<sup>1</sup>**

978-902-47-5465 6

##### **Tecnologias de Informação e Comunicação<sup>1</sup>**

978-902-47-5503 5

##### **Biologia<sup>2</sup>**

978-902-47-5467 0

##### **Educação Visual<sup>2</sup>**

978-902-47-5463 2

##### **Inglês<sup>2</sup>**

978-902-47-5464 9

##### **Português<sup>2</sup>**

978-902-47-5430 4

<sup>1</sup> Livros no sistema de ensino

<sup>2</sup> Livros de apoio e consulta



## HINO NACIONAL

### Pátria Amada

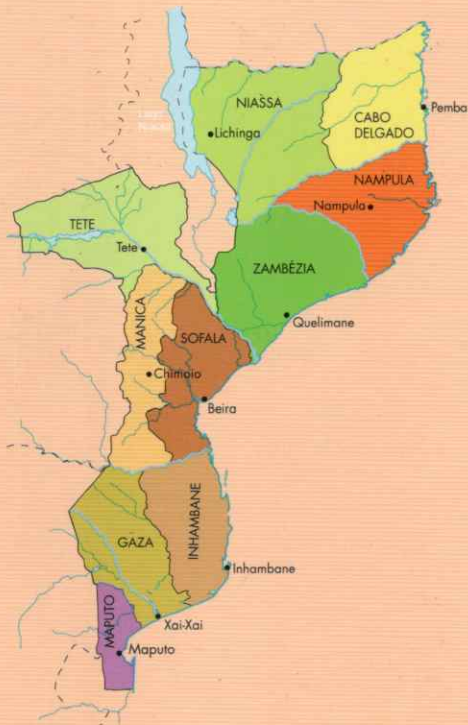
Na memória de África e do Mundo  
Pátria bela dos que ousaram lutar  
Moçambique o teu nome é liberdade  
O sol de Junho para sempre brilhará.

### Coro

Moçambique nossa terra gloriosa  
Pedra a pedra construindo o novo dia  
Milhões de braços, uma só força  
Ó pátria amada vamos vencer.

Povo unido do Rovuma ao Maputo  
Colhe os frutos do combate pela Paz  
Cresce o sonho ondulado na Bandeira  
E vai lavrando na certeza do amanhã.

Flores brotando do chão do teu suor  
Pelos montes, pelos rios, pelo mar  
Nós juramos por ti, ó Moçambique  
Nenhum tirano nos irá escravizar.



	Texto Editores	978-902-47-5465-6
www.leya.co.mz	E-mail: info@me.co.mz	Ensino Secundário