

# QUÍMICA

## A Química do elemento carbono (II) – Módulos

1



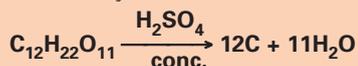
2



3



Desidratação da sacarose.



17 – Funções orgânicas oxigenadas: alcoóis e fenóis

18 – Aldeídos, cetonas e ácidos carboxílicos

19 – Sais orgânicos, ésteres, éteres e haletos orgânicos

20 – Funções orgânicas nitrogenadas e séries homólogas

21 – Isomeria plana

22 – Isomeria geométrica

### Módulo

## 17

## Funções orgânicas oxigenadas: alcoóis e fenóis

### Palavras-chave:

- Álcool: — OH em C saturado
- Fenol: — OH em núcleo benzênico

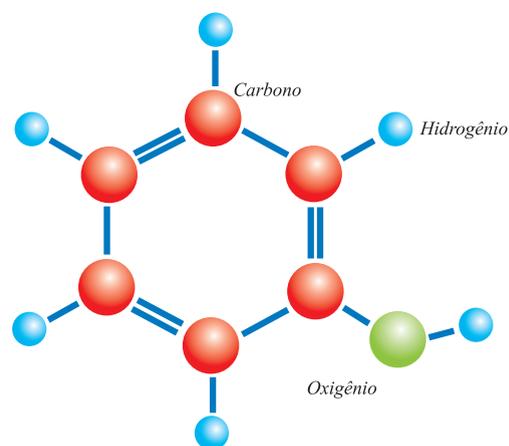
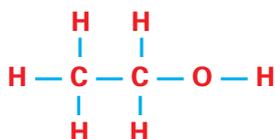


250 cm<sup>3</sup> de cerveja  
(5% v/v)

Na caneca de cerveja e na taça de vinho, há aproximadamente a mesma quantidade de etanol ou álcool etílico (10 gramas).



104 cm<sup>3</sup> de vinho  
(12% v/v)



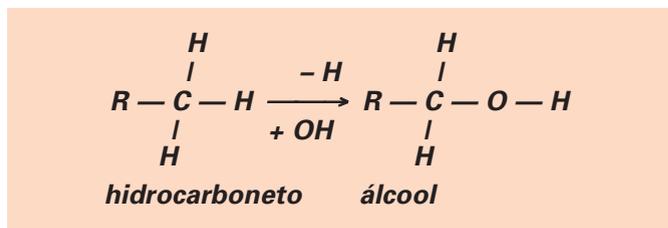
Os alcoóis apresentam hidroxila (— OH) ligada a carbono saturado.

Os fenóis apresentam hidroxila (— OH) ligada a carbono de núcleo benzênico.

Assim como aprendemos a reconhecer a função hidrocarboneto, existem outras funções importantes a serem reconhecidas, que apresentam, além de carbono e hidrogênio, outros elementos como oxigênio, nitrogênio etc.

## 1. Alcoóis: — OH em C saturado

São compostos orgânicos derivados dos hidrocarbonetos pela substituição de H ligado a **carbono saturado** (carbono com ligações simples apenas) pelo grupo — OH (hidroxila).

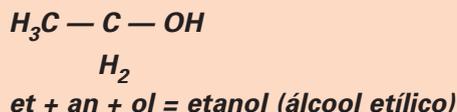


R é um agrupamento que contém apenas átomos de carbono e hidrogênio.

## 2. Nomenclatura oficial dos alcoóis

Acrescentamos ao prefixo (**met, et, prop...**) o termo que indica o tipo de ligação (**an, en, in**) e no fim colocamos a terminação **ol**.

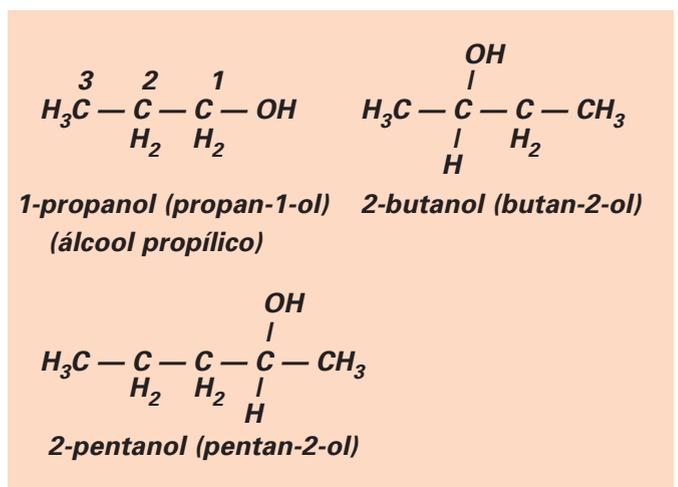
### Exemplos



Entre parênteses, colocamos o nome usual do álcool (nome do grupo com a terminação **ico**).

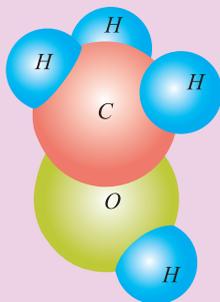
Quando a cadeia do álcool apresentar 3 ou mais átomos de carbono, deveremos indicar a posição do grupo — OH, numerando a cadeia carbônica a partir da extremidade mais próxima do grupo — OH.

### Exemplos



### Saiba mais

#### Metanol

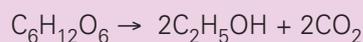


Metanol,  $\text{H}_3\text{C} - \text{OH}$

- O metanol (álcool metílico) é um líquido incolor de odor semelhante ao do etanol. No entanto, é muito tóxico, ocasionando cegueira e mesmo a morte. O seu emprego nas bebidas alcoólicas é proibido por lei. O metanol é usado em combustíveis de jatos, como solvente, aditivo de gasolina e como matéria-prima para

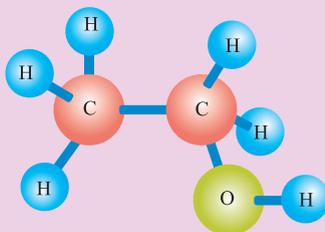
diversas sínteses industriais. O metanol é formado como subproduto na produção de carvão vegetal, pelo aquecimento de madeira na ausência de ar. Por esse motivo, é também chamado de álcool da madeira.

cereais ou açúcar. O açúcar glicose, por fermentação, produz etanol.



O etanol existe na cerveja (4 a 8%), no vinho (12 a 15%), nas bebidas destiladas (40% ou mais).

#### Etanol

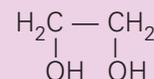


Etanol,  $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{OH}$

- O etanol, o álcool mais comum, pode ser obtido pela fermentação de

#### Etanodiol

- O etanodiol (etilenoglicol) é um líquido incolor, viscoso, de sabor doce, de ponto de ebulição 197°C.



Nos países de inverno rigoroso, é utilizado como substância anticongelante, isto é, é adicionado na água dos radiadores para evitar o congelamento dela.

## Atenção

Se o álcool apresentar cadeia ramificada, teremos de tomar alguns cuidados:

- Achar a **cadeia principal**

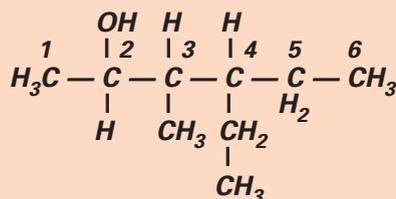
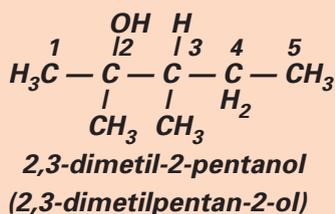
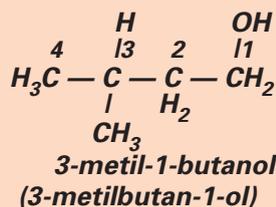
(É aquela que apresenta maior número de átomos de carbono possível e, neste caso, contenha o grupo — OH).

- Numerar a cadeia principal (Partindo da ponta mais próxima do grupo — OH).
- Dar o nome do composto, usando a sequência:

**número do carbono ao qual está ligado o grupo — nome do grupo — nome da cadeia principal**

A numeração da cadeia principal é comandada pela função representada pelo sufixo, no caso, a função álcool (sufixo: ol).

### Exemplos



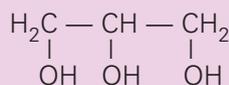
**4-etil-3-metil-2-hexanol (4-etil-3-metil-hexan-2-ol)**



## Saiba mais

### GLICERINA

• O 1,2,3-propanotriol (propano-1,2,3-triol, glicerol, glicerina) é um líquido incolor, xaroposo, de sabor doce e miscível com água.



É componente fundamental de óleos e gorduras animais e vegetais. É empregado na fabricação de tintas, cosméticos, da trinitroglicerina (explosivo). Nos panetões age como umectante, ou seja, retém a umidade para que a massa não resseque demais.

## Na nomenclatura de um álcool, não esqueça as regras:

- Separar número de número por vírgula.
- Separar número de palavra por hífen.
- Citar os grupos em ordem alfabética.

### Exemplo

4-etil-3-metil-2-hexanol  
(4-etil-3-metil-hexan-2-ol)

**Nota:** Na nomenclatura IUPAC de 1993, o número indicativo da posição da hidroxila é colocado imediatamente antes do sufixo ol.

**Exemplo:** propan-1-ol

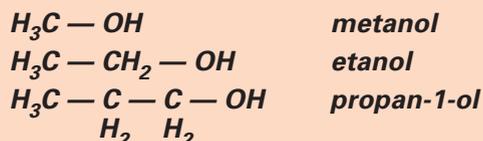
## 3. Classificação dos alcoóis

Os alcoóis podem ser classificados em 3 grupos:

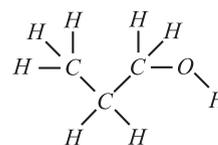
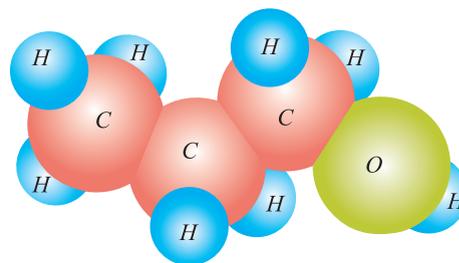
### Alcoóis primários

São aqueles que apresentam o grupo — OH ligado a carbono primário.

#### Exemplos



O propan-1-ol é um álcool primário porque a hidroxila está ligada a carbono primário.

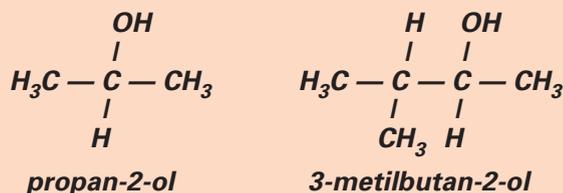


Propan-1-ol,  $CH_3CH_2CH_2OH$

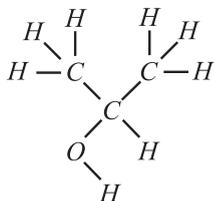
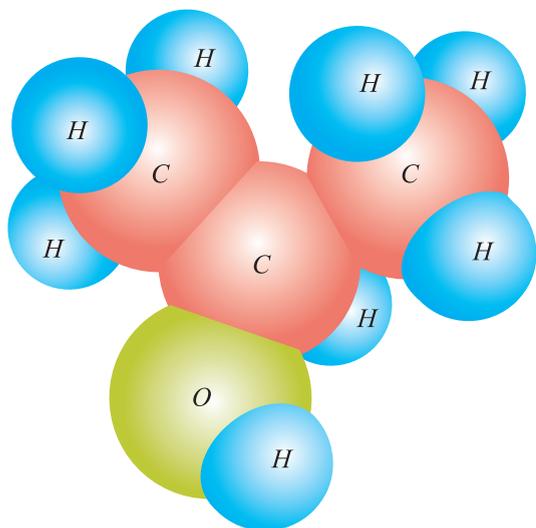
### Alcoóis secundários

São aqueles que apresentam o grupo — OH ligado a carbono secundário.

#### Exemplos



O propan-2-ol é um álcool secundário porque apresenta a hidroxila ligada a carbono secundário.

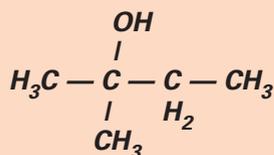


Propan-2-ol,  $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$

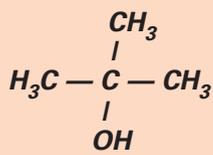
### Alcoóis terciários

São aqueles que apresentam o grupo — OH ligado a carbono terciário.

#### Exemplos



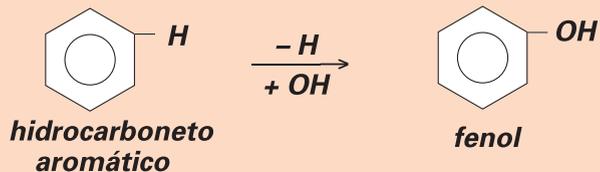
2-metilbutan-2-ol



2-metilpropan-2-ol

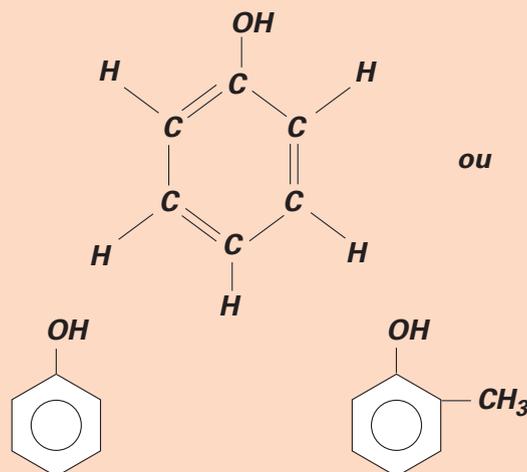
## 4. Fenóis: — OH em C de núcleo benzênico

São compostos orgânicos derivados de hidrocarbonetos aromáticos pela substituição de H ligado diretamente ao núcleo benzênico pelo grupo — OH.



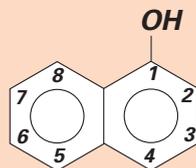
## 5. Nomenclatura oficial dos fenóis

Colocamos a palavra hidróxi antes do nome do hidrocarboneto aromático correspondente.



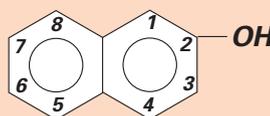
hidroxibenzeno  
(fenol comum  
ou benzenol)

1-hidróxi-2-metilbenzeno  
(2-metilfenol)



1-hidroxinaftaleno  
 $\alpha$ -hidroxinaftaleno  
 $\alpha$ -naftol

(As posições 1, 4, 5 e 8 são equivalentes)



2-hidroxinaftaleno  
 $\beta$ -hidroxinaftaleno  
 $\beta$ -naftol

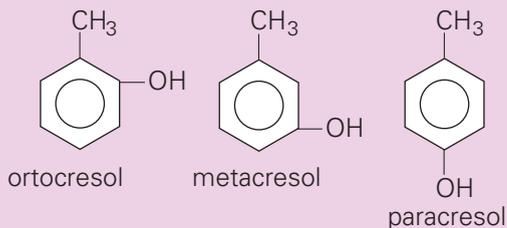
(As posições 2, 3, 6 e 7 são equivalentes)



## Saiba mais

### FENÓIS – IMPORTANTES COMO BACTERICIDAS

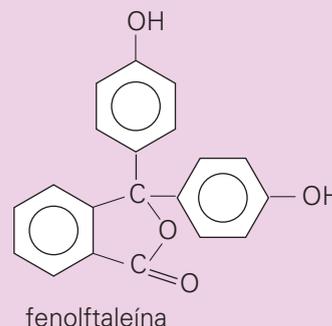
Os fenóis são bactericidas, sendo empregados como anti-sépticos. Na medicina, o fenol comum é chamado de ácido carbólico.



Os fenóis do tolueno são chamados de cresóis e existem na creolina.

No entanto, os fenóis apresentam o inconveniente de serem tóxicos.

O fenol pode ser usado na fabricação de fenolftaleína, empregada como indicador ácido-base.

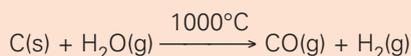


## Diferença entre etanol e metanol

O etanol, ou álcool etílico, e o metanol, ou álcool metílico, são compostos químicos orgânicos pertencentes à mesma classe de álcoois, caracterizada pela presença de uma hidroxila (-OH). O etanol e o metanol diferem na sua estrutura química. O metanol possui, além da hidroxila, um átomo de carbono e três de hidrogênio, enquanto o etanol tem dois átomos de carbono e cinco de hidrogênio (metanol = CH<sub>3</sub>OH; etanol = C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH).

O metanol pode ser obtido pelo processo de destilação destrutiva da madeira, ou seja, aquecimento da madeira na ausência de ar e, por isso, é, às vezes, chamado de álcool de madeira. Pode, também, ser obtido por processo sintético. Atualmente, em razão da escassez

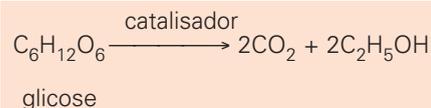
da madeira, a maior parte do metanol é fabricada por meio de um processo sintético, no qual a matéria-prima é o carvão. Dele se obtém o monóxido de carbono, que é hidrogenado cataliticamente.



O metanol, altamente tóxico, é muito usado como solvente e matéria-prima para diversas sínteses orgânicas.

O etanol, também denominado álcool de cana, é produzido em grandes quan-

tidades pelas indústrias de fermentação de grãos, cana-de-açúcar e uva.



Grande parte do etanol serve para a produção de bebidas alcoólicas.

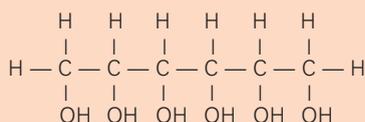
O etanol é o menos tóxico dos álcoois. Os Estados Unidos produzem o etanol a partir do milho e outros cereais por serem os meios de cultura dominantes no país. No Brasil, o álcool combustível utilizado é o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar.



## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – O manitol, C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O<sub>6</sub>, é um poliálcool de sabor doce e é utilizado na fabricação de condensadores eletrolíticos secos, que são usados em rádios, videocassetes e televisores. Por isso, em tais aparelhos podem aparecer alguns insetos, principalmente formigas.

A fórmula estrutural do manitol é:

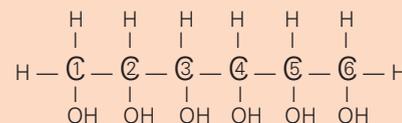


O nome oficial do manitol é

- hexanol
- hexano-1,6-hexol.
- hexano-1,6-diol.
- hexano-1,2,3,4,5,6-hexol.
- hexano-6-hexol.

### Resolução

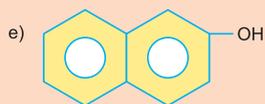
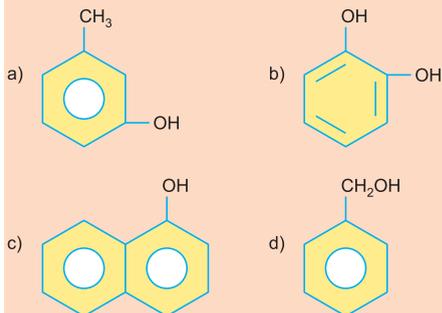
É um álcool com 6 hidroxilas. É necessário indicar que existe uma hidroxila em cada carbono.



hexano-1,2,3,4,5,6-hexol

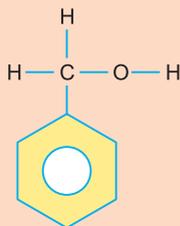
**Resposta: D**

**2 (MODELO ENEM)** – Os fenóis são compostos orgânicos com uma ou mais hidroxilas (— OH) ligadas diretamente ao núcleo benzênico. São largamente usados como desinfetantes domésticos e para animais. Os fenóis constituem matéria-prima para a fabricação de plásticos, corantes, explosivos etc. Assinale o composto que não é fenol.



#### Resolução

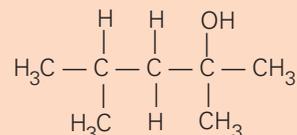
O único composto que não é fenol é



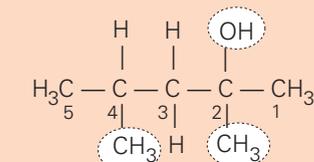
Esse composto é um álcool, pois tem hidroxila ligada em carbono saturado.

**Resposta: D**

**3** Dê o nome oficial do composto cuja fórmula estrutural é



#### Resolução



2,4-dimetil-2-pentanol (2,4-dimetilpentan-2-ol)

## Exercícios Propostos

**1** Assinalar a afirmação **falsa**.

- a) O 2-butanol é um álcool secundário.  
b) Existe álcool com carbono quaternário na molécula.

c) é um álcool.

d) é um fenol.

e) é um fenol.

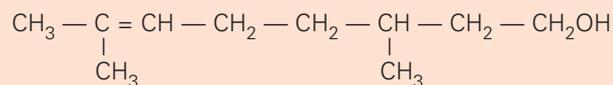
#### RESOLUÇÃO:

O composto na alternativa D é um álcool.

**Resposta: D**

**2 (UFPEL-RS – MODELO ENEM)** – As essências artificiais são destinadas ao uso em perfumarias e saboaria, para a composição de perfumes de flores. Assim, a essência artificial de rosas é constituída de geraniol, citronelol, formiato de citronelila, butirato de citronelila etc.

A seguir, a fórmula do citronelol.

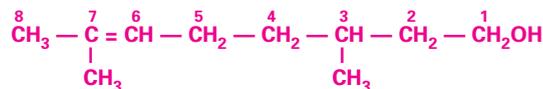


O nome oficial (IUPAC) do citronelol é

- a) 2,6-dimetiloctanol.      b) 3,7-dimetiloctanol.  
c) 2,6-dimetiloct-6-enol.      d) 3,7-dimetiloct-6-enol.  
e) 3,7-dimetiloct-7-enol.

#### RESOLUÇÃO:

A numeração da cadeia principal é comandada pela função representada pelo sufixo, no caso, a função álcool.



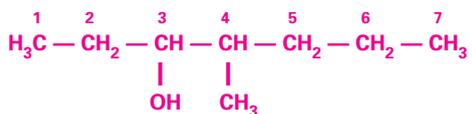
**3,7-dimetiloct-6-enol**

**Resposta: D**

Nas questões de 3 a 5, escrever as fórmulas estruturais dos compostos:

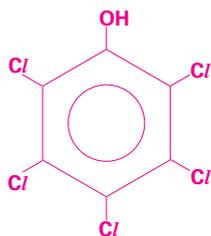
3 4-metil-3-heptanol (4-metil-heptan-3-ol)

RESOLUÇÃO:



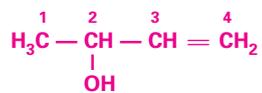
4 Pentaclorofenol

RESOLUÇÃO:



5 But-3-en-2-ol

RESOLUÇÃO:

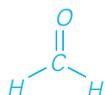


## Palavras-chave:

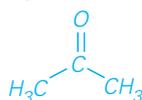
- Aldeído: R — CHO
- Cetona: R — CO — R'
- Ácido: R — COOH



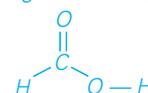
O metanal (aldeído fórmico) é o aldeído mais simples e tem a propriedade de conservar tecidos.



A propanona (acetona) é a cetona mais simples e é usada como solvente, por exemplo, do esmalte de unhas.

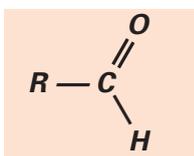


O ácido metanoico (ácido fórmico) é o ácido carboxílico mais simples e ocorre nas formigas vermelhas (saúvas).



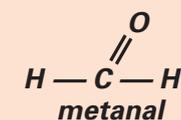
**1. Aldeídos: R — C — H**

São compostos que apresentam o grupo  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} - \text{H} \end{array}$  na ponta de uma cadeia carbônica.

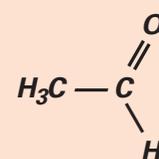


## 2. Nomenclatura oficial dos aldeídos

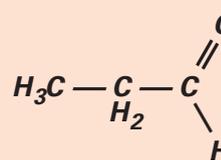
Ao prefixo, acrescentamos o termo que define o tipo de ligação e no final o sufixo **al**.



(aldeído fórmico)  
(formaldeído)



**etanal**  
(aldeído acético)  
(acetaldeído)

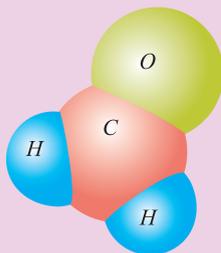


**propanal**  
(aldeído propiônico)  
(propionaldeído)

Entre parênteses, colocamos os nomes usuais.



### Saiba mais



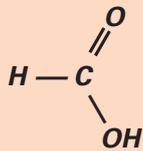
O metanal (aldeído fórmico, formaldeído) é o único aldeído gasoso. Na prática, é utilizado na forma de solução aquosa, a qual recebe o nome de formol. O metanal é desinfetante, sendo usado na desinfecção de utensílios cirúrgicos e na conservação de espécimes anatômicos.



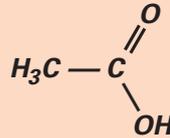
## 6. Nomenclatura oficial dos ácidos carboxílicos

Damos o nome da mesma forma que o das outras funções, porém usando o sufixo **oico**, sendo facultativo o uso da palavra ácido antes do nome do composto.

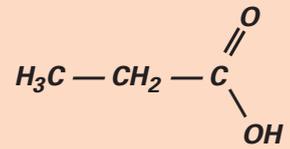
### Exemplos



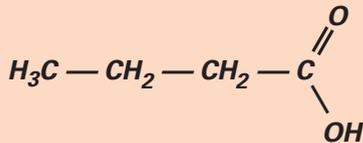
**ácido metanoico**  
(ácido fórmico)  
(encontrado nas formigas vermelhas)



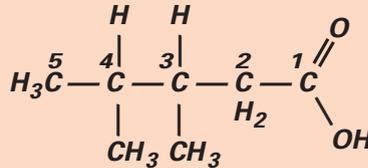
**ácido etanoico**  
(ácido acético)  
(encontrado no vinagre)



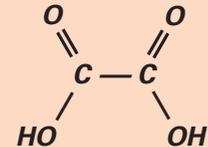
**ácido propanoico**  
(ácido propiônico)



**ácido butanoico**  
(ácido butírico)



**ácido 3,4 - dimetilpentanoico**



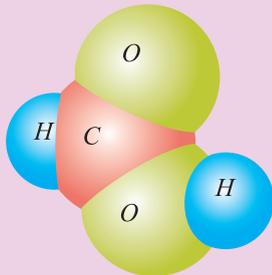
**ácido etanodioico**  
(ácido oxálico)

Entre parênteses, colocamos o nome usual do ácido.



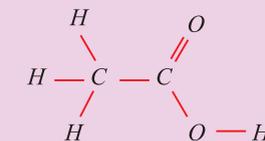
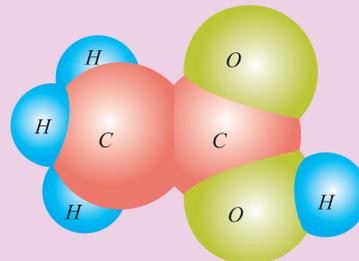
### Saiba mais

O ácido metanoico (ácido fórmico) ocorre nas formigas, nas urtigas.

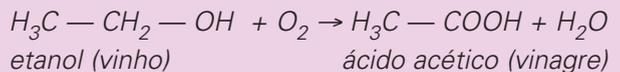


Ácido metanoico, HCOOH

O ácido etanoico (ácido acético) ocorre no vinagre que resulta do vinho, por fermentação.

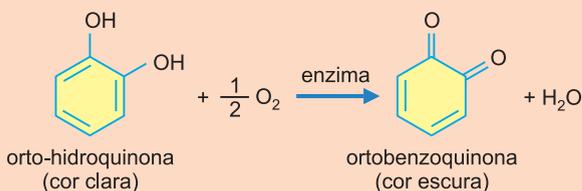


Ácido acético, CH<sub>3</sub>COOH



## Exercícios Resolvidos

**1 (UFMG – MODELO ENEM)** – Certas frutas – a banana e a maçã, por exemplo – escurecem-se em contato com o ar, quando são descascadas. Isso ocorre devido à conversão da substância orto-hidroquinona em ortobenzoquinona, catalisada por uma enzima.



Considerando-se essas substâncias e suas moléculas, é **incorreto** afirmar que

- a orto-hidroquinona apresenta duas hidroxilas fenólicas.
- a ortobenzoquinona apresenta duas carbonilas em suas moléculas.
- a ortobenzoquinona apresenta moléculas saturadas.
- a orto-hidroquinona sofre oxidação na conversão apresentada.

### Resolução

- Correta.**  
Fenol apresenta hidroxila ligada a núcleo benzênico.

b) **Correta.**

O grupo  $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}- \end{array}$  (carbonila) define a função cetona.

c) **Incorreta.**

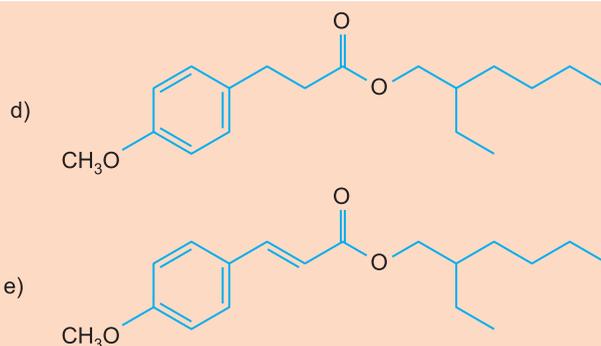
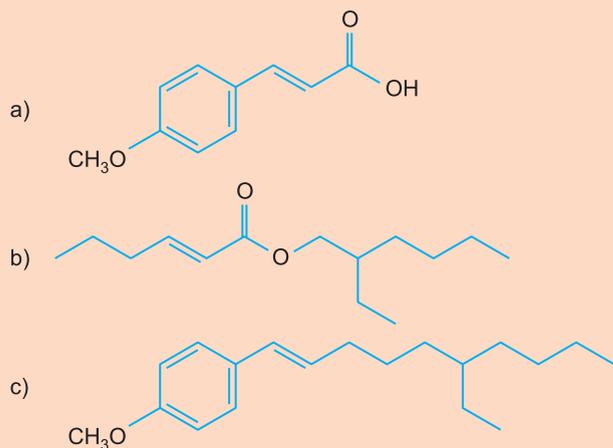
A ortobenzoquinona apresenta duas duplas-ligações entre átomos de carbono.

d) **Correta.**

A combinação da orto-hidroquinona com oxigênio provoca a oxidação do composto orgânico.

**Resposta: C**

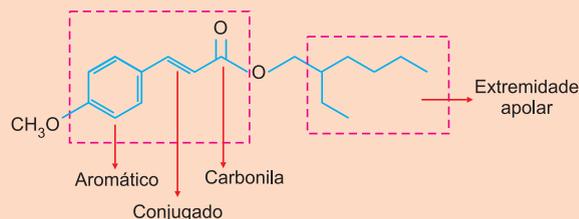
**2 (ENEM – EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO)** – O uso de protetores solares em situações de grande exposição aos raios solares como, por exemplo, nas praias, é de grande importância para a saúde. As moléculas ativas de um protetor apresentam, usualmente, anéis aromáticos conjugados com grupos carbonila, pois esses sistemas são capazes de absorver a radiação ultravioleta mais nociva aos seres humanos. A conjugação é definida como a ocorrência de alternância entre ligações simples e duplas em uma molécula. Outra propriedade das moléculas em questão é apresentar, em uma de suas extremidades, uma parte apolar responsável por reduzir a solubilidade do composto em água, o que impede sua rápida remoção quando do contato com a água. De acordo com as considerações do texto, qual das moléculas apresentadas a seguir é a mais adequada para funcionar como molécula ativa de protetores solares?



**Resolução**

De acordo com o texto, podemos verificar que a molécula a seguir é a mais adequada, pois apresenta:

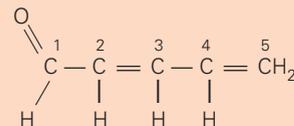
- uma extremidade apolar;
- um anel aromático conjugado com grupo carbonila (alternância entre ligações simples e duplas).



**Resposta: E**

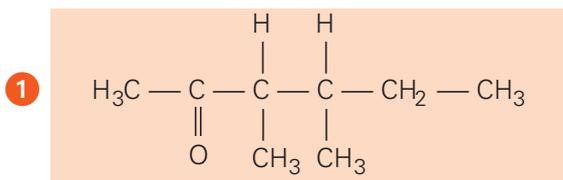
**3** Escreva a fórmula estrutural do 2,4-pentadienal (penta-2,4-dienal). Analise o prefixo **pent** (5 átomos de carbono), a partícula **dien** (duas duplas ligações) e o sufixo **al** (função aldeído).

**Resolução**

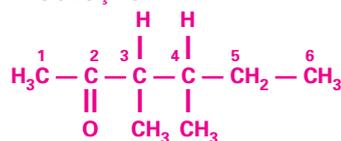


## Exercícios Propostos

Nas questões **1** e **2**, dar o nome oficial dos compostos, verificando que a cadeia principal é a cadeia mais longa que contém o grupo funcional. A numeração da cadeia principal começa na extremidade mais próxima do grupo funcional.

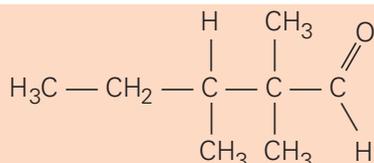


**RESOLUÇÃO:**

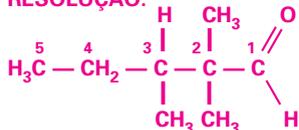


**3,4-dimetil-2-hexanona (3,4-dimetil-hexan-2-ona)**

2



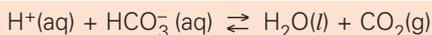
RESOLUÇÃO:



2,2,3-trimetilpentanal

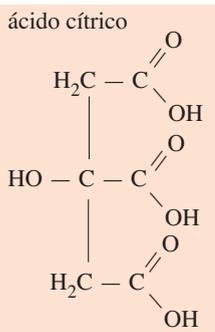
## 3 (U.F. PELOTAS-RS-MODIFICADO – MODELO ENEM) –

Os fabricantes de guloseimas têm avançado no poder de sedução de seus produtos, uma vez que passaram a incorporar substâncias de caráter ácido (ácido cítrico) e de caráter básico (bicarbonato de sódio) a eles. Criaram balas e gomas de mascar em que o sabor inicial é azedo, graças, principalmente, aos ácidos presentes e que, após alguns minutos de mastigação, começam a produzir uma espuma brilhante, doce e colorida que, acumulando-se na boca, passa a transbordar por sobre os lábios – essa espuma é uma mistura de açúcar, corante, saliva e bolhas de gás carbônico liberadas pela reação dos cátions hidrônio,  $\text{H}_3\text{O}^+$  ou simplesmente  $\text{H}^+$  (provenientes da ionização dos ácidos málico e cítrico na saliva), com o ânion bicarbonato, conforme a equação:



Na estrutura do ácido cítrico, estão presentes os grupos funcionais \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ que representam as funções orgânicas \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.

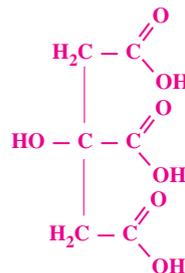
Dado:



- hidroxila e carbonila; fenol e aldeído.
- carbonila e carboxila; cetona e ácido carboxílico.
- hidroxila e carboxila; álcool e ácido carboxílico.
- carbonila e hidroxila; cetona e álcool.
- carboxila e carbonila; ácido carboxílico e aldeído.

RESOLUÇÃO:

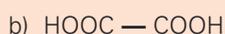
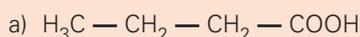
O ácido cítrico, de fórmula:



apresenta as funções ácido carboxílico e álcool, que possuem, respectivamente, os grupos funcionais carboxila e hidroxila.

Resposta: C

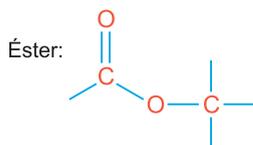
## 4 Dê os nomes oficiais das substâncias:



RESOLUÇÃO:

- ácido butanoico
- ácido etanodioico
- ácido propanodioico

- $R - COO^-Na^+$  •  $R - COO - R'$
- $R - O - R'$  •  $R - X$

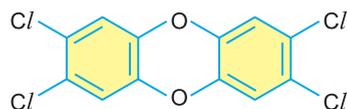


Muitas essências, que dão o odor e o sabor às frutas, são ésteres.

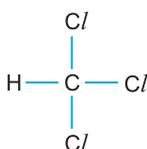


Em 1840, o éter dietílico foi introduzido como anestésico, um dos maiores avanços na cirurgia. Antes dessa data, a cirurgia era feita com o paciente consciente ou intoxicado com álcool.

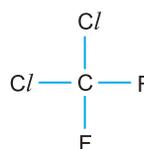
### Derivados Halogenados (Haletos Orgânicos)



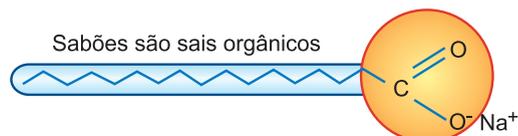
Dioxina (veneno)



Clorofórmio (um dos primeiros anestésicos)

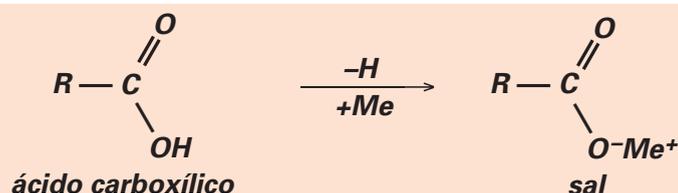


Fréon-12 (propelente em aerossóis, um dos responsáveis pelo aumento do buraco na camada de ozônio)



## 1. Sais de ácidos carboxílicos: $R - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O}^- \text{Na}^+$

São compostos derivados de ácidos carboxílicos pela substituição do H da carboxila por metal ou  $\text{NH}_4^+$ .





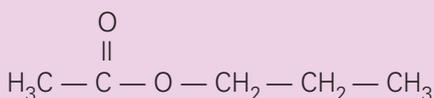


## Saiba mais

### OS ODORES DE FRUTAS SÃO DEVIDOS A ÉSTERES.

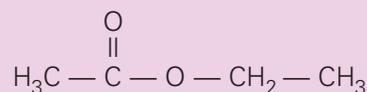
A maioria dos ésteres possui odor agradável.

O acetato de propila



é o responsável pelo aroma das peras.

O acetato de etila



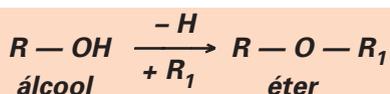
é encontrado no abacaxi.

Muitos ésteres são empregados como essências artificiais de frutas e de perfumes.

Os óleos, as gorduras, as ceras, os plásticos poliésteres são ésteres.

## 5. Éteres: R — O — R'

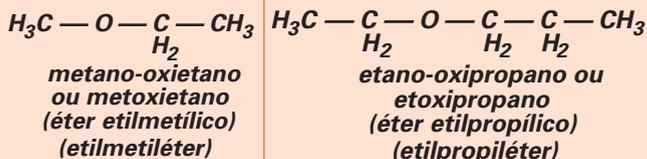
São compostos orgânicos derivados teoricamente dos alcoóis pela substituição do H do grupo — OH por um grupo derivado de hidrocarboneto.



## 6. Nomenclatura oficial dos éteres

Damos nome às cadeias que vêm antes e depois do oxigênio como hidrocarboneto, intercalando o termo **oxi** no meio deste nome.

### Exemplos



## Saiba mais

Qual é o éter comum?

O éter comum:

$\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  tem os nomes: etoxietano, éter dietílico, éter etílico, éter sulfúrico (na sua fabricação entra o ácido sulfúrico, conforme veremos mais adiante). É usado como solvente e anestésico geral.

É um líquido que ferve a 35°C. O seu uso merece precauções pelos seguintes motivos:

- seus vapores formam mistura explosiva com o oxigênio do ar; é combustível.
- quando respirado, age como anestésico.

## 7. Derivados halogenados ou haletos orgânicos: R — X

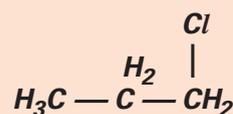
São compostos orgânicos que derivam dos hidrocarbonetos por substituição de H por halogênio (F, Cl, Br, I).

## 8. Nomenclatura dos derivados halogenados

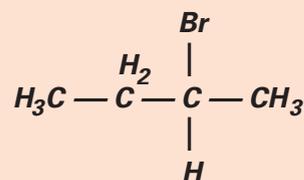
• **Oficial** – dá-se a posição e o nome do halogênio seguido do nome do hidrocarboneto de origem.

• **Usual** – usa-se a palavra **halogeneto** (fluoreto, cloreto, brometo, iodeto) e, em seguida, o nome do **grupo** preso ao halogênio.

### Exemplos



**1-cloropropano (cloreto de propila)**

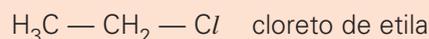


**2-bromobutano (brometo de s-butila)**

Os haletos orgânicos podem ser classificados em:

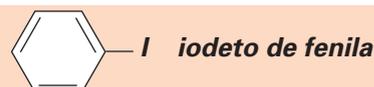
**1) Haletos de alcoila ou alquila** (R — X)

O halogênio está ligado a carbono saturado de hidrocarboneto acíclico.



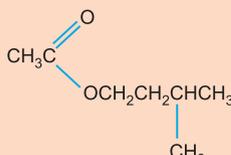
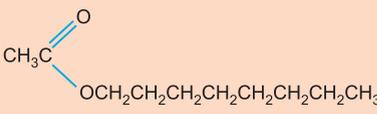
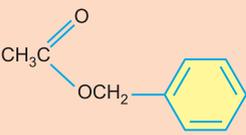
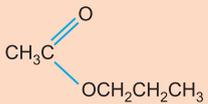
**2) Haletos de arila** (Ar — X)

O halogênio está ligado a núcleo benzênico.



## Exercícios Resolvidos

**1 (UFMG – MODELO ENEM)** – Observe este quadro, em que estão representadas quatro substâncias orgânicas – numeradas de I a IV – e os aromas a elas associados:

 <p><b>I</b> Aroma de banana</p>	 <p><b>II</b> Aroma de laranja</p>
 <p><b>III</b> Aroma de pêssego</p>	 <p><b>IV</b> Aroma de pera</p>

Essas substâncias são usadas na indústria como aromatizantes sintéticos, no lugar de extratos das frutas correspondentes.

Considerando-se as estruturas de cada uma dessas substâncias, é **incorreto** afirmar que

- III é um éster.
- I apresenta cadeia ramificada.
- IV é a mais volátil.
- II tem um grupo funcional aromático.

### Resolução

a) **Correto.**

O grupo  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—O—C—} \\ | \end{array}$  define a função éster.

b) **Correto.**

O carbono terciário confirma que a cadeia é ramificada.

c) **Correto.**

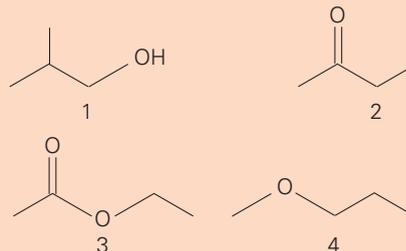
Dos quatro ésteres, IV tem a menor massa molecular e, portanto, a menor temperatura de ebulição (é o mais volátil).

d) **Incorreto.**

II não tem núcleo benzênico.

**Resposta: D**

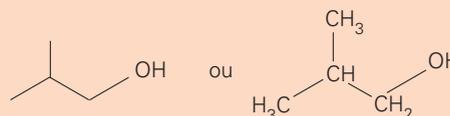
**2 (U. FEDERAL DO ABC-SP – MODELO ENEM)** – A cachaça contém pequenas quantidades de compostos secundários, entre os quais ésteres, ácidos e alcoóis. Os ésteres, responsáveis pelo aroma típico, agradável e suave que a cachaça adquire com o envelhecimento, têm como principal representante o acetato de etila. Os alcoóis superiores mais comumente encontrados na cachaça são propanol, butanol, isobutanol, amílico e isoamílico. Observe as fórmulas estruturais de 1 a 4.



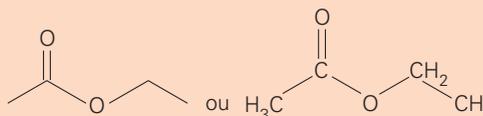
Isobutanol e acetato de etila estão representados, respectivamente, em  
a) 1 e 2.                      b) 1 e 3.                      c) 1 e 4.  
d) 2 e 3.                      e) 2 e 4.

### Resolução

Isobutanol ou metil-1-propanol (metilpropan-1-ol) é o composto 1:

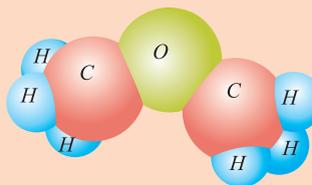


Acetato de etila ou etanoato de etila é o composto 3:



**Resposta: B**

**3** Qual o nome do éter cujo modelo é dado no desenho abaixo?

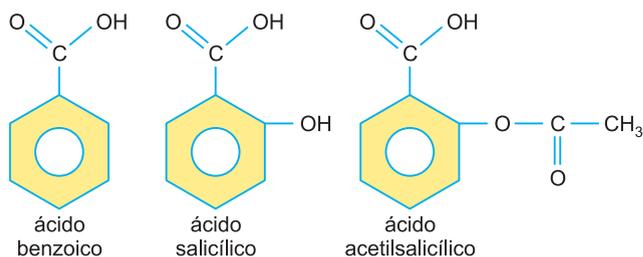


### Resolução

Metoximetano, éter dimetílico ou éter metílico.

## Exercícios Propostos

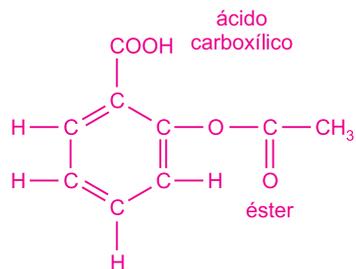
**1 (UNIP-SP – MODELO ENEM)** – O ácido aromático mais simples é o ácido benzoico. O ácido orto-hidroxibenzoico é conhecido como ácido salicílico, a base para muitos medicamentos na forma de salicilatos ou acetatos, como a aspirina.



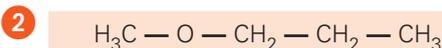
Aspirina é o ácido acetilsalicílico (AAS).

Além da função ácido carboxílico, a aspirina apresenta também a função

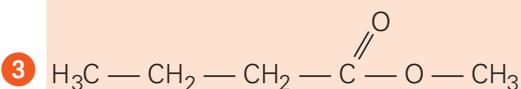
- éster.
- éter.
- cetona.
- aldeído.
- fenol.

**RESOLUÇÃO:****Resposta: A**

Nas questões 2 e 3, dar o nome dos compostos:

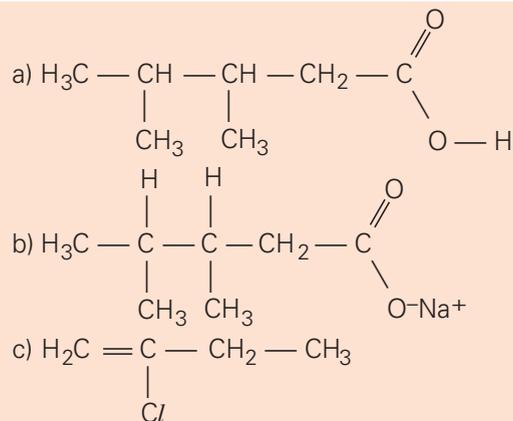
**RESOLUÇÃO:**

Metoxipropano ou éter metilpropílico.

**RESOLUÇÃO:**

Butanoato de metila.

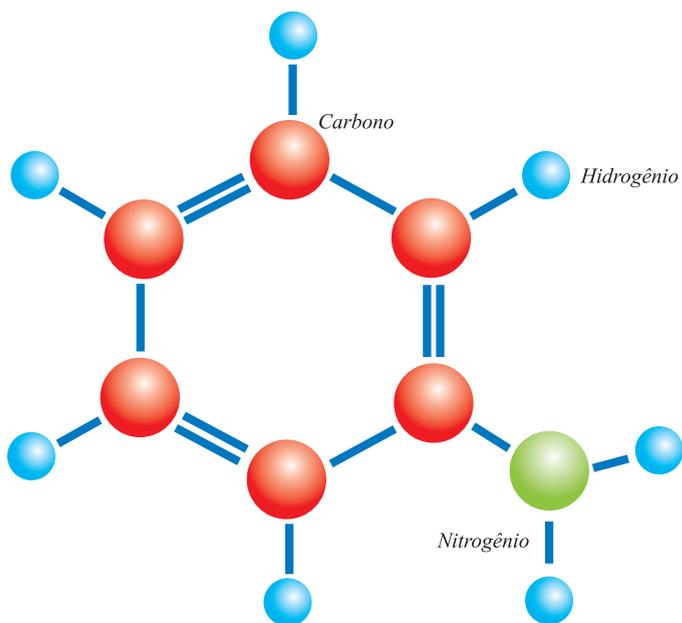
4 Dar o nome oficial das substâncias:

**RESOLUÇÃO:**

- a) 3,4-dimetilpentanoico  
 b) 3,4-dimetilpentanoato de sódio  
 c) 2-cloro-1-buteno (2-clorobut-1-eno)

**Módulo****20****Funções nitrogenadas e séries homólogas****Palavras-chave:**

- $\text{R} - \text{NH}_2$
- $\text{R} - \text{NH} - \text{R}'$
- $\text{R} - \underset{\text{R}'}{\text{N}} - \text{R}''$
- $\text{R} - \text{CONH}_2$
- $\text{R} - \text{C} \equiv \text{N}$

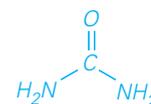


A fenilamina (anilina) é a amina mais importante. É tóxica e cancerígena, mas é a base da indústria de corantes.

Foto Objetivo Midia



A ureia é o composto de partida para a fabricação de remédios, adubos e plásticos. É uma amida.



# 1. Aminas

São compostos orgânicos definidos e classificados como derivados da amônia ( $\text{NH}_3$ ).

Classificamos as aminas em três grupos: primárias, secundárias e terciárias.

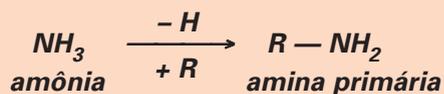


## Saiba mais

### AMÔNIA

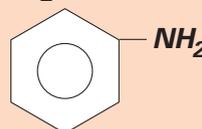
Amônia ou gás amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) é um gás incolor, de odor característico, extremamente solúvel em água (a  $20^\circ\text{C}$  e 1 atm, um litro de água absorve 700 litros de amônia).

A amônia é utilizada como gás refrigerante nas grandes geladeiras industriais; na preparação do ácido nítrico e de fertilizantes. A amônia reage com água produzindo meio básico.



Na nomenclatura, damos o nome do grupo  $-\text{R}$  e, em seguida, a palavra **amina**.

### Exemplos



fenilamina  
(anilina)

# 2. Aminas primárias: $\text{R-NH}_2$

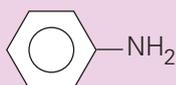
Derivam do  $\text{NH}_3$  pela substituição de 1H por um grupo derivado de hidrocarboneto.

O grupo  $-\text{NH}_2$  é chamado de amino.



## Saiba mais

- A anilina

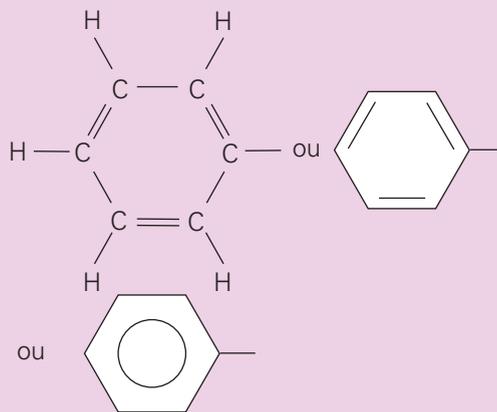


é a amina mais importante, sendo fundamental na indústria de corantes.

Qual o nome oficial da anilina?

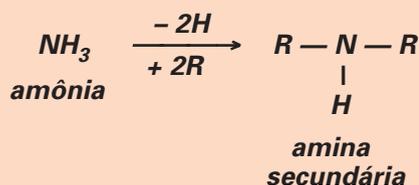
É fenilamina.

O grupo fenil é derivado do benzeno:

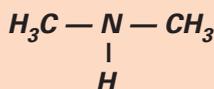


# 3. Aminas secundárias: $\text{R-NH-R}'$

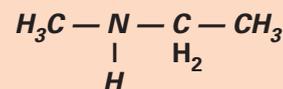
Derivam do  $\text{NH}_3$  pela substituição de 2H por dois grupos derivados de hidrocarbonetos.



### Exemplos



dimetilamina

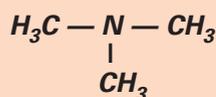


etilmetilamina

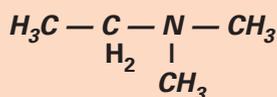
# 4. Aminas terciárias: $\text{R-N-R}'$ $\text{R}''$

Derivam do  $\text{NH}_3$  pela substituição de 3H por três grupos derivados de hidrocarbonetos.

## Exemplos



trimetilamina

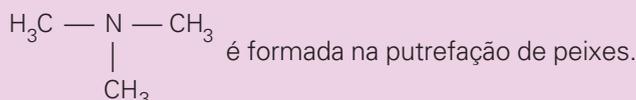


etildimetilamina

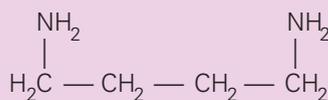


## Saiba mais

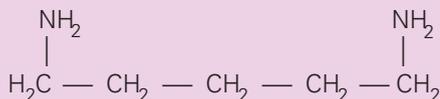
- A trimetilamina



- A putrescina



e a cadaverina



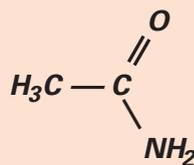
resultam da putrefação de cadáveres. Qual é o nome oficial dessas duas aminas?

### RESOLUÇÃO

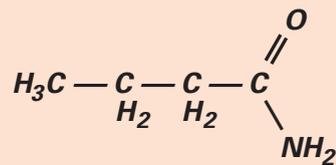
Putrescina: 1,4-diaminobutano

Cadaverina: 1,5-diaminopentano

## Exemplos



etanoamida (acetamida)  
(etanamida)

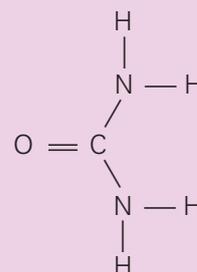


butanoamida  
(butanamida)



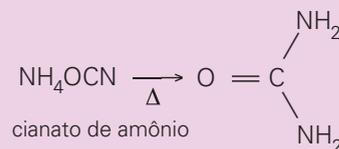
## Saiba mais

A ureia é a amida mais importante:



É um sólido solúvel em água e em álcool.

A ureia foi o primeiro composto orgânico preparado em laboratório, tendo sido obtido na síntese de Wöhler (1828).



Na Medicina, a ureia é empregada na preparação de substâncias hipnóticas.

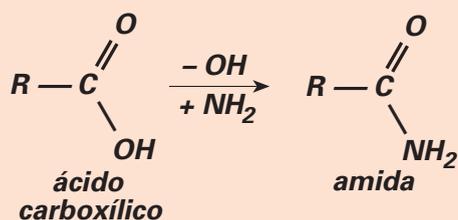
A ureia é o produto final do metabolismo das proteínas, ocorrendo na urina.

Na indústria, é empregada na preparação de plásticos.

A ureia é ainda utilizada na agricultura como adubo nitrogenado.

## 5. Amidas: $\text{R} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{NH}_2$

São compostos orgânicos teoricamente derivados de ácidos carboxílicos pela substituição do grupo - OH pelo grupo - NH<sub>2</sub>.



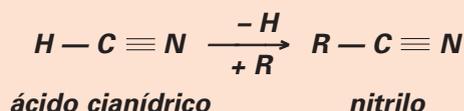
## 6. Nomenclatura oficial das amidas

Damos nome ao composto da mesma forma que damos aos hidrocarbonetos, usando o sufixo **amida**.

## 7. Nitrilos ou cianetos orgânicos: $\text{R} - \text{C} \equiv \text{N}$

São compostos orgânicos derivados do ácido cianídrico (H - C ≡ N) pela substituição do H por um grupo derivado de hidrocarboneto.

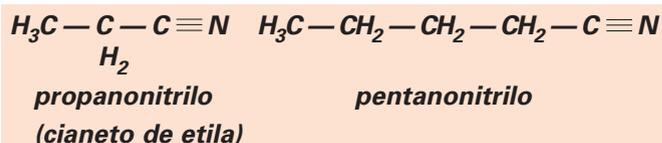
Os nitrilos também são chamados de cianetos orgânicos.



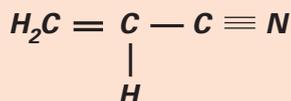
## 8. Nomenclatura oficial dos nitrilos

Damos nome ao composto da mesma forma que damos aos hidrocarbonetos, usando o sufixo **nitrilo**.

### Exemplos



O nitrilo mais importante é o **propenonitrilo (acrilonitrilo)**.



O **acrilonitrilo** é empregado na obtenção de **borracha sintética e de outros plásticos**.

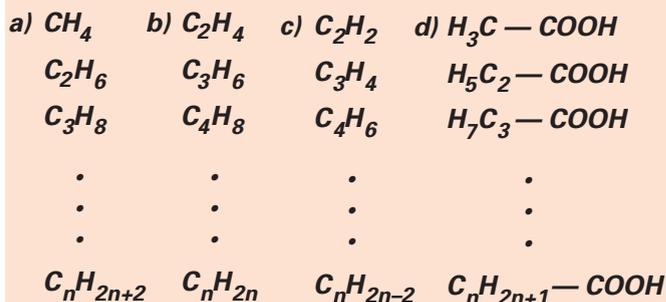
## 9. Série homóloga

É um conjunto de compostos orgânicos (**homólogos**) pertencentes à mesma função química e cujas fórmulas moleculares diferem entre si por um número inteiro de grupos ( $\text{CH}_2$ ).

O grupo metileno ( $\text{CH}_2$ ) é chamado de razão de homologia.

Geralmente, as séries homólogas são dispostas em ordem crescente de suas massas moleculares.

### Exemplos



a) Série homóloga dos hidrocarbonetos acíclicos saturados (alcanos).

b) Série homóloga dos hidrocarbonetos acíclicos etilênicos (alcenos).

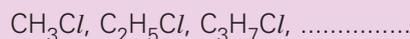
c) Série homóloga dos hidrocarbonetos acíclicos acetilênicos (alcinos).

d) Série homóloga dos monoácidos acíclicos saturados.



### Saiba mais

Dar a fórmula geral da série homóloga à qual pertencem os compostos:



### RESOLUÇÃO

Seja:

$\text{C}_n\text{H}_{2n+k}\text{Cl}$  a fórmula geral:

k — número inteiro:

Para o  $\text{CH}_3\text{Cl}$ , temos:

$$n = 1$$

$$2n = 2$$

Logo:

$$2n + k = 3 \therefore 2 \cdot 1 + k = 3 \therefore k = +1$$

Fórmula geral:  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Cl}$

As propriedades químicas dos homólogos de uma mesma série são semelhantes, mas, muitas vezes, o primeiro termo afasta-se dos demais pelas suas propriedades.

As propriedades físicas dos homólogos variam gradualmente com a massa molecular. O ponto de fusão, o ponto de ebulição e a densidade crescem com o aumento da cadeia carbônica.

O coeficiente de solubilidade em água decresce.

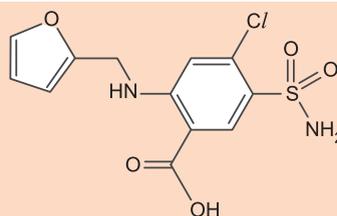


### No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **QUIM2M306**

## Exercícios Resolvidos

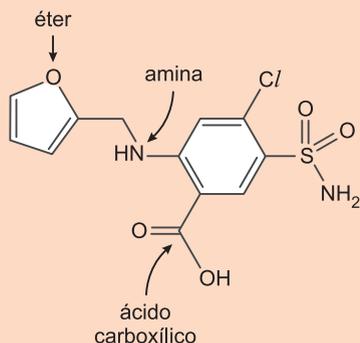
**1 (FGV – MODELO ENEM)** – Nos jogos olímpicos de Pequim, os organizadores fizeram uso de exames *antidoping* bastante requintados, para detecção de uma quantidade variada de substâncias químicas de uso proibido. Entre essas substâncias, encontra-se a furosemida, estrutura química representada na figura. A furosemida é um diurético capaz de mascarar o consumo de outras substâncias dopantes.



Na estrutura química desse diurético, podem ser encontrados os grupos funcionais

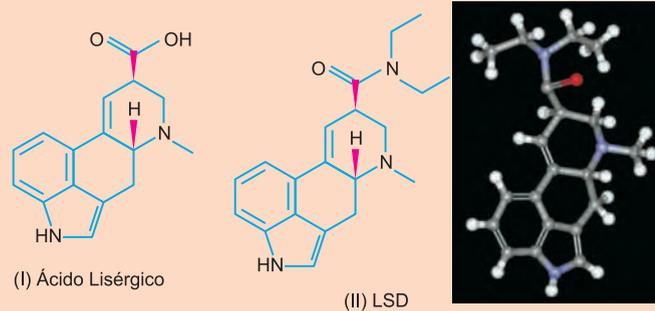
- ácido carboxílico, amina e éter.
- ácido carboxílico, amina e éster.
- ácido carboxílico, amida e éster.
- amina, cetona e álcool.
- amida, cetona e álcool.

**Resolução**



**Resposta: A**

**2 (UFF-RJ – MODELO ENEM)** – O ácido lisérgico (estrutura I) é o precursor da síntese do LSD (dietilamida do ácido lisérgico; estrutura II), que é uma das mais potentes substâncias alucinógenas conhecidas. Uma dose de 100 microgramas causa uma intensificação dos sentidos, afetando também os sentimentos e a memória por um período que pode variar de seis a quatorze horas. O LSD-25 é um alcaloide cristalino que pode ser produzido a partir do processamento das substâncias do esporão do centeio. Foi sintetizado pela primeira vez em 1938, mas somente em 1943 o químico Albert Hofmann descobriu os seus efeitos, de uma forma acidental. É uma droga que ganhou popularidade na década de 1960, não sendo ainda considerada prejudicial à saúde, e chegou a ser receitada como medicamento.

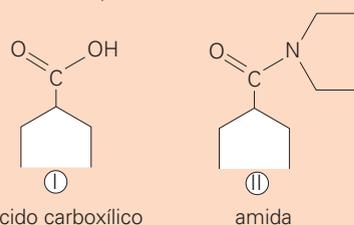


Assinale as funções orgânicas presentes nas estruturas (I) e (II), respectivamente.

- carbonila, éster
- carbonila, hidróxido
- ácido carboxílico, amida
- amida, álcool
- cetona, aldeído

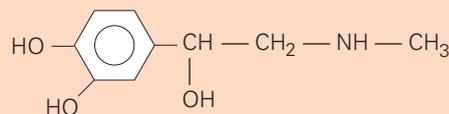
**Resolução**

De acordo com o texto, LSD é amida do ácido lisérgico.



**Resposta: C**

**3 (FUVEST-SP)** – A seguir, é dada a fórmula da adrenalina, composto que age sobre o sistema nervoso simpático. A adrenalina é um hormônio animal, estimulante cardíaco.



Quais são as funções orgânicas que devem ser responsáveis pela propriedade fisiológica da adrenalina?

**Resolução**

Fenol, álcool e amina secundária.

## Exercícios Propostos

**1 (UNICAMP-SP)** – Os alcanos  $CH_4$ ,  $CH_3CH_3$ ,... formam uma série de hidrocarbonetos de fórmula geral  $C_nH_{2n+2}$ . Considerando as séries saturadas de cadeias abertas formadas por álcoois primários, aminas primárias e aldeídos, como representadas abaixo,  
 $CH_3OH$ ,  $CH_3CH_2OH$ , ...  
 $CH_3NH_2$ ,  $CH_3CH_2NH_2$ , ...  
 $HC(O)H$ ,  $CH_3C(O)H$ , ...  
 deduza a fórmula geral para cada série.

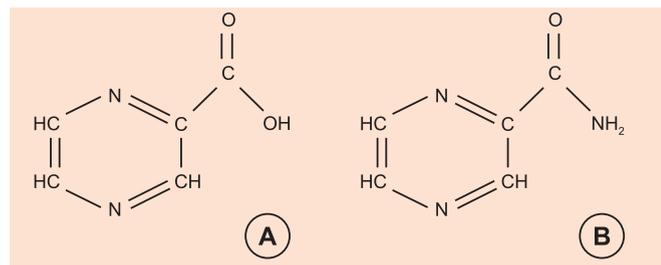
**RESOLUÇÃO:**

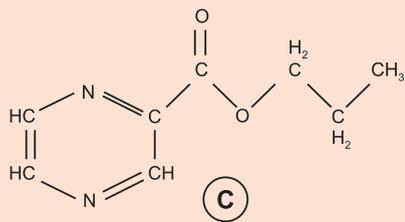
Álcoois primários:  $C_nH_{2n+1}OH$

Aminas primárias:  $C_nH_{2n+1}NH_2$

Aldeídos:  $C_nH_{2n+1}C(O)H$

**2 (FUVEST-SP – MODELO ENEM)** – A tuberculose voltou a ser um problema de saúde em todo o mundo, devido ao aparecimento de bacilos que sofreram mutação genética (mutantes) e que se revelaram resistentes à maioria dos medicamentos utilizados no tratamento da doença. Atualmente, há doentes infectados por bacilos mutantes e por bacilos não mutantes. Algumas substâncias (A, B e C) inibem o crescimento das culturas de bacilos não mutantes. Tais bacilos possuem uma enzima que transforma B em A e outra que transforma C em A. Acredita-se que A seja a substância responsável pela inibição do crescimento das culturas.



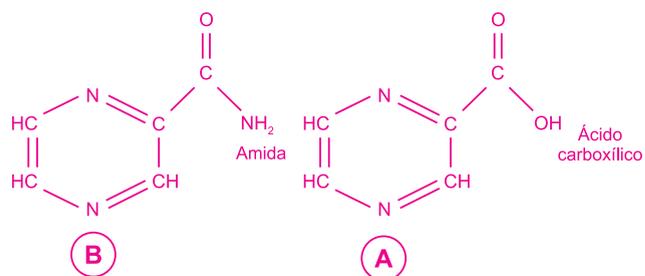


O crescimento das culturas de bacilos mutantes é inibido por A ou C, mas não por B. Assim sendo, entre as enzimas citadas, a que está ausente em tais bacilos deve ser a que transforma

- ésteres em ácidos carboxílicos.
- amidas em ácidos carboxílicos.
- ésteres em amidas.
- amidas em cetonas.
- cetonas em ésteres.

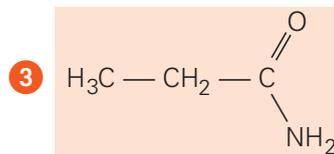
**RESOLUÇÃO:**

Pelo texto, observamos que os bacilos mutantes não possuem uma enzima capaz de transformar B em A, ou seja, capaz de transformar amidas em ácidos carboxílicos.

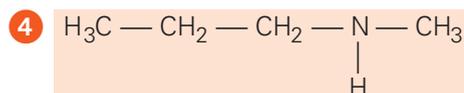


Resposta: B

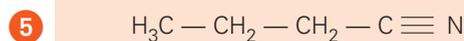
Nas questões de 3 a 5, dar o nome dos compostos:



**RESOLUÇÃO:**  
Propanoamida.



**RESOLUÇÃO:**  
Metilpropilamina.



**RESOLUÇÃO:**  
Butanonitrilo (cianeto de propila).

- Função • Cadeia • Posição
- Compensação • Tautomeria

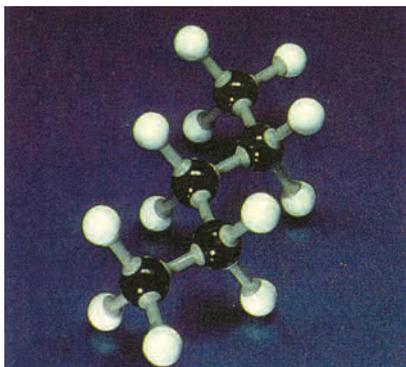
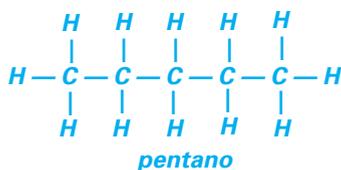


Foto Objetivo Mídia



Ponto de fusão:  $-130^{\circ}\text{C}$   
 Ponto de ebulição:  $36^{\circ}\text{C}$   
 Densidade:  $0,626 \text{ g/mL}$   
 Fórmula molecular:  $\text{C}_5\text{H}_{12}$

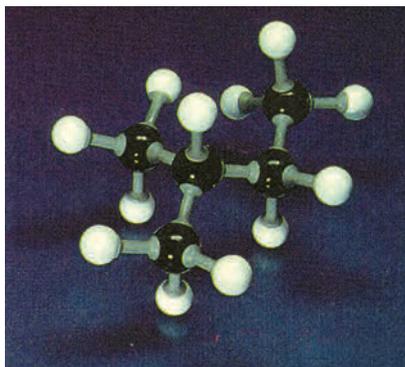
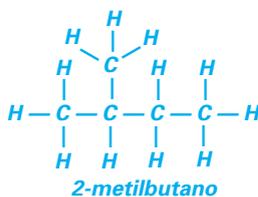


Foto Objetivo Mídia



Ponto de fusão:  $-160^{\circ}\text{C}$   
 Ponto de ebulição:  $28^{\circ}\text{C}$   
 Densidade:  $0,620 \text{ g/mL}$   
 Fórmula molecular:  $\text{C}_5\text{H}_{12}$

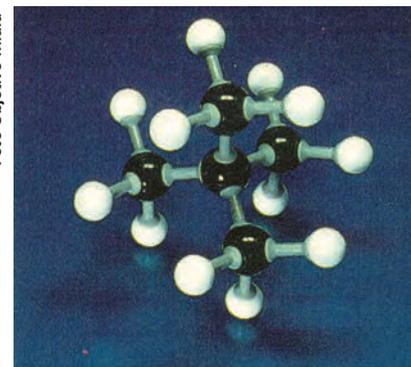
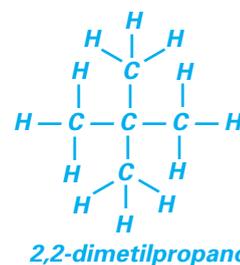


Foto Objetivo Mídia



Ponto de fusão:  $-17^{\circ}\text{C}$   
 Ponto de ebulição:  $9,5^{\circ}\text{C}$   
 Densidade:  $0,613 \text{ g/mL}$   
 Fórmula molecular:  $\text{C}_5\text{H}_{12}$

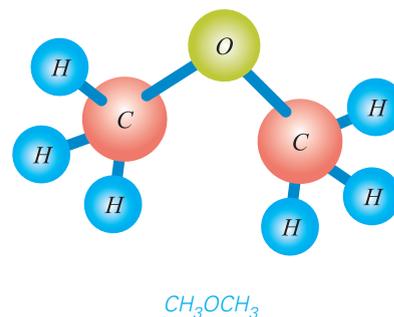
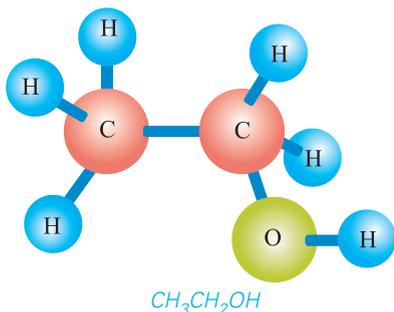
## 1. Isomeria: compostos diferentes com a mesma fórmula molecular

Isomeria é o fenômeno pelo qual dois ou mais compostos diferentes apresentam a mesma fórmula molecular (mesmo número de átomos) e fórmulas estruturais diferentes.

### Exemplos



Fórmula molecular:  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$



Observe que as substâncias apresentam os mesmos átomos, mas ligados de modo diferente. São chamados de **isômeros estruturais**. Por esse fato, os isômeros são compostos diferentes, isto é, apresentam propriedades diferentes. Por exemplo, o etanol é um líquido que apresenta ponto de ebulição igual a  $78^{\circ}\text{C}$ . O éter dimetílico é um gás nas condições ambientes, apresentando ponto de ebulição muito baixo ( $-24^{\circ}\text{C}$ ).

Temos dois casos principais de isomeria:

- Isomeria plana;
- Isomeria espacial.

## 2. Isomeria plana ou estrutural

É o caso de isomeria em que a diferença existente entre os isômeros pode ser notada no próprio plano. Os átomos são os mesmos, mas as ligações são diferentes, daí o nome de isomeria estrutural.

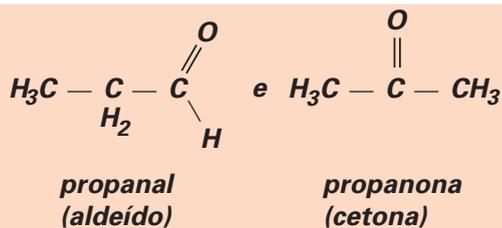
Temos vários casos de isomeria plana.

## 3. Isomeria de função ou funcional

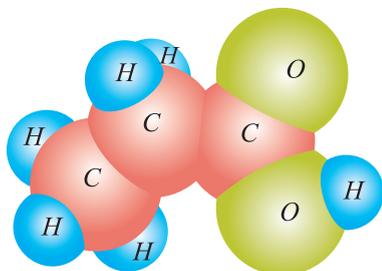
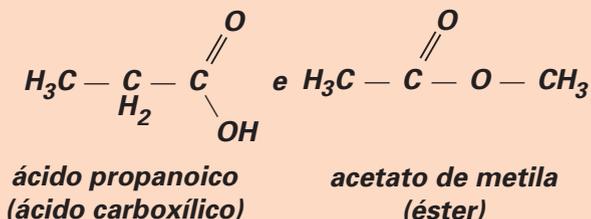
Os isômeros pertencem a funções químicas diferentes.

### Exemplos

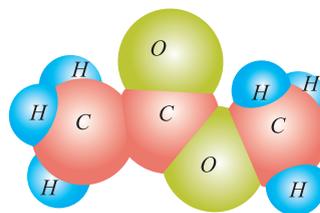
I) Aldeídos e cetonas  $C_3H_6O$



II) Ácidos carboxílicos e ésteres  $C_3H_6O_2$

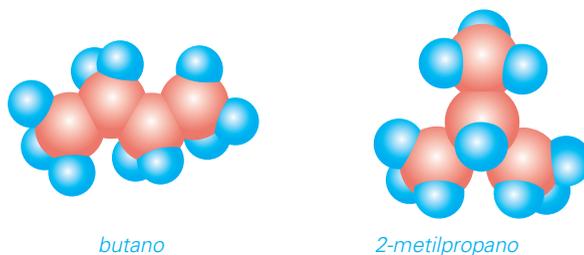
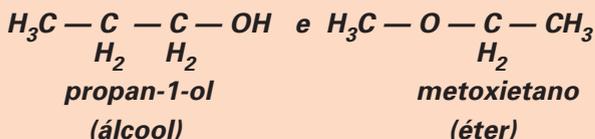


Ácido propanoico,  $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$



Etanoato de metila,  $\text{H}_3\text{C} - \text{COO} - \text{CH}_3$

III) Alcoóis e éteres  $C_3H_8O$



butano

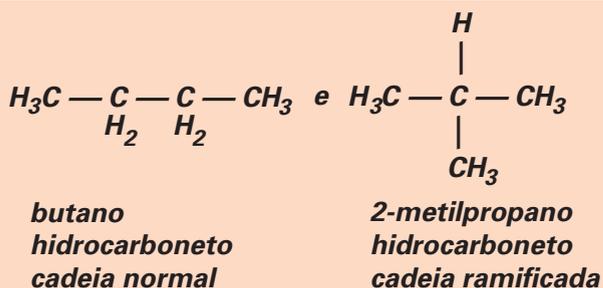
2-metilpropano

## 4. Isomeria de cadeia

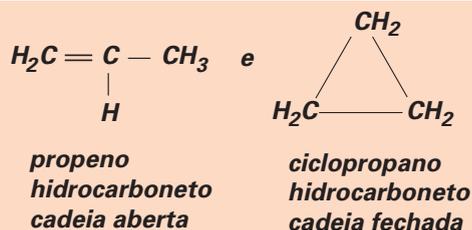
Os isômeros pertencem à mesma função química, apresentando, porém, tipo diferente de cadeia.

### Exemplos

I)  $C_4H_{10}$



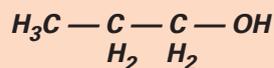
II)  $C_3H_6$



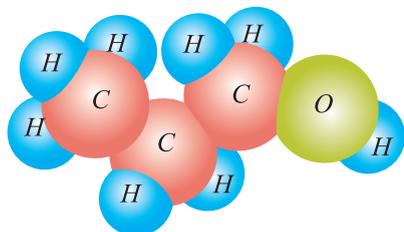
## 5. Isomeria de posição

Os isômeros pertencem à mesma função, têm o mesmo tipo de cadeia, mas diferem pela posição de uma ramificação, de um grupo funcional ou de uma insaturação.

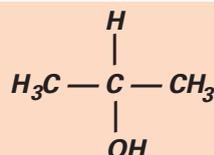
I)  $C_3H_8O$



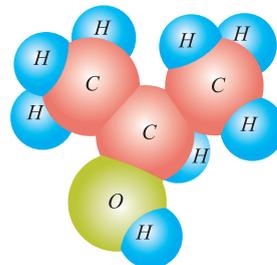
**propan-1-ol**  
álcool  
cadeia aberta, normal ...  
— OH no carbono 1



propan-1-ol

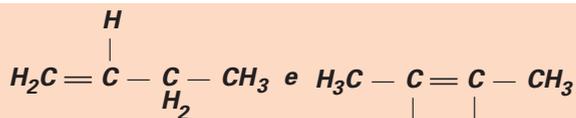


**propan-2-ol**  
álcool  
cadeia aberta, normal ...  
— OH no carbono 2



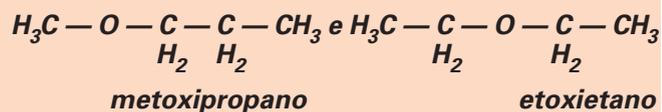
propan-2-ol

II)  $C_4H_8$



**but-1-eno**  
hidrocarboneto  
cadeia aberta, normal ...  
dupla entre  $C_1$  e  $C_2$

**but-2-eno**  
hidrocarboneto  
cadeia aberta, normal ...  
dupla entre  $C_2$  e  $C_3$



**Observação:** Todas as funções que apresentam cadeia heterogênea (éter, éster, amina) podem apresentar este tipo de isomeria.

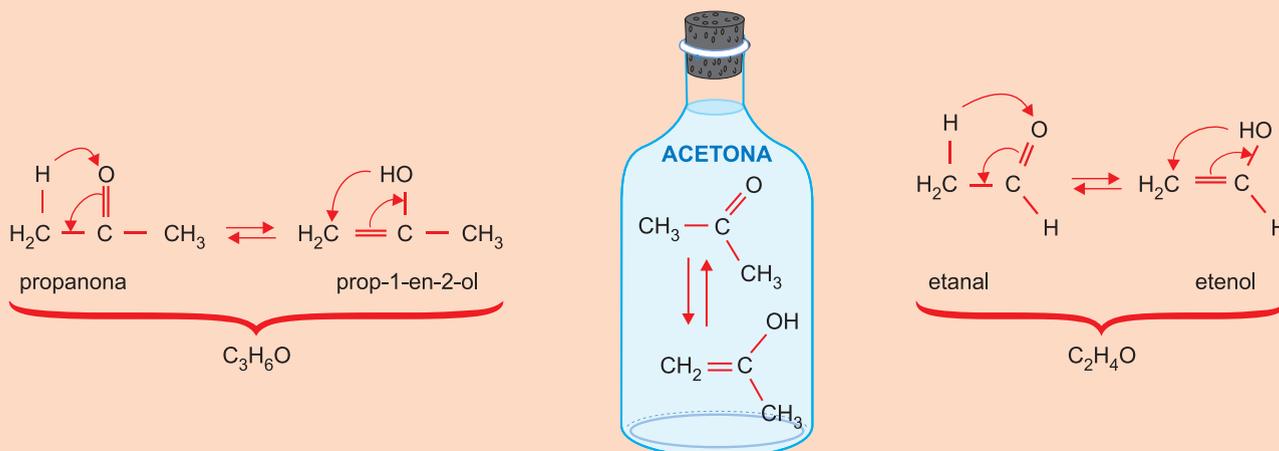
## 7. Tautomeria

É um caso especial de isomeria funcional. Os isômeros coexistem em solução aquosa e diferem pela posição de um átomo de hidrogênio na molécula. Ocorre com aldeídos e cetonas que têm hidrogênio em carbono vizinho à carbonila.

### Exemplos

## 6. Isomeria de compensação ou metameria

Os isômeros pertencem à mesma função, têm o mesmo tipo de cadeia e diferem na posição relativa do heteroátomo.



Em um frasco contendo acetona, há moléculas de propanona e de prop-1-en-2-ol em equilíbrio.



## Exercícios Resolvidos

**1 (FATEC-SP – MODELO ENEM)** – Um químico possui em seu laboratório duas amostras. Uma delas é uma substância pura obtida a partir de um mineral. A outra é uma substância pura que foi separada de um fluido fisiológico de um animal. Entretanto, ambas apresentam a mesma massa molar. Assinale a alternativa contendo a afirmação correta sobre a situação descrita.

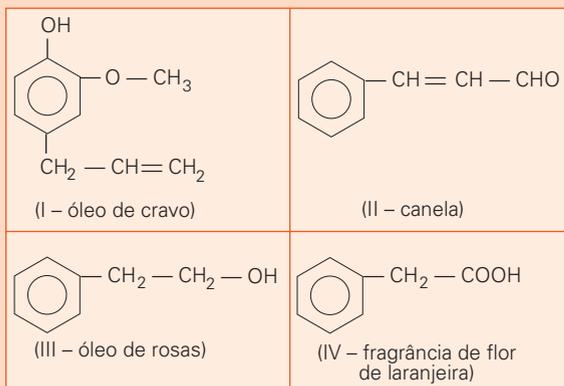
- As duas amostras são de substâncias diferentes, porque uma é inorgânica e a outra é orgânica.
- As duas amostras são da mesma substância, porque ambas possuem a mesma massa molar.
- As amostras podem ser de substâncias diferentes com a mesma fórmula molecular.
- O químico precisará determinar a fórmula mínima de ambas as substâncias para saber se as amostras são iguais ou diferentes.
- As massas correspondentes a 1 mol de cada uma das substâncias podem ser diferentes.

### Resolução

Ambas as amostras são de substâncias com a mesma massa molar. Portanto, ambas apresentam a mesma fórmula molecular e, conseqüentemente, a mesma fórmula mínima. As duas amostras podem ser da mesma substância ou de substâncias diferentes com a mesma fórmula molecular (isômeras).

**Resposta: C**

**2 (MACKENZIE-SP – MODELO ENEM)**



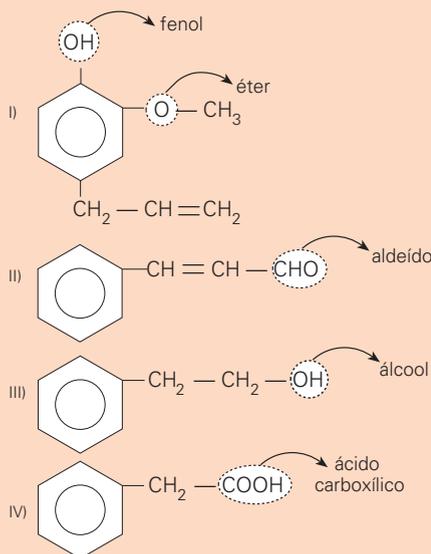
As fragrâncias características dos perfumes podem ser obtidas a partir de fontes naturais, como óleos essenciais extraídos de plantas, flores e animais ou por processos sintéticos. Dos quatro componentes de

óleos essenciais, cujas fórmulas estão apresentadas, é correto afirmar que

- as substâncias III e IV apresentam, entre si, isomeria de função.
- as substâncias II e III são alcoóis.
- as quatro substâncias possuem cadeias carbônicas saturadas.
- duas das substâncias são ácidos carboxílicos.
- cada uma das substâncias possui grupo funcional oxigenado diferente do apresentado nas outras substâncias.

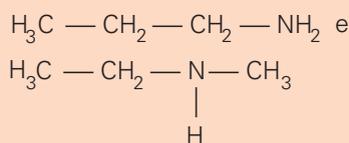
### Resolução

As substâncias apresentam grupos funcionais oxigenados diferentes:



**Resposta: E**

**3** Que tipo de isomeria apresentam os compostos abaixo?



### Resolução

Isomeria de cadeia. O primeiro apresenta cadeia homogênea, enquanto o segundo tem cadeia heterogênea.

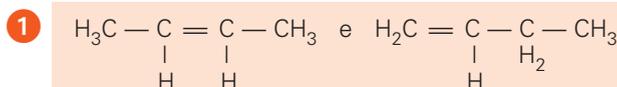


## Exercícios Propostos

Nas questões de **1** a **5**, dar o tipo de isomeria plana que ocorre entre os compostos, verificando o seguinte:

- Isomeria de função: os isômeros pertencem a funções diferentes.
- Isomeria de cadeia: os isômeros diferem no tipo de cadeia carbônica.
- Isomeria de posição: os isômeros apresentam um grupo de átomos ou uma insaturação em posição diferente.

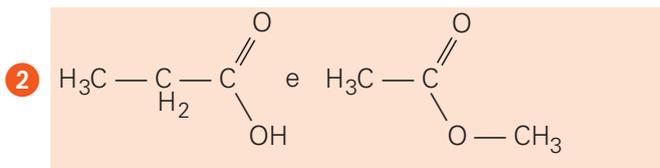
d) Isomeria de compensação: os isômeros têm cadeia heterogênea.



### RESOLUÇÃO:

Isomeria de posição da dupla-ligação.

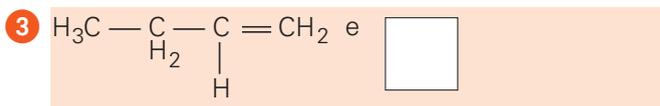
**Resposta: C**



**RESOLUÇÃO:**

Isomeria de função (ácido carboxílico e éster).

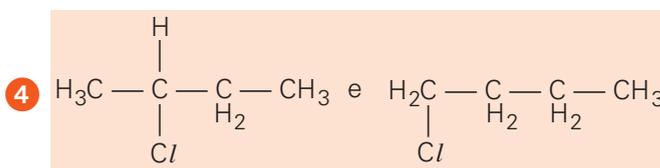
Resposta: A



**RESOLUÇÃO:**

Isomeria de cadeia.

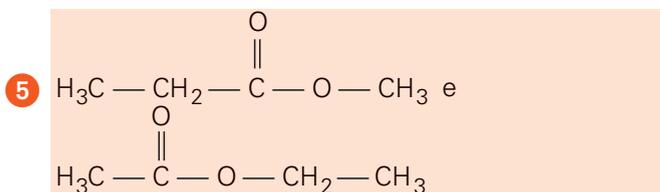
Resposta: B



**RESOLUÇÃO:**

Isomeria de posição.

Resposta: C



**RESOLUÇÃO:**

Isomeria de compensação.

Resposta: D

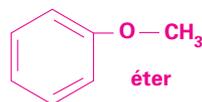
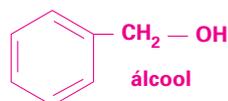
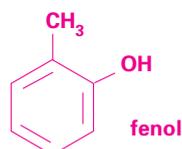
6 (UE. GOIÁS – MODELO ENEM) – Os compostos aromáticos geralmente apresentam baixa polaridade, tendo, desse modo, baixa solubilidade em água. Alguns exalam cheiro agradável. Aliás, o termo *aromático* deve-se à presença do anel benzênico nos compostos extraídos do benjoim e da baunilha, por exemplo, que têm aroma agradável.

Considerando-se a fórmula molecular  $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$ , assinale o número de funções químicas diferentes a que pertencem os isômeros aromáticos:

- a) 2      b) 3      c) 4      d) 5      e) 6

**RESOLUÇÃO:**

Os 3 compostos abaixo, de fórmula  $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$ , são isômeros de função:

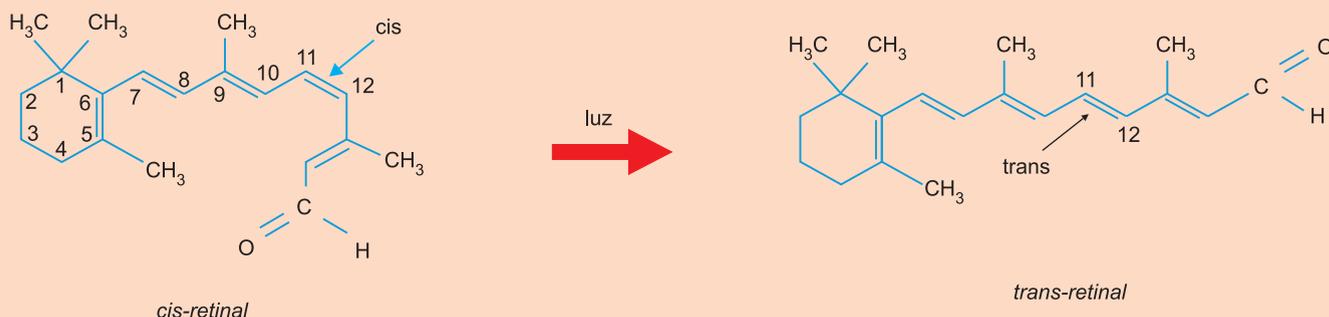


Resposta: B

## Palavras-chave:

- Ligantes diferentes nos carbonos da dupla-ligação ou em dois carbonos do ciclo

## A visão é o resultado de uma transformação cis-trans



Na parte posterior de nossos olhos, encontra-se a retina, na qual há milhões de receptores de luz, em forma de cones e bastonetes.

Nos bastonetes, observa-se a molécula de rodopsina, integrada pela proteína opsina e pelo 11-cis-retinal. Este último absorve a luz.

O 11-cis-retinal é um aldeído insaturado. A isomeria geométrica (cis-trans) ocorre nos átomos de carbono 11 e 12. No escuro, o 11-cis-retinal é estável e acomoda-se facilmente sobre a opsina. Em contato com a luz, isomeriza-se, formando o 11-trans-retinal, que não se acopla à opsina e se desprende. A opsina muda, então, de forma e gera um sinal elétrico que se transmite ao cérebro. Este processo se repete milhões de vezes, enquanto os olhos estão expostos à luz. Uma enzima transforma o trans-retinal em cis-retinal, e este se une à opsina, esperando um novo raio de luz.

Nos cones, responsáveis pela visão das cores, o retinal está unido a três tipos diferentes de opsina, que absorvem comprimentos de onda diferentes, ou seja, são sensíveis às cores vermelha, azul e verde.

## 1. Isomeria espacial ou estereoisomeria

É o caso de isomeria em que a diferença existente entre os isômeros só será notada na fórmula espacial dos compostos (*stereoisomeria* = sólido).

Temos dois casos principais:

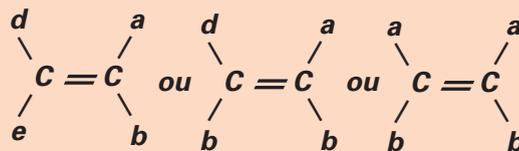
- Isomeria geométrica;
- Isomeria óptica.

## 2. Isomeria geométrica ou cis-trans

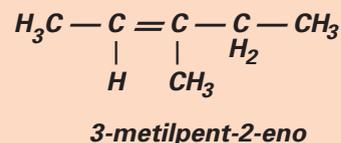
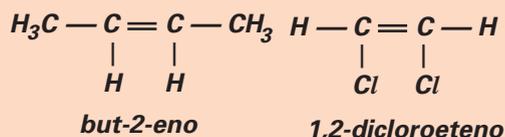
Pode ocorrer em dois tipos de compostos: de cadeia aberta e de cadeia fechada.

## 3. Isomeria geométrica em compostos de cadeia aberta

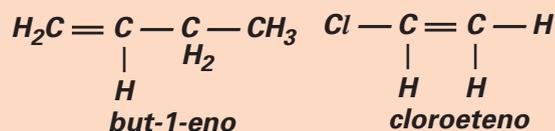
Neste caso, o composto deve apresentar pelo menos uma dupla-ligação entre átomos de carbono e **dois ligantes diferentes em cada carbono da dupla**.



## Exemplos



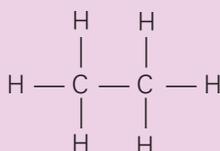
Não apresentam isomeria geométrica:





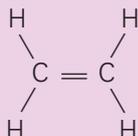
## Saiba mais

No etano, os átomos de carbono estão unidos por ligação simples:



Observe que é possível girar um átomo de carbono em relação ao outro ao redor da ligação simples, sem haver rompimento de ligações.

No eteno, os átomos de carbono estão unidos por uma ligação dupla:



Observe que agora não é possível girar os átomos de carbono ao redor da ligação dupla. É esta impossibilidade de rotação que acarreta o aparecimento da isomeria geométrica. Verifique que no eteno os seis átomos estão em um mesmo plano.



## Saiba mais

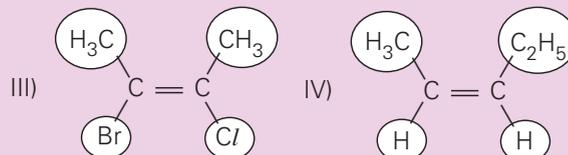
1. (U.C. DOM BOSCO-MS) – Qual(is) da(s) seguintes substâncias

- I)  $(\text{CH}_3)_2\text{C} = \text{CH}_2$       II)  $\text{CH}_3\text{CH} = \text{C}(\text{CH}_3)_2$   
 III)  $\text{CH}_3\text{BrC} = \text{CCH}_3\text{Cl}$     IV)  $\text{CH}_3\text{CH} = \text{CHC}_2\text{H}_5$

apresenta(m) isomeria geométrica?

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

### RESOLUÇÃO

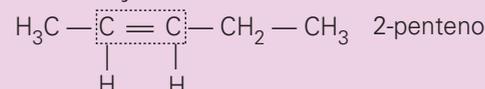


### Resposta: E

2. (UNESP) – Apresenta isomeria geométrica

- a) 2-penteno.      b) 1,2-butadieno.    c) propeno.  
 d) tetrabromoetileno. e) 1,2-dimetilbenzeno.

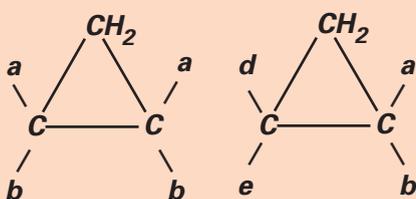
### RESOLUÇÃO



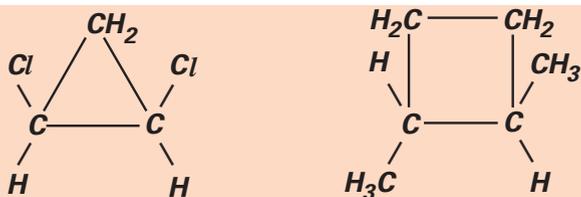
### Resposta: A

## 4. Isomeria geométrica em compostos de cadeia fechada

Neste caso, o composto deve apresentar pelo menos **dois átomos de carbono do ciclo com dois ligantes diferentes**.



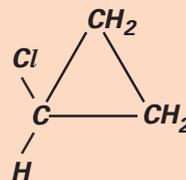
### Exemplos



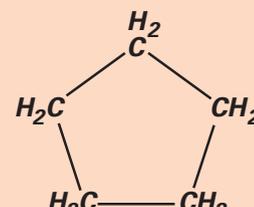
1,2-diclorociclopropano

1,2-dimetilciclobutano

Não apresentam isomeria geométrica:



clorociclopropano

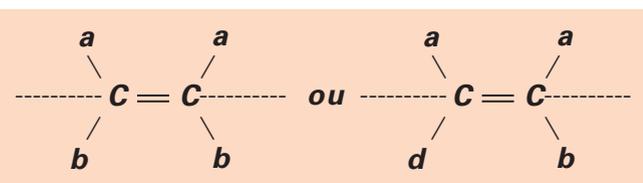


ciclopentano

Na isomeria geométrica, podemos identificar dois tipos de isômeros:

## 5. Isômero cis: no mesmo lado

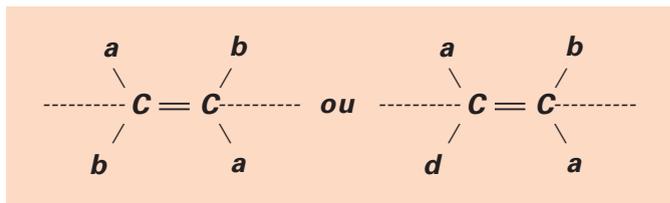
Especialmente, verifica-se que os grupos de maior massa molecular estão do mesmo lado do plano estabelecido pela dupla-ligação.



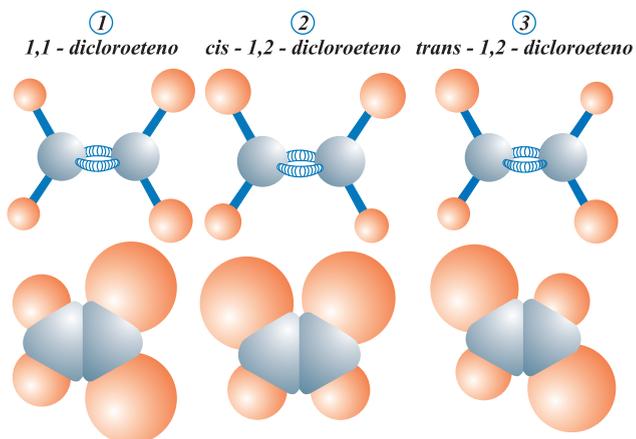
Massa molecular<sub>a</sub> > massa molecular<sub>b</sub>; massa molecular<sub>a</sub> > massa molecular<sub>d</sub>

## 6. Isômero trans: em lados opostos

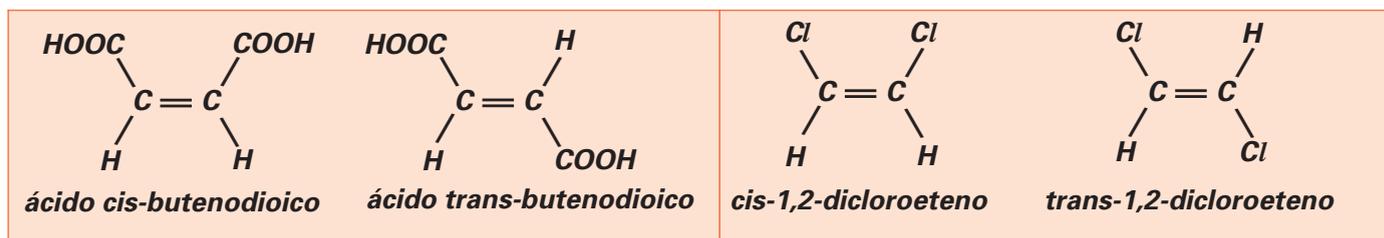
Especialmente, verifica-se que os grupos de maior massa molecular estão em lados opostos do plano estabelecido pela dupla-ligação.



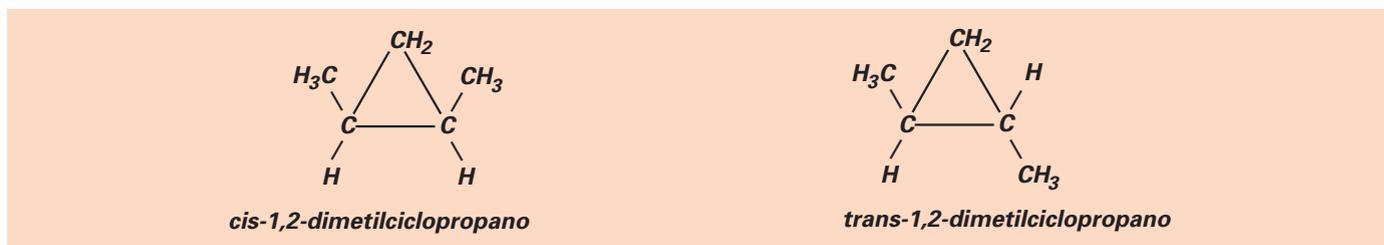
Existem três compostos isômeros com a fórmula  $C_2H_2Cl_2$ :



### Exemplos

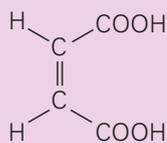


Nos compostos cíclicos, o plano de referência é o próprio plano do ciclo:

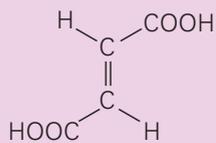


### Saiba mais

Os isômeros geométricos cis-trans diferem entre si pelas suas propriedades físicas (ponto de ebulição, ponto de fusão, densidade, solubilidade etc.). No que diz respeito às propriedades químicas, os isômeros geométricos podem apresentar ou não diferenças.



ácido cis-butenodioico  
(ácido maleico)



ácido trans-butenodioico  
(ácido fumárico)

	Ácido cis-butenodioico	Ácido trans-butenodioico
P.F.	130°C	287°C
Densidade	1,590g/cm <sup>3</sup>	1,635g/cm <sup>3</sup>
Solubilidade em H <sub>2</sub> O	solúvel	pouco solúvel



A tabela a seguir apresenta os comprimentos das ligações químicas presentes na molécula do cis-1,2-dicloroeteno:

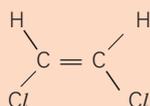
Ligação	Comprimento (nm)
C — H	0,107
C = C	0,136
C — Cl	0,176

Admita que

- os núcleos atômicos têm dimensões desprezíveis;
- os comprimentos das ligações correspondem à distância entre os núcleos;
- o ângulo entre a ligação C — H e o plano da dupla-ligação é 60°.

A distância, em nanômetros, entre os dois núcleos de hidrogênio na molécula do cis-1,2-dicloroeteno equivale a

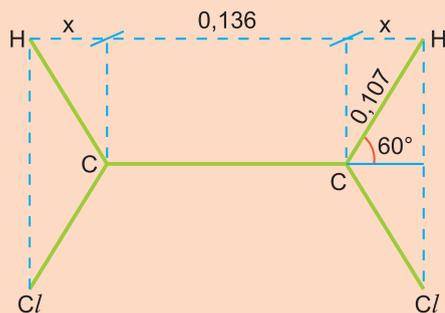
- a) 0,214.    b) 0,243.    c) 0,272.    d) 0,283.



Dados:  $\sin 30^\circ = \cos 60^\circ = 1/2$

$$\sin 60^\circ = \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

**Resolução**



$$\cos 60^\circ = \frac{x}{0,107}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{x}{0,107}$$

$$x = 0,0535$$

Distância entre os núcleos de hidrogênio:

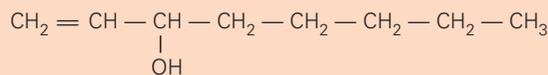
$$x + 0,136 + x = 0,0535 + 0,136 + 0,0535 = 0,243$$

distância = 0,243nm

**Resposta: B**

**3 (UFMG – MODELO ENEM)** – Insetos indesejados podem ser eliminados usando-se armadilhas que contêm feromônios. Emitidas por indivíduos de determinada espécie, essas substâncias, funcionando como meio de comunicação entre eles, regulam o comportamento desses mesmos indivíduos.

Um desses feromônios é o 1-octen-3-ol, que tem esta estrutura:



Considerando-se a estrutura desse álcool, é correto afirmar que ele apresenta

- condutividade elétrica elevada em solução aquosa.
- isomeria cis-trans.
- massa molar igual à do 3-octen-1-ol.
- temperatura de ebulição menor que a do 1-octeno.

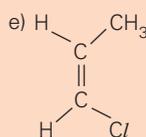
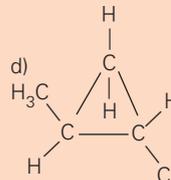
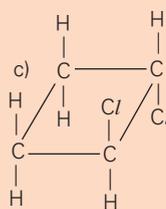
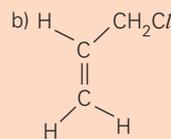
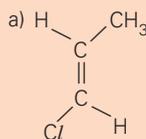
**Resolução**

Analisando as opções temos:

- Incorreto.**  
O álcool não se ioniza em solução aquosa.
- Incorreto.**  
Não há ligantes diferentes nos dois átomos de carbono da dupla-ligação.
- Correto.**  
Isômeros apresentam a mesma massa molar.
- Incorreto.**  
O álcool tem temperatura de ebulição maior, pois estabelece ligação de hidrogênio.

**Resposta: C**

**4** Representa um isômero cis:



**Resolução**

- Isômero trans.
- Não apresenta isomeria cis-trans.
- Isômero trans.
- Isômero trans.
- Isômero cis.

**Resposta: E**

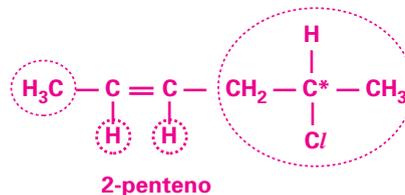
## Exercícios Propostos

1 A isomeria geométrica ocorre em compostos de cadeia acíclica quando há grupos de átomos diferentes nos dois átomos de carbono da dupla-ligação. Em compostos cíclicos, é necessário haver grupos diferentes em pelo menos dois átomos de carbono do ciclo.

Apresenta isomeria geométrica (cis-trans)

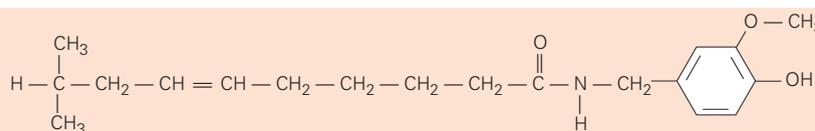
- a) 2-metil-1-buteno.      b) 2-metil-2-buteno.  
c) 1-penteno.            d) 2-penteno.  
e) ciclobuteno.

RESOLUÇÃO:



Resposta: D

2 (FMTM-MG) – A capsaicina é uma substância encontrada em várias espécies de pimentas vermelhas e verdes e é a responsável pelo seu sabor picante. Além de estimular a secreção de saliva e auxiliar a digestão dos alimentos, pesquisas recentes têm revelado que ela estimula a liberação de endorfinas no cérebro e combate a ação do estresse. Sua estrutura é representada a seguir:



Em relação à molécula de capsaicina, afirma-se que

- I. apresenta os grupos funcionais cetona, éster e fenol;  
II. tem átomos de carbono ligados a átomos de hidrogênio com ângulo de ligação de  $120^\circ$ , e átomos de carbono ligados a átomos de hidrogênio com ângulo de ligação de  $109^\circ 28'$ ;  
III. apresenta isomeria *cis-trans*.

Está correto o contido apenas em

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

RESOLUÇÃO:

I. **Falso.** Possui as funções amida, éter e fenol.

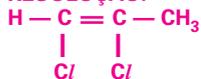
II. **Verdadeiro.** Os átomos de carbono que fazem dupla-ligação fazem-na com ângulo de  $120^\circ$  e os que fazem ligação simples fazem-na com  $109^\circ 28'$ .

III. **Verdadeiro.** Apresenta isomeria *cis-trans*, pois tem carbonos com dupla-ligação e ligantes diferentes.

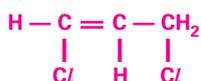
Resposta: E

3 Apresentar a fórmula estrutural de todos os isômeros planos e espaciais de cadeia aberta que têm a fórmula  $C_3H_4Cl_2$ .

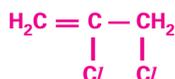
RESOLUÇÃO:



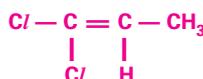
**cis-1,2-dicloropropeno**  
**trans-1,2-dicloropropeno**



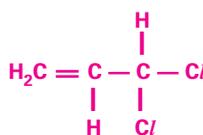
**cis-1,3-dicloropropeno**  
**trans-1,3-dicloropropeno**



**2,3-dicloropropeno**



**1,1-dicloropropeno**



**3,3-dicloropropeno**

# QUÍMICA



Aparelho para medir o pH das soluções.

## Equilíbrio químico.

### A Química do elemento carbono (III) - Módulos

17 – Constante de equilíbrio

18 – Cálculo das quantidades no equilíbrio

19 – Equilíbrio iônico

20 – Deslocamento de equilíbrio químico

21 – pH e pOH

22 – Classificação das reações orgânicas. Combustão

## Módulo

# 17

## Constante de equilíbrio

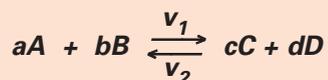
### Palavras-chave:

- Constantes de equilíbrio
- $K_C$  e  $K_p$

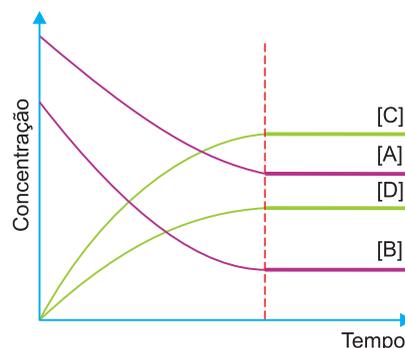
## 1. Análise quantitativa do equilíbrio - a constante de equilíbrio

Como sabemos, quando o equilíbrio é atingido, as concentrações de todas as substâncias participantes permanecem constantes. Para relacionar tais concentrações no equilíbrio, para prever a extensão com que a reação ocorre, em cada sentido, apresentamos uma constante de equilíbrio.

Dada a reação reversível abaixo, e chamando de a, b, c, d os respectivos coeficientes:



As concentrações variam de acordo com o gráfico:



De acordo com a Lei de Guldberg – Waage, temos:

$$v_1 = k_1 [A]^a \cdot [B]^b$$

$$v_2 = k_2 [C]^c \cdot [D]^d$$

Como, no equilíbrio:  $v_1 = v_2$ , temos:

$$k_1[A]^a \cdot [B]^b = k_2 [C]^c [D]^d$$

Passando as constantes para um mesmo lado, fazemos  $k_1/k_2$ .

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Como a relação entre duas constantes é uma terceira constante, vem:

$$K_C = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b} \text{ ou } K_C = \frac{[P]^p}{[R]^r}$$

que é a expressão da constante de equilíbrio.

### Observação

O fato de fazermos  $k_1/k_2$  em vez de  $k_2/k_1$  é pura convenção. **O valor de  $K_C$  só muda se variar a temperatura.**

## 2. Tipos de constante de equilíbrio

A constante de equilíbrio pode ser apresentada de duas formas:

$K_C$  – constante de equilíbrio em termos, em unidades de concentração em mol/L.

$K_p$  – constante de equilíbrio em termos, em unidades de pressões parciais (atm ou mmHg).

A primeira,  $K_C$ , é obtida tal como foi mostrado antes; colocamos na fórmula os **valores das concentrações, em mol/L, no equilíbrio.**

Para obter a segunda,  $K_p$ , colocamos na fórmula os valores das **pressões parciais dos gases presentes no equilíbrio (em atm ou mmHg).**

$$K_p = \frac{(p_C)^c \cdot (p_D)^d}{(p_A)^a \cdot (p_B)^b}$$

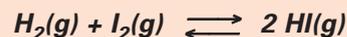
### Exemplos de aplicação das constantes

#### 1.º exemplo



$$K_C = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \cdot [H_2]^3} \quad K_p = \frac{(p_{NH_3})^2}{(p_{N_2}) \cdot (p_{H_2})^3}$$

#### 2.º exemplo



$$K_C = \frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]} \quad K_p = \frac{(p_{HI})^2}{(p_{H_2}) \cdot (p_{I_2})}$$

#### 3.º exemplo



$$K_C = \frac{[ZnCl_2] [H_2]}{[HCl]^2} \quad K_p = p_{H_2}$$

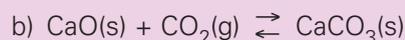
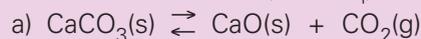
**Na expressão do  $K_C$ , não entram sólidos, que têm concentração constante.** No valor de  $K_C$  já estão computados os valores das concentrações constantes. Uma solução aquosa e um gás apresentam concentração variável. Sólido tem concentração constante.

**Na expressão do  $K_p$ , só entram gases.**



### Saiba mais

Dar a expressão do  $K_C$  e do  $K_p$  para as reações:



#### Resolução

$[CaO]$  = constante

$[CaCO_3]$  = constante

$$a) K'_C = \frac{[CaO] \cdot [CO_2]}{[CaCO_3]}$$

$$\frac{K'_C \cdot [CaCO_3]}{[CaO]} = [CO_2] \therefore K_C = [CO_2]; \quad K_p = p_{CO_2}$$

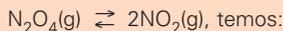
$$b) K'_C = \frac{[CaCO_3]}{[CaO] \cdot [CO_2]} \therefore \frac{K'_C \cdot [CaO]}{[CaCO_3]} = \frac{1}{[CO_2]}$$

$$K_C = \frac{1}{[CO_2]} \quad K_p = \frac{1}{p_{CO_2}}$$

## Exercícios Resolvidos

1 A constante de equilíbrio, para uma dada reação, só depende da temperatura.

Para a reação:



1) A 100°C:  $K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = 0,36$

2) A 150°C:  $K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = 3,2$

Calcular a concentração de  $\text{NO}_2$  no equilíbrio a 100°C, sabendo-se que a concentração de  $\text{N}_2\text{O}_4$  é 0,040 mol/L.

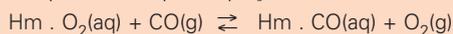
**Resolução**

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = 0,36$$

$$[\text{NO}_2]^2 = 0,36 \times 0,040 = 0,0144$$

$$[\text{NO}_2] = \sqrt{0,0144} = 0,120 \quad [\text{NO}_2] = 0,120 \text{ mol/L}$$

2 (UNICAMP-SP-ADAPTADO – MODELO ENEM) – O equilíbrio entre a hemoglobina (Hm), o monóxido de carbono (CO) e o oxigênio ( $\text{O}_2$ ) pode ser representado pela equação:



sendo a constante de equilíbrio, K, dada por:

$$K = \frac{[\text{Hm} \cdot \text{CO}] [\text{O}_2]}{[\text{Hm} \cdot \text{O}_2] [\text{CO}]} = 210$$

Estima-se que os pulmões de um fumante sejam expostos a uma concentração de CO igual a  $2,2 \cdot 10^{-6}$  mol/L e de  $\text{O}_2$  igual a  $8,8 \cdot 10^{-3}$  mol/L. Nesse caso, qual a razão entre a concentração de hemoglobina ligada ao monóxido de carbono,  $[\text{Hm} \cdot \text{CO}]$ , e a concentração de hemoglobina ligada ao oxigênio,  $[\text{Hm} \cdot \text{O}_2]$ ?

- a)  $5,25 \cdot 10^{-1}$       b)  $5,25 \cdot 10^{-2}$       c)  $5,25 \cdot 10^{-3}$   
d) 19                      e) 190

**Resolução**

$$[\text{CO}] = 2,2 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$[\text{O}_2] = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

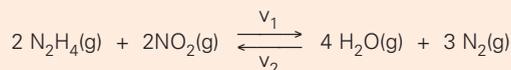
Substituindo na fórmula da constante de equilíbrio:

$$\frac{[\text{Hm} \cdot \text{CO}] \cdot 8,8 \cdot 10^{-3}}{[\text{Hm} \cdot \text{O}_2] \cdot 2,2 \cdot 10^{-6}} = 210$$

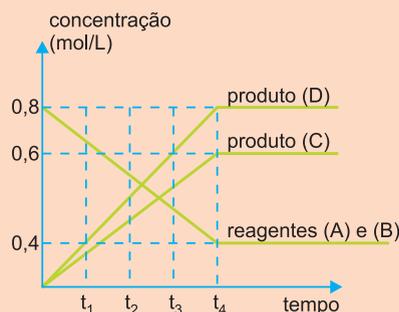
$$\frac{[\text{Hm} \cdot \text{CO}]}{[\text{Hm} \cdot \text{O}_2]} = 5,25 \cdot 10^{-2}$$

**Resposta: B**

3 (FAC. OBJETIVO-GOIÂNIA-GO – MODELO ENEM) – Em sistema fechado, a hidrazina ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) reage com dióxido de nitrogênio, segundo a reação que se estabelece em equilíbrio:



A variação da concentração das substâncias, do início, até atingir o equilíbrio, é dada pelo gráfico a seguir:



O valor da constante de equilíbrio em termos de concentração é:  
a) 3,46    b) 0,28    c) 2,59    d) 3,00    e) 0,33

**Resolução**

Como a água é formada em maior quantidade (mols) que o gás  $\text{N}_2$ , será, portanto, o produto D.

$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^4 \cdot [\text{N}_2]^3}{[\text{N}_2\text{H}_4]^2 \cdot [\text{NO}_2]^2}$$

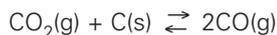
$$K_c = \frac{(0,8)^4 \cdot (0,6)^3}{(0,4)^2 \cdot (0,4)^2}$$

$$K_c = 3,456$$

**Resposta: A**

## Exercícios Propostos

1 Dar a expressão da constante de equilíbrio em termos de pressão parcial ( $K_p$ ) e em termos de concentração ( $K_c$ ) para a reação química:



**RESOLUÇÃO:**

Na expressão do  $K_p$  só entra gás e, na expressão do  $K_c$ , sólido não entra:

$$K_p = \frac{p_{\text{CO}}^2}{p_{\text{CO}_2}}$$

$$K_c = \frac{[\text{CO}]^2}{[\text{CO}_2]}$$

**2 (CESGRANRIO – MODELO ENEM)** – A constante de equilíbrio desempenha um papel importante na compreensão do conceito de equilíbrio químico, em razão de informar a composição, as concentrações de reagentes e de produtos de um sistema, bem como o sentido que o equilíbrio favorece. A constante de equilíbrio é  $K_c = 1,7$  para a reação abaixo a uma temperatura T.



Sabendo-se que o equilíbrio é estabelecido nessa temperatura T quando as concentrações de  $\text{NH}_3(\text{g})$ ,  $\text{N}_2(\text{g})$  e  $\text{H}_2(\text{g})$  são, respectivamente, 2mol/L, xmol/L e 1mol/L, assinale, entre as opções a seguir, o valor de x:

- a) 0,4    b) 1,0    c) 3,0    d) 3,8    e) 6,8

$$\text{Dado: } K_c = \frac{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}{[\text{NH}_3]^2}$$

**RESOLUÇÃO:**

$$K_c = \frac{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}{[\text{NH}_3]^2}$$

$$1,7 = \frac{x \cdot (1)^3}{(2)^2}$$

$$x = 6,8$$

**Resposta: E**

**3 (UNIP-SP)** – A constante de equilíbrio  $K_p$  para a reação  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$  é igual a 0,14. Numa mistura em equilíbrio, a pressão parcial de  $\text{NO}_2$  é igual a 0,7 atm.

A pressão parcial de  $\text{N}_2\text{O}_4$  é:

- a) 0,5 atm    b) 0,7 atm    c) 1,5 atm    d) 2,5 atm    e) 3,5 atm

**RESOLUÇÃO:**

$$K_p = \frac{(P_{\text{NO}_2})^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}}$$

$$0,14 = \frac{(0,7)^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}}$$

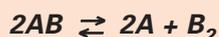
$$P_{\text{N}_2\text{O}_4} = 3,5 \text{ atm}$$

**Resposta: E**

## 1. Cálculo das quantidades no equilíbrio

Analisemos a questão: 2 mols de uma substância AB são colocados em um recipiente de 2 litros. Atingido o equilíbrio, nota-se a presença de 0,5 mol de B<sub>2</sub>.

Calcular o K<sub>c</sub> da reação:



### Resolução

Este é o tipo de problema mais importante nos cálculos com a constante de equilíbrio. Como sabemos, a constante de equilíbrio só pode ser calculada com as concentrações no equilíbrio. No entanto, para este problema foram dadas apenas a quantidade inicial e uma quantidade no equilíbrio. Para resolvê-lo, devemos usar o “quadro” a seguir. Tal quadro consta de três linhas:

	2AB	⇌	2A	+	B <sub>2</sub>
início					
reage e é produzido					
no equilíbrio					

Na primeira linha, colocamos as quantidades iniciais. Evidentemente, no início não há produto. Só reagente. Logo, no início não há nada de A e B<sub>2</sub> e o quadro começa assim:

	2AB	⇌	2A	+	B <sub>2</sub>
início	2		0		0
reage e é produzido					
no equilíbrio					

O outro dado do problema é que no equilíbrio há 0,5 mol de B<sub>2</sub>. Esse dado é colocado na 3.ª linha. Ora, se no equilíbrio há 0,5 mol de B<sub>2</sub> e, no início, não havia nada, isso significa que, durante a reação, produziu-se 0,5 mol de B<sub>2</sub>. Esse dado é, então, passado automaticamente para a 2.ª linha.

	2AB	⇌	2A	+	B <sub>2</sub>
início	2		0		0
reage e é produzido					0,5
no equilíbrio					0,5

Para preencher a 2.ª linha, devemos montar uma proporção (**regra de 3**) com os **coeficientes** das substâncias participantes. É um procedimento lógico, pois se 0,5 mol de B<sub>2</sub> foi produzido, a partir desse dado, podemos saber quanto de A foi produzido e quanto de AB foi consumido.

	2AB	⇌	2A	+	B <sub>2</sub>
início	2		0		0
reage e é produzido	1,0		1,0		0,5
no equilíbrio					0,5

A regra de 3 é facilmente mostrada:

$$\frac{2}{y} = \frac{2}{x} = \frac{1}{0,5} \quad \mathbf{x = 1,0}$$

$$\mathbf{y = 1,0}$$

Agora é só subtrair quando for reagente, e somar quando for produto. Isso é lógico, já que os reagentes foram consumidos (havia 2 mols; 1,0 mol reagiu; sobrou 1,0 mol) e os produtos foram formados (não havia nada de A; produziu-se 1,0 mol; existe 1,0 mol no equilíbrio).

Teremos, então:

	2AB	⇌	2A	+	B <sub>2</sub>
início	2		0		0
reage e é produzido	⊖ 1,0		⊕ 1,0		⊕ 0,5
no equilíbrio	1,0 mol		1,0 mol		0,5 mol

## 2. Cálculo do $K_c$

Temos, então, as quantidades no equilíbrio. Dividindo todas pelo volume (em litros), teremos as respectivas concentrações (em mols/litro) e substituiremos na fórmula:

$$[AB] = \frac{1,0 \text{ mol}}{2 \text{ litros}} = 0,5 \text{ mol/litro}$$

$$[A] = \frac{1,0 \text{ mol}}{2 \text{ litros}} = 0,5 \text{ mol/litro}$$

$$[B_2] = \frac{0,5 \text{ mol}}{2 \text{ litros}} = 0,25 \text{ mol/litro}$$

$$K_c = \frac{[A]^2 \cdot [B_2]}{[AB]^2}$$

$$K_c = \frac{(0,5)^2 \cdot 0,25}{(0,5)^2} = 0,25$$

Resposta:  $K_c = 0,25$



### Saiba mais

#### EQUILÍBRIO HETEROGÊNEO

Tem-se um equilíbrio heterogêneo quando reagentes e produtos estão em fases diferentes. Exemplo:



Os dois sólidos e o gás constituem três fases.

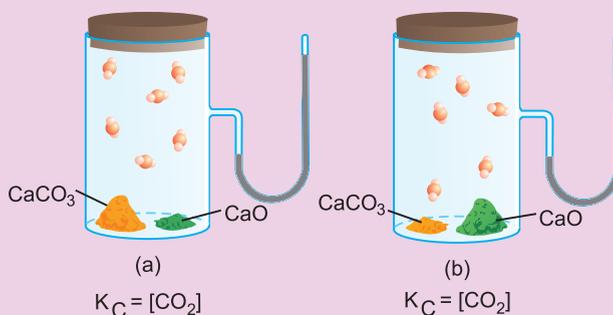
A constante de equilíbrio poderia ser dada pela expressão:

$$K'_c = \frac{[\text{CaO}] \cdot [\text{CO}_2]}{[\text{CaCO}_3]}$$

A concentração de um sólido puro (ou líquido puro) é constante numa dada temperatura, isto é, não depende da quantidade de substância presente. Assim, a concentração de 1 grama ou 1 tonelada de CaO é a mesma. Reescrevendo a expressão da constante de equilíbrio, temos:

$$\frac{[\text{CaCO}_3]}{[\text{CaO}]} \cdot K'_c = [\text{CO}_2] = K_c$$

O valor de  $K_c$  não depende da quantidade de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CaO}$  presentes, desde que haja alguma quantidade no sistema.

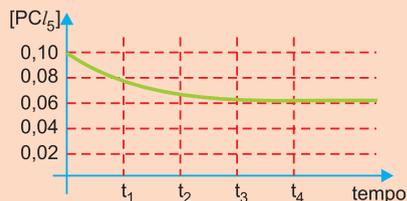


## Exercícios Resolvidos

1 0,20 mol de  $\text{PCl}_5$  é aquecido num recipiente indeformável de capacidade 2L. Ocorre a sua decomposição segundo a equação da reação:



O gráfico abaixo representa a variação da concentração de  $\text{PCl}_5$  em função do tempo.



Determinar o valor da constante de equilíbrio,  $K_c$ .

### Resolução

Concentração inicial de  $\text{PCl}_5$ :

$$[\text{PCl}_5] = \frac{0,20 \text{ mol}}{2\text{L}} = 0,10 \text{ mol/L}$$

	$\text{PCl}_5(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{PCl}_3(\text{g})$	+	$\text{Cl}_2(\text{g})$
início	0,10 mol/L		0		0
reage e forma	$(0,10 - 0,06 = 0,04) \text{ mol/L}$		0,04 mol/L		0,04 mol/L
equilíbrio	0,06 mol		0,04 mol/L		0,04 mol/L

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{0,04 \cdot 0,04}{0,06}$$

$$K_c = 0,026$$

2 (MODELO ENEM) – A “revolução verde”, que compreende a grande utilização de fertilizantes inorgânicos na agricultura, fez surgir a esperança de vida para uma produção mundial cada vez mais crescente e, portanto, mais necessitada de alimentos.

O nitrogênio é um dos principais constituintes de fertilizantes sintéticos de origem não orgânica. Pode aparecer na forma de ureia, sulfato

de amônio, fosfato de amônio etc., produtos cuja produção industrial depende da amônia como reagente inicial. A produção de amônia, por sua vez, envolve a reação entre o gás nitrogênio e o gás hidrogênio.



Em certas condições de pressão e temperatura, 13 mols de  $\text{N}_2$  e 11 mols de  $\text{H}_2$  foram colocados em um recipiente de volume igual a 2 litros. Atingido o equilíbrio, verificou-se a formação de 6 mols de  $\text{NH}_3$ . A constante de equilíbrio ( $K_c$ ) nessas condições é

a) 0,45 b) 0,60 c) 0,90 d) 1,8 e) 3,6

Observação: Para o cálculo das quantidades no equilíbrio, utilize a tabela:

	$1\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$		
início	13 mol	11 mol	0
reage e forma			
equilíbrio			6 mol

### Resolução

Quantidade de  $\text{NH}_3$  formada: 6 mol

Quantidade de  $\text{N}_2$  que reagiu: 3 mol

1 mol de  $\text{N}_2$  ————— 2 mol de  $\text{NH}_3$

x ————— 6 mol de  $\text{NH}_3$

$$x = 3 \text{ mol}$$

Quantidade de  $\text{N}_2$  que restou no equilíbrio:

$$13 \text{ mol} - 3 \text{ mol} = 10 \text{ mol}$$

Quantidade de  $\text{H}_2$  que reagiu: 9 mol

3 mol de  $\text{H}_2$  ————— 2 mol de  $\text{NH}_3$

y ————— 6 mol de  $\text{NH}_3$

$$y = 9 \text{ mol}$$

Quantidade de  $\text{H}_2$  que restou no equilíbrio:

$$11 \text{ mol} - 9 \text{ mol} = 2 \text{ mol}$$

	$1\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$		
início	13 mol	11 mol	0
reage e forma	⊖ 3 mol	⊖ 9 mol	⊕ 6 mol
equilíbrio	10 mol	2 mol	6 mol

### Concentrações no equilíbrio:

$$[\text{NH}_3] = \frac{n}{V} = \frac{6 \text{ mol}}{2\text{L}} = 3 \text{ mol/L}$$

$$[\text{N}_2] = \frac{10 \text{ mol}}{2\text{L}} = 5 \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}_2] = \frac{2 \text{ mol}}{2\text{L}} = 1 \text{ mol/L}$$

### Constante de equilíbrio:

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2]^1 \cdot [\text{H}_2]^3} = \frac{(3 \text{ mol/L})^2}{(5 \text{ mol/L})^1 \cdot (1 \text{ mol/L})^3} =$$

$$= 1,8 (\text{mol/L})^{-2}$$

Resposta: D

3 (UFMG) – Quando um mol de amônia é aquecido num sistema fechado, a uma determinada temperatura, 50% do composto se dissocia, estabelecendo-se o equilíbrio:



A soma das quantidades de matéria, em mol, das substâncias presentes na mistura em equilíbrio é:

a) 3,0 b) 2,5 c) 2,0

d) 1,5 e) 1,0

### Resolução

Quantidade de matéria de amônia que reagiu:

100% ————— 1 mol

50% ————— x

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

	$2\text{NH}_3 \rightleftharpoons 1\text{N}_2 + 3\text{H}_2$		
início	1 mol	0	0
reage e forma	0,5 mol	0,25 mol	0,75 mol
equilíbrio	0,5 mol	0,25 mol	0,75 mol

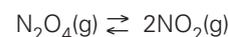
Soma das quantidades de matéria =  
=  $(0,5 + 0,25 + 0,75) \text{ mol} = 1,5 \text{ mol}$

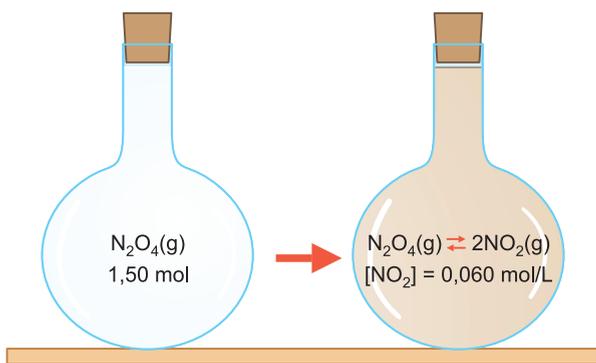
Resposta: D

## Exercícios Propostos

1 (MODELO ENEM) – Poluentes como óxidos de enxofre e de nitrogênio presentes na atmosfera formam ácidos fortes, aumentando a acidez da água da chuva. A chuva ácida pode causar muitos problemas para plantas, animais, solo, água e, também, pessoas. O dióxido de nitrogênio, gás castanho, em

um recipiente fechado, apresenta-se em equilíbrio químico com um gás incolor, segundo a equação:





Em uma experiência, nas condições ambientes, introduziu-se 1,50 mol de  $N_2O_4$  em um reator de 2,0 litros. Estabelecido o equilíbrio, a concentração de  $NO_2$  foi de 0,060 mol/L. Qual o valor da constante  $K_C$ , em termos de concentração, desse equilíbrio?

- a)  $2,4 \cdot 10^{-3}$       b)  $4,8 \cdot 10^{-3}$       c)  $5,0 \cdot 10^{-3}$   
 d)  $5,2 \cdot 10^{-3}$       e)  $8,3 \cdot 10^{-2}$

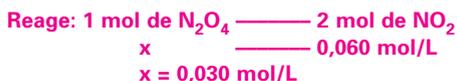
**Observação:** Para o cálculo das quantidades no equilíbrio, utilize a tabela:

	$1N_2O_4(g)$	$\rightleftharpoons$	$2NO_2(g)$
início	0,75 mol/L		
reage e forma			
equilíbrio			0,060 mol/L

**RESOLUÇÃO:**

**Concentração inicial do  $N_2O_4$ :**

$$[N_2O_4]_i = \frac{n}{V} = \frac{1,50 \text{ mol}}{2L} = 0,75 \text{ mol/L}$$



Resta:  $0,75 \text{ mol/L} - 0,030 \text{ mol/L} = 0,72 \text{ mol/L}$

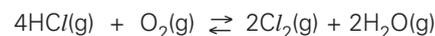
	$1N_2O_4(g)$	$\rightleftharpoons$	$2NO_2(g)$
início	0,75 mol/L		0
reage e forma	$\ominus$ 0,030 mol/L		$\oplus$ 0,060 mol/L
equilíbrio	0,72 mol/L		0,060 mol/L

**Constante de equilíbrio:**

$$K_C = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]^1} = \frac{(0,060 \text{ mol/L})^2}{(0,72 \text{ mol/L})^1} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

**Resposta: C**

**2 (UNIP-SP – MODELO ENEM)** – Uma mistura, contendo inicialmente 0,070 mol/L de  $HCl(g)$  e 0,035 mol/L de  $O_2(g)$ , reage atingindo o equilíbrio a  $480^\circ C$ , de acordo com a equação:



No equilíbrio, a concentração de  $Cl_2(g)$  é 0,030 mol/L. A constante de equilíbrio em termos de concentração ( $K_C$ ) é igual a:

- a) 0,20      b) 41,0      c) 378,0      d) 889,0      e) 4050,0

$$\text{Dado: } K_C = \frac{[Cl_2]^2 \cdot [H_2O]^2}{[HCl]^4 \cdot [O_2]^1}$$

**RESOLUÇÃO:**

	$4HCl(g)$	$+$	$O_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2Cl_2(g)$	$+$	$2H_2O(g)$
início	0,070		0,035		0		0
reage e forma	0,060		0,015		0,030		0,030
equilíbrio	0,010		0,020		0,030		0,030

$$K_C = \frac{[Cl_2]^2 \cdot [H_2O]^2}{[HCl]^4 \cdot [O_2]^1}$$

$$K_C = \frac{(0,030)^2 \cdot (0,030)^2}{(0,010)^4 \cdot 0,020}$$

$$K_C = 4050,0$$

**Resposta: E**

**3 (UFPE)** – O valor da constante de equilíbrio para a reação  $1 \text{ butano} \rightleftharpoons 1 \text{ isobutano}$  é 2,5.

140 mols de butano são injetados num botijão de 20 litros. Quando o equilíbrio for atingido, quantos mols de butano restarão?

**RESOLUÇÃO:**

	1 butano	$\rightleftharpoons$	1 isobutano
início	140		0
reage e forma	x		x
equilíbrio	140 - x		x

$$K_C = \frac{[\text{isobutano}]}{[\text{butano}]} = 2,5$$

$$[ ] = \frac{n}{V} \text{ (mol/L)}$$

$$\frac{\frac{x}{20}}{140 - x} = 2,5$$

$$x = 100 \text{ mols}$$

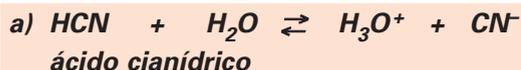
Quantidade de matéria de butano que restou =  $(140 - x) \text{ mols} = 40 \text{ mols}$



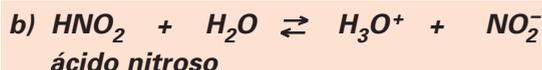
### 3. Constante de ionização de ácidos e bases

A constante de ionização de um ácido costuma ser representada por  $K_a$ , e a de uma base, por  $K_b$ .

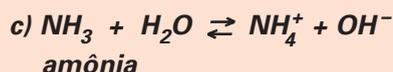
Nos exemplos a seguir, os valores de  $K_i$  foram determinados a 25°C.



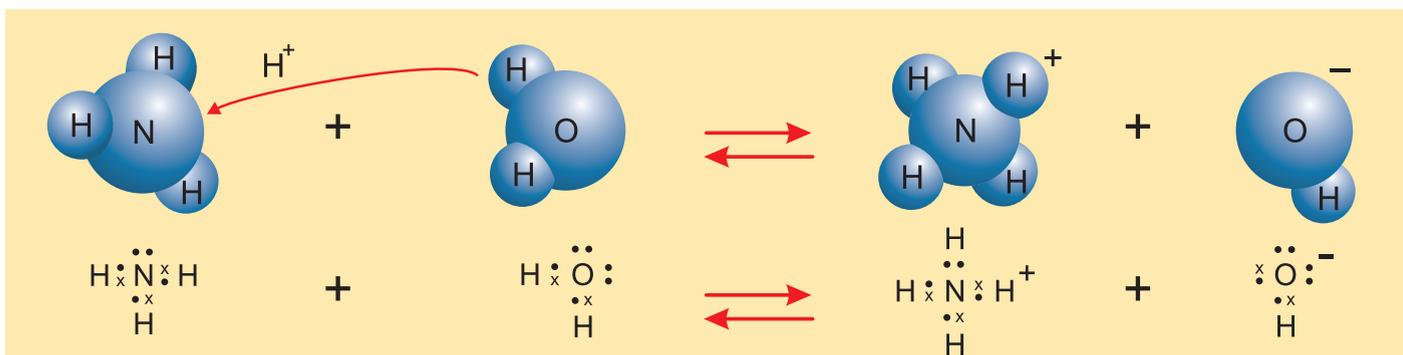
$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{CN}^-]}{[\text{HCN}]} = 4,9 \times 10^{-10}$$



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{NO}_2^-]}{[\text{HNO}_2]} = 4,5 \times 10^{-4}$$



$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = 1,8 \times 10^{-5}$$

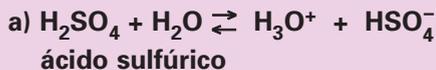


#### Saiba mais

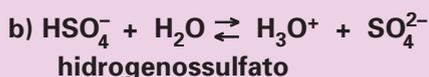
##### IONIZAÇÃO DE UM POLIÁCIDO

Um ácido, que possui mais de um hidrogênio ionizável, ioniza-se em etapas.

**Exemplo:** ionização do ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{HSO}_4^-]}{[\text{H}_2\text{SO}_4]} \cong 10^3$$



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{HSO}_4^-]} = 1,2 \times 10^{-2}$$

### 4. Grau de ionização ( $\alpha$ )

Colocando 1 mol de  $\text{HCl}$  em 1 litro de água, verificamos que, para cada 1000 moléculas de  $\text{HCl}$  dissolvidas, 920 sofrem ionização e 80 permanecem sem se ionizar.

Colocando 1 mol de  $\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$  em 1 litro de água, verificamos que, para cada 1000 moléculas de  $\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$  dissolvidas, 13 sofrem ionização e 987 permanecem sem se ionizar.

Calculamos o valor numérico do **grau de ionização** ( $\alpha$ ) pela relação:

$$\alpha = \frac{\text{número de moléculas ionizadas}}{\text{número de moléculas inicialmente dissolvidas}}$$

Assim, para o  $\text{HCl}$  e o  $\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$ , o grau de ionização vale:

$$\alpha_{\text{HCl}} = \frac{920}{1000} = 0,92 \text{ ou } 92\%$$

$$\alpha_{\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}} = \frac{13}{1000} = 0,013 \text{ ou } 1,3\%$$

O grau de ionização e a constante de ionização medem a força de um eletrólito.

Um **eletrólito forte** (ioniza-se bastante) tem valores elevados para o grau de ionização e para a constante de ionização.

**Exemplo:**  $\text{HCl}$

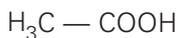


$$\alpha = 92\%$$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{Cl}^-]}{[\text{HCl}]} \cong 10^7$$

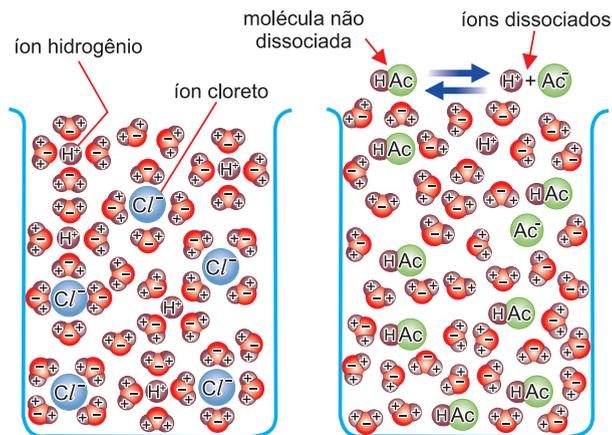
Um **eletrólito fraco** (ioniza-se pouco) apresenta pequenos valores para o grau de ionização e para a constante de ionização.

**Exemplo**



$$\alpha = 1,3\%$$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{H}_3\text{C} - \text{COO}^-]}{[\text{H}_3\text{C} - \text{COOH}]} = 1,8 \times 10^{-5}$$

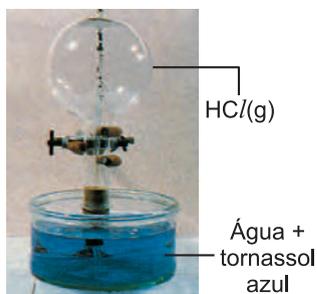


À esquerda, uma solução de HCl (grande quantidade de íons) e, à direita, uma solução de ácido acético, HAC (pequena quantidade de íons).



## Solubilidade do HCl(g) em água

O HCl gasoso é muitíssimo solúvel em água. Na aparelhagem abaixo, o HCl(g) e a água não estão inicialmente em contato.



Início da experiência



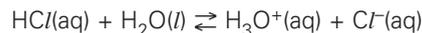
Fim da experiência

Coloca-se o HCl(g) em contato com a água, girando (abrindo) a torneira.

A solução de água contendo tornassol muda de azul para vermelho.

O tornassol em meio neutro ou básico é azul e, em meio ácido, é vermelho.

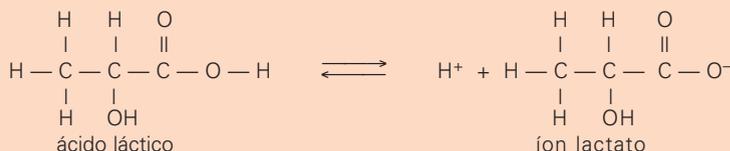
A reação que ocorre é a dissolução do HCl(g), com a sua ionização.



Devido à diminuição da pressão dentro do balão, pois ocorre a dissolução do HCl(g) em água, observa-se um chafariz de água dentro do balão. A água se desloca de baixo para cima, ou seja, da cuba para o balão.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – Durante uma prova de 100 a 200 metros rasos, os músculos do competidor produzem uma grande quantidade de ácido láctico, CH<sub>3</sub>CH(OH)COOH, que é transferido para o plasma sanguíneo. O ácido láctico ioniza-se da seguinte maneira:



A constante de ionização do ácido láctico ( $K_a$ ) é igual a  $1,4 \times 10^{-4}$  e a concentração de  $H^+$  no plasma sanguíneo é  $[H^+] = 5,6 \times 10^{-8} \text{ mol/L}^{-1}$ . No equilíbrio ácido-base do ácido láctico no plasma, a relação  $\frac{[CH_3CH(OH)COO^-]}{[CH_3CH(OH)COOH]}$  vale:

- a)  $2,5 \cdot 10^1$                       b)  $2,5 \cdot 10^2$   
 c)  $2,5 \cdot 10^3$                       d)  $4,0 \cdot 10^{-4}$   
 e)  $4,0 \cdot 10^{-3}$

#### Resolução

A constante de ionização é dada pela expressão:

$$K_a = \frac{[H^+] \cdot [CH_3CH(OH)COO^-]}{[CH_3CH(OH)COOH]}$$

$$1,4 \cdot 10^{-4} = \frac{5,6 \cdot 10^{-8} \cdot [CH_3CH(OH)COO^-]}{[CH_3CH(OH)COOH]}$$

$$\frac{[CH_3CH(OH)COO^-]}{[CH_3CH(OH)COOH]} = \frac{1,4 \cdot 10^{-4}}{5,6 \cdot 10^{-8}} =$$

$$= 0,25 \cdot 10^4 = 2,5 \cdot 10^3$$

**Resposta: C**

**2 (UNESP – MODELO ENEM)** – Considerando o papel do mármore na construção civil, é de suma importância conhecer a resistência desse material a desgastes provenientes de ataques de ácidos de uso doméstico. Em estudos de reatividade química, foram realizados testes sobre a dissolução do mármore (carbonato de cálcio) utilizando ácidos acético e clorídrico. As concentrações e os volumes

utilizados dos ácidos em todos os experimentos foram iguais a 6 mol/L e 15 mL, respectivamente, assim como a massa de mármore foi sempre igual a 1 g, variando-se a temperatura de reação e o estado de agregação do mármore, conforme a tabela a seguir:

Experimento n.º	Ácido	$K_a$	Estado de agregação do mármore	Temperatura
1	clorídrico	$1,0 \times 10^7$	pó	$60^\circ\text{C}$
2	clorídrico	$1,0 \times 10^7$	pó	$10^\circ\text{C}$
3	clorídrico	$1,0 \times 10^7$	pedaço maciço	$10^\circ\text{C}$
4	acético	$1,8 \times 10^{-5}$	pó	$60^\circ\text{C}$
5	acético	$1,8 \times 10^{-5}$	pó	$10^\circ\text{C}$
6	acético	$1,8 \times 10^{-5}$	pedaço maciço	$10^\circ\text{C}$

Com relação aos experimentos, pode-se afirmar que

- a) os experimentos 5 e 6 apresentam a mesma velocidade de dissolução do mármore porque a superfície de contato de um sólido não afeta a velocidade de uma reação química.  
 b) o experimento 1 ocorre mais lentamente que o 2 porque, quanto maior for a temperatura,

menor será a velocidade de uma reação química.

- c) o experimento 1 ocorre mais rapidamente que o 4 porque a concentração de íons  $H^+$  em 1 é maior que no experimento 4.  
 d) o experimento 4 ocorre mais lentamente que o 5 porque, quanto maior for a temperatura, menor será a probabilidade de ocorrer colisões efetivas entre os íons dos reagentes.  
 e) o experimento 3 ocorre mais lentamente que o 6 porque, quanto maior for a concentração dos reagentes, maior será a velocidade de uma reação química.

#### Resolução

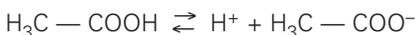
- Alternativa (a) está incorreta, pois o experimento 5 é mais rápido, já que o mármore possui maior superfície de contato.
- Alternativa (b) está incorreta, pois a velocidade do experimento 1, que ocorre em maior temperatura, é maior. Quanto maior a temperatura, mais rápida a reação.
- Alternativa (c) está correta, pois, como o ácido clorídrico é mais forte que o acético (maior valor do  $K_a$ ), possui maior concentração de  $H^+$ . Quanto maior a concentração de reagente, mais rápida será a reação.
- Alternativa (d) está incorreta, pois o experimento 4 é mais rápido que o 5, já que ocorre em maior temperatura.
- Alternativa (e) está incorreta, pois o experimento 3 é mais rápido que o 6, já que o ácido clorídrico é mais forte que o acético.

**Resposta: C**

## Exercícios Propostos

### 1 (FUVEST-SP – MODELO ENEM)

Valor numérico da constante de ionização ( $K_a$ ) do ácido acético =  $1,8 \times 10^{-5}$ .



Dada amostra de vinagre foi diluída com água, até se obter uma solução de  $[H^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ .

Nesta solução as concentrações em mol/L de  $CH_3COO^-$  e de  $CH_3COOH$  são, respectivamente, da ordem de:

- a)  $3 \times 10^{-1}$  e  $5 \times 10^{-10}$                       b)  $3 \times 10^{-1}$  e  $5 \times 10^{-2}$   
 c)  $1 \times 10^{-3}$  e  $2 \times 10^{-5}$                       d)  $1 \times 10^{-3}$  e  $5 \times 10^{-12}$   
 e)  $1 \times 10^{-3}$  e  $5 \times 10^{-2}$

$$\text{Dado: } K_a = \frac{[H^+] \cdot [H_3C - COO^-]}{[H_3C - COOH]}$$

#### RESOLUÇÃO:



$$[H^+] = [CH_3COO^-] = 1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$K_a = \frac{[H^+] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{1 \times 10^{-3} \cdot 1 \times 10^{-3}}{[CH_3COOH]}$$

$$[CH_3COOH] = \frac{1 \times 10^{-6}}{1,8 \cdot 10^{-5}}$$

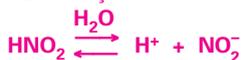
$$[CH_3COOH] \approx 5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

**Resposta: E**

2 A constante de ionização do ácido nitroso é igual a  $2,5 \cdot 10^{-4}$ . Sabendo que numa solução aquosa desse ácido a concentração de íons nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) vale  $5,0 \cdot 10^{-3}$  mol/L, qual a concentração do ácido não ionizado?

- a)  $2,0 \cdot 10^{-1}$  mol/L      b)  $5,0 \cdot 10^{-3}$  mol/L  
 c)  $1,0 \cdot 10^{-1}$  mol/L      d)  $4,0 \cdot 10^{-1}$  mol/L  
 e)  $2,5 \cdot 10^{-2}$  mol/L

RESOLUÇÃO:



$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{NO}_2^-]}{[\text{HNO}_2]}$$

Como a concentração de  $[\text{H}^+] = [\text{NO}_2^-]$  (proporção de 1:1), temos:

$$2,5 \cdot 10^{-4} = \frac{5,0 \cdot 10^{-3} \cdot 5,0 \cdot 10^{-3}}{[\text{HNO}_2]}$$

$$[\text{HNO}_2] = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$$

Resposta: C

3 (UFAL) – Qual dos ácidos da tabela abaixo forma solução aquosa 0,1 mol/L, contendo a menor concentração de íons  $\text{H}^+$ ?

	Ácidos	Ionização	Constante de ionização
a)	ácido fluorídrico	$\text{HF} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$	$6,5 \cdot 10^{-4}$
b)	ácido nitroso	$\text{HNO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$	$4,5 \cdot 10^{-4}$
c)	ácido fórmico	$\text{HCOOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCOO}^-$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
d)	ácido hipocloroso	$\text{HOCl} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}^-$	$3,1 \cdot 10^{-8}$
e)	ácido cianídrico	$\text{HCN} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CN}^-$	$4,9 \cdot 10^{-10}$

RESOLUÇÃO:

Quanto menor o valor da constante de ionização, mais fraco o ácido e, portanto, menor a concentração de íons  $\text{H}^+$ .

Resposta: E

Módulo

20

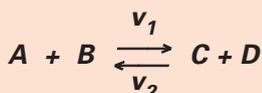
## Deslocamento de equilíbrio químico

Palavras-chave:

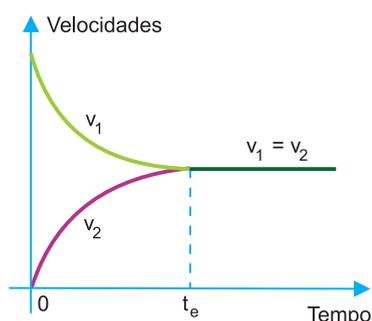
- Concentração • Temperatura
- Pressão • Le Chatelier

### 1. O que significa deslocar um equilíbrio?

Como sabemos, um equilíbrio químico é mantido pela igualdade de velocidades de reações opostas.



Equilíbrio:  $v_1 = v_2$



Deslocar um equilíbrio significa, por meio de um fator externo, alterar a condição de equilíbrio, fazendo com que uma das reações seja favorecida, isto é, significa fazer  $v_1 \neq v_2$ .

Se  $v_1$  ficar maior que  $v_2$ ,

$$v_1 > v_2$$

isso significa que a reação direta ocorre com mais intensidade. Diremos que o equilíbrio foi deslocado no sentido de formação dos produtos.

Se  $v_1$  ficar menor que  $v_2$ ,

$$v_1 < v_2$$

isso significa que a reação inversa ocorre com mais intensidade. O equilíbrio foi deslocado no sentido de formação dos reagentes.

### 2. Fatores que deslocam um equilíbrio

São três: temperatura, pressão e concentração.

O comportamento de um sistema químico em equilíbrio, alterado pela ação de uma força externa, está sujeito ao famoso **Princípio de Le Chatelier**, publicado pela primeira vez em 1884.

**Quando se aplica uma força externa num sistema em equilíbrio, o sistema tende a se ajustar por si mesmo de modo a reduzir a um mínimo esta alteração.**

ou

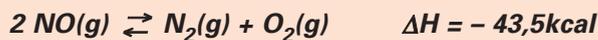
**Quando se aplica uma força externa num sistema em equilíbrio, este tende a reajustar-se no sentido de fugir à ação dessa força.**

Tal princípio é conhecido como **Princípio da Fuga Ante a Força**.

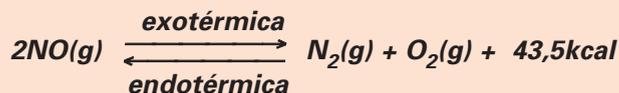
Aplicada a força, o sistema se reajusta no sentido de minimizá-la.

### 3. Efeito da temperatura

Seja dada a reação:



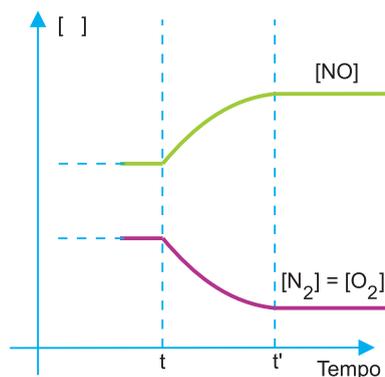
ou sob outra forma:



Observa-se, portanto, que a reação direta é **exotérmica** e a inversa é **endotérmica**. A primeira libera calor e a segunda absorve calor.

Quando aumentamos a temperatura do sistema em equilíbrio, fornecemos calor ao sistema. Favorecemos, pois, a reação que se dá com **absorção de calor**. Se tivéssemos resfriado o sistema (diminuindo a temperatura), aconteceria o inverso. No primeiro caso, dizemos que o sistema se deslocou no sentido de formação dos reagentes (o aumento de temperatura favoreceu a reação que se dá com absorção de calor, favoreceu a endotérmica).

Graficamente, no instante  $t$ , a temperatura é aumentada. Um novo equilíbrio é alcançado no instante  $t'$ .



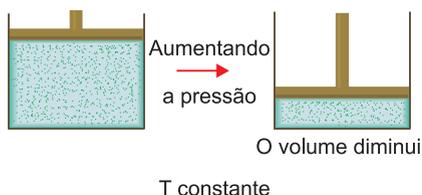
**Concluindo**

**Um aumento de temperatura sobre um sistema desloca o equilíbrio no sentido da reação endotérmica.**

Evidentemente, quando se diminui a temperatura, ocorre o inverso.

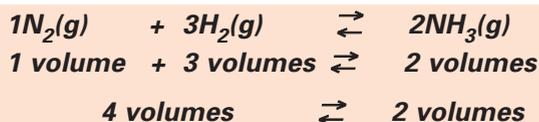
### 4. Efeito da pressão

Antes de nos referirmos a uma situação de equilíbrio químico, recordemos a Lei de Boyle-Mariotte, dos gases:



**À temperatura constante, um aumento de pressão favorece a contração de volume.**

Consideremos agora a reação:



Observa-se, portanto, que a reação direta ocorre com contração de volume e a inversa com expansão de volume. Aumentando a pressão sobre o sistema em equilíbrio, favorecemos a reação que ocorre com a contração de volume. Se diminuirmos a pressão, ocorre o inverso. No primeiro caso, dizemos que o equilíbrio se deslocou no sentido de formação dos produtos (o aumento de pressão favoreceu a reação que se dá com contração de volume).

**Concluindo**

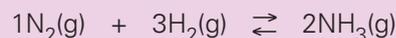
**Um aumento de pressão no sistema desloca o equilíbrio no sentido da reação que ocorre com contração de volume.**

Evidentemente, quando se diminui a pressão, ocorre o inverso.



#### Saiba mais

##### EFEITO DA PRESSÃO



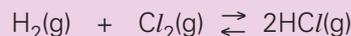
De acordo com a equação dos gases ideais, temos:

$$PV = n \cdot R \cdot T$$

Se aumentarmos a pressão, de acordo com Le Châtelier, o sistema tentará diminuí-la. A pressão diminui se diminuir a quantidade em mols.

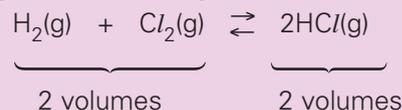
Deslocando "para a direita", a quantidade em mols diminui e, conseqüentemente, a pressão diminui.

Verificar que a pressão não desloca o equilíbrio abaixo.



##### Resolução

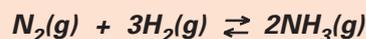
Nessa reação, não há variação de volume.



Um aumento de pressão (ou uma diminuição de pressão) não desloca o equilíbrio, isto é, não aumenta a quantidade de reagente nem de produto.

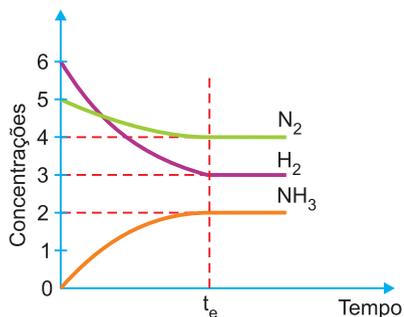
### 5. Efeito da concentração

Consideremos a reação:



Temos aí duas reações ocorrendo: a direta e a inversa.

Inicialmente, as concentrações dos reagentes diminuem e as dos produtos aumentam. Atingido o equilíbrio, as concentrações ficam constantes.



De acordo com a Lei de Guldberg-Waage (simplificada):

**A velocidade de uma reação é diretamente proporcional ao produto das concentrações dos reagentes.**

Ora, aumentando a concentração de uma substância, aumentamos a velocidade da reação em que tal substância funciona como reagente.

Na reação dada:

a) aumentamos a concentração de  $N_2$  (adicionamos  $N_2$ ), aumentamos a velocidade da reação direta, pois o  $N_2$  é um reagente da reação direta.

**O equilíbrio desloca-se no sentido de formação dos produtos.**

b) aumentamos a concentração de amônia (adicionamos  $NH_3$ ), aumentamos a velocidade da reação inversa, pois o  $NH_3$  é um reagente da reação inversa.

**O equilíbrio desloca-se no sentido de formação dos reagentes.**

c) diminuimos a concentração de  $H_2$  (retiramos  $H_2$ ), diminuimos a velocidade da reação direta, pois o  $H_2$  é um reagente da reação direta. Favorecemos a inversa.

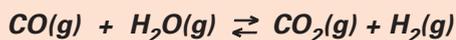
**O equilíbrio desloca-se no sentido de formação dos reagentes.**

**Concluindo**

**Quando aumentamos a concentração de uma substância num sistema em equilíbrio, deslocamos o equilíbrio para o lado oposto em que se encontra a substância.**

Evidentemente, quando se diminui a concentração, ocorre o inverso.

Por exemplo:



Aumentamos a quantidade de  $CO \rightarrow$  desloca "para a direita".

Aumentamos a quantidade de  $CO_2 \rightarrow$  desloca "para a esquerda".

Diminuimos a quantidade de  $H_2O \rightarrow$  desloca "para a esquerda".

Diminuimos a quantidade de  $H_2 \rightarrow$  desloca "para a direita".



## Saiba mais

Explicar como a variação de concentração desloca o equilíbrio, por meio da constante de equilíbrio.

### Resolução

Podemos, no caso da concentração, raciocinar com a constante de equilíbrio.

Dada a reação:



$$K_c = \frac{[C] \cdot [D]}{[A] \cdot [B]}$$

Aumentando a concentração de A, aumentamos o denominador. Para K continuar constante, o numerador também deve aumentar, isto é,  $[C] \cdot [D]$  aumenta. Para que isso aconteça, o equilíbrio desloca-se "para a direita".

## 6. Efeito dos catalisadores

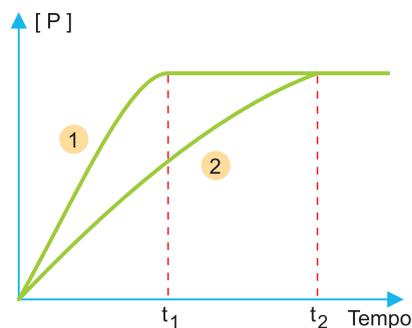
Quando se introduz um catalisador num sistema em equilíbrio, esse aumenta a velocidade das duas reações em equilíbrio (direta e inversa).

Portanto, a adição de um catalisador no início de uma reação altera o tempo com que o equilíbrio é alcançado, mas não influi na composição final do equilíbrio (não altera a concentração das substâncias participantes).



**Experiência ① : com catalisador**

**Experiência ② : sem catalisador**



Concluindo

**O catalisador não desloca equilíbrios.**

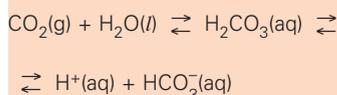
**O catalisador altera o tempo em que o equilíbrio é atingido.**

**O catalisador faz com que o equilíbrio seja atingido mais rapidamente.**



## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – Antes das provas de 100 e 200 metros rasos, quando da Olimpíada de Pequim, viram-se, como prática comum, os competidores a respirar rápida e profundamente (hiperventilação) por cerca de meio minuto. Essa prática leva a uma remoção mais efetiva do gás carbônico dos pulmões imediatamente antes da corrida e ajuda a aliviar as tensões da prova. Fisiologicamente, isso faz o valor da concentração de  $H^+$  sanguínea se alterar.

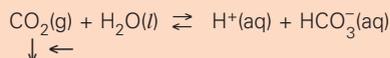


A hiperventilação provoca

- o deslocamento do equilíbrio para a direita, aumentando a concentração de  $H^+$ .
- o deslocamento do equilíbrio para a esquerda, diminuindo a concentração de  $H^+$ .
- o deslocamento do equilíbrio para a direita, diminuindo a concentração de  $H^+$ .
- o deslocamento do equilíbrio para a esquerda, aumentando a concentração de  $H^+$ .
- o deslocamento do equilíbrio para a direita, aumentando as concentrações de  $H^+$  e  $HCO_3^-$ .

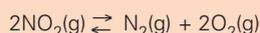
### Resolução

A hiperventilação faz diminuir a quantidade de  $CO_2(g)$  presente nos pulmões. De acordo com o Princípio de Le Chatelier, o equilíbrio se desloca para a esquerda, fazendo diminuir a concentração de  $H^+$ .



**Resposta: B**

**2 (MACKENZIE-SP – MODELO ENEM)** – O dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ) é um gás de cor acastanhada, de odor forte e irritante e muito tóxico. É um poderoso oxidante que, nas reações da atmosfera, pode dar origem a ácido nítrico, bem como a nitratos orgânicos que contribuem para fenômenos com elevado impacto ambiental, como as chuvas ácidas e a eutrofização de lagos e rios. Ele pode ser formado nas reações de combustão dos motores a explosão, na queima de querosene ou a partir da reação do monóxido de nitrogênio ( $NO$ ) com oxigênio ( $O_2$ ). O  $NO_2$  pode ser decomposto a gás nitrogênio e a gás oxigênio de acordo com a reação elementar:

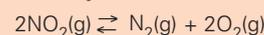


A respeito desse equilíbrio, pode-se afirmar que

- o aumento da pressão desloca o equilíbrio no sentido da maior produção de gás oxigênio.
- a adição de catalisador desloca o equilíbrio no sentido da reação direta.
- a expressão da velocidade cinética da reação direta é  $v = k \cdot [NO_2]$ .
- por ser um equilíbrio heterogêneo, o aumento da concentração de gás nitrogênio desloca o equilíbrio da reação no sentido de maior formação de  $NO_2$ .
- a expressão do  $K_p$  para esse equilíbrio é

$$K_p = \frac{p_{N_2} \cdot (p_{O_2})^2}{(p_{NO_2})^2}$$

### Resolução



A expressão de  $K_p$  para esse equilíbrio é:

$$K_p = \frac{p_{N_2} \cdot (p_{O_2})^2}{(p_{NO_2})^2}$$

O aumento da pressão desloca o equilíbrio no sentido da formação de  $NO_2(g)$ .

A adição de catalisador não desloca o equilíbrio. A expressão da velocidade cinética da reação direta é:  $v = k [NO_2]^2$

O equilíbrio fornecido é homogêneo.

**Resposta: E**

## Exercícios Propostos

**1 (FUVEST-SP – MODELO ENEM)** – Algumas argilas do solo têm a capacidade de trocar cátions da sua estrutura por cátions de soluções aquosas do solo. A troca iônica pode ser representada pelo equilíbrio:



em que R representa parte de uma argila.

Se o solo for regado com uma solução aquosa de um adubo contendo  $NH_4NO_3$ , o que ocorre com o equilíbrio acima?

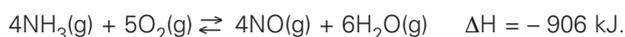
- Desloca-se para o lado do  $Na^+(aq)$ .
- Desloca-se para o lado do  $NH_4^+(aq)$ .
- O valor de sua constante aumenta.
- O valor de sua constante diminui.
- Permanece inalterado.

### RESOLUÇÃO:

Regando o solo com solução aquosa de  $NH_4^+NO_3^-$ , aumentaremos a quantidade de íons  $NH_4^+$  do equilíbrio citado, deslocando-o "para a direita", para o lado do  $Na^+(aq)$ . A constante de equilíbrio só depende da temperatura.

**Resposta: A**

**2 (UNIP-SP)** – Na fabricação do ácido nítrico, uma das etapas é a oxidação da amônia:



Para aumentar o rendimento em monóxido de nitrogênio, pode-se usar

- um catalisador.
- alta temperatura e elevada pressão.
- alta temperatura e baixa pressão.
- baixa temperatura e alta pressão.
- baixa temperatura e baixa pressão.

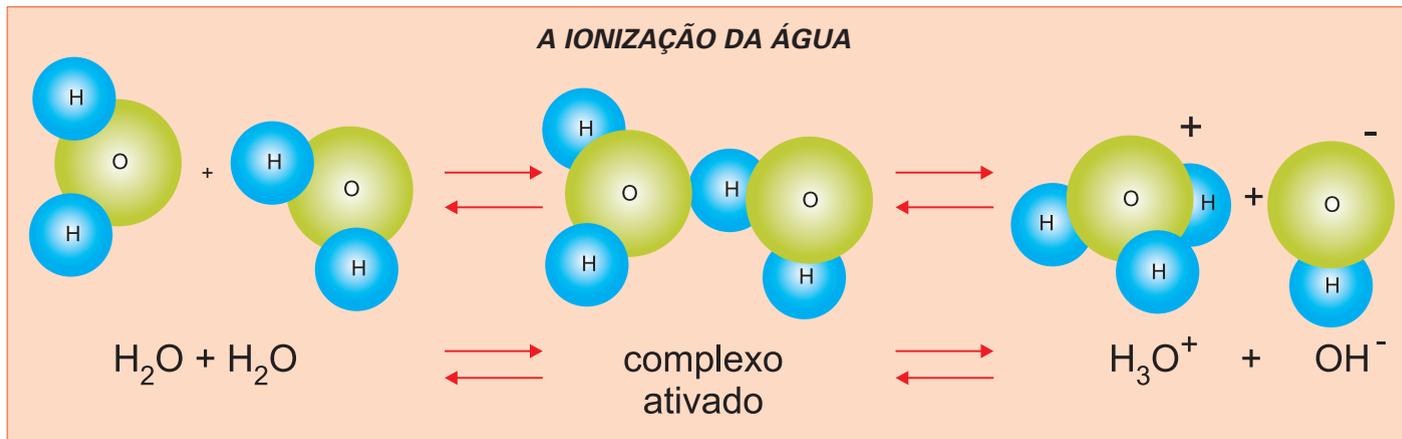
### RESOLUÇÃO:

Abaixando a temperatura, o equilíbrio desloca-se no sentido da reação exotérmica ("da esquerda para a direita").

Abaixando a pressão, ocorre deslocamento do equilíbrio no sentido de aumentar o volume ("da esquerda para a direita").



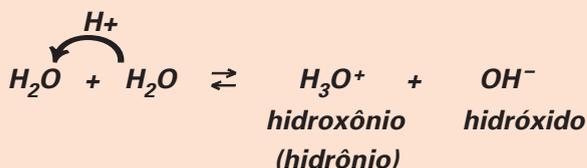
**Resposta: E**



## 1. Produto iônico da água

A água é um eletrólito muito fraco, possuindo condutibilidade elétrica muito baixa.

A ionização da água ocorre segundo a equação:



Sabendo isso, coloquemos a constante de ionização para o equilíbrio anterior:

$$K_i = \frac{[H_3O^+] \cdot [OH^-]}{[H_2O]}$$

Sendo o grau de ionização da água muito pequeno, a concentração em mol/L da água,  $[H_2O]$ , é praticamente constante.

Como  $[H_2O]$  é constante, o produto  $K_i \cdot [H_2O]$  também é constante e será chamado  $K_w$ , **produto iônico da água**.

$$K_w = [H_3O^+] \cdot [OH^-] \quad K_w \text{ só varia com a temperatura.}$$

A 25°C, em cada litro de água, apenas  $1,0 \cdot 10^{-7}$  mol sofre ionização, dando  $1,0 \cdot 10^{-7}$  mol/L de  $H_3O^+$  e  $1,0 \cdot 10^{-7}$  mol/L de  $OH^-$ . Então:

$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$		
$1,0 \cdot 10^{-7}$ mol/L dissocia-se	$1,0 \cdot 10^{-7}$ mol/L forma-se	$1,0 \cdot 10^{-7}$ mol/L forma-se

Portanto, o produto iônico da água nessa temperatura valerá:

$$K_w = [H_3O^+] \cdot [OH^-] \therefore K_w = 1,0 \cdot 10^{-7} \cdot 1,0 \cdot 10^{-7}$$

$$K_w = 1,0 \times 10^{-14}$$

Lembre-se sempre de que a **mudança da temperatura faz variar o valor numérico do  $K_w$** .

### $K_w$ e temperatura

*Um aumento de temperatura favorece a reação de ionização, isto é, mais moléculas dissociam-se, formando maior quantidade de íons. Portanto, o produto das concentrações desses íons ( $K_w$ ) aumenta.*

Temperatura	$K_w$
0°C	$0,12 \times 10^{-14}$
15°C	$0,46 \times 10^{-14}$
25°C	$1,0 \times 10^{-14}$
50°C	$5,5 \times 10^{-14}$
100°C	$51 \times 10^{-14}$

### Nota

Para facilitar o estudo, a ionização da água costuma ser representada de maneira simplificada:



A expressão do  $K_w$  fica:

$$K_w = [H^+] \cdot [OH^-]$$

## 2. Soluções ácidas, básicas e neutras

### Água pura e solução neutra

A ionização de uma molécula de água produz um íon hidrônio e um íon hidróxido. Portanto, na **água pura**, a concentração hidrogeniônica é igual à concentração hidroxiliônica.

$$[H^+] = [OH^-]$$

$$\text{A } 25^\circ\text{C}, K_w = [H^+] \cdot [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H^+] \cdot [H^+] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H^+]^2 = 1 \times 10^{-14} \therefore [H^+] = \sqrt{1 \times 10^{-14}}$$

$$[H^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

**“Um meio é neutro quando  $[H^+] = [OH^-]$ ”**

### Solução ácida

Quando se dissolve um ácido na água, há um aumento da concentração hidrogeniônica.

#### Exemplo



ou, simplificada,  $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$

Como o produto  $[H^+] \cdot [OH^-]$  é constante, se  $[H^+]$  aumenta, conseqüentemente,  $[OH^-]$  diminui.

**“Um meio é ácido quando  $[H^+] > [OH^-]$ ”**

**Solução ácida**  
 $[H^+] > [OH^-]$



**A 25°C**, teremos em um meio ácido:

$$[H^+] > 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$[OH^-] < 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

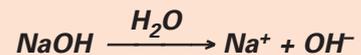
Assim, por exemplo, um meio em que, a 25°C,

$[H^+] = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$  e  $[OH^-] = 1 \cdot 10^{-10} \text{ mol/L}$  terá caráter ácido.

### Solução básica ou alcalina

Quando se dissolve uma base na água, há um aumento da concentração hidroxiliônica.

#### Exemplo



Como o produto  $[H^+] \cdot [OH^-]$  é constante, se  $[OH^-]$  aumenta, conseqüentemente,  $[H^+]$  diminui.

**“Um meio é básico ou alcalino quando  $[OH^-] > [H^+]$ ”**



**Solução básica**  
 $[H^+] < [OH^-]$

**A 25°C**, teremos em um meio básico:

$$[OH^-] > 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$[H^+] < 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$$

Assim, por exemplo, um meio no qual, a 25°C,  $[OH^-] = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$  e  $[H^+] = 1 \cdot 10^{-11} \text{ mol/L}$  terá caráter básico.

Resumindo, temos a 25°C:

<b>soluções neutras</b>	$[H_3O^+] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$ $[OH^-] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$
<b>soluções ácidas</b>	$[H_3O^+] > 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$ $[OH^-] < 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$
<b>soluções básicas</b>	$[H_3O^+] < 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$ $[OH^-] > 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$

Lembrando que a 25°C:

$$[H_3O^+] \cdot [OH^-] = 1,0 \times 10^{-14}$$

## 3. pH e pOH

Para facilitar a indicação da acidez de um meio, Sørensen definiu o **potencial hidrogeniônico**, abreviadamente pH, como sendo o cologaritmo da concentração hidrogeniônica em mol/L, ou o logaritmo negativo da concentração de  $H^+$  ou, ainda, o logaritmo do inverso da concentração de  $H^+$ .

$$pH = \text{colog } [H^+] = -\log [H^+] = \log \frac{1}{[H^+]}$$

De forma análoga, define-se **potencial hidroxilônico**, abreviadamente pOH, como sendo:

$$pOH = \text{colog } [OH^-] = -\log [OH^-] = \log \frac{1}{[OH^-]}$$

## 4. Água pura e soluções neutras

**A 25°C:**  $K_w = [H^+] \cdot [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

Em um meio neutro, temos a 25°C:

$$[H^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log 1 \times 10^{-7} = 7$$

$$pOH = -\log [OH^-] = -\log 1 \times 10^{-7} = 7$$

A 25°C, como o produto  $[H^+] \cdot [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ , resulta:

$$pH + pOH = 14$$

## 5. Soluções ácidas

**A 25°C:**  $[H^+] > 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

$$-\log [H^+] < 7$$

$$pH < 7 \text{ e } pOH > 7$$

## Exemplo

Em uma solução, verificou-se que

$$[H^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ mol/L e } [OH^-] = 1 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$$

O pH e o pOH valem:

$$pH = -\log 1 \times 10^{-2} = 2$$

$$pOH = -\log 1 \times 10^{-12} = 12$$

## 6. Soluções básicas ou alcalinas

**A 25°C:**

$$[H^+] < 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$-\log [H^+] > 7$$

$$pH > 7 \text{ e } pOH < 7$$

## Exemplo

Em uma solução, temos:

$$[H^+] = 1 \times 10^{-10} \text{ mol/L e } [OH^-] = 1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

O pH e o pOH valem:

$$pH = -\log 1 \times 10^{-10} = 10$$

$$pOH = -\log 1 \times 10^{-4} = 4$$

Resumindo, temos a 25°C:

MEIO ÁCIDO (pH < 7)								MEIO NEUTRO		MEIO BÁSICO (pH > 7)							
pH	0	1	2	3	4	5	6	pH = 7 pOH = 7	25°C	pH	8	9	10	11	12	13	14
pOH	14	13	12	11	10	9	8			pOH	6	5	4	3	2	1	0
AUMENTO DA ACIDEZ DO MEIO ←										AUMENTO DA ALCALINIDADE DO MEIO →							



Na foto, um aparelho para medir o pH das soluções. Na tabela, alguns materiais de uso comum e seus respectivos pH, a 25°C.

Material	pH
1,0 mol/L HCl	0,0
0,5mol/L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,3
0,1 mol/L HCl	1,0
0,05 mol/L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,0
Suco gástrico	2,0
0,005 mol/L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,1
Limão	2,3
Vinagre	2,8
0,1 mol/L HC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	2,9
Refrigerante	3,0
Maçã	3,1
Laranja	3,5
Tomate	4,2
Banana	4,6

Material	pH
Pão	5,5
Batata	5,8
Água de chuva	6,2
Leite	6,5
Água pura	7,0
Sangue	7,4
Ovos	7,8
0,1 mol/L NaHCO <sub>3</sub>	8,4
Água do mar	8,5
Sabonete	10,0
Leite de magnésia	10,5
0,1 mol/L NH <sub>3</sub>	11,1
0,1 mol/L Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	11,6
0,1 mol/L NaOH	13,0
1,0 mol/L NaOH	14,0



## No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **QUIM2M205**

## Exercícios Resolvidos

**1 (EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO)** – *Um dos problemas ambientais decorrentes da industrialização é a poluição atmosférica. Chaminés altas lançam ao ar, entre outros materiais, o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) que pode ser transportado por muitos quilômetros em poucos dias. Dessa forma, podem ocorrer precipitações ácidas em regiões distantes, causando vários danos ao meio ambiente (chuva ácida).*

Com relação aos efeitos sobre o ecossistema, pode-se afirmar que:

- as chuvas ácidas poderiam causar a diminuição do pH da água de um lago, o que acarretaria a morte de algumas espécies, rompendo a cadeia alimentar.
- as chuvas ácidas poderiam provocar acidificação do solo, o que prejudicaria o crescimento de certos vegetais.
- as chuvas ácidas causam danos se apresentarem valor de pH maior que o da água destilada.

Dessas afirmativas está(ão) correta(s):

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

### Resolução

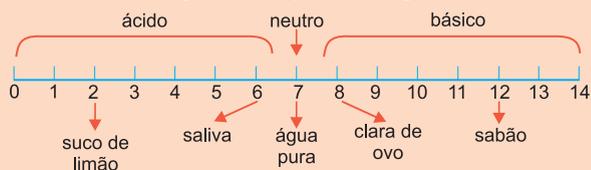
- I. **Correta.** As chuvas ácidas causam diminuição do pH (aumento da acidez) da água de um lago, o que acarreta a morte de algumas

espécies, rompendo a cadeia alimentar.

- II. **Correta.** As chuvas ácidas aumentam a acidez do solo, o que prejudica o crescimento de certos vegetais.  
III. **Incorreta.** As chuvas ácidas apresentam valor de pH menor que o da água destilada, que tem pH = 7.

**Resposta: C**

**2 (EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO)** – *O pH informa a acidez ou a basicidade de uma solução. A escala a seguir apresenta a natureza e o pH de algumas soluções e da água pura, a 25°C.*



*Uma solução desconhecida estava sendo testada no laboratório por um grupo de alunos. Esses alunos decidiram que deveriam medir o pH dessa solução como um dos parâmetros escolhidos na identificação da solução. Os resultados obtidos estão na tabela a seguir.*

Aluno	Valor de pH
Carlos	4,5
Gustavo	5,5
Simone	5,0
Valéria	6,0
Paulo	4,5
Wagner	5,0
Renata	5,0
Rodrigo	5,5
Augusta	5,0
Eliane	5,5

Da solução testada pelos alunos, o professor retirou 100mL e adicionou água, até completar 200mL de solução diluída. O próximo grupo de alunos a medir o pH deverá encontrar

- valores inferiores a 1,0.
- os mesmos valores.
- valores entre 5 e 7.
- valores entre 5 e 3.
- sempre o valor 7.

### Resolução

O valor do pH determinado pelo primeiro grupo de alunos está por volta de 5. É uma solução ácida, pois o pH é menor que 7.

Quanto maior a concentração de íons  $H^+$ , maior a acidez e, portanto, menor o pH. Diluindo a solução, diminui a concentração de íons  $H^+$ , diminui a acidez e, portanto, aumenta o pH, isto é, fica maior que 5.

O pH continua menor que 7, pois a solução é ácida.

Portanto, o próximo grupo de alunos deverá encontrar para o pH valores entre 5 e 7.

**Resposta: C**

### 3 (EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) –

Suponha que um agricultor esteja interessado em fazer uma plantação de girassóis. Procurando informação, leu a seguinte reportagem:

#### Solo ácido não favorece plantio

*Alguns cuidados devem ser tomados por quem decide iniciar o cultivo do girassol. A oleaginosa deve ser plantada em solos descompactados, com pH acima de 5,2 (que indica menor acidez da terra). Conforme as recomendações da Embrapa, o agricultor deve colocar, por hectare, 40 kg a 60 kg de nitrogênio, 40 kg a 80 kg de potássio e 40 kg a 80 kg de fósforo.*

*O pH do solo, na região do agricultor, é de 4,8. Dessa forma, o agricultor deverá fazer a "calagem".*

(Folha de S. Paulo)

Suponha que o agricultor vá fazer calagem (aumento do pH do solo por adição de cal virgem –  $CaO$ ). De maneira simplificada, a diminuição da acidez se dá pela interação da cal ( $CaO$ ) com a água presente no solo, gerando hidróxido de cálcio ( $Ca(OH)_2$ ), que reage com os íons  $H^+$  (dos ácidos), ocorrendo, então, a formação de água e deixando íons  $Ca^{2+}$  no solo.

Considere as seguintes equações:

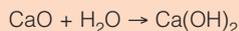
- $CaO + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$
- $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$
- $Ca(OH)_2 + 2H^+ \rightarrow Ca^{2+} + 2H_2O$
- $Ca(OH)_2 + H^+ \rightarrow CaO + H_2O$

O processo de calagem descrito acima pode ser representado pelas equações:

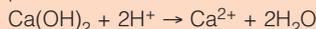
- I e II
- I e IV
- II e III
- II e IV
- III e IV

### Resolução

A interação de cal virgem,  $CaO$ , com a água presente no solo pode ser descrita pela equação II:



A diminuição da acidez (aumento do pH) pela reação do hidróxido de cálcio com os íons  $H^+$  presentes no solo é descrita na equação III:



**Resposta: C**

### 4 (EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) –

As informações abaixo foram extraídas do rótulo da água mineral de determinada fonte.

#### ÁGUA MINERAL NATURAL

##### Composição química provável em mg/L

Sulfato de estrôncio .....	0,04
Sulfato de cálcio .....	2,29
Sulfato de potássio .....	2,16
Sulfato de sódio .....	65,71
Carbonato de sódio .....	143,68
Bicarbonato de sódio .....	42,20
Cloreto de sódio .....	4,07
Fluoreto de sódio .....	1,24
Vanádio .....	0,07

##### Características físico-químicas

pH a 25°C .....	10,00
Temperatura da água na fonte .....	24°C
Condutividade elétrica .....	$4,40 \times 10^{-4}$
	mhos/cm
Resíduo de evaporação a 180°C .....	288,00 mg/L

##### Classificação:

**"ALCALINO-BICARBONATADA, FLUORETADA, VANÁDICA"**

Indicadores **ácido-base** são substâncias que em solução aquosa apresentam cores diferentes conforme o pH da solução.

O quadro abaixo fornece as cores que alguns indicadores apresentam à temperatura de 25°C

Indicador	Cores conforme o pH
Azul de bromotimol	amarelo em $pH \leq 6,0$ ; azul em $pH \geq 7,6$
Vermelho de metila	vermelho em $pH \leq 4,8$ ; amarelo em $pH \geq 6,0$
Fenolftaleína	incolor em $pH \leq 8,2$ ; vermelho em $pH \geq 10,0$
Alaranjado de metila	vermelho em $pH \leq 3,2$ ; amarelo em $pH \geq 4,4$

Suponha que uma pessoa inescrupulosa tenha guardado garrafas vazias dessa água mineral, enchendo-as com água de torneira (pH entre 6,5 e 7,5), para serem vendidas como água mineral. Tal fraude pode ser facilmente comprovada pingando-se na "água mineral fraudada", à temperatura de 25°C, gotas de

- azul de bromotimol ou fenolftaleína.
- alaranjado de metila ou fenolftaleína.
- alaranjado de metila ou azul de bromotimol.
- vermelho de metila ou azul de bromotimol.
- vermelho de metila ou alaranjado de metila.

### Resolução

A água mineral natural apresenta  $pH = 10,00$ , portanto possui caráter alcalino (básico). Adicionando-se os indicadores à água mineral natural, ela apresentará as seguintes colorações:

I) azul de bromotimol  $\rightarrow$  **azul**

II) vermelho de metila  $\rightarrow$  **amarelo**

III) fenolftaleína  $\rightarrow$  **vermelho**

IV) alaranjado de metila  $\rightarrow$  **amarelo**

A água de torneira apresenta pH entre 6,5 e 7,5; adicionando-se os mesmos indicadores, teremos as seguintes colorações:

I) azul de bromotimol  $\rightarrow$  **verde** (coloração intermediária)

II) vermelho de metila  $\rightarrow$  **amarelo**

III) fenolftaleína  $\rightarrow$  **incolor**

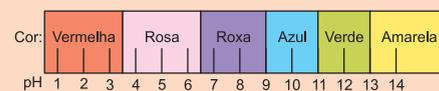
IV) alaranjado de metila  $\rightarrow$  **amarelo**

Notamos diferença de cor nos indicadores azul de bromotimol e fenolftaleína.

**Resposta: A**

### 5 (EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) –

O suco extraído do repolho roxo pode ser utilizado como indicador do caráter ácido (pH entre 0 e 7) ou básico (pH entre 7 e 14) de diferentes soluções. Misturando-se um pouco de suco de repolho e da solução, a mistura passa a apresentar diferentes cores, segundo sua natureza ácida ou básica, de acordo com a escala abaixo.



Algumas soluções foram testadas com esse indicador, produzindo os seguintes resultados:

	Material	Cor
I	Amoníaco	Verde
II	Leite de magnésia	Azul
III	Vinagre	Vermelha
IV	Leite de vaca	Rosa

De acordo com esses resultados, as soluções I, II, III e IV têm, respectivamente, caráter:

- ácido/básico/básico/ácido.
- ácido/básico/ácido/básico.
- básico/ácido/básico/ácido.
- ácido/ácido/básico/básico.
- básico/básico/ácido/ácido.

### Resolução

Pela análise das cores obtidas ao utilizar suco de repolho roxo como indicador, temos:

- Amoníaco** apresentou cor verde, solução de  $pH > 7$  e caráter básico.
- Leite de magnésia** apresentou cor azul, solução de  $pH > 7$  e caráter básico.
- Vinagre** apresentou cor vermelha, solução de  $pH < 7$  e caráter ácido.
- Leite de vaca** apresentou cor rosa, solução de  $pH < 7$  e caráter ácido.

**Resposta: E**

### 6 (EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) –

Utilizando o indicador citado na questão 5 (suco de repolho roxo) em sucos de abacaxi e de limão, pode-se esperar como resultado as cores:

- rosa ou amarela.
- vermelha ou roxa.
- verde ou vermelha.
- rosa ou vermelha.
- roxa ou azul.

### Resolução

Utilizando o suco de repolho roxo como indicador em sucos de abacaxi e limão, que são soluções ácidas (contêm ácido cítrico), pode-se esperar como resultado as cores **vermelha** ou **rosa**.

**Resposta: D**

**7 (EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) –**

Numa rodovia pavimentada, ocorreu o tombamento de um caminhão que transportava ácido sulfúrico concentrado. Parte da sua carga fluiu para um curso d'água não poluído, que deve ter sofrido, como consequência,

- mortandade de peixes acima da normal no local do derrame de ácido e em suas proximidades.
- variação do pH em função da distância e da direção da corrente de água.
- danos permanentes na qualidade de suas águas.
- aumento momentâneo da temperatura da água no local do derrame.

É correto afirmar que, dessas consequências, apenas podem ocorrer

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

**Resolução**

Ácido sulfúrico concentrado fluiu para um curso d'água não poluído, causando:

- mortandade dos peixes no local do derrame e suas proximidades, pois é um ácido forte que diminui o pH da água.
- variação do pH, pois o ácido concentrado fluiu e sofreu diluição ao longo do curso d'água (quanto mais diluída uma solução ácida, maior o pH). Portanto, quanto maior a distância do local do derrame, maior o pH.
- danos não permanentes, pois é água corrente, e esse ácido será diluído com o passar do tempo.
- aumento momentâneo da temperatura da água no local, pois a dissolução de ácido sulfúrico em água é um processo exotérmico.

**Resposta: D****8 (EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) –**

A chuva em locais não poluídos é levemente ácida. Em locais onde os níveis de poluição são altos, os valores do pH da chuva podem ficar abaixo de 5,5, recebendo, então, a denominação de "chuva ácida". Este tipo de chuva causa prejuízos nas mais diversas áreas: construção civil, agricultura, monumentos históricos, entre outras.

A acidez da chuva está relacionada ao pH da seguinte forma: concentração de íons hidrogênio =  $10^{-\text{pH}}$ , sendo que o pH pode assumir valores entre 0 e 14.

Ao realizar o monitoramento do pH da chuva em Campinas (SP) nos meses de março, abril e maio de 2008, um centro de pesquisa coletou 21 amostras, das quais quatro têm seus valores mostrados na tabela:

Mês	Amostra	pH
Março	6. <sup>a</sup>	4
Abril	8. <sup>a</sup>	5
Abril	14. <sup>a</sup>	6
Maio	18. <sup>a</sup>	7

A análise da fórmula e da tabela permite afirmar que:

- da 6.<sup>a</sup> para a 14.<sup>a</sup> amostra ocorreu um aumento de 50% na acidez.
- a 18.<sup>a</sup> amostra é a menos ácida dentre as expostas.
- a 8.<sup>a</sup> amostra é dez vezes mais ácida que a 14.<sup>a</sup>.
- as únicas amostras de chuvas denominadas ácidas são a 6.<sup>a</sup> e a 8.<sup>a</sup>.

São corretas apenas as afirmativas

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

**Resolução****I. Errada.**

$$6.^{\text{a}} \text{ amostra } \text{pH} = 4 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$\therefore [\text{H}^+] = 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$14.^{\text{a}} \text{ amostra } \text{pH} = 6 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-6} \text{ mol/L}$$

A acidez (concentração de íons hidrogênio) diminuiu 100 vezes, de  $10^{-4}$  (6.<sup>a</sup> amostra) para  $10^{-6}$  (14.<sup>a</sup> amostra).

**II. Correta.**

Quanto maior o valor do pH, menor a concentração de íons hidrogênio e, portanto, menor a acidez.

A 18.<sup>a</sup> amostra é a menos ácida entre as citadas.

**III. Correta.**

$$8.^{\text{a}} \text{ amostra: } \text{pH} = 5 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$14.^{\text{a}} \text{ amostra: } \text{pH} = 6 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}^+]_{8.^{\text{a}} \text{ amostra}} = 10 \cdot [\text{H}^+]_{14.^{\text{a}} \text{ amostra}}$$

**IV. Correta.**

Como são denominadas chuvas ácidas aquelas cujo pH é menor que 5,5 (de acordo com o texto), temos como amostras de chuvas ácidas a 6.<sup>a</sup> (pH = 4) e a 8.<sup>a</sup> (pH = 5).

**Resposta: E****9 (EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) –**

*O botulismo, intoxicação alimentar que pode levar à morte, é causado por toxinas produzidas por certas bactérias, cuja reprodução ocorre nas seguintes condições: é inibida por pH inferior a 4,5 (meio ácido), temperaturas próximas a 100°C, concentrações de sal superiores a 10% e presença de nitritos e nitratos como aditivos.*

A ocorrência de casos recentes de botulismo em consumidores de palmito em conserva levou a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) a implementar normas para a fabricação e comercialização do produto.

No rótulo de uma determinada marca de palmito em conserva, encontram-se as seguintes informações:

- Ingredientes: Palmito açai, sal diluído a 12% em água, ácido cítrico;
- Produto fabricado conforme as normas da ANVISA;
- Ecológicamente correto.

As informações do rótulo que têm relação com as medidas contra o botulismo estão contidas em:

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

**Resolução**

A conservação do palmito em água, contendo 12% de sal diluído e ácido cítrico, para redução

do pH, está de acordo com as normas de preservação do alimento, segundo a ANVISA.

**Resposta: C****10 (EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) –**

Levando-se em conta os fatores que favorecem a reprodução das bactérias responsáveis pelo botulismo, mencionadas na questão anterior, conclui-se que as toxinas que o causam têm maior chance de ser encontradas

- em conservas com concentração de 2g de sal em 100 g de água.
- nas linguças fabricadas com nitrito e nitrato de sódio.
- nos alimentos, logo após terem sido fervidos.
- no suco de limão, cujo pH varia de 2,5 a 3,6.
- no charque (carne salgada e seca ao sol).

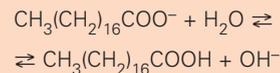
**Resolução**

Dos casos citados, a maior chance da presença de toxinas do botulismo está na conservação do alimento, contendo 2% de sal diluído em água.

**Resposta: A****11 (EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) –**

Sabões são sais de ácidos carboxílicos de cadeia longa utilizados com a finalidade de facilitar, durante processos de lavagem, a remoção de substâncias de baixa solubilidade em água, por exemplo, óleos e gorduras. A figura a seguir representa a estrutura de uma molécula de sabão.

Em solução, os ânions do sabão podem hidrolisar a água e, desse modo, formar o ácido carboxílico correspondente. Por exemplo, para o estearato de sódio, é estabelecido o seguinte equilíbrio:



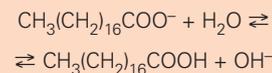
Uma vez que o ácido carboxílico formado é pouco solúvel em água e menos eficiente na remoção de gorduras, o pH do meio deve ser controlado de maneira a evitar que o equilíbrio acima seja deslocado para a direita.

Com base nas informações do texto, é correto concluir que os sabões atuam de maneira

- mais eficiente em pH básico.
- mais eficiente em pH ácido.
- mais eficiente em pH neutro.
- eficiente em qualquer faixa de pH.
- mais eficiente em pH ácido ou neutro.

**Resolução**

O sabão será mais eficiente quando o ácido carboxílico estiver na forma ionizada. O equilíbrio a seguir deve ser deslocado para a esquerda:



Para que esse equilíbrio seja deslocado para a esquerda, o meio deve ser básico, alta concentração de íons  $\text{OH}^-$ , e, portanto, o pH deve ser maior que sete.

**Resposta: A**



## Exercícios Propostos

**1 (MODELO ENEM)** – Considere os sistemas numerados (25°C):

- 1) vinagre \_\_\_\_\_ pH = 3,0
- 2) leite \_\_\_\_\_ pH = 6,8
- 3) clara de ovos \_\_\_\_\_ pH = 8,0
- 4) sal de frutas \_\_\_\_\_ pH = 8,5
- 5) saliva \_\_\_\_\_ pH = 6,0

A respeito desses sistemas, **não** podemos afirmar:

- a) São de caráter básico os sistemas 3 e 4.
- b) O de maior acidez é o número 1.
- c) O de número 5 é mais ácido que o de número 2.
- d) O de número 1 é duas vezes mais ácido que o de número 5.
- e) O de menor acidez é o sal de frutas.

### RESOLUÇÃO:

A 25°C soluções ácidas têm pH < 7 (1, 2 e 5) e soluções básicas têm pH > 7 (3 e 4). Quanto menor o pH, maior a acidez da solução (1 > 5 > 2 > 3 > 4).

O vinagre (pH = 3,0 ⇒ [H<sup>+</sup>] = 10<sup>-3</sup> mol/L) é 1000 vezes mais ácido que a saliva (pH = 6,0 ⇒ [H<sup>+</sup>] = 10<sup>-6</sup> mol/L).

$$\frac{10^{-3}}{10^{-6}} = 10^3$$

Resposta: D

**2** Qual o valor do pH de uma solução de KOH, a 25°C, cuja concentração é 0,02 mol/L, supondo que a base esteja completamente dissociada?

**Dado:** log 2 = 0,3

### RESOLUÇÃO:



$$[\text{OH}^-] = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 2 \cdot 10^{-2}$$

$$\text{pOH} = -(\log 2 + \log 10^{-2}) = -(\log 2 - 2 \log 10)$$

$$\text{pOH} = -(0,3 - 2) = 1,7$$

$$\text{Como } \text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$$\text{pH} = 12,3$$

## 1. Funções químicas

São classes de compostos que apresentam diversas propriedades químicas em comum.

Na Química Orgânica, temos as funções hidrocarboneto, aldeído, álcool etc.

Denomina-se **grupo funcional** um grupamento atômico particular que identifica a função. É o responsável pelas propriedades químicas comuns aos diversos compostos pertencentes à função considerada.

**Exemplo:** O grupo funcional dos ácidos carboxílicos é o agrupamento

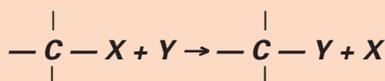


## 2. Classificação das reações orgânicas

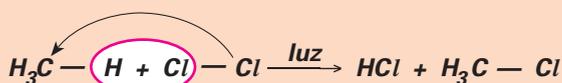
As reações orgânicas podem ser classificadas em vários tipos: **substituição, adição, eliminação, oxidorredução.**

• Na **reação de substituição**, um grupo ligado a um átomo de carbono é removido e outro toma o seu lugar. Não há variação no grau de insaturação.

### Reações de substituição



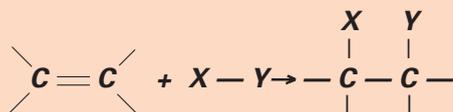
#### Exemplo



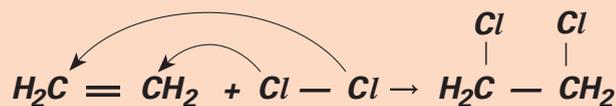
• Na **reação de adição**, há um aumento no número de grupos ligados ao carbono.

A molécula torna-se mais saturada.

### Reações de adição

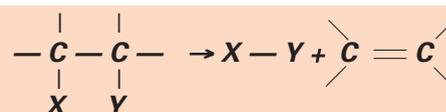


#### Exemplo

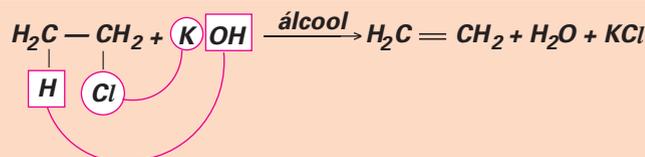


• Na **reação de eliminação**, há uma diminuição no número de grupos ligados ao carbono. O grau de insaturação aumenta.

### Reações de eliminação



#### Exemplo

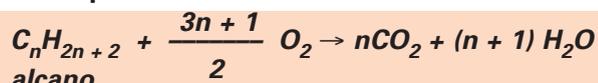


## 3. Combustão completa

É uma reação de oxidação na presença de oxigênio ( $\text{O}_2$ ).

A maioria dos compostos orgânicos sofre combustão total, dando gás carbônico e água.

#### Exemplos



metano



etanol

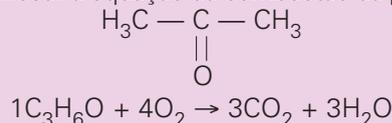


### Saiba mais

Qual a quantidade, em mols de gás oxigênio ( $\text{O}_2$ ), necessária para queimar completamente 1 mol de propanona (acetona)?

#### RESOLUÇÃO

Basta balancear a equação da combustão da propanona:

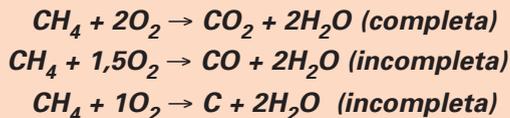


Resposta: São necessários 4 mols de  $\text{O}_2$ .

## 4. Combustão incompleta

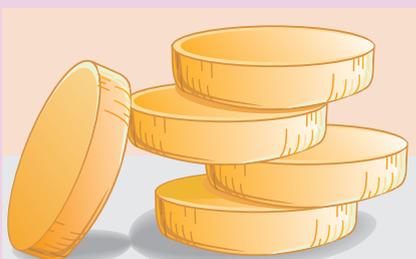
Em um ambiente pobre em oxigênio, dá-se a combustão incompleta com formação de fuligem (C) e monóxido de carbono (CO). Este último é venenoso, pois combina com a hemoglobina do sangue.

### Exemplos



### Saiba mais

Como são feitos os tabletes de álcool sólido para acender churrasqueira?

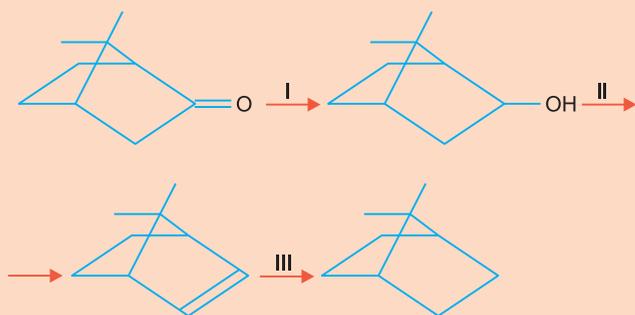


O álcool estearílico ( $\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{OH}$ ) é sólido.

O álcool usado para fazer essas pastilhas é diferente do álcool etílico que se compra em farmácia e supermercados. Cada molécula do álcool etílico é formada por apenas dois átomos de carbono. O sólido é feito com alcoóis de cadeia mais longa, ou seja, que têm maior número de átomos de carbono em sua composição. O mais usado é o álcool estearílico, tão combustível quanto o etílico e não tóxico. Ele tem dezoito átomos de carbono em cada molécula. Isso faz com que sua consistência seja mais sólida, parecida com a da parafina, tornando possível a preparação de pastilhas para acendimento de lareiras e churrasqueiras. Nos acampamentos do Exército é comum encontrar fogareiros que usam essa substância.

## Exercícios Resolvidos

**1 (UFC – MODELO ENEM)** – A cânfora é uma cetona que possui um odor penetrante característico. É aplicada topicamente na pele como antisséptica e anestésica, sendo um dos componentes do unguento Vick® Vaporub®. Na sequência abaixo, a cânfora sofre transformações químicas em três etapas reacionais (I, II e III).



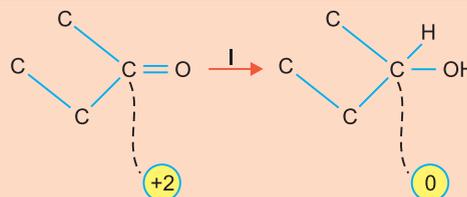
De acordo com esta sequência reacional, é correto classificar as etapas reacionais I, II e III como sendo, respectivamente,

- oxidação, eliminação, substituição.
- redução, substituição, eliminação.
- redução, eliminação, adição.
- oxidação, adição, substituição.
- oxidação, substituição, adição.

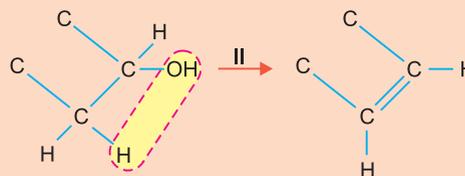
#### Resolução

Na etapa I ocorreu uma hidrogenação (adição de  $\text{H}_2$  na ligação dupla

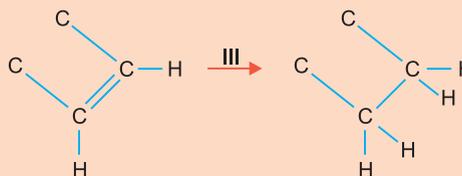
$\text{C}=\text{O}$ ). Como o número de oxidação do carbono diminuiu de +2 para zero, houve uma redução do composto orgânico.



Na etapa II ocorreu uma desidratação de álcool formando cicloalcano. É uma reação de eliminação.



Na etapa III ocorreu adição de  $\text{H}_2$  à dupla-ligação  $\text{C}=\text{C}$ .



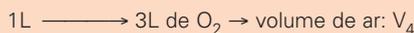
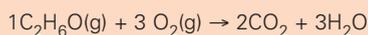
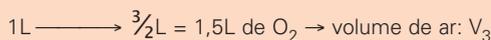
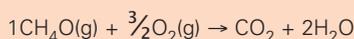
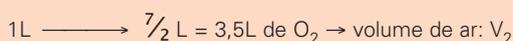
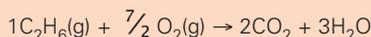
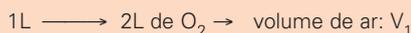
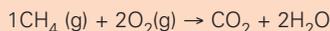
**Resposta: C**

**2 (ITA-SP – MODELO ENEM)** – Considere a queima completa de vapores das quatro seguintes substâncias: metano, etano, metanol e etanol. Os volumes de ar necessário para a queima de 1 litro de cada um destes vapores, todos à mesma pressão e temperatura, são, respectivamente,  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$ . Assinale a alternativa que apresenta a comparação correta entre os volumes de ar utilizado na combustão.

- a)  $V_2 > V_4 > V_1 > V_3$   
 b)  $V_2 > V_1 > V_4 > V_3$   
 c)  $V_4 > V_2 > V_3 > V_1$   
 d)  $V_4 > V_3 > V_2 > V_1$   
 e)  $V_4 = V_2 > V_3 = V_1$

**Resolução**

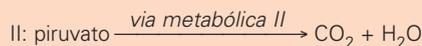
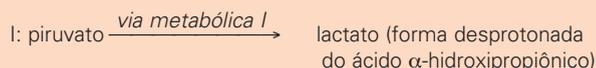
Escrevendo-se as equações de combustão dos compostos, temos:



Logo:  $V_2 > V_4 > V_1 > V_3$

**Resposta: A**

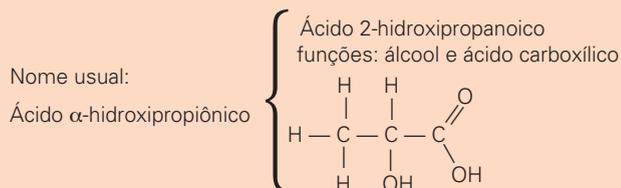
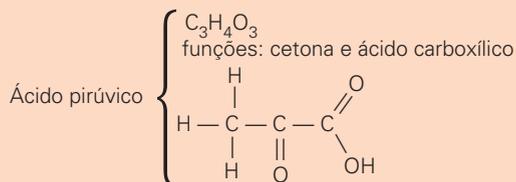
**3 (UNESP)** – Com o advento dos jogos pan-americanos, estudos relacionados com o metabolismo humano estiveram em evidência e foram tema de reportagens em jornais e revistas. Especial atenção recebeu o consumo de energia pelos atletas, e as formas de obtenção dessa energia pelo corpo humano. A glicose é a fonte primária de energia em nosso organismo e um dos intermediários formados em sua oxidação é o piruvato – forma desprotonada do ácido pirúvico (fórmula molecular  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$ ), que apresenta as funções cetona e ácido carboxílico. O piruvato pode seguir dois caminhos metabólicos:



Forneça as fórmulas estruturais dos ácidos pirúvico e  $\alpha$ -hidroxipropiônico, envolvidos na via metabólica I, e classifique as reações químicas para as duas vias metabólicas do piruvato, segundo os conceitos de oxirredução.

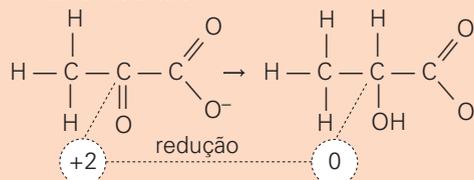
**Resolução**

Fórmulas estruturais:

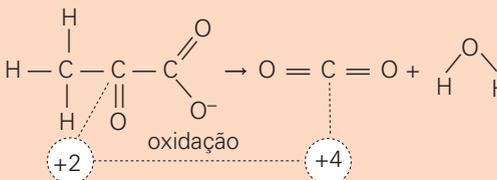


Classificação das reações:

I. Redução: há uma diminuição do número de oxidação (Nox) do átomo de carbono.

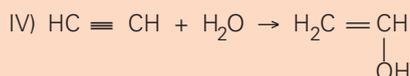
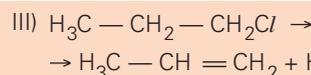
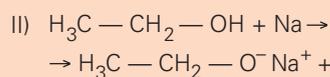
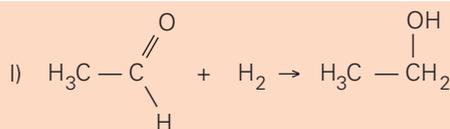


II. Oxidação: há um aumento do número de oxidação (Nox) médio dos átomos de carbono.



## Exercícios Propostos

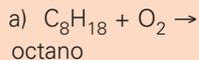
**1** Classifique as reações seguintes como de adição, eliminação ou substituição:



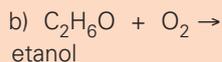
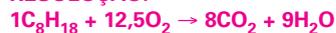
**RESOLUÇÃO:**

- I) Adição.  
 II) Substituição.  
 III) Eliminação.  
 IV) Adição.

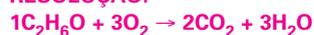
2 Complete as equações de combustão completa:



**RESOLUÇÃO:**



**RESOLUÇÃO:**



3 (ENEM-EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) – “Na hora de ir para o trabalho, o percurso médio dos moradores de Barcelona mostra que o carro libera 90 gramas do venenoso monóxido de carbono e 25 gramas de óxidos de nitrogênio ... Ao mesmo tempo, o carro consome combustível equivalente a 8,9 kwh.”

Com referência ao texto, pode-se afirmar que

- um automóvel produz monóxido de carbono pelo fato de que a queima dos combustíveis utilizados não é completa.
- pode-se concluir que o automóvel em questão não utiliza o álcool como combustível.
- a produção de óxido de nitrogênio não contribui para a chuva ácida.
- o texto está equivocado, pois os óxidos de nitrogênio lançados na atmosfera não têm qualquer relação com o automóvel.
- caso o automóvel fosse elétrico, não poluiria o ambiente com monóxido de carbono, mas lançaria ao ar radiações eletromagnéticas prejudiciais à saúde.

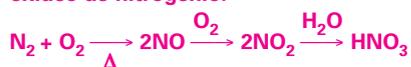
**RESOLUÇÃO:**

**A queima incompleta de combustíveis orgânicos produz monóxido de carbono (CO).**

Exemplo:



**Devido à alta temperatura, o  $N_2$  do ar combina com  $O_2$  formando óxidos de nitrogênio.**



Resposta: A

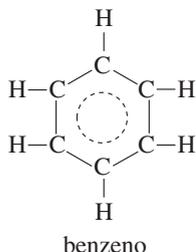




Os compostos orgânicos I, II e III pertencem, respectivamente, às seguintes funções orgânicas:

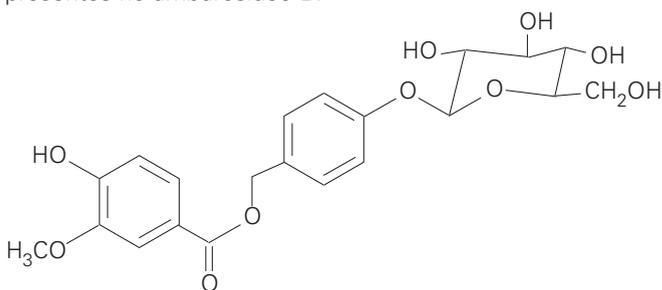
- aldeído, álcool, éter.
- aldeído, ácido carboxílico, éster.
- ácido carboxílico, aldeído, éter.
- ácido carboxílico, aldeído, éter.
- ácido carboxílico, álcool, éster.

**4 (UNICAMP-SP)** – Sabendo-se que o fenol é um derivado do benzeno no qual um dos átomos de hidrogênio da molécula foi substituído por um grupo OH, escreva a fórmula estrutural do



- pentaclorofenol
- hexaclorobenzeno

**5 (UFPI)** – Amburosideo B, cuja estrutura é dada abaixo, foi isolada de *Amburana cearensis* (imburana-de-cheiro ou cumaru) na busca pelo princípio ativo responsável pela atividade antimalárica dessa planta. Indique as quatro funções orgânicas presentes no amburosideo B.

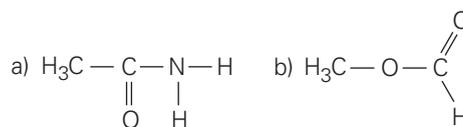


## Módulo 20 – Funções nitrogenadas e séries homólogas

**1** Dar o nome dos compostos e a função orgânica a que pertencem.

- .....
- .....
- .....

**2 (UNESP-SP)** – Escreva os nomes e as funções orgânicas das substâncias de fórmulas:

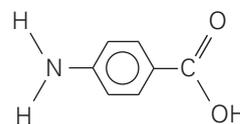


**3 (UNIP-SP)** – Não pertence à mesma série homóloga:

- $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$
- $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COOH}$
- $\text{CH}_3-\text{COOH}$
- $\text{H}-\text{COOH}$
- $\text{H}-\text{COH}$

**4** Apresentar a fórmula geral dos ácidos monocarboxílicos de cadeia acíclica saturada.

**5 (UNICAMP-SP)** – Estafilococos necessitam da substância cuja fórmula estrutural é dada a seguir para crescer e multiplicar-se. Qual é o nome dessa substância?



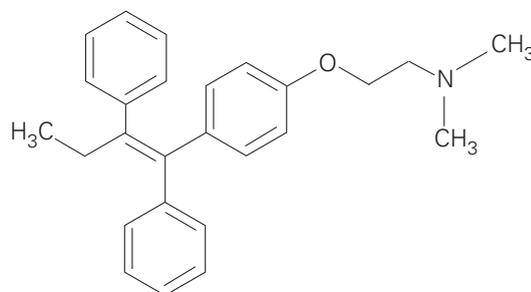
Nome: .....

**6 Sai o 1º genérico para tratamento de câncer**

O tamoxifeno, essencial contra o câncer de mama, estará no mercado na semana que vem.

(O Estado de S. Paulo)

Quais as classes funcionais presentes no tamoxifeno?



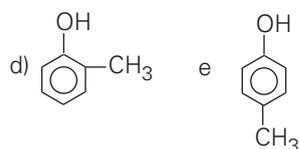
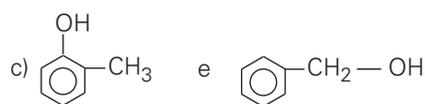
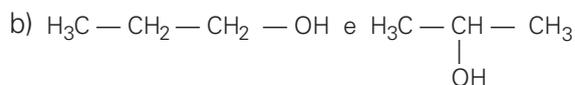
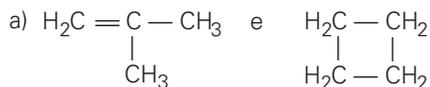
tamoxifeno

## Módulo 21 – Isomeria plana

1 Complete as lacunas:

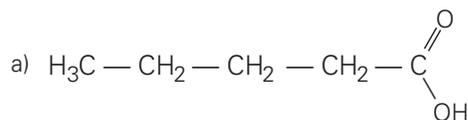
- a) Isômeros são compostos que têm a mesma fórmula ..... e fórmulas ..... diferentes.
- b) Na isomeria plana, podemos diferenciar os isômeros por meio de fórmulas estruturais .....
- c) Se os isômeros pertencem a funções químicas diferentes, temos a isomeria .....
- d) Na isomeria de cadeia, os isômeros pertencem à mesma ..... e apresentam tipo diferente de cadeia.
- e) Na isomeria de posição, os isômeros diferem pela posição de um grupo ou uma ..... na cadeia.
- f) Na isomeria de compensação ou ....., os isômeros têm cadeia heterogênea e diferem pela posição do .....

2 Dar o tipo de isomeria plana (estrutural) que ocorre entre os compostos:

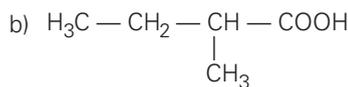


3 Quantos ácidos carboxílicos saturados e de cadeia aberta podem existir com um total de 5 átomos de carbono? Dê o nome de cada um. Considere apenas isomeria plana.

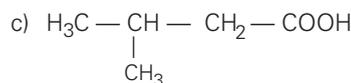
## ORIENTAÇÃO DA RESOLUÇÃO:



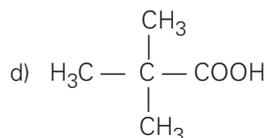
ácido.....



ácido.....



ácido.....

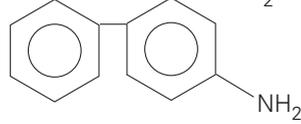
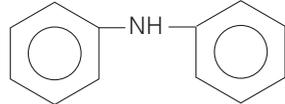
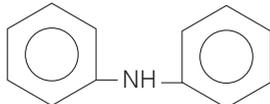
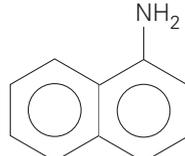


ácido.....

## 4 (CESGRANRIO-RJ – MODELO ENEM)



A b-naftilamina, cuja fórmula estrutural é apresentada acima, é uma substância cancerígena que atua na bexiga humana. O contato com esse tipo de substância é frequente em pessoas que lidam com certos ramos da indústria química. Assinale a opção que apresenta o isômero plano de posição desse substância.

- a) 
- b) 
- c) 
- d) 
- e) 

## Módulo 22 - Isomeria geométrica

1 Complete as lacunas:

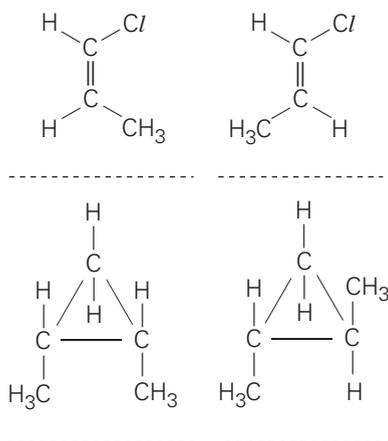
a) Na isomeria espacial (estereoisomeria), os isômeros só podem ser diferenciados usando fórmulas estruturais ..... Existem dois tipos de isomeria espacial: geométrica (ou .....) e óptica.

b) Em compostos de cadeia aberta, existe isomeria geométrica quando houver grupos diferentes em cada carbono da ..... ligação.

c) Quando os grupos de maior massa molecular estiverem de um mesmo lado do plano que contém a dupla ligação, o isômero é chamado ..... Em caso contrário, o isômero é chamado.....

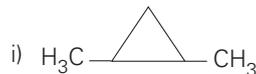
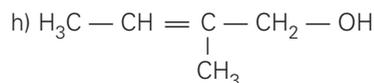
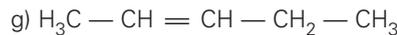
d) Em compostos cíclicos, deve haver grupos diferentes em pelo menos dois átomos de carbono do ciclo. Quando os grupos de maior massa molecular estiverem de um mesmo lado com relação ao plano do ciclo, o isômero é chamado ..... Em caso contrário, é o isômero .....

e) Dê o nome dos isômeros geométricos:



2 Com relação às fórmulas planas mostradas, indique casos em que há a possibilidade de isomeria geométrica.

- a)  $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$   
 b)  $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH}_3$   
 c)  $\text{H}_3\text{C} - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$   
 d)  $\text{BrHC} = \text{CHCl}$   
 e)  $\text{H}_3\text{C} - \text{CH} = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_3$   
 f)  $\text{H}_3\text{C} - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_3$



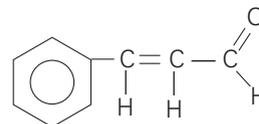
3 (UFSE) – Dos seguintes hidrocarbonetos, qual apresenta isomeria geométrica?

- a) 2-metilbutano                      b) 2-metilpentano  
 c) ciclopentano                      d) 1-penteno  
 e) 2-penteno

4 (FUVEST-SP) – Quantos isômeros estruturais e geométricos, considerando também os cíclicos, são previstos com a fórmula molecular  $\text{C}_3\text{H}_5\text{Cl}$ ?

- a) 2                      b) 3                      c) 4                      d) 5                      e) 7

5 (FUVEST-SP) – Quantos isômeros geométricos do aldeído cinâmico são previstos?



- a) 1                      b) 2                      c) 3                      d) 4                      e) 5

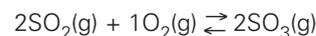
## FRENTE 2

### Módulo 17 - Constante de equilíbrio

1 Escreva a expressão de  $K_c$  para os seguintes equilíbrios:

- a)  $\text{CO(g)} + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{COCl}_2(\text{g})$   
 b)  $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO(g)} + \text{O}_2(\text{g})$

2 Na reação química



ocorrendo em um recipiente de dois litros, foram encontrados em equilíbrio: 2 mols de  $\text{SO}_2$ , 6 mols de  $\text{O}_2$  e 4 mols de  $\text{SO}_3$ . Qual o valor da constante de equilíbrio em termos de concentração ( $K_c$ )?

### ORIENTAÇÃO DA RESOLUÇÃO:

Cálculo das concentrações em mol/L no equilíbrio.

$$M = \left[ \frac{n}{V} \right] = \frac{n}{V}$$

a)  $[SO_2] = \text{---} = \text{--- mol/L}$

b)  $[O_2] = \text{---} = \text{--- mol/L}$

c)  $[SO_3] = \text{---} = \text{--- mol/L}$

d) Expressão da constante de equilíbrio

$$K_c = \frac{[ ]^2}{[ ]^2 \cdot [ ]} = \frac{( )^2}{( )^2 \cdot ( )} = \text{---}$$

### 3 (UEL-PR) – No equilíbrio químico



verifica-se que, a 25°C,  $[A] = [B] = 1 \text{ mol/L}$  e  $[C] = [D] = 2 \text{ mol/L}$ . A constante de equilíbrio em termos de concentração, a 25°C, tem valor numérico:

- a) 4,0      b) 3,0      c) 2,0      d) 1,0      e) 0,50

### 4 Em determinada temperatura, as pressões parciais das espécies presentes no equilíbrio:

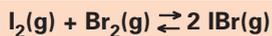
$2 \text{ NO(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)}$  são:

$$P_{\text{NO}} = 0,2 \text{ atm}; P_{\text{N}_2} = P_{\text{O}_2} = 0,02 \text{ atm}$$

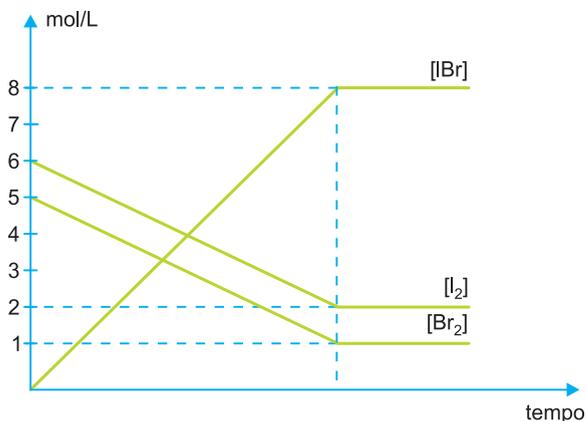
Com esses dados, obtém-se para a constante de equilíbrio  $K_p$  o valor numérico:

- a) 1      b) 0,1      c) 0,01      d) 0,001      e) 0,0001

### 5 (MODELO ENEM) – Considerando a reação

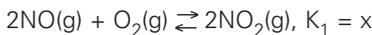


o gráfico a seguir mostra como a concentração em mol/L de cada substância varia com o tempo:

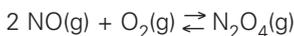


Qual o valor numérico da constante de equilíbrio em termos de concentração ( $K_c$ )?

### 6 (FESP/UPE-PE) – Considere os equilíbrios abaixo, a uma dada temperatura:



A constante de equilíbrio  $K_3$  na mesma temperatura, para o equilíbrio abaixo, é:



a)  $K_3 = xy$

b)  $K_3 = x/y$

c)  $K_3 = y/x$

d)  $K_3 = \sqrt{xy}$

e)  $K_3 = \sqrt{x} \cdot y$

### ORIENTAÇÃO DA RESOLUÇÃO:

a)  $K_1 = \frac{\text{---}}{\text{---}}$

$\therefore [\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2] = \text{---}$

b)  $K_2 = \frac{\text{---}}{\text{---}}$

$\therefore [\text{N}_2\text{O}_4] = \text{---}$

c)  $K_3 = \frac{\text{---}}{\text{---}}$

d) Substituindo a e b em c:

$$K_3 = \frac{K_2[\text{NO}_2]^2}{\frac{[\text{NO}_2]^2}{K_1}}$$

e) Resposta: alternativa: .....

## Módulo 18 – Cálculo das quantidades no equilíbrio

### 1 Complete a tabela:

	$\text{N}_2\text{O}_4\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{ NO}_2\text{(g)}$	
início	10 mol	---
reage e forma		
equilíbrio		4 mol

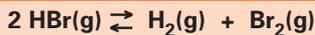
2 Calcule o valor do  $K_c$  através dos dados fornecidos da questão 1, sabendo que o volume aonde é feita a reação corresponde a 1L.

3 (ITA-SP) – Num recipiente de volume constante igual a 1,00 litro, inicialmente evacuado, foi introduzido 1,00 mol de pentacloreto de fósforo gasoso e puro. O recipiente foi mantido a 250°C e, no equilíbrio final, foi verificada a existência de 0,47 mol de gás cloro. Qual das opções abaixo contém o valor aproximado da constante ( $K_c$ ) do equilíbrio estabelecido dentro do recipiente e representado pela seguinte equação química:



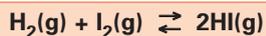
- a) 0,179    b) 0,22    c) 0,42    d) 2,38    e) 4,52

4 Colocam-se em um recipiente de 2 litros 8 mols de HBr gasoso. Atingido o equilíbrio, observa-se a formação de 2 mols de  $Br_2$  gasoso. Qual o  $K_c$  da reação?



- a) 1    b) 1/2    c) 1/4    d) 1/6    e) 1/8

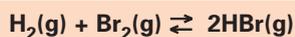
5 (ITA-SP) – Um mol de hidrogênio é misturado com um mol de iodo num recipiente de um litro a 500°C, no qual se estabelece o equilíbrio:



Se o valor da constante de equilíbrio ( $K_c$ ) for 49, a concentração de HI no equilíbrio em mol/litro valerá:

- a) 1/9    b) 14/9    c) 2/9    d) 7/9    e) 11/9

6 (PUC-MG) – Um mol de  $H_2$  e um mol de  $Br_2$  são colocados em um recipiente de 10L de capacidade, a 575°C. Atingindo-se o equilíbrio, a análise do sistema mostrou que 0,20 mol de HBr está presente. Calcule o valor de  $K_c$ , a 575°C, para a reação



7 (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – Considere os seguintes dados referentes a uma reação química:

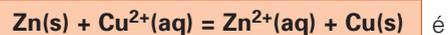
	REAGENTES		PRODUTOS	
	[X]	[Y]	[R]	[S]
ESTADO INICIAL	1	2	0	0
ESTADO DE EQUILÍBRIO	0,5	0,5	0,5	0,5

Com esses dados, conclui-se que:

- I) A constante de equilíbrio da reação é igual a zero.  
 II) A reação é representada pela equação:  
 $X + 3Y \rightarrow R + S$   
 III) Quaisquer que sejam as concentrações iniciais, as de equilíbrio serão sempre todas iguais.
- a) Somente a afirmativa I é correta.  
 b) Somente a afirmativa II é correta.  
 c) Somente a afirmativa III é correta.  
 d) Somente as afirmativas I e II são corretas.  
 e) As afirmativas I, II e III são corretas

## Módulo 19 - Equilíbrio iônico

1 (FEPA) – A expressão para a constante de equilíbrio da reação:



dada por:

- a)  $\frac{[Zn^{2+}(aq)] [Cu(s)]}{[Zn(s)] [Cu^{2+}(aq)]}$     b)  $\frac{[Zn(s)]}{[Cu(s)]}$   
 c)  $\frac{[Zn^{2+}(aq)]^2}{[Cu^{2+}(aq)]^2}$     d)  $\frac{[Cu(s)]}{[Cu^{2+}(aq)]}$   
 e)  $\frac{[Zn^{2+}(aq)]}{[Cu^{2+}(aq)]}$

2 Escreva a expressão da constante de ionização do ácido nitroso ( $HNO_2$ ).

3 Complete com menor ou maior: Quanto maior for o valor da constante de ionização de um ácido ( $K_a$ ), ..... será a força desse ácido.

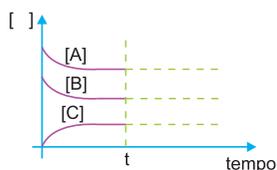
4 (UNIFOR-CE) – O ácido mais forte da série é:

Ácido	$K_a$ (25°C)
$HNO_2$	$4,5 \cdot 10^{-4}$
HCOOH	$1,8 \cdot 10^{-4}$
$H_3CCOOH$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
HClO	$3,5 \cdot 10^{-8}$
HBrO	$2,0 \cdot 10^{-9}$

- a)  $HNO_2$     b) HCOOH    c)  $H_3CCOOH$   
 d) HClO    e) HBrO



- b) se for adicionada ao sistema certa quantidade da substância A na mesma temperatura.



## Módulo 21 - pH e pOH

- 1 Complete com ácido ou básico ou neutro

- a) pH = 7 meio .....  
 b) pH > 7 meio .....  
 c) pH < 7 meio .....

- 2 Complete com maior ou menor:

Quanto maior a concentração dos íons  $H^+$  .....  
 será o pH.

- 3 (UEBA)

Sistemas	pH
Suco gástrico	1,6 – 1,8
Suco de laranja	2,6 – 4,4
Leite de vaca	6,6 – 6,9
Água do mar	8,0
Leite de magnésia	10,5

Considerando os dados da tabela e os conhecimentos sobre equilíbrio iônico, pode-se afirmar:

- 01) O sistema mais alcalino é a água do mar.  
 02) O suco de laranja é menos ácido que o leite de vaca.  
 03) A adição de leite de vaca ao suco de laranja torna-o neutro.  
 04) O pH da água do mar é levemente ácido.  
 05) A ingestão de leite de magnésia aumenta o pH do suco gástrico.

- 4 (PUC-MG – MODELO ENEM) – Ao analisar um determinado suco de tomate, um técnico determinou que sua concentração hidrogeniônica é igual a 0,0001 mol/L. Assim, o pH desse suco de tomate é:

- a) 2      b) 3      c) 4      d) 9      e) 11

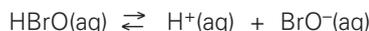
- 5 (FEI-SP) – O pH de uma solução 0,25 mol/L de um monoácido, que está 0,4% dissociado é:

- a) 5      b) 4      c) 3      d) 1      e) 1

- 6 Duas soluções de monoácidos fortes (A e B) apresentam pH iguais a 1 e 2, respectivamente. Isto significa que a concentração de íons hidrogênio da solução ácida A, em relação a B, é

- a) 10 vezes maior.      b) 100 vezes maior.  
 c) 1000 vezes maior.      d) 10 vezes menor.  
 e) 100 vezes menor.

- 7 (UNIP-SP) – A constante de equilíbrio em termos de concentração para a reação:



$$\text{é } K_a = 2 \times 10^{-9}$$

O pH de uma solução 0,05 mol . L<sup>-1</sup> de ácido hipobromoso (HBrO) é:

- a) 3      b) 4      c) 5      d) 6      e) 8

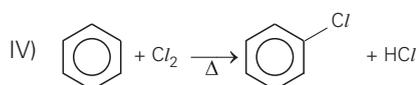
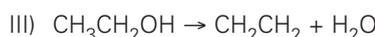
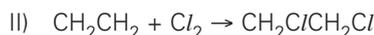
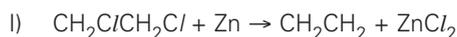
- 8 (UCSAL-BA) – O pH de uma solução aquosa 0,002 mol/L de hidróxido de bário, 100% dissociado, a 25°C, é:

- a) 2,4      b) 3,4      c) 6,6      d) 9,4      e) 11,6

Dado: log 2 = 0,3

## Módulo 22 - Classificação das reações orgânicas. Combustão

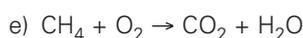
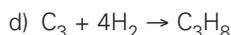
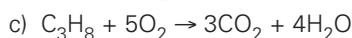
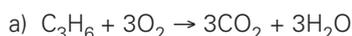
- 1 (CEFET-BA)



A classificação das reações acima é, respectivamente:

- a) eliminação, adição, eliminação, substituição.  
 b) eliminação, adição, substituição, eliminação.  
 c) adição, substituição, eliminação, substituição.  
 d) substituição, eliminação, substituição, adição.  
 e) substituição, eliminação, eliminação, adição.

- 2 (UEPB) – Assinale a alternativa que corresponde a equação química da queima do gás de cozinha (propano):



**3 (SERRA DOS ÓRGÃOS-RJ)** – A combustão total de 1 mol de moléculas de um hidrocarboneto produz 8 mols de moléculas de água e consome 11 mols de moléculas de comburente.

Os dados acima permitem concluir que o hidrocarboneto queimado é o:

- a) heptano.
- b) octeno.
- c) octino.
- d) hepteno.
- e) nonano.

**4 (LA SALLE-RS- MODELO ENEM)** – Os combustíveis automotivos, quando queimados, liberam alguns gases poluentes. Na combustão da gasolina, álcool etílico e óleo diesel, é liberado, entre outros, um gás tóxico que forma com a hemoglobina do sangue um composto que pode levar o indivíduo à morte por asfixia. O gás em questão é o

- a) monóxido de carbono.
- b) nitrogênio.
- c) enxofre.
- d) oxigênio.
- e) dióxido de carbono.

**5 (VUNESP)** – Considere as seguintes informações sobre três substâncias no estado gasoso:

- I. Encontra-se na estratosfera, ao redor de 20km de altitude, funciona como protetor natural da vida.
- II. É muito útil: apaga incêndios, serve para obter aspirina e é utilizado nos refrigerantes.
- III. É o comburente presente na atmosfera, principalmente em baixas altitudes, e é indispensável a muitos processos vitais.

As informações I, II e III referem-se, respectivamente, a

- a)  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ .
- b)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_2$ .
- c)  $\text{O}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ .
- d)  $\text{O}_3$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ .
- e)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{SO}_2$ .

**6 (VUNESP – MODELO ENEM)** – No Brasil, adiciona-se álcool etílico anidro à gasolina, para reduzir a combustão incompleta nos motores. E agosto de 2000, o Ministério da Agricultura anunciou:

“Mistura de álcool anidro na gasolina será reduzida de 24% para 20%. O objetivo é economizar 450 milhões de litros de álcool este ano”.

Em consequência dessa medida, os motores dos veículos movidos a gasolina aumentarão a emissão no ar do poluente:

- a) acetona
- b) etanal
- c) dióxido de carbono
- d) álcool metílico
- e) monóxido de carbono

## FRENTE 1

### Módulo 17 - Funções orgânicas oxigenadas: alcoóis e fenóis

- 1 a) 3-etil-2-metil-2-pentanol ou 3-etil-2-metilpentan-2-ol  
 b) 1-hidróxi-2,4-dimetilbenzeno ou 2,4-dimetilfenol  
 c) cicloexanol ou ciclo-hexanol

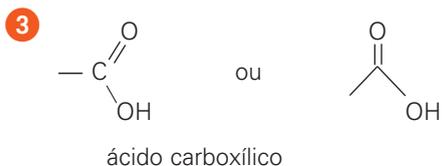
- 2 (01) **Correto**  
 (02) **Errado**  
 (04) **Correto**  
 (08) **Correto**

- 3 a) metanol; álcool metílico; primário  
 b) etanol; álcool etílico; primário  
 c) 1-propanol; álcool propílico; primário  
 d) 2-propanol; álcool isopropílico; secundário

### Módulo 18 - Aldeídos, cetonas e ácidos carboxílicos

- 1 a) álcool secundário  
 b) fenol  
 c) álcool primário  
 d) aldeído  
 e) cetona  
 f) álcool terciário  
 g) aldeído  
 h) cetona

- 2 a) 3,4-dimetilpentanal  
 b) 3-metilbutanona

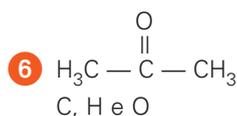


Resposta: E

- 4 (01) **Correto**  
 (02) **Falso**  
 (04) **Correto**  
 (08) **Correto**  
 (16) **Correto**  
 soma : 29

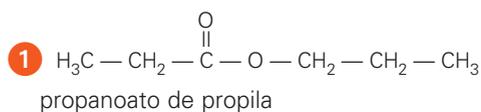
- 5 Álcool etílico: etanol  
 Acetona: propanona  
 Formol: metanal

Resposta: C

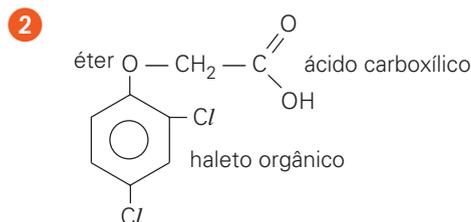


Resposta: A

### Módulo 19 - Sais orgânicos, ésteres, éteres e haletos orgânicos



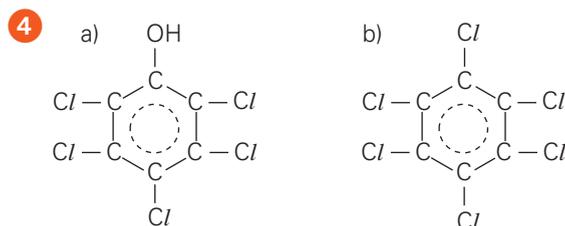
Resposta: C



Resposta: B

- 3 I: Ácido carboxílico  
 II: Álcool  
 III: Éster

Resposta: E

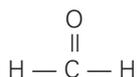


- 5 Fenol, éter, éster e álcool

## Módulo 20 – Funções nitrogenadas e séries homólogas

- 1 a) fenilamina; amina  
b) etanoamida; amida  
c) propanonitrilo; nitrilo
- 2 a) etanoamida; amida  
b) metanoato de metila; éster

- 3 H — CHO aldeído



Resposta: E

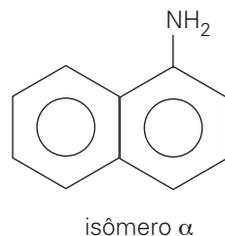
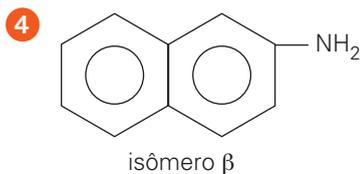
- 4  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$

- 5 Ácido para-aminobenzoico (ou ácido 4-aminobenzoico).

- 6 Éter, amina

## Módulo 21 – Isomeria plana

- 1 a) molecular; estruturais  
b) planas  
c) de função (funcional)  
d) função  
e) insaturação  
f) metameria; heteroátomo
- 2 a) Isomeria de cadeia (acíclica e cíclica)  
b) Isomeria de posição  
c) Isomeria de função (fenol e álcool)  
d) Isomeria de posição
- 3 Quatro ácidos carboxílicos  
a) ácido pentanoico  
b) ácido 2-metilbutanoico  
c) ácido 3-metilbutanoico  
d) ácido 2,2-dimetilpropanoico

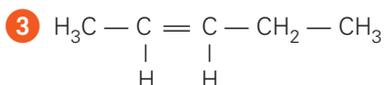


Resposta: E

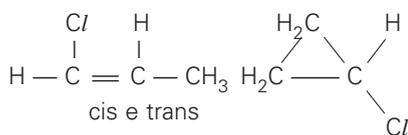
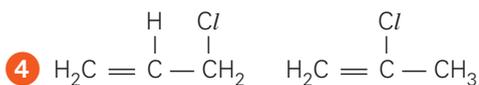
## Módulo 22 – Isomeria geométrica

- 1 a) espaciais; cis-trans  
b) dupla  
c) cis; trans  
d) cis; trans  
e) cis-1-cloropropeno  
trans-1-cloropropeno  
cis-1,2-dimetilciclopropano  
trans-1,2-dimetilciclopropano

- 2 c, d, g, h, i



Resposta: E



Resposta: D

- 5 cis e trans

Resposta: B

Módulo 17 - Constante de equilíbrio

1 a)  $K_C = \frac{[COCl_2]}{[CO][Cl_2]}$

b)  $K_C = \frac{[NO]^2[O_2]}{[NO_2]^2}$

2 a)  $[SO_2] = \frac{2 \text{ mol}}{2L} = 1 \text{ mol/L}$

b)  $[O_2] = \frac{6 \text{ mol}}{2L} = 3 \text{ mol/L}$

c)  $[SO_3] = \frac{4 \text{ mol}}{2L} = 2 \text{ mol/L}$

d)  $K_C = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 \cdot [O_2]} = \frac{(2)^2}{(1)^2 \cdot 3} = \frac{4}{3}$

3 Resposta: A

4  $K_p = \frac{p_{N_2} \cdot p_{O_2}}{p_{NO}^2} = \frac{0,02 \cdot 0,02}{0,2^2} = 0,01$

Resposta: C

5  $K_C = \frac{[IBr]^2}{[I_2] \cdot [Br_2]} = \frac{8^2}{2 \cdot 1} = 32$

6 a)  $K_1 = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2 \cdot [O_2]} \therefore [NO]^2 \cdot [O_2] = \frac{[NO_2]^2}{x}$

b)  $K_2 = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} \therefore [N_2O_4] = y \cdot [NO_2]^2$

c)  $K_3 = \frac{[N_2O_4]}{[NO]^2 \cdot [O_2]}$

d)  $K_3 = \frac{y [NO_2]^2}{\frac{[NO_2]^2}{x}} = xy$

e) Resposta: A

1

	$N_2O_4(g)$	$\rightleftharpoons$	$2NO_2(g)$
início	10 mol		—
reage e forma	2 mol		4 mol
equilíbrio	8 mol		4 mol

2  $K_C = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$

$K_C = \frac{4^2}{8} \therefore K_C = 2$

3  $[ ] = \frac{n}{V} \text{ (mol/L)}$

	$PCl_5(g)$	$\rightleftharpoons$	$PCl_3(g) + Cl_2(g)$
início	1,00		0      0
reage e forma	0,47		0,47    0,47
equilíbrio	$1,00 - 0,47 = 0,53$		0,47    0,47

$K_C = \frac{[PCl_3] \cdot [Cl_2]}{[PCl_5]}$

$K_C = \frac{0,47 \cdot 0,47}{0,53} = 0,42$

Resposta: C

4

	$2HBr(g)$	$\rightleftharpoons$	$H_2(g) + Br_2(g)$
início	8 mol		0      0
reage e forma	4 mol		2 mol    2 mol
equilíbrio	4 mol		2 mol    2 mol
concentração	2 mol/L		1 mol/L    1 mol/L

$K_C = \frac{[H_2] \cdot [Br_2]}{[HBr]^2}$

$K_C = \frac{1 \cdot 1}{(2)^2} = \frac{1}{4}$

Resposta: C

5	$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$		
início	1 mol/L	1 mol/L	0
reage e forma	x	x	2x
equilíbrio	1 - x	1 - x	2x

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]}$$

$$49 = \frac{(2x)^2}{(1-x)(1-x)}$$

$$7^2 = \frac{(2x)^2}{(1-x)^2} \therefore \pm 7 = \frac{2x}{1-x}$$

$$x = \frac{7}{5} > 1 \text{ (impossível)}$$

$$x = \frac{7}{9} \therefore [\text{HI}] = \frac{14}{9} \text{ mol/L}$$

**Resposta: B**

6	$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HBr}(\text{g})$		
início	0,1 mol/L	0,1 mol/L	—
reage e forma	0,02 mol/L	0,02 mol/L	0,02 mol/L
equilíbrio	0,08 mol/L	0,08 mol/L	0,02 mol/L

$$K_c = \frac{[\text{HBr}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{Br}_2]} \therefore K_c = \frac{(0,02)^2}{(0,08 \cdot 0,08)} \therefore K_c = 3,125$$

**7 Resposta: B**

## Módulo 19 - Equilíbrio iônico

**1** Na expressão do  $K_c$  não entra sólido.

**Resposta: E**

**2**  $\text{HNO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{NO}_2^-]}{[\text{HNO}_2]}$$

**3** Maior

**4 Resposta: A**

- 5** I) **Correto:** maior  $K_a \Rightarrow$  ácido mais forte  
 II) **Falso:** quanto maior o valor de  $K_a$ , maior a força do ácido e mais ionizado ele será (HF)  
 III) **Correto:** quanto menor o valor de  $K_a$ , menor a concentração de íons  $\text{H}^+$  na solução.

**Resposta: D**

**6**  $\text{HNO}_2$  é mais forte (maior  $K_a$ )

**Resposta: D**

**7** Quanto maior a constante de ionização, mais forte o ácido, isto é, mais intensa a ionização.



maior  $K_a$  maior quantidade de íons

A solução melhor condutora de eletricidade é a 0,1 mol/L de HBr, pois é o ácido mais ionizado (mais forte).

**Resposta: B**

## Módulo 20 - Deslocamento de equilíbrio químico

**1** a) Desloca para a direita.  
 b) Desloca para a esquerda.  
 c) Desloca para a esquerda.

**2** a) Desloca para a direita.  
 b) Desloca para a esquerda.

**3** a) Desloca para a esquerda.  
 b) Desloca para a direita.

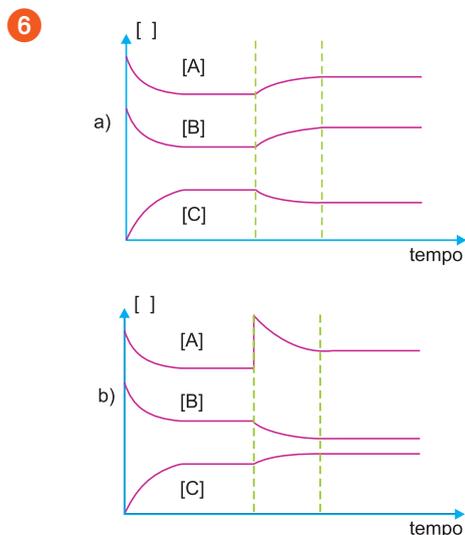
**4** A reação que produz  $\text{H}_2(\text{g})$  é endotérmica ( $\Delta H > 0$ )  
 O aumento da temperatura faz o equilíbrio deslocar no sentido da reação endotérmica (produção do  $\text{H}_2$ ).

**Resposta: C**

**5**  $K_c$  diminui, pois a reação direta é exotérmica.

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}$$

O aumento de temperatura desloca o equilíbrio para a esquerda.  $[\text{NH}_3]$  diminui, enquanto  $[\text{N}_2]$  e  $[\text{H}_2]$  aumentam. Logo,  $K_C$  diminui.



## Módulo 21 - pH e pOH

- 1 a) Neutro  
b) Básico  
c) Ácido

- 2 Menor

- 3 01) **Errada.**  
(é o leite de magnésia)  
02) **Errada.**  
03) **Errada.**  
(ambos são meios ácidos)  
04) **Errada.**  
05) **Correta.**

- 4 **Resposta: B**

- 5  $[\text{H}^+] = \alpha \cdot M \therefore [\text{H}^+] = 0,4 \cdot 10^{-2} \cdot 0,25 \therefore$   
 $[\text{H}^+] = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$   
 $\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \therefore \text{pH} = -\log 10^{-3} \therefore \text{pH} = 3$

**Resposta: C**

6  $\text{pH}_A = 1 \Rightarrow [\text{H}^+]_A = 10^{-1} \text{ mol/L}$

$\text{pH}_B = 2 \Rightarrow [\text{H}^+]_B = 10^{-2} \text{ mol/L}$

$$\frac{[\text{H}^+]_A}{[\text{H}^+]_B} = \frac{10^{-1}}{10^{-2}} = 10$$

$[\text{H}^+]_A = 10 [\text{H}^+]_B$

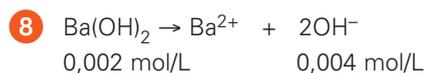
**Resposta: A**

7  $K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{BrO}^-]}{[\text{HBrO}]} \therefore 2 \cdot 10^{-9} = \frac{[\text{H}^+]^2}{5 \cdot 10^{-2}} \therefore$

$\therefore [\text{H}^+]^2 = 1,0 \cdot 10^{-10}$

$[\text{H}^+] = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} \therefore \text{pH} = -\log [\text{H}^+] \therefore \text{pH} = 5$

**Resposta: C**



$[\text{OH}^-] = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \therefore$

$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] \therefore \text{pOH} = -\log 4 \cdot 10^{-3}$

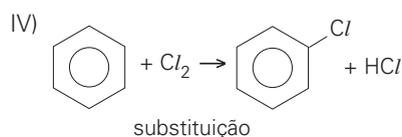
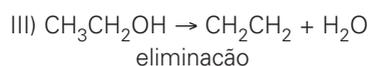
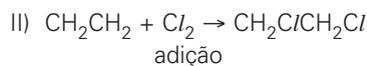
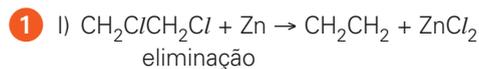
$\text{pOH} = -(\log 2^2 + \log 10^{-3}) = -0,6 + 3$

$\text{pOH} = 2,4$

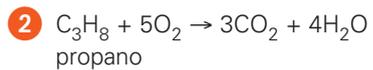
$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \therefore \text{pH} = 11,6$

**Resposta: E**

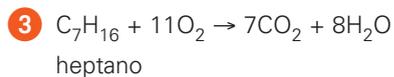
## Módulo 22 - Classificação das reações orgânicas. Combustão



**Resposta: A**



**Resposta: C**



**Resposta: A**

4 O gás tóxico é CO (monóxido de carbono)

**Resposta: A**

- 5 I.  $O_3$   
II.  $CO_2$   
III.  $O_2$

**Resposta: C**

6 A gasolina é mais poluente que o álcool, portanto, aumentará a poluição do CO no ar.

**Resposta: E**