



Inseto usando a tensão superficial da água para andar na superfície do líquido.

FRENTE 1

CAPÍTULO

4

Propriedades físicas das substâncias

Na imagem, vemos um inseto andando sobre a água. Esse fenômeno ocorre em razão da tensão superficial, que faz com que o peso do inseto gere uma leve concavidade na superfície da água – mas que não é suficiente para que ele afunde.

As interações entre partículas estão divididas em atrações interatômicas, ou seja, aquelas que ocorrem entre átomos na formação de ligações químicas; e forças intermoleculares, as que ocorrem entre moléculas, sejam da mesma substância, sejam de substâncias diferentes.

Muitas propriedades da matéria, como temperaturas de fusão e ebulição e solubilidade, estão intimamente relacionadas às forças intermoleculares.

Forças intermoleculares e a mudança de estado físico das substâncias moleculares

Há uma variação muito grande nas temperaturas de fusão e ebulição das substâncias moleculares. Por esse motivo, em temperatura ambiente, é possível encontrá-las nos estados sólido, líquido e gasoso.

Essa variação se deve basicamente:

- aos diversos tipos de atração intermolecular (dipolo induzido, dipolo permanente e ligação de hidrogênio) que essas moléculas apresentam, pois, quanto mais intensas são essas atrações, maior será a quantidade de energia necessária para separá-las, portanto, maior a temperatura de ebulição;
- ao tamanho e à massa das moléculas, pois as maiores apresentam maiores superfícies de contato e, conseqüentemente, quantidades maiores de atrações intermoleculares, o que aumenta a temperatura de ebulição. As moléculas de maior massa necessitam de mais energia térmica a fim de adquirir velocidade suficiente para escapar da superfície do líquido durante a ebulição.

Observe, nas tabelas a seguir algumas comparações das temperaturas de ebulição dos compostos moleculares.

Substância	Temperatura de ebulição (°C) a 1 atm	Massa molecular (u)	Período da tabela periódica
F ₂	-187,9	38	2
Cl ₂	-34,4	71	3
Br ₂	59	159,8	4
I ₂	184,6	253,8	5

Temperaturas de ebulição das substâncias F₂, Cl₂, Br₂ e I₂.

As substâncias formadas pelos elementos químicos do grupo 17 são apolares, portanto realizam o mesmo tipo de interação intermolecular (dipolo induzido). Os elementos químicos flúor e cloro, em condições ambiente (25 °C e 1 atm), apresentam-se na forma gasosa, ao passo que o bromo é líquido, e o iodo, sólido.

Perceba que, conforme descemos o grupo 17 na tabela periódica, as substâncias formadas por seus elementos químicos aumentam de tamanho e de massa, devido ao aumento de camadas eletrônicas e da quantidade de prótons no núcleo. Essa diferença entre as substâncias é responsável pela diferença nas temperaturas de ebulição.

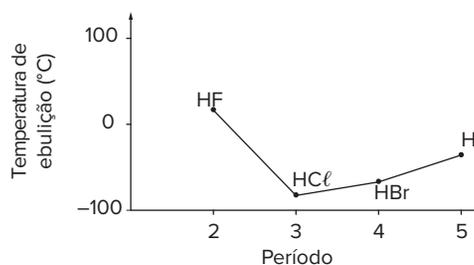
Atenção

Lembre-se de que, em moléculas ou átomos maiores, a deformação da nuvem eletrônica é mais intensa, pois, além de existirem mais elétrons, eles estão mais afastados do núcleo, o que facilita a formação dos dipolos induzidos (maior polarizabilidade), aumentando a intensidade das forças de London.

Substância	Temperatura de ebulição (°C) a 1 atm	Massa molecular (u)	Período da tabela periódica
HF	19,5	20	2
HCl	-85,1	36,5	3
HBr	-67	80,9	4
HI	-35,3	127,9	5

Temperaturas de ebulição das substâncias HF, HCl, HBr e HI.

Os hidretos dos elementos químicos do grupo 17 são substâncias polares que se atraem por interação do tipo dipolo permanente, por isso apresentam temperaturas de ebulição maiores do que as das substâncias formadas apenas pelos elementos químicos desse grupo.



A temperatura de ebulição do fluoreto de hidrogênio (HF) não acompanha a tendência observada nos outros hidretos do mesmo grupo.

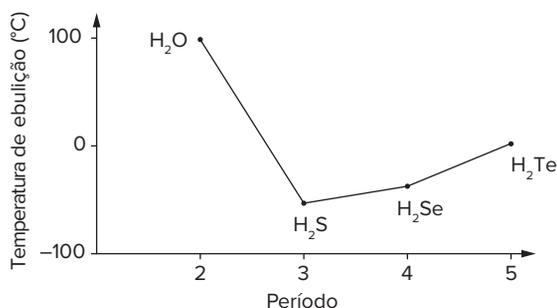
O HF é o único hidreto do grupo 17 que realiza interação do tipo ligação de hidrogênio, uma interação intermolecular mais intensa, o que faz sua temperatura de ebulição ser bem mais alta que o esperado, diferentemente das temperaturas dos outros hidretos do grupo.

A diferença entre as temperaturas de ebulição do cloreto de hidrogênio (HCl), do brometo de hidrogênio (HBr) e do iodeto de hidrogênio (HI) se deve ao aumento do tamanho e da massa das moléculas. Quanto maior o tamanho e a massa, maior a temperatura de ebulição.

Substância	Temperatura de ebulição (°C) a 1 atm	Massa molecular (u)	Período da tabela periódica
H ₂ O	100	18	2
H ₂ S	-60,4	34	3
H ₂ Se	-41,25	80,9	4
H ₂ Te	-2,2	129,6	5

Temperaturas de ebulição das substâncias H₂O, H₂S, H₂Se e H₂Te.

O mesmo comportamento observado nos hidretos do grupo 17 pode ser observado nos do grupo 16. Veja que a água (H_2O) é a única substância que realiza interação do tipo ligação de hidrogênio (interação mais intensa), portanto apresenta a maior temperatura de ebulição. O sulfeto de hidrogênio (H_2S), o seleneto de hidrogênio (H_2Se) e o telureto de hidrogênio (H_2Te) são polares e realizam interação do tipo dipolo permanente, mais fraca que a ligação de hidrogênio, apresentando temperaturas de ebulição mais baixas que a da H_2O .



A diferença entre as temperaturas de ebulição das demais substâncias se deve ao aumento do tamanho e da massa das moléculas. Quanto maiores o tamanho e a massa, maior a temperatura de ebulição.

Fórmula estrutural	Massa molecular (u)	Temperatura de ebulição (°C)
<p>butano</p>	58	-0,5
<p>isobutano</p>	58	-11,7

Temperatura de ebulição do butano e do isobutano.

Observe que os dois compostos são apolares, realizam o mesmo tipo de interação intermolecular (dipolo induzido) e apresentam a mesma massa molecular (58 u). Nesse caso, o formato da molécula é o fator determinante das temperaturas de ebulição.

Moléculas com formatos mais alongados e extensos apresentam maior superfície de contato. Dessa forma, encaixam-se melhor entre si, e, com isso, há maior intensidade na atração intermolecular.

! Atenção

Quando comparamos a temperatura de ebulição de hidrocarbonetos isômeros, quanto mais ramificada for a cadeia, menor a superfície de contato entre os compostos e, conseqüentemente, menor a temperatura de ebulição.

💡 Saiba mais

Número de ligações de hidrogênio por molécula

Foi estudado que as ligações de hidrogênio ocorrem apenas quando o hidrogênio está ligado a flúor, oxigênio e nitrogênio. As substâncias mais simples que formam ligações de hidrogênio são a amônia (NH_3), a água (H_2O) e o fluoreto de hidrogênio (HF). Como a ligação de hidrogênio ocorre entre o hidrogênio de carga parcial positiva de uma molécula e o elemento químico com carga parcial negativa da outra molécula, a força da ligação de hidrogênio está relacionada à diferença de eletronegatividade entre o hidrogênio e o outro elemento químico que forma a molécula, pois, quanto mais polarizada for a ligação covalente, mais forte será a força de atração entre as moléculas.

Dessa forma, a ordem crescente da força das ligações de hidrogênio é $NH_3 < H_2O < HF$. Porém, quando comparamos as temperaturas de ebulição dessas substâncias, podemos observar um comportamento diferente:

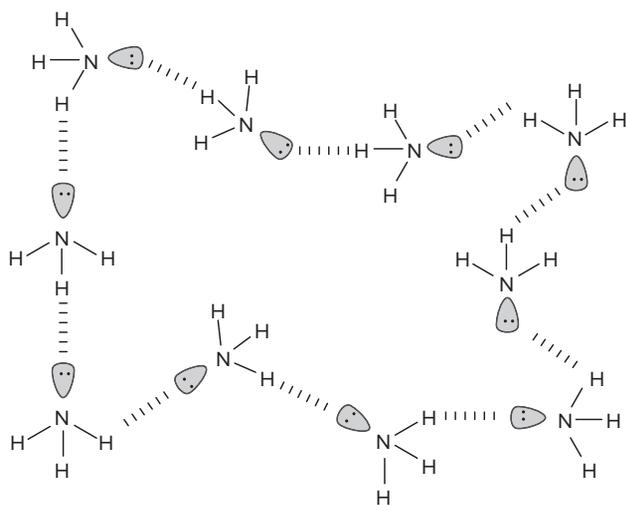
Substância	Temperatura de ebulição (°C) a 1 atm	Massa molecular (u)
NH_3	-33,3	17
H_2O	100	18
HF	19,5	20

Como a polaridade e a massa molecular do HF são maiores, era esperado que a temperatura de ebulição fosse superior à da água. Porém, isso não é visto porque, para que a ligação de hidrogênio ocorra, é necessário que o hidrogênio com carga parcial positiva se atraia a um par de elétrons não compartilhados do elemento químico mais eletronegativo. Observe a tabela a seguir.

Substância	Número de H ligado em F, O ou N	Número de pares de elétrons livres	Número de ligações de hidrogênio por molécula
HF	1	3	2
H ₂ O	2	2	4
NH ₃	3	1	2

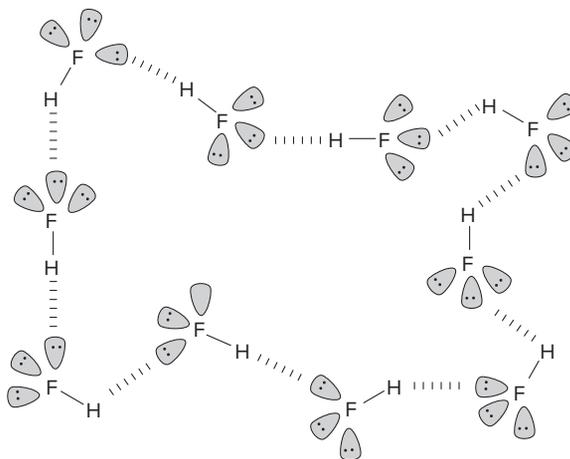
Analisando as informações da tabela, podemos notar que:

- na molécula de amônia, apesar de existirem três hidrogênios ligados ao nitrogênio, há apenas um par de elétrons livres, ou seja, não existem pares de elétrons suficientes para todos os hidrogênios. Imagine uma situação hipotética em que um recipiente contenha apenas 1000 moléculas de amônia no estado líquido. Nesse recipiente, existiriam 3000 átomos de hidrogênio, mas apenas 1000 pares de elétrons, de forma que 2000 hidrogênios não seriam capazes de interagir com pares de elétrons. Para melhor visualização, observe a figura a seguir, com 10 moléculas:



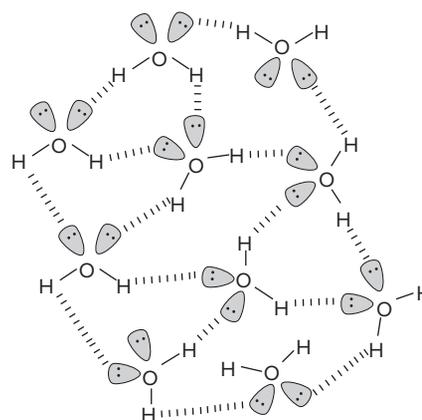
Representação das ligações de hidrogênio presentes entre moléculas de amônia.

- na molécula de fluoreto de hidrogênio, a situação se inverte: apesar de existirem três pares de elétrons livres, há apenas um hidrogênio ligado ao flúor, ou seja, não existem hidrogênios suficientes para todos os pares de elétrons. No caso hipotético de 1000 moléculas de fluoreto de hidrogênio no estado líquido, 2000 pares de elétrons ficariam sem ligação de hidrogênio. Para melhor visualização, observe a figura a seguir, com 10 moléculas:



Representação das ligações de hidrogênio presentes entre moléculas de fluoreto de hidrogênio.

- na molécula de água, existem dois átomos de hidrogênio ligados ao oxigênio e dois pares de elétrons livres no oxigênio, ou seja, há um átomo de hidrogênio para cada par de elétrons. No caso hipotético de 1000 moléculas de água no estado líquido, existiriam 2000 átomos de hidrogênio e 2000 pares de elétrons, de forma que todos poderiam formar ligações de hidrogênio. Para melhor visualização, observe a figura a seguir, com 10 moléculas:



Representação das ligações de hidrogênio presentes entre moléculas de água.

Como a água realiza um número maior de ligações de hidrogênio, sua temperatura de ebulição é maior do que a da amônia e a do fluoreto de hidrogênio.

Solubilidade dos compostos

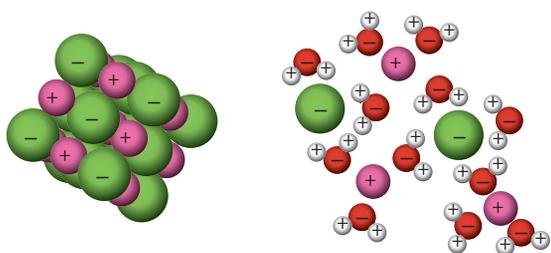
Duas substâncias são solúveis entre si ou se dissolvem uma na outra quando formam uma mistura homogênea. Para que isso aconteça, é necessário que existam forças de atração entre as partículas do soluto (substância que vai ser dissolvida) e as partículas do solvente (substância em que vai ocorrer a dissolução).

Substâncias que apresentam a mesma polaridade tendem a se agrupar e/ou interagir entre si, o que não acontece com substâncias que apresentam polaridades diferentes: elas não interagem, formando as fases que observamos nas misturas heterogêneas.

As substâncias iônicas, por exemplo, tendem a se dissolver em solventes polares, assim como substâncias polares podem se misturar, formando soluções líquidas. No entanto, substâncias polares não podem ser dissolvidas em substâncias apolares, e vice-versa. Ao tentarmos misturar água (H₂O) e iodo (I₂), por exemplo, o sistema formado será heterogêneo, pois a água é polar, e o iodo, apolar; portanto, a interação entre essas duas substâncias é bem reduzida.

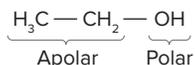
Se misturarmos I₂ em tetracloreto de carbono (CCl₄), por exemplo, o sistema formado será homogêneo, pois são duas substâncias apolares e realizam o mesmo tipo de interação (dipolo induzido).

Outro exemplo é a dissolução de NaCl em água. As moléculas de água, com sua alta polaridade, conseguem envolver os íons individualmente conforme se soltam do retículo cristalino (sofrem dissociação), por meio de uma interação chamada de **íon-dipolo**. Os cátions são estabilizados pelo lado negativo da água, e os ânions, pelo lado positivo.



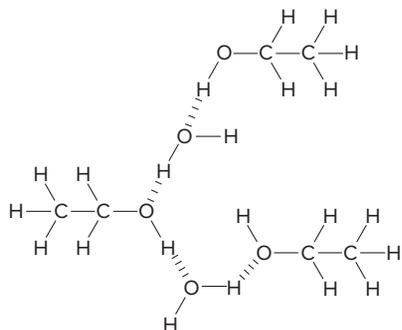
Representação da solvatação do NaCl.

Compostos orgânicos como os hidrocarbonetos (C_xH_y), que são apolares, e os haletos (R – X), em que (X = halogênio), que são muito pouco polares, são insolúveis em água. Já compostos que apresentam funções orgânicas oxigenadas e nitrogenadas, como álcoois, éteres, cetonas, aminas, entre outros, têm uma parte apolar (cadeia carbônica) e uma parte polar (grupo funcional); portanto, podem ser solúveis ou insolúveis em água, dependendo de alguns fatores.



Fórmula estrutural do etanol com destaque para as regiões apolar e polar da molécula.

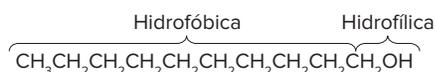
Por exemplo, metanol, etanol e propanol são álcoois miscíveis com água em quaisquer proporções. Nesses casos, os grupos alquila (-CH₃, -C₂H₅, -C₃H₇, respectivamente), que são apolares, são relativamente pequenos e não atrapalham a formação da ligação de hidrogênio entre a água e o grupo hidroxila dos álcoois.



Representação da ligação de hidrogênio entre água e grupos hidroxila do etanol.

Em contrapartida, esses mesmos grupos alquila são responsáveis pela solubilidade dos álcoois em solventes apolares, tais como a gasolina, que é um hidrocarboneto, por meio de interações dipolo induzido.

Nos álcoois com cadeias carbônicas maiores, a solubilidade em água diminui consideravelmente. Por exemplo, o butanol e o pentanol têm solubilidade em água muito baixa (8,3 e 2,4 g/100 g de H₂O a 20 °C, respectivamente); já o decanol é insolúvel em água, pois, apesar de ser possível a formação de ligações de hidrogênio entre o grupo hidroxila e a água, a cadeia carbônica (parte apolar) desse álcool é muito grande, tornando o composto predominantemente apolar. Diz-se que a cadeia longa de carbonos (parte apolar) é **hidrofóbica**, ao passo que o grupo hidroxila (parte polar) é **hidrofílico**.



Fórmula estrutural do decanol com destaque para as regiões hidrofóbica e hidrofílica da molécula.

A solubilidade dos compostos orgânicos em água pode ser prevista de forma mais clara pelas seguintes regras:

- Hidrocarbonetos (C_xH_y) e haletos orgânicos (R – X) são insolúveis.
- Compostos que apresentam **um grupo hidrofílico** (grupo polar capaz de realizar ligação de hidrogênio com a água), por exemplo, uma função oxigenada ou nitrogenada e cadeias carbônicas com:
 - até três carbonos são solúveis;
 - quatro ou cinco carbonos são parcialmente solúveis;
 - seis ou mais carbonos são insolúveis.

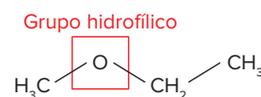
! Atenção

Empiricamente, toda substância tem algum grau de solubilidade em outra. Por exemplo, óleo mineral e água não se misturam. No entanto, caso as duas sejam colocadas no mesmo recipiente e posteriormente separadas, a água se tornará não potável, pois haveria uma pequena dissolução do óleo na água.

Não há consenso em relação à quantidade de substância que deve ser dissolvida para que seja considerada solúvel. Em Química Geral, costuma-se dizer que, para solubilidade acima de 0,01 mol/L, o composto é solúvel; já em Química Orgânica, são considerados solúveis compostos com solubilidade a partir de 3 g em 100 mL (30 g/L).

Observe os exemplos a seguir:

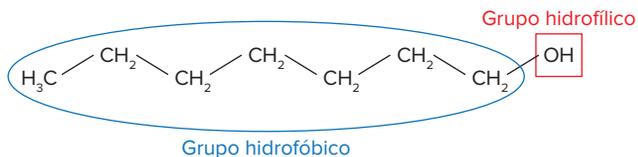
- a) O composto metoxietano é solúvel em água, pois apresenta um grupo hidrofílico e uma cadeia com três carbonos.



- b) O composto propanona é solúvel em água, pois apresenta um grupo hidrofílico e uma cadeia com três carbonos.

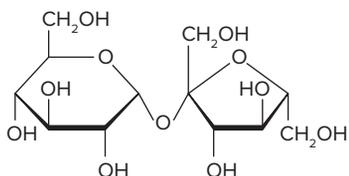


- c) O composto heptanol é insolúvel em água, pois, apesar de apresentar um grupo hidrofílico, sua cadeia carbônica (parte apolar) apresenta sete carbonos.



Atenção

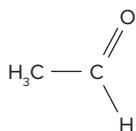
Para substâncias com mais de um grupo hidrofílico, essa regra não se aplica. Por exemplo, a sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) tem 12 carbonos, mas a presença de 11 grupos hidrofílicos a torna altamente solúvel em água.



Exercício resolvido

1. Dadas as seguintes substâncias orgânicas:

- I. $H_3C-CH_2-O-CH_2-CH_3$
- II. $H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-OH$
- III. $H_3C-CH_2-CH_2-CH_3$
- IV. $HO-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$
- V.



Qual alternativa contém, respectivamente, a substância que apresenta maior temperatura de ebulição e a de menor solubilidade em água?

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

Resolução:

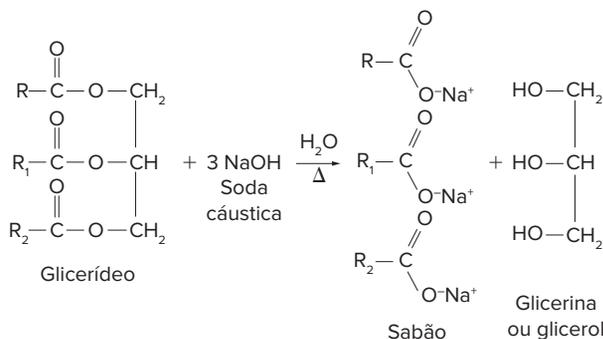
Os compostos II e IV podem formar ligações de hidrogênio, portanto devem apresentar as maiores temperaturas de ebulição. Como o composto IV apresenta dois grupos $-OH$, ele pode formar mais ligações de hidrogênio que o II, logo tem maior temperatura de ebulição.

O único composto que não apresenta grupo hidrofílico é o III. Portanto, não pode formar ligações de hidrogênio com a água e deve apresentar a menor solubilidade.

Resposta: alternativa C.

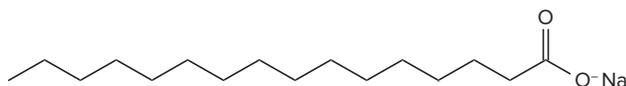
Sabões e detergentes

A manufatura do sabão constitui uma das sínteses químicas conhecidas mais antigas. A hidrólise básica dos glicerídeos (óleos ou gorduras) dá origem aos sais de ácidos carboxílicos e ao glicerol. Essa reação é também conhecida como **saponificação**.



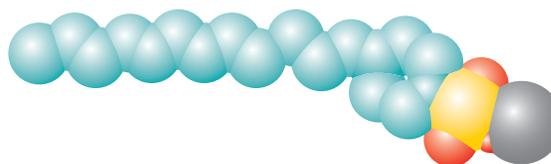
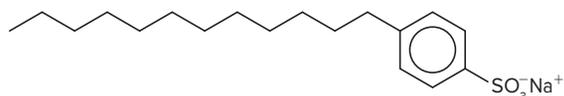
Equação que descreve a reação de saponificação.

Os sabões são, portanto, sais de sódio e/ou potássio de ácidos carboxílicos de cadeia longa (ácidos graxos).



Fórmula estrutural e representação da molécula do palmitato de sódio (sabão comum).

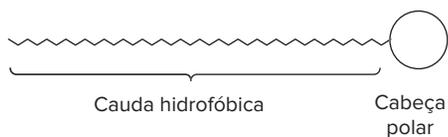
Os detergentes, por sua vez, foram desenvolvidos no início do século XX. São sais de sódio de ácido sulfônico de cadeia longa.



Fórmula estrutural e representação da molécula do laurilbenzenossulfonato de sódio (detergente comum).

Observe que, apesar de apresentarem funções orgânicas diferentes, eles têm ação semelhante. Ambos contêm um grupo funcional hidrofílico muito polar (iônico) e uma cadeia carbônica longa (grupo hidrofóbico). Tanto o sabão quanto o detergente são **moléculas anfífilas** e podem ser representados esquematicamente conforme a figura a seguir.

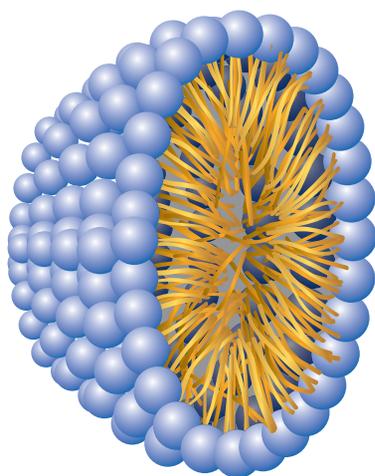
molécula anfífila: aquela cuja estrutura tem uma parte hidrofílica (solúvel em água) e outra parte lipofílica (solúvel em lipídios).



Representação esquemática de um sabão ou detergente.

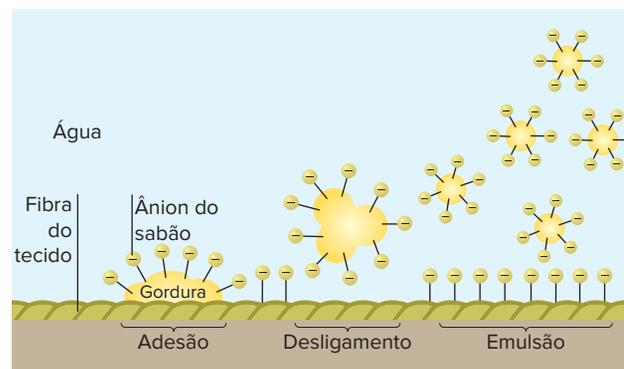
Essa estrutura permite que a molécula do sabão interaja simultaneamente com substâncias apolares, como óleos e gorduras, e com a água, formando **micelas**. Os óleos e as gorduras ficam na parte interna apolar da micela, e a parte externa (polar) interage com a água.

micela: estrutura globular formada por um agregado de moléculas anfipáticas, ou seja, compostos com características simultaneamente polares e apolares, dispersos em um líquido, constituindo uma das fases de um coloide.



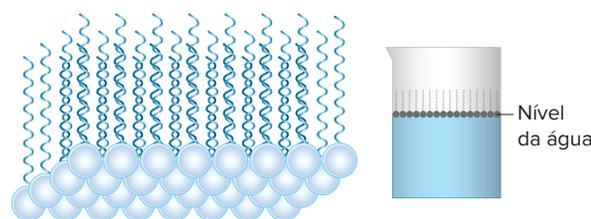
Representação de uma micela.

O processo de formação de micelas é denominado **emulsificação**. Dizemos que o sabão ou o detergente atuam como emulsificantes ou emulsionantes, ou seja, têm a propriedade de fazer o óleo ou a gordura se dispersar na água, formando uma emulsão. O esquema a seguir demonstra esse processo:



Representação da ação de limpeza de um sabão ou detergente.

A formação de uma monocamada de sabão ou detergente na superfície da água é responsável também pelo **efeito tensoativo** ou **surfactante**, ou seja, pela diminuição da tensão superficial da água.



Representação de uma monocamada de sabão ou detergente na superfície da água.

Saiba mais

Bolha de sabão

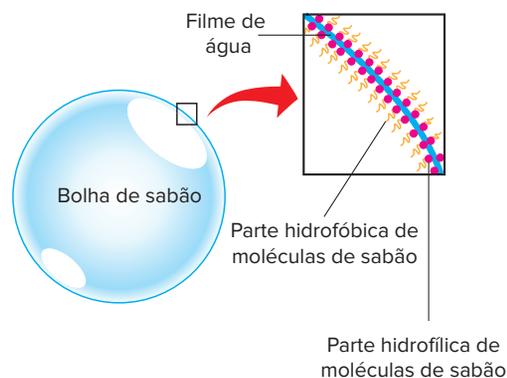
Bolha de sabão é uma película muito fina de sabão e água em forma de esfera. Normalmente, as bolhas de sabão duram apenas alguns segundos e logo explodem por si mesmas ou por contato com outro objeto.

Ao primeiro contato com a bolha, a parte apolar do sabão é atraída pelo objeto e expõe a fina camada de água ao ar. O desmanche da camada de água se propaga rapidamente para o outro lado da bolha.

Surge, assim, a pergunta: Como se forma uma bolha de sabão?

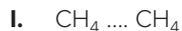
A bolha pode existir porque a camada muito fina de água tem certa tensão superficial, o que faz a camada se comportar como uma folha elástica e adquirir o formato esférico, pois a esfera tem menor área superficial para um volume determinado. Essa tensão superficial é causada pela forte atração que as moléculas de água têm entre si.

O sabão é outro componente essencial para a formação da bolha. É um erro acreditar que o sabão aumenta a tensão superficial da água. Na realidade, ele faz justamente o contrário, diminuindo a tensão superficial de um líquido em, aproximadamente, um terço. O sabão estabiliza a bolha por reduzir a evaporação da água e, principalmente, por aprisionar uma fina camada de água entre sua parte polar, enquanto sua parte apolar mantém contato com o ar.



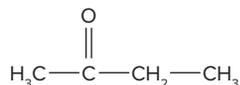
Revisando

1. Considere as seguintes interações:

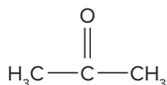


Identifique as forças intermoleculares predominantes que atuam nas interações I, II e III.

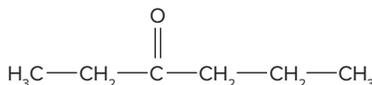
2. Considere as seguintes substâncias:



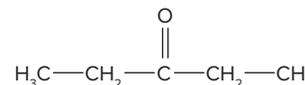
Butanona



Propanona



Hexan-3-ona



Pentan-3-ona

As temperaturas de ebulição, sob pressão de 1 atm, dessas substâncias são, 101 °C, 80 °C, 124 °C e 56 °C, não necessariamente nessa ordem. Estabeleça uma relação entre as estruturas e as temperaturas de ebulição.

3. Sob a mesma pressão, a temperatura de ebulição do butan-1-ol ($\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$) é maior que a do éter dietílico ($\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$). Explique esse comportamento com base na estrutura desses compostos.

4. Identifique o composto que apresenta a maior e a menor temperatura de ebulição.



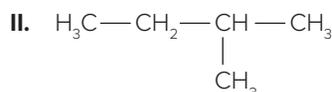
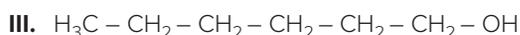
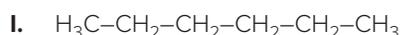
5. Os ácidos em maior ou menor grau são prejudiciais quando manuseados ou podem causar danos só de chegarmos perto. Alguns deles em temperatura ambiente são gases (isso se deve ao fato de apresentarem baixas temperaturas de ebulição) e a sua inalação pode provocar irritação das vias respiratórias.

SARDELLA, A. *Química*. São Paulo: Ática, 2005. p. 74. (Série Novo Ensino Médio).

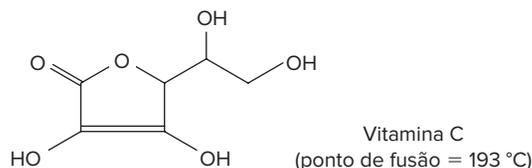
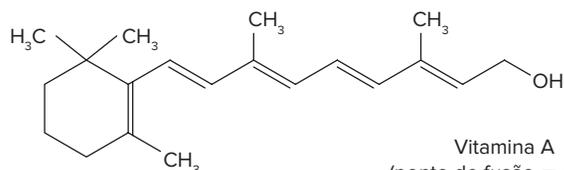
De acordo com a tabela a seguir, determine a ordem crescente das temperaturas de ebulição dos ácidos.

Composto	Massa molecular (u)
H_2S	34
H_2Se	81
H_2Te	129

6. Organize as substâncias I, II e III em ordem crescente de temperatura de ebulição.



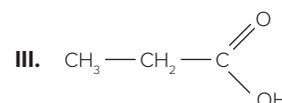
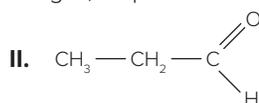
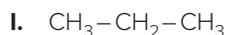
7. Uma das propriedades que determina maior ou menor concentração de uma vitamina na urina é a sua solubilidade em água.



a) Qual dessas vitaminas é mais facilmente eliminada na urina? Justifique.

b) Dê uma justificativa para a temperatura de fusão da vitamina C ser superior à da vitamina A.

8. Com relação aos compostos I, II e III a seguir, responda:



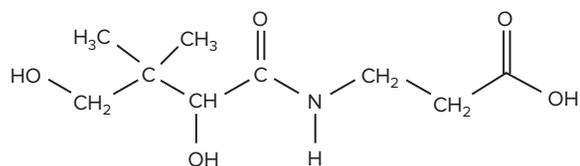
a) Qual deles apresenta maior temperatura de ebulição? Justifique sua resposta.

b) Qual é o menos solúvel em água? Justifique sua resposta.

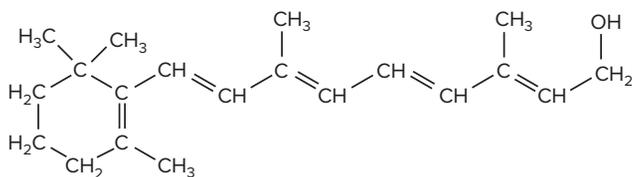
c) Quais são aqueles que formam ligações de hidrogênio entre suas moléculas? Mostre a formação dessas ligações.

9. As vitaminas são compostos orgânicos, presentes nos alimentos, essenciais para o funcionamento normal do metabolismo. As vitaminas podem ser classificadas em dois grupos de acordo com sua solubilidade: lipossolúveis (solúveis em gordura) e hidrossolúveis (solúveis em água). Baseando-se nas estruturas, classifique as vitaminas a seguir em lipossolúvel ou hidrossolúvel.

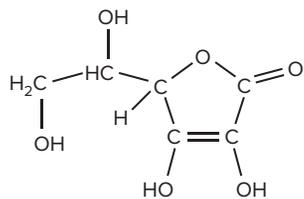
a) Vitamina B₅



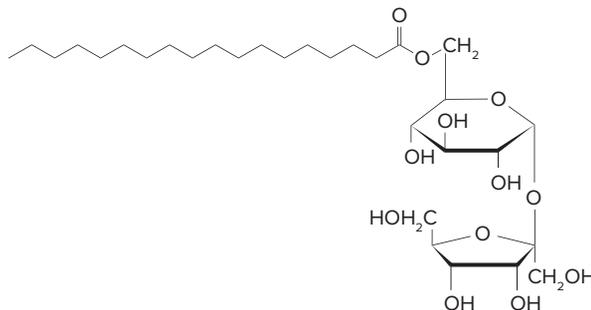
c) Vitamina A



b) Vitamina C



10. Um tensoativo bastante utilizado na produção de alimentos, tais como sorvete e maionese, tem sua fórmula mostrada a seguir.



Na fórmula do tensoativo, circunde com linha pontilhada a parte hidrofóbica e a parte hidrofóbica. Justifique sua escolha em termos de forças de interação com a água e com o óleo.

Exercícios propostos

Forças intermoleculares e solubilidade de compostos

1. **UFPE** A compreensão das interações intermoleculares é importante para a racionalização das propriedades físico-químicas macroscópicas, bem como para o entendimento dos processos de reconhecimento molecular que ocorrem nos sistemas biológicos. A tabela a seguir apresenta as temperaturas de ebulição (TE) para três líquidos à pressão atmosférica.

Líquido	Fórmula Química	TE (°C)
acetona	(CH ₃) ₂ CO	56
água	H ₂ O	100
etanol	CH ₃ CH ₂ OH	78

Com relação aos dados apresentados na tabela acima, podemos afirmar que:

- as interações intermoleculares presentes na acetona são mais fortes que aquelas presentes na água.
- as interações intermoleculares presentes no etanol são mais fracas que aquelas presentes na acetona.

- dos três líquidos, a acetona é o que apresenta ligações de hidrogênio mais fortes.
- a magnitude das interações intermoleculares é a mesma para os três líquidos.
- as interações intermoleculares presentes no etanol são mais fracas que aquelas presentes na água.

2. **FMP-RS 2021** O ácido clorídrico ou cloreto de hidrogênio (HCl) é um importante reagente químico industrial utilizado na produção de plásticos e no processamento de couro. Na indústria alimentar, o ácido clorídrico é empregado como aditivo alimentar e na produção de gelatina.

A menos que seja pressurizado ou resfriado, o ácido clorídrico se transformará em gás se houver cerca de 60% ou menos de água.

A solubilidade desse ácido em 80% de água se origina da formação de interações moleculares do tipo

- dipolo-dipolo.
- covalente.
- iônica.
- ligação de hidrogênio.
- dipolo-induzido.

3. **Uepa** Um indivíduo de má índole sujou de graxa para veículo a camisa de um estudante, o qual, ao chegar em casa, recomendou corretamente um tratamento para remoção da graxa da camisa. A recomendação feita pelo estudante foi:

- lavar com gasolina.
- deixar ao sol no varal.
- lavar com álcool (etanol).
- lavar com água.
- enxaguar com vinagre.

4. **Enem 2019** Os hidrocarbonetos são moléculas orgânicas com uma série de aplicações industriais. Por exemplo, eles estão presentes em grande quantidade nas diversas frações do petróleo e normalmente são separados por destilação fracionada, com base em suas temperaturas de ebulição. O quadro apresenta as principais frações obtidas na destilação do petróleo em diferentes faixas de temperaturas.

Fração	Faixa de temperatura (°C)	Exemplos de produto(s)	Número de átomos de carbono (hidrocarboneto de fórmula geral C_nH_{2n+2})
1	Até 20	Gás natural e gás de cozinha (GLP)	C_1 a C_4
2	30 a 180	Gasolina	C_6 a C_{12}
3	170 a 290	Querosene	C_{11} a C_{16}
4	260 a 350	Óleo <i>diesel</i>	C_{14} a C_{18}

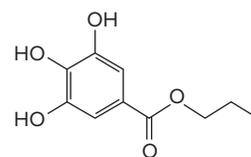
Na fração 4, a separação dos compostos ocorre em temperaturas mais elevadas porque

- suas densidades são maiores.
- o número de ramificações é maior.
- sua solubilidade no petróleo é maior.
- as forças intermoleculares são mais intensas.
- a cadeia carbônica é mais difícil de ser quebrada.

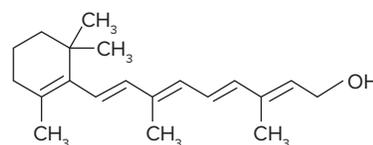
5. **Enem PPL 2015** Além de ser uma prática ilegal, a adulteração de combustíveis é prejudicial ao meio ambiente, ao governo e, especialmente, ao consumidor final. Em geral, essa adulteração é feita utilizando compostos com propriedades físicas semelhantes às do combustível, mas de menor valor agregado. Considerando um combustível com 20% de adjuvante, a mistura em que a adulteração seria identificada visualmente é:

- etanol e água.
- etanol e acetona.
- gasolina e água.
- gasolina e benzeno.
- gasolina e querosene.

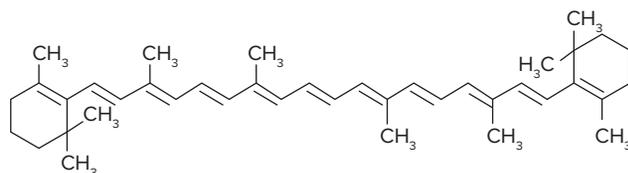
6. **Inspere-SP 2019** A indústria de alimentos emprega diversos aditivos em seus produtos, como vitaminas, corantes e agentes para prevenção da degradação do produto. Na figura, são representadas as fórmulas estruturais de quatro dessas substâncias empregadas pela indústria de alimentos.



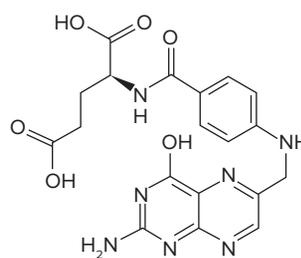
Substância I



Substância II



Substância III



Substância IV

Dentre essas substâncias, as que são solubilizadas em água durante a preparação de alimentos industrializados são aquelas correspondentes às fórmulas estruturais identificadas por:

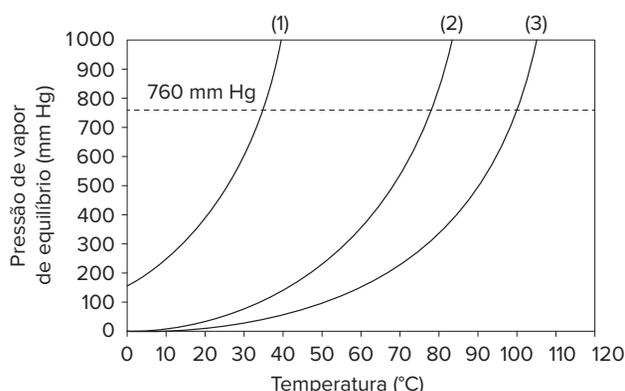
- II e III.
- I e II.
- II e IV.
- I e IV.
- III e IV.

7. **UCS-RS 2014** O sulfeto de hidrogênio, H_2S , é um dos compostos responsáveis pela halitose, ou mau hálito. Ele é formado pela reação das bactérias presentes na boca com os restos de alimento. Apesar de apresentar estrutura semelhante à molécula de água, o H_2S é um gás à temperatura ambiente e pressão atmosférica porque apresenta

- forças intermoleculares mais fracas em relação às ligações de hidrogênio na água.
- forças intermoleculares mais fortes em relação às ligações de hidrogênio na água.
- ligação iônica, e a água apresenta geometria angular.
- ligação covalente, e a água apresenta ligação iônica.
- geometria linear e ligação covalente.

8. **UCS-RS 2015** Se um líquido for aquecido a uma temperatura suficientemente elevada, a tendência ao escape de suas moléculas torna-se tão grande que ocorre a ebulição. Em outras palavras, "um líquido entra em ebulição quando a pressão máxima de seus vapores torna-se igual à pressão externa – que, no

caso de um recipiente aberto, é a pressão atmosférica local”. No gráfico abaixo encontram-se representadas as curvas de pressão de vapor de equilíbrio para três líquidos puros distintos (aqui designados por (1), (2) e (3), respectivamente), em função da temperatura.



Fonte: RUSSELL, John B. *Química Geral*. 2. ed., v. 1, 1994. p. 460. (Adapt.)

Considerando que os três líquidos tenham sido aquecidos até a ebulição, em um mesmo local e ao nível do mar, assinale a alternativa correta.

- A pressão de vapor de equilíbrio do líquido (1) é menor do que a dos líquidos (2) e (3), a 25 °C.
- A 30 °C, o líquido (1) é o menos volátil de todos.
- O menor ponto de ebulição está associado ao líquido (2).
- As forças intermoleculares que ocorrem no líquido (3) são mais fortes do que aquelas nos líquidos (1) e (2).
- Os líquidos (1), (2) e (3) apresentam pontos de ebulição idênticos.

9. **Enem PPL 2019** Em derramamentos de óleo no mar, os produtos conhecidos como “dispersantes” são usados para reduzir a tensão superficial do petróleo derramado, permitindo que o vento e as ondas “quebrem” a mancha em gotículas microscópicas. Estas são dispersas pela água do mar antes que a mancha de petróleo atinja a costa. Na tentativa de fazer uma reprodução do efeito desse produto em casa, um estudante prepara um recipiente contendo água e gotas de óleo de soja. Há disponível apenas azeite, vinagre, detergente, água sanitária e sal de cozinha.

Qual dos materiais disponíveis provoca uma ação semelhante à situação descrita?

- Azeite.
- Vinagre.
- Detergente.
- Água sanitária.
- Sal de cozinha.

10. **Famema-SP 2022** O vírus SARS-CoV-2, causador da doença covid-19, rapidamente se espalhou em todos os continentes e alterou o comportamento de bilhões de pessoas no nosso planeta. Uma medida, aconselhada por especialistas para conter a proliferação desse vírus é a higiene completa das mãos lavando com água e sabão várias vezes ao dia. Com o conhecimento de que o envelope viral, parte externa do vírus, apresenta uma membrana lipoproteica

hidrofóbica, explique, utilizando os conceitos de polaridade e interações intermoleculares, a atuação do conjunto água + sabão como ferramenta para impedir a propagação da covid-19.

11. **Enem PPL 2016** O descarte do óleo de cozinha na rede de esgotos gera diversos problemas ambientais. Pode-se destacar a contaminação dos cursos de água, que tem como uma das consequências a formação de uma película de óleo na superfície, causando danos à fauna aquática, por dificultar as trocas gasosas, além de diminuir a penetração dos raios solares no curso hídrico.

Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com>. Acesso em: 3 ago. 2012 (adaptado).

Qual das propriedades dos óleos vegetais está relacionada aos problemas ambientais citados?

- Alta miscibilidade em água.
- Alta reatividade com a água.
- Baixa densidade em relação à água.
- Baixa viscosidade em relação à água.
- Alto ponto de ebulição em relação à água.

12. **Enem PPL 2016** O quadro apresenta alguns exemplos de combustíveis empregados em residências, indústrias e meios de transporte.

Combustível	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)
Butano	-135	-0,5
Etanol	-112	78
Metano	-183	-162
Metanol	-98	65
Octano	-57	126

São combustíveis líquidos à temperatura ambiente de 25 °C:

- Butano, etanol e metano.
- Etanol, metanol e octano.
- Metano, metanol e octano.
- Metanol e metano.
- Octano e butano.

13. **Unicamp-SP 2015** Os *sprays* utilizados em partidas de futebol têm formulações bem variadas, mas basicamente contêm água, butano e um surfactante. Quando essa mistura deixa a embalagem, forma-se uma espuma branca que o árbitro utiliza para marcar as posições dos jogadores. Do ponto de vista químico, essas informações sugerem que a espuma estabilizada por certo tempo seja formada por pequenas bolhas, cujas películas são constituídas de água e
- surfactante, que aumenta a tensão superficial da água.
 - butano, que aumenta a tensão superficial da água.
 - surfactante, que diminui a tensão superficial da água.
 - butano, que diminui a tensão superficial da água.

14. Enem PPL 2021 Os compostos iônicos CaCO_3 e NaCl têm solubilidades muito diferentes em água. Enquanto o carbonato de cálcio, principal constituinte do mármore, é praticamente insolúvel em água, o sal de cozinha é muito solúvel. A solubilidade de qualquer sal é o resultado do balanço entre a energia de rede (energia necessária para separar completamente os íons do sólido cristalino) e a energia envolvida na hidratação dos íons dispersos em solução.

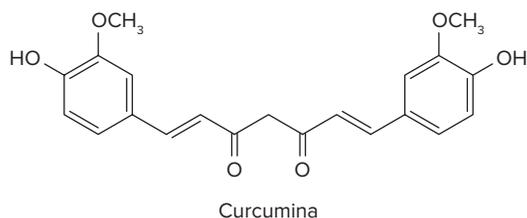
Em relação à energia de rede, a menor solubilidade do primeiro composto é explicada pelo fato de ele apresentar maior

- atração entre seus íons.
- densidade do sólido iônico.
- energia de ionização do cálcio.
- eletronegatividade dos átomos.
- polarizabilidade do íon carbonato.

15. UFU-MG 2021 Os indígenas brasileiros têm na pintura corporal uma de suas formas mais características de expressão, individual e coletiva. Na tribo Tururi, por exemplo, os indígenas utilizam folhas de buri para obter a cor azul, o açafrão para o amarelo e o urucum para conseguirem a cor vermelha.

VANUCHI, V. C. F. Dissertação de mestrado. Corantes Naturais da Cultura Indígena no ensino de química. Santa Maria, RS, 2019. (Adaptado)

Na obtenção da cor amarela, por exemplo, após a secagem do açafrão, as mulheres indígenas extraem a cúrcuma por dissolução em óleos. Na cúrcuma, existe um composto conhecido como curcumina, representado pela estrutura abaixo.



A partir da análise da estrutura acima, do ponto de vista químico, a prática das mulheres indígenas revela que a curcumina se dissolve

- em água melhor do que em óleo, pois hidroxilas na estrutura formam ligações de hidrogênio.
- em óleo devido a sua estrutura apolar, que confere à curcumina características hidrofóbicas.
- tanto em óleo quanto em água, pois apresentará a mesma solubilidade em compostos polares e apolares.
- em óleos, gorduras, salmoura, acetona, metanol, soluções polares e derivados apolares do petróleo.

16. Fatec-SP 2015 Após identificar a presença de álcool etílico, $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$, em amostras de leite cru refrigerado usado por uma empresa na produção de leite longa vida e de requeijão, fiscais da superintendência do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento recomendaram que os lotes irregulares dos produtos fossem recolhidos

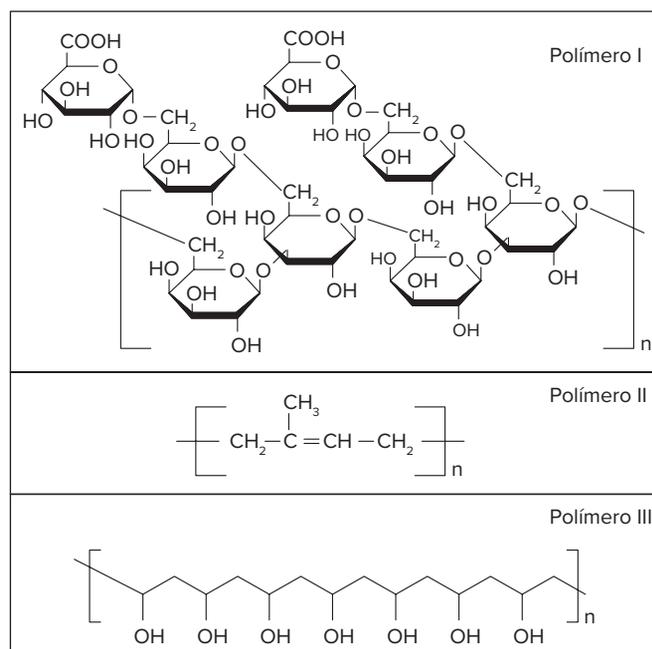
das prateleiras dos supermercados, conforme prevê o Código de Defesa do Consumidor. Segundo o Ministério, a presença de álcool etílico no leite cru refrigerado pode mascarar a adição irregular de água no produto.

(<http://tinyurl.com/m8hxq6b>. Acesso em: 21.08.2014. Adaptado.)

Essa fraude não é facilmente percebida em virtude da grande solubilidade desse composto em água, pois ocorrem interações do tipo

- dipolo-dipolo.
- íon-dipolo.
- dispersão de London.
- ligações de hidrogênio.
- dipolo instantâneo-dipolo induzido.

17. Fuvest-SP 2013 Um funcionário de uma empresa ficou encarregado de remover resíduos de diferentes polímeros que estavam aderidos a diversas peças. Após alguma investigação, o funcionário classificou as peças em três grupos, conforme o polímero aderido a cada uma. As fórmulas estruturais de cada um desses polímeros são as seguintes:



Para remover os resíduos de polímero das peças, o funcionário dispunha de apenas dois solventes: água e n-hexano. O funcionário analisou as fórmulas estruturais dos três polímeros e procurou fazer a correspondência entre cada polímero e o solvente mais adequado para solubilizá-lo. A alternativa que representa corretamente essa correspondência é:

	Polímero I	Polímero II	Polímero III
a)	água	n-hexano	água
b)	n-hexano	água	n-hexano
c)	n-hexano	água	água
d)	água	água	n-hexano
e)	água	n-hexano	n-hexano

18. UFSC 2022

A química do coronavírus

O coronavírus possui, na sua superfície, proteínas (macromoléculas) que se encontram incorporadas em uma dupla camada de lipídios da superfície do vírus. Entre as macromoléculas se destaca a proteína *spike*, pela sua forma de coroa que dá o nome ao vírus e, sobretudo, pelo seu papel fundamental na infecção viral. É a proteína *spike* que interage com uma proteína específica do organismo humano (ACE-2) e permite que o vírus transfira seu material genético (RNA) para as células e se replique.

Disponível em: <https://www.blogs.unicamp.br/covid-19/quimica-do-coronavirus-parte-i>. Acesso em: 22 out. 2021.

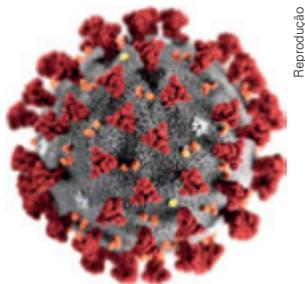


Imagem disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Coronavirus>. Acesso em: 22 out. 2021.

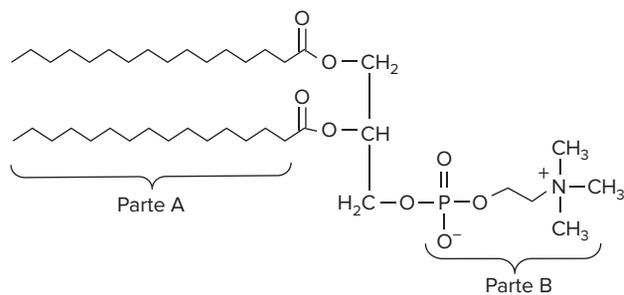
Sobre o assunto, é correto afirmar que:

- 01 a interação entre a proteína *spike* do coronavírus e a proteína ACE-2 das células hospedeiras ocorre fundamentalmente por atração eletrostática, como a que caracteriza ligações metálicas.
- 02 proteínas, como as que compõem a superfície do coronavírus, são moléculas de baixa massa molar formadas por um centro metálico ligado covalentemente a ânions inorgânicos, como íons nitrato, sulfato e amônio.
- 04 as proteínas da superfície do coronavírus são hidrofóbicas, o que faz com que sua estrutura se dissocie em água e justifica a alta eficácia de transmissão do vírus por aerossóis líquidos.
- 08 surfactantes, como os presentes nos detergentes, são capazes de interagir com a camada lipídica da superfície do coronavírus e provocar danos na estrutura do vírus, o que contribui para a eficácia do processo de higienização das mãos com água e detergente.
- 16 os lipídios que compõem a estrutura do coronavírus são formados por cadeias de aminoácidos, o que torna o vírus suscetível à destruição em meios alcalinos.
- 32 moléculas de água interagem por ligações iônicas com a camada lipídica da superfície do coronavírus, o que permite a desinfecção de superfícies contaminadas com o vírus pela ação de água corrente.

Soma:

19. PUC-Minas A maionese é uma emulsão formada entre óleo (azeite, por exemplo) e água (proveniente do ovo). Como água e óleo não se misturam, é necessária a presença de um agente tensoativo, que pode

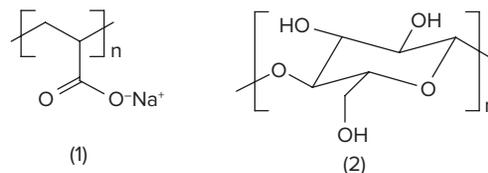
ser representado pelas lecitinas, fosfolípídeos que podem possuir a estrutura exemplificada a seguir e que são encontrados na gema do ovo.



Sobre as lecitinas e seu papel na formação da maionese, é incorreto afirmar que:

- a) as lecitinas apresentam uma porção hidrofílica (polar) representada por A e uma porção hidrofóbica (apolar) representada por B.
- b) as lecitinas diminuem a tensão superficial entre a água e o óleo.
- c) na formação da maionese, a parte A das lecitinas deve ficar voltada para as gotas de óleo e a parte B, para as gotas de água.
- d) as lecitinas na maionese apresentam o mesmo papel que os detergentes na remoção de gorduras.

20. Enem 2013 As fraldas descartáveis que contêm o polímero poliácrlato de sódio (1) são mais eficientes na retenção de água que as fraldas de pano convencionais, constituídas de fibras de celulose (2).



CURI, D. *Química nova na escola*, São Paulo, n. 23, maio 2006 (adaptado).

A maior eficiência dessas fraldas descartáveis, em relação às de pano, deve-se às

- a) interações dipolo-dipolo mais fortes entre o poliácrlato e a água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.
- b) interações íon-íon mais fortes entre o poliácrlato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.
- c) ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliácrlato e a água, em relação às interações íon-dipolo entre a celulose e as moléculas de água.
- d) ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliácrlato e as moléculas de água, em relação às interações dipolo induzido-dipolo induzido entre a celulose e as moléculas de água.
- e) interações íon-dipolo mais fortes entre o poliácrlato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.

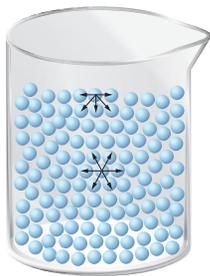
Texto complementar

Propriedades dos líquidos

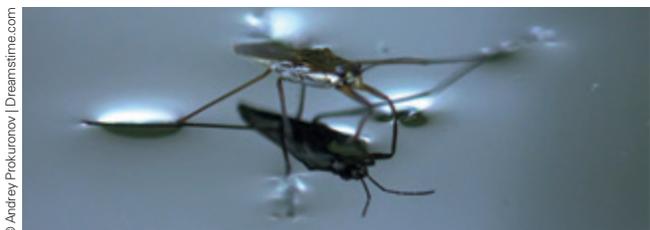
As forças intermoleculares evidenciam algumas características e propriedades dos líquidos. Vamos analisar dois fenômenos associados aos líquidos em geral: a tensão superficial e a viscosidade. Discutiremos também as estruturas e propriedades da água.

Tensão superficial

As moléculas do interior de um líquido são puxadas em todas as direções pelas forças intermoleculares; não há tendência de elas serem puxadas em direção preferencial. Contudo, as moléculas situadas na superfície são puxadas para dentro do líquido e para os lados por outras moléculas, mas não para fora (figura a seguir).



Forças intermoleculares agindo em uma molécula situada na camada superficial de um líquido e no interior do líquido.



A tensão superficial permite que alguns insetos “andem” sobre a água.

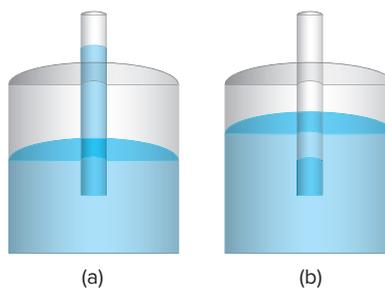
Estas atrações intermoleculares tendem a puxar as moléculas para dentro do líquido e levam a superfície a comportar-se como um filme elástico. Uma vez que as atrações entre as moléculas polares da água e as moléculas apolares da cera na superfície de um automóvel encerado são pequenas ou nulas, uma gota de água toma a forma de uma gotícula redonda, já que essa forma esférica minimiza a área superficial de um líquido. A superfície envernizada de uma maçã úmida também produz esse efeito (figura a seguir).



Gotas de água em uma maçã com a superfície encerada.

Uma medida da força elástica que existe na superfície de um líquido é a tensão superficial. A tensão superficial de um líquido é a quantidade de energia necessária para esticar ou aumentar a área dessa superfície em uma unidade (por exemplo, em 1 cm^2). Os líquidos que têm forças intermoleculares intensas têm também elevadas tensões superficiais. Assim, a água, devido às ligações de hidrogênio, tem uma tensão superficial consideravelmente mais elevada do que a maioria dos líquidos comuns.

Outro exemplo de existência de tensão superficial é a ação capilar. A próxima figura (a) mostra a água subindo espontaneamente em um tubo capilar. Um fino filme de água adere à parede do tubo de vidro. A tensão superficial da água provoca a contração do filme, que, por sua vez, faz a água subir no tubo. Há dois tipos de forças responsáveis pela ação capilar. Uma é a coesão, a atração intermolecular entre moléculas semelhantes (nesse caso, as moléculas de água). A outra, chamada de adesão, é a atração entre moléculas diferentes, como as da água e as das paredes do vidro. Se a adesão for mais forte que a coesão, como na figura (a), o líquido contido no tubo é puxado para cima ao longo do tubo. O processo continua até que a força de adesão seja equilibrada pelo peso da água no tubo. Esse comportamento está longe de ser universal para todos os líquidos, como se vê na figura (b). No mercúrio, a coesão é maior do que a adesão entre o mercúrio e o vidro, de modo que, quando se mergulha um tubo capilar em mercúrio, o resultado é uma descida no nível do mercúrio – ou seja, a altura do líquido no tubo capilar está abaixo do nível exterior do mercúrio no recipiente.

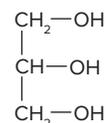


(a) Quando a adesão é maior do que a coesão, o líquido (por exemplo, a água) sobe no tubo capilar. (b) Quando a coesão é maior do que a adesão, como acontece com o mercúrio, surge uma depressão do líquido no tubo capilar. Note que o menisco no tubo com água é côncavo ou arredondado para baixo, enquanto no tubo de mercúrio é convexo ou arredondado para cima.

Viscosidade

A veracidade da expressão “lento como meloço em junho” deve-se a outra propriedade física dos líquidos, chamada viscosidade. A viscosidade é uma medida da resistência que um fluido oferece ao escoamento. Quanto maior a viscosidade, mais lentamente flui o líquido. A viscosidade de um líquido normalmente diminui à medida que a temperatura aumenta; por isso, o meloço quente flui mais depressa do que o meloço frio.

Os líquidos que têm grandes forças intermoleculares têm também viscosidades mais altas do que os que têm forças intermoleculares mais fracas (tabela a seguir). A água tem uma viscosidade superior a de muitos outros líquidos por causa de sua capacidade de formar ligações de hidrogênio. É interessante notar que o glicerol é o líquido da tabela a seguir com maior valor de viscosidade. A estrutura do glicerol é a seguinte:



Tal como a água, o glicerol pode formar ligações de hidrogênio. Cada molécula de glicerol tem três grupos —OH que podem participar de ligações de hidrogênio com outras moléculas de glicerol.

Além disso, essas moléculas, devido à sua forma, têm grande tendência a se entrelaçar em vez de escorregar umas sobre as outras, como acontece com as moléculas de líquidos menos viscosos. Essas interações contribuem para a elevada viscosidade do glicerol.

Líquido	Viscosidade (N s/m ²)
Acetona (C ₃ H ₆ O)	3,16 · 10 ⁻⁴
Água (H ₂ O)	1,01 · 10 ⁻³
Benzeno (C ₆ H ₆)	6,25 · 10 ⁻⁴
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	1,20 · 10 ⁻³
Éter dietílico (C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅)	2,33 · 10 ⁻⁴
Glicerol (C ₃ H ₈ O ₃)	1,49
Mercúrio (Hg)	1,55 · 10 ⁻³
Sangue	4 · 10 ⁻³
Tetracloroeto de carbono (CCl ₄)	9,69 · 10 ⁻⁴

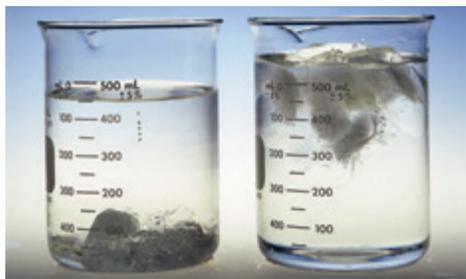
Viscosidade de alguns líquidos comuns a 20 °C.

Estrutura e propriedades da água

A água é uma substância tão comum na Terra que muitas vezes não percebemos sua natureza única. Todos os processos vitais envolvem água. A água é um excelente solvente para muitos compostos iônicos, assim como para outras substâncias capazes de formar com ela ligações de hidrogênio.

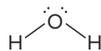
A água tem um calor específico elevado. A razão disso é que a elevação da temperatura da água (isto é, o aumento da energia cinética média das moléculas da água) implica primeiramente a quebra de muitas ligações de hidrogênio intermoleculares existentes. Então, a água pode absorver uma quantidade substancial de calor enquanto a sua temperatura sofre apenas um ligeiro aumento. O contrário também é verdadeiro: a água pode liberar muito calor enquanto a sua temperatura diminui ligeiramente. Por essa razão, as enormes quantidades de água presentes nos lagos e oceanos podem efetivamente moderar o clima das regiões adjacentes, absorvendo calor no verão e liberando calor no inverno, sem haver, no entanto, grandes variações na temperatura da água.

A propriedade mais surpreendente da água é o fato de a sua forma sólida ser menos densa do que a líquida: o gelo flutua na superfície da água líquida. A densidade de quase todas as outras substâncias é maior no estado sólido do que no estado líquido (figura a seguir).



Esquerda: o benzeno sólido afunda no benzeno líquido. Direita: cubos de gelo flutuando na água.

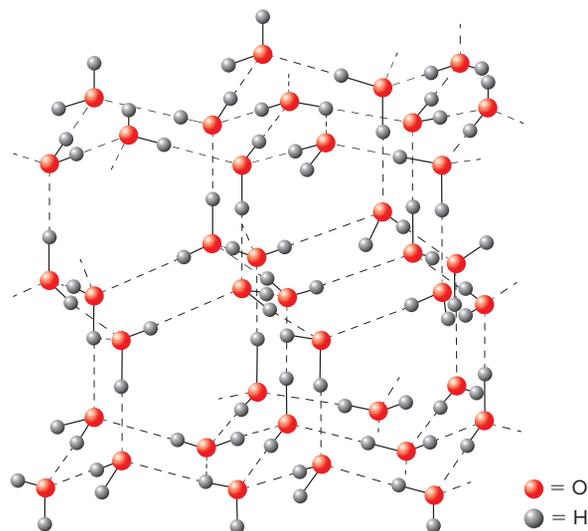
Para compreender por que a água é diferente, temos que observar a estrutura eletrônica da molécula de H₂O. No átomo de oxigênio há dois pares de elétrons não ligantes, ou dois pares isolados:



Embora muitos outros compostos possam formar ligações de hidrogênio intermoleculares, a diferença entre H₂O e outras moléculas polares, como NH₃ e HF, é que cada átomo de oxigênio pode formar duas ligações de hidrogênio, ou seja, um número igual ao número de pares de elétrons isolados. Assim, as moléculas de água ficam ligadas, formando uma rede tridimensional extensa na qual cada átomo de oxigênio está ligado a quatro átomos de hidrogênio por duas ligações covalentes e por duas ligações de hidrogênio, adotando uma geometria aproximadamente tetraédrica. Essa igualdade entre o número de átomos de hidrogênio e o número de pares isolados não se verifica nem em NH₃ ou HF, nem em alguma outra

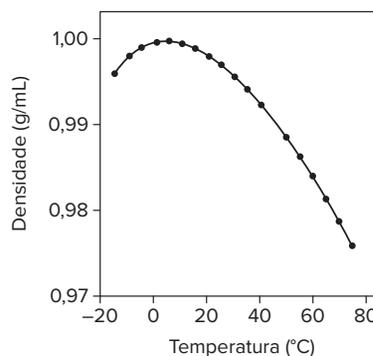
molécula capaz de formar ligações de hidrogênio. Como consequência, essas moléculas podem formar anéis ou cadeias, mas não estruturas tridimensionais.

A estrutura tridimensional altamente ordenada do gelo (figura a seguir) impede as moléculas de se aproximarem demasiado umas das outras.



Estrutura tridimensional do gelo. Cada átomo de O está ligado a quatro átomos de H. As ligações covalentes estão representadas por traços curtos contínuos e as ligações de hidrogênio, mais fracas, por linhas pontilhadas mais compridas entre O e H. O espaço vazio na estrutura é responsável pela baixa densidade do gelo.

Analisemos o que acontece quando o gelo funde. No ponto de fusão, algumas moléculas de água têm energia cinética suficiente para se libertarem das ligações de hidrogênio. Essas moléculas ficam presas nas cavidades da estrutura tridimensional que se quebra, dividindo-se em pequenos agregados. Como resultado desse processo, há mais moléculas por unidade de volume na água líquida do que no gelo. Então, uma vez que a densidade = massa/volume, a densidade da água líquida é maior que a do gelo. Com mais aquecimento, aumenta o número de moléculas que se libertam das ligações de hidrogênio, de modo que, imediatamente acima do ponto de fusão, a densidade da água aumenta com a elevação da temperatura. Claro que, ao mesmo tempo, a água expande ao ser aquecida e a sua densidade diminui. Esses dois processos – o aprisionamento das moléculas de água em cavidades e a expansão térmica – atuam em sentidos opostos. De 0 a 4° C, o aprisionamento prevalece e a água torna-se progressivamente mais densa. Acima de 4° C, contudo, a expansão térmica predomina e a densidade da água diminui à medida que a temperatura aumenta (figura abaixo).



Densidade em função da temperatura para a água líquida. A densidade máxima da água é atingida a 4 °C. A densidade do gelo a 0 °C é cerca de 0,92g/cm³.

CHANG, Raymond; GOLDSBY, Kenneth A. *Química*. 11. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. p. 475-478.

Resumindo

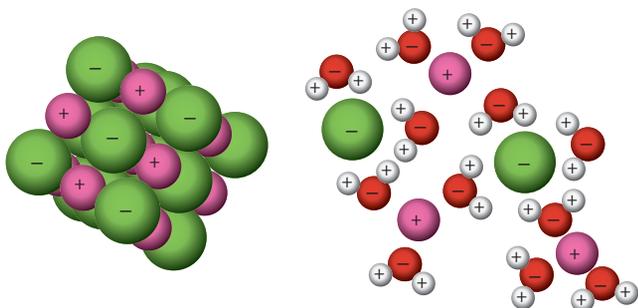
Forças intermoleculares e a mudança de estado físico das substâncias moleculares

A temperatura de ebulição dos compostos moleculares está relacionada basicamente a dois fatores:

- O tipo de interação intermolecular: quanto mais forte a interação, maior a temperatura de ebulição.
- O tamanho e a massa das moléculas: quanto maior o tamanho/massa da molécula, maior a temperatura de ebulição.

Solubilidade dos compostos

- Substâncias que apresentam a mesma polaridade tendem a se agrupar e/ou interagir entre si.
- Substâncias que apresentam diferentes polaridades não interagem, formando as fases que observamos nas misturas heterogêneas.
- Na dissolução de NaCl em água, as moléculas de água, com sua alta polaridade, conseguem envolver os íons individualmente conforme se soltam do retículo cristalino (sofrem dissociação), por uma interação chamada de **ion-dipolo**. Os cátions são estabilizados pelo lado negativo da água, ao passo que os ânions, pelo lado positivo.



Representação da solvatação do NaCl.

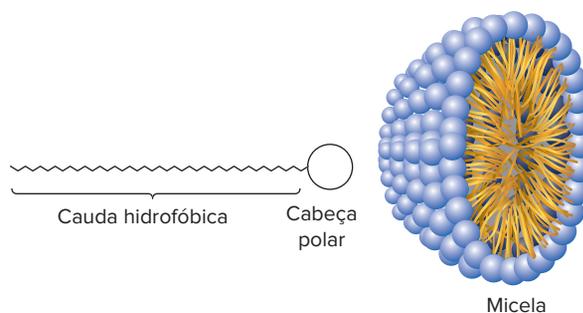
Solubilidade dos compostos orgânicos em água

A solubilidade dos compostos orgânicos em água pode ser prevista de maneira mais clara pelas seguintes regras:

- Hidrocarbonetos (C_xH_y) e haletos orgânicos ($R - X$) são insolúveis.
- Compostos que apresentam **um grupo hidrofílico** (grupo polar capaz de realizar ligação de hidrogênio com a água), por exemplo, uma função oxigenada ou nitrogenada e cadeias carbônicas com:
 - até três carbonos, são solúveis;
 - quatro ou cinco carbonos, são parcialmente solúveis;
 - seis ou mais carbonos, são insolúveis.

Sabões e detergentes

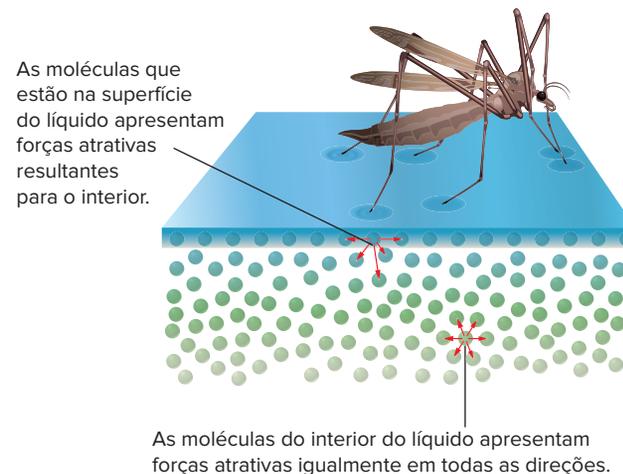
- Os sabões são sais de sódio e/ou potássio de ácidos carboxílicos de cadeia longa (ácidos graxos).
- Os detergentes são sais de sódio de ácido sulfônico de cadeia longa.
- A presença de uma parte hidrofílica e outra hidrofóbica na mesma molécula permite a formação de micelas.
- O processo de formação de micelas é denominado **emulsificação**. Dizemos que o sabão ou o detergente atuam como emulsificantes ou emulsionantes, ou seja, eles têm a propriedade de fazer com que o óleo ou a gordura se disperse na água, formando uma emulsão.



Tensão superficial

Quanto maior for a atração entre moléculas de um líquido, maior será sua tensão superficial. Esse fenômeno ocorre porque as forças de atração que as moléculas da superfície sofrem para baixo não são anuladas, gerando uma película mais coesa na superfície.

Tensão superficial



Quer saber mais?



Sites

www.scielo.br/pdf/qn/v36n8/v36n8a26.pdf

Neste artigo, a solubilidade de diferentes compostos orgânicos é discutida em termos das propriedades das substâncias. Acesso em: 26 ago. 2022.

<https://pt.khanacademy.org/science/biology/water-acids-and-bases/cohesion-and-adhesion/a/cohesion-and-adhesion-in-water>

O site aborda a coesão, a adesão e a tensão superficial da água e como elas se relacionam com as ligações de hidrogênio. Acesso em: 26 ago. 2022.

Exercícios complementares

Forças intermoleculares e solubilidade de compostos

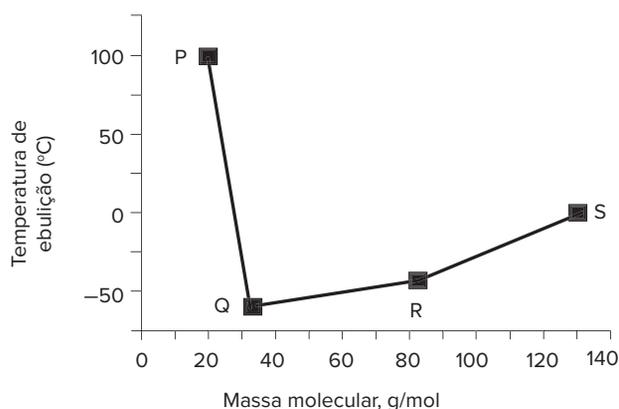
1. UFRGS 2017 Quando tetracloreto de carbono, água e hexano são, nessa sequência, adicionados em uma proveta, é formada uma mistura trifásica com tetracloreto de carbono na fase inferior, água na fase do meio e hexano na fase superior. Quando a ordem de adição é modificada para CCl_4 , hexano e água, forma-se uma mistura bifásica. Considere as afirmações abaixo, a respeito desses solventes.

- A polaridade do CCl_4 é elevada, dada a alta eletronegatividade do cloro e do número de átomos de cloro, tornando-o miscível com a água.
- Uma das fases, na mistura bifásica, é constituída de hexano e tetracloreto de carbono; a outra, de água.
- Um litro de água apresenta uma massa maior que um litro de hexano.

Quais estão corretas?

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas III.
- Apenas II e III.
- I, II e III.

2. Unesp O gráfico a seguir foi construído com dados dos hidretos dos elementos do grupo 16. Com base neste gráfico, são feitas as afirmações seguintes.



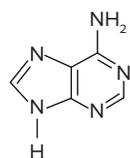
- Os pontos P, Q, R e S no gráfico correspondem aos compostos H_2Te , H_2S , H_2Se e H_2O , respectivamente.
- Todos estes hidretos são gases à temperatura ambiente, exceto a água, que é líquida.
- Quando a água ferve, as ligações covalentes se rompem antes das intermoleculares.

Das três afirmações apresentadas:

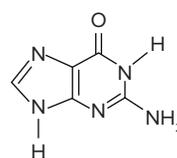
- apenas I é verdadeira.
- apenas I e II são verdadeiras.
- apenas II é verdadeira.
- apenas I e III são verdadeiras.
- apenas III é verdadeira.

3. Fuvest-SP 2016 A estrutura do DNA é formada por duas cadeias contendo açúcares e fosfatos, as quais se ligam por meio das chamadas bases nitrogenadas, formando a dupla hélice. As bases timina, adenina, citosina e guanina, que formam o DNA, interagem por ligações de hidrogênio, duas a duas em uma ordem determinada. Assim, a timina, de uma das cadeias, interage com a adenina, presente na outra cadeia, e a citosina, de uma cadeia, interage com a guanina da outra cadeia.

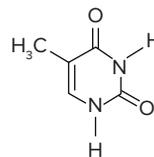
Considere as seguintes bases nitrogenadas:



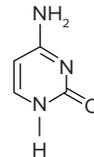
Adenina (A)



Guanina (G)



Timina (T)



Citosina (C)

As interações por ligação de hidrogênio entre adenina e timina e entre guanina e citosina, que existem no DNA, estão representadas corretamente em:

	Adenina – Timina	Guanina – Citosina
a)		
b)		
c)		
d)		
e)		

4. **Enem 2016** Para lavar e refrescar o ambiente, que estava a 40 °C, uma pessoa resolveu jogar água sobre um piso de granito. Ela observou que o líquido se concentrou em algumas regiões, molhando parcialmente a superfície. Ao adicionar detergente sobre essa água, a pessoa verificou que o líquido se espalhou e deixou o piso totalmente molhado.

A molhabilidade da superfície foi melhorada em função da:

- a) solubilidade do detergente em água ser alta.
- b) tensão superficial da água ter sido reduzida.
- c) pressão de vapor da água ter sido diminuída.
- d) densidade da solução ser maior que a da água.
- e) viscosidade da solução ser menor que a da água.

5. **Unicamp-SP 2017** “Pode arredondar?” Esta é uma pergunta que frentistas de postos de combustíveis fazem durante o abastecimento, quando o travamento automático da bomba é acionado. O fabricante do veículo faz a recomendação de não arredondar, pensando na preservação do veículo, mas o dono do posto pede que o frentista arredonde, para vender mais combustível. Por outro lado, pensando na saúde do frentista, prejudicada pela exposição aos vapores de combustível, pode-se afirmar corretamente que:

- a) Qualquer que seja a resposta do consumidor, até o travamento automático ou passando do automático, a saúde do frentista será prejudicada, pois sempre haverá eliminação de vapores durante o abastecimento.
- b) A resposta mais adequada do consumidor seria “sim”, porque a quantidade de vapores eliminados no abastecimento é a mesma, e o prejuízo à saúde do frentista é o mesmo, independentemente do volume de combustível adicionado ao tanque.
- c) A resposta mais adequada do consumidor seria “não”, pois somente a partir do travamento automático é que há eliminação de vapores durante o abastecimento e só depois disso há prejuízo para a saúde do frentista.
- d) A resposta mais adequada do consumidor seria “sim”, porque não haverá eliminação de vapores durante o abastecimento e assim nunca haverá prejuízo para a saúde do frentista.

6. **UFSC 2020**

O que são microplásticos?

Plástico é o tipo mais prevalente de lixo em nossos oceanos e lagos. Resíduos de plástico podem ser encontrados em todos os formatos e tamanhos, mas uma das definições desse material considera que aqueles com menos de 5 mm de comprimento constituem os “microplásticos”. Há diversas fontes de microplásticos, incluindo a degradação de material plástico de maiores dimensões. Além disso, microesferas, um tipo de microplástico, são pedaços muito pequenos de polietileno (um polímero produzido pela polimerização de moléculas de eteno) adicionados a produtos de saúde e beleza, como cremes dentais e cosméticos esfoliantes. Essas pequenas partículas passam pelos sistemas de filtração de água e acabam nos

oceanos e lagos, o que representa um risco potencial para a vida de organismos aquáticos.

Disponível em: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/microplastics.html>. [Adaptado]. Acesso em: 14 set. 2019.

Sobre o assunto, é correto afirmar que:

- 01 a contaminação de corpos aquáticos por microplásticos formados por polietileno é decorrente da elevada solubilidade em água desse polímero, já que ele é capaz de interagir por ligações de hidrogênio com substâncias polares.
- 02 a presença de microplásticos nos oceanos é decorrente do descarte e do tratamento inadequado de materiais poliméricos, algo que poderia ser minimizado com a adoção de políticas eficazes de incentivo e implementação de processos de reciclagem.
- 04 um processo eficaz e pouco poluente para a degradação de plásticos como alternativa ao descarte em aterros consiste na combustão conduzida em ambiente aberto, já que esse processo leva à produção de substâncias inertes como CO e CO₂.
- 08 polímeros sintéticos, como o polietileno, são degradados rapidamente na natureza, portanto a deposição de material plástico que contém esse polímero pode ser realizada em aterros sanitários convencionais, com baixo risco de danos ao meio ambiente.
- 16 a substituição do polietileno adicionado a cosméticos por polímeros biodegradáveis ou por polímeros naturais tem o potencial de reduzir a produção e a disseminação de microplásticos não degradáveis.
- 32 as ligações iônicas que unem os átomos na cadeia polimérica do polietileno tornam esse material termicamente sensível, o que permite sua degradação com a aplicação de temperaturas moderadas, como as produzidas pela irradiação solar.

Soma:

7. **Enem PPL 2016** Adicionar quantidades de álcool à gasolina, diferentes daquelas determinadas pela legislação, é uma das formas de adulterá-la. Um teste simples para aferir a quantidade de álcool presente na mistura consiste em adicionar uma solução salina aquosa à amostra de gasolina sob análise.

Essa metodologia de análise pode ser usada porque o(a):

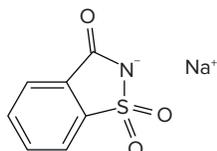
- a) água da solução salina interage com a gasolina da mistura, formando duas fases, uma delas de álcool puro.
- b) álcool contido na gasolina interage com a solução salina, formando duas fases, uma delas de gasolina pura.
- c) gasolina da mistura sob análise interage com a solução salina, formando duas fases, uma delas de álcool puro.
- d) água da solução salina interage com o álcool da mistura, formando duas fases, uma delas de gasolina com o sal.
- e) álcool contido na gasolina interage com o sal da solução salina, formando duas fases, uma delas de gasolina mais água.

8. UFJF/Pism-MG 2021 Nos estados líquido e sólido as moléculas estão unidas por interações intermoleculares. O composto sulfeto de hidrogênio, no estado líquido, possui interações intermoleculares similares às interações presentes na água. Sobre a principal interação presente no sulfeto de hidrogênio, no estado líquido, responda:

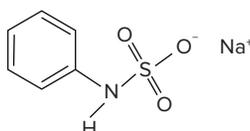
- Represente essas interações intermoleculares.
- Qual nome é dado a essa interação?

9. FGV-SP 2016 Um refrigerante, de baixa caloria, fabricado no Brasil, tem em sua composição os adoçantes sacarina sódica (I) e ciclamato de sódio (II) e o conservante benzoato de sódio (III).

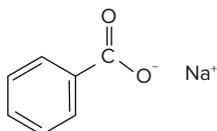
I.



II.



III.



As duas principais interações entre cada uma das substâncias I, II e III e as moléculas do solvente da solução que compõe o refrigerante são:

- íon – íon; íon – dipolo.
- íon – íon; dipolo – dipolo.
- íon – dipolo; ligação de hidrogênio.
- íon – dipolo; dipolo induzido – dipolo induzido.
- dipolo induzido – dipolo induzido; ligação de hidrogênio.

10. Ufam 2020 O ponto de ebulição do cloro é de $-35\text{ }^\circ\text{C}$, enquanto do HCl é de $-84,9\text{ }^\circ\text{C}$. Já para o bromo, seu ponto de ebulição é de $58,8\text{ }^\circ\text{C}$, enquanto para o HBr é de $-67\text{ }^\circ\text{C}$. A partir dessas informações, é CORRETO afirmar que:

- apesar das interações dipolo-dipolo no HCl serem mais intensas que no HBr , o bromo apresenta um maior raio atômico, tornando-o mais polarizável e produzindo uma força de London mais intensa no HBr .
- existem ligações de hidrogênio entre as moléculas de HBr , além das forças de dispersão de London.
- existem forças dipolo-dipolo entre as moléculas de HCl , além das forças de dispersão de London.
- a resultante das forças de interação intermoleculares no ácido clorídrico é mais intensa que no ácido bromídrico.
- a molécula de ácido clorídrico (HCl) apresenta um momento de dipolo elétrico menor que o ácido bromídrico (HBr), devido à maior eletronegatividade do cloro.

11. UPF-RS 2016 A seguir, na tabela 1, são fornecidas as temperaturas de ebulição (à pressão atmosférica de 1 atm) dos compostos orgânicos indicados na tabela 2.

Tabela 1 – Temperaturas de ebulição

A: $78\text{ }^\circ\text{C}$	B: $101\text{ }^\circ\text{C}$	C: $-42\text{ }^\circ\text{C}$	D: $-0,5\text{ }^\circ\text{C}$
-------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------------

Tabela 2 – Compostos orgânicos (massa molar $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ (46)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ (44)	HCOOH (46)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$ (58)
I	II	III	IV

Correlacione cada composto com a temperatura de ebulição adequada, considerando a influência relativa dos fatores que atuam sobre as propriedades físicas dos compostos orgânicos.

A correspondência correta é:

- I – A; II – C; III – B; IV – D.
- I – C; II – A; III – D; IV – B.
- I – B; II – A; III – C; IV – D.
- I – C; II – D; III – A; IV – B.
- I – A; II – B; III – D; IV – C.

12. Enem 2015 Pesticidas são substâncias utilizadas para promover o controle de pragas. No entanto, após sua aplicação em ambientes abertos, alguns pesticidas organoclorados são arrastados pela água até lagos e rios e, ao passar pelas guelras dos peixes, podem difundir-se para seus tecidos lipídicos e lá se acumularem. A característica desses compostos, responsável pelo processo descrito no texto, é o(a)

- baixa polaridade.
- baixa massa molecular.
- ocorrência de halogênios.
- tamanho pequeno das moléculas.
- presença de hidroxilas nas cadeias.

13. UFRGS 2015 (Adapt.) A seguir estão listadas informações relativas a cinco substâncias diferentes e são apresentadas propriedades relacionadas a essas informações. Associe adequadamente.

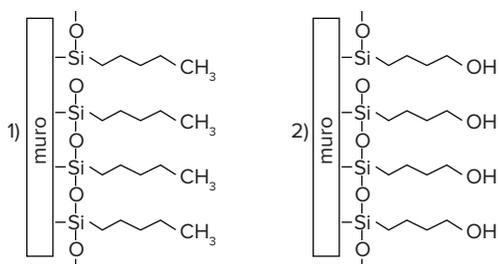
- As moléculas da substância 1 são tetraédricas com átomos idênticos ligados ao átomo central.
- A substância 2 tem massa molar semelhante à da água e interações intermoleculares do tipo Van der Waals.
- A substância 3 sofre ionização quando dissolvida em água.
- As moléculas da substância 4 são trigonais planas com átomos de diferentes eletronegatividades, ligados ao átomo central.
- A substância 5 tem massa molar e densidade maior que a da água.

- A substância é mais volátil que água pura.
- A substância é solúvel em solventes polares.
- A substância é solúvel em solventes apolares.
- A substância forma soluções aquosas eletrolíticas.

A sequência correta de preenchimento de cima para baixo, é

- 2 - 1 - 4 - 5.
- 2 - 4 - 1 - 3.
- 3 - 1 - 2 - 5.
- 5 - 2 - 4 - 1.
- 5 - 2 - 1 - 3.

- 14. Unicamp-SP 2017** Uma alternativa encontrada nos grandes centros urbanos, para se evitar que pessoas desorientadas urinem nos muros de casas e estabelecimentos comerciais, é revestir esses muros com um tipo de tinta que repele a urina e, assim, “devolve a urina” aos seus verdadeiros donos. A figura a seguir apresenta duas representações para esse tipo de revestimento.



Como a urina é constituída majoritariamente por água, e levando-se em conta as forças intermoleculares, pode-se afirmar corretamente que:

- os revestimentos representados em 1 e 2 apresentam a mesma eficiência em devolver a urina, porque ambos apresentam o mesmo número de átomos na cadeia carbônica hidrofóbica.
- o revestimento representado em 1 é mais eficiente para devolver a urina, porque a cadeia carbônica é hidrofóbica e repele a urina.
- o revestimento representado em 2 é mais eficiente para devolver a urina, porque a cadeia carbônica apresenta um grupo de mesma polaridade que a água, e, assim, é hidrofóbica e repele a urina.
- o revestimento representado em 2 é mais eficiente para devolver a urina, porque a cadeia carbônica apresenta um grupo de mesma polaridade que a água, e, assim, é hidrofílica e repele a urina.

- 15. Acafe-SC 2016** No jornal *Folha de S.Paulo*, de 23 de junho de 2015, foi publicada uma reportagem sobre a formação de espuma branca no rio Tietê “[...] a formação de espuma está associada à baixa vazão da água e à presença de esgoto doméstico não tratado. A falta de oxigênio na água dificulta a degradação de detergente doméstico [...]”.

Baseado nas informações fornecidas e nos conceitos químicos, analise as afirmações a seguir.

- O detergente é uma substância anfipática.
- O complexo formado entre detergente, óleo e água pode ser chamado de micela.
- O oxigênio é uma molécula apolar formada por uma ligação covalente do tipo sigma (σ) e outra do tipo pi (π).
- A espuma branca formada pode ser classificada de coloide.

Assinale a alternativa **correta**.

- Apenas I, II e III estão corretas.
- Apenas II, III e IV estão corretas.
- Todas as afirmações estão corretas.
- Apenas a afirmação IV está correta.

- 16. Unicamp-SP 2016** O trecho seguinte foi extraído de uma revista de divulgação do conhecimento químico e trata de alguns aspectos da lavagem a seco de tecidos. “Tratando-se do desempenho para lavar, o tetracloroetileno é um solvente efetivo para limpeza das roupas, pois evita o encolhimento dos tecidos, já que evapora facilmente, dada sua baixa pressão de vapor (0,017 atm, 20 °C), e dissolve manchas lipofílicas, como óleos, ceras e gorduras em geral...”. A leitura desse trecho sugere **que o tetracloroetileno é um líquido apolar e sua alta volatilidade se deve ao seu baixo valor de pressão de vapor**. Levando em conta o conhecimento químico, pode-se

- concordar parcialmente com a sugestão, pois há argumentos que justificam a polaridade, mas não há argumentos que justifiquem a volatilidade.
- concordar totalmente com a sugestão, pois os argumentos referentes à polaridade e à volatilidade apresentados no trecho justificam ambas.
- concordar parcialmente, pois não há argumentos que justifiquem a polaridade, mas há argumentos que justificam a volatilidade.
- discordar totalmente, pois não há argumentos que justifiquem a polaridade nem a volatilidade.

- 17. Uerj** O enxofre é um elemento químico que pode formar dois óxidos moleculares: SO_2 e SO_3 . Nomeie a geometria dessas moléculas. Explique, ainda, por que apenas o SO_2 é solúvel em água.

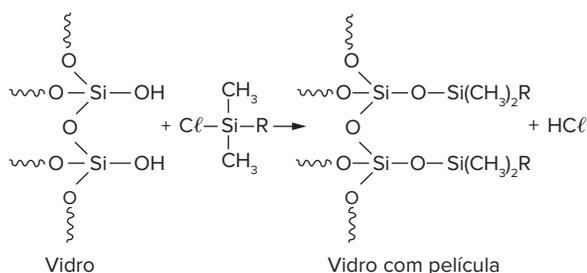
- 18. Enem 2016** Em sua formulação, o *spray* de pimenta contém porcentagens variadas de oleorresina de *Capsicum*, cujo princípio ativo é a capsaicina, e um solvente (um álcool como etanol ou isopropanol). Em contato com os olhos, pele ou vias respiratórias, a capsaicina causa um efeito inflamatório que gera uma sensação de dor e ardor, levando à cegueira temporária. O processo é desencadeado pela liberação de neuropeptídeos das terminações nervosas.

Como funciona o gás de pimenta. Disponível em: <http://pessoas.hsw.uol.com.br>. Acesso em: 1º mar. 2012. (Adapt.)

Quando uma pessoa é atingida com o *spray* de pimenta nos olhos ou na pele, a lavagem da região atingida com água é ineficaz porque a

- reação entre etanol e água libera calor, intensificando o ardor.
- solubilidade do princípio ativo em água é muito baixa, dificultando a sua remoção.
- permeabilidade da água na pele é muito alta, não permitindo a remoção do princípio ativo.
- solubilização do óleo em água causa um maior espalhamento além das áreas atingidas.
- ardência faz evaporar rapidamente a água, não permitindo que haja contato entre o óleo e o solvente.

- 19. Fuvest-SP 2017** Para aumentar o grau de conforto do motorista e contribuir para a segurança em dias chuvosos, alguns materiais podem ser aplicados no para-brisa do veículo, formando uma película que repele a água. Nesse tratamento, ocorre uma transformação na superfície do vidro, a qual pode ser representada pela seguinte equação química não balanceada:



Das alternativas apresentadas, a que representa o melhor material a ser aplicado ao vidro, de forma a evitar o acúmulo de água, é:

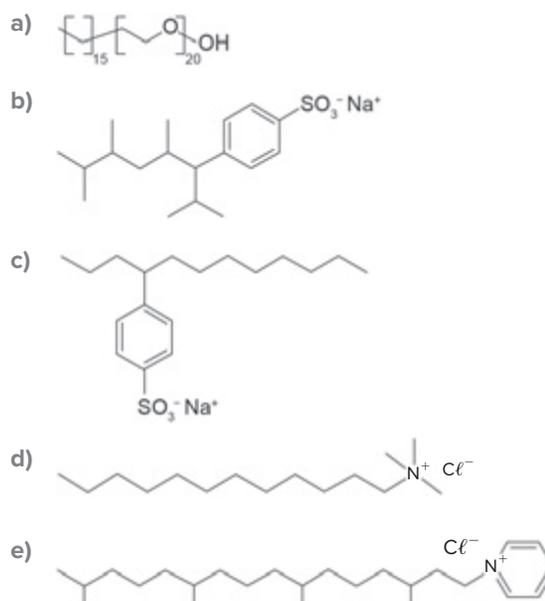
► **Note e adote:** – R = grupo de átomos ligado ao átomo de silício.

- a) $\text{ClSi(CH}_3)_2\text{OH}$
 b) $\text{ClSi(CH}_3)_2\text{O(CHOH)CH}_2\text{NH}_2$
 c) $\text{ClSi(CH}_3)_2\text{O(CHOH)}_5\text{CH}_3$
 d) $\text{ClSi(CH}_3)_2\text{OCH}_2(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$
 e) $\text{ClSi(CH}_3)_2\text{OCH}_2(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_3$
- 20. Enem** Em uma planície, ocorreu um acidente ambiental em decorrência do derramamento de grande quantidade de um hidrocarboneto que se apresenta na forma pastosa à temperatura ambiente. Um químico ambiental utilizou uma quantidade apropriada de uma solução de *para*-dodecil-benzenossulfonato de sódio, um agente tensoativo sintético, para diminuir os impactos desse acidente. Essa intervenção produz resultados positivos para o ambiente porque
- a) promove uma reação de substituição no hidrocarboneto, tornando-o menos letal ao ambiente.
 b) a hidrólise do *para*-dodecil-benzenossulfonato de sódio produz energia térmica suficiente para vaporizar o hidrocarboneto.
 c) a mistura desses reagentes provoca a combustão do hidrocarboneto, o que diminui a quantidade dessa substância na natureza.
 d) a solução de *para*-dodecil-benzenossulfonato possibilita a solubilização do hidrocarboneto.
 e) o reagente adicionado provoca uma solidificação do hidrocarboneto, o que facilita sua retirada do ambiente.
- 21. Enem 2018** Tensoativos são compostos orgânicos que possuem comportamento anfílico. Isto é, possuem duas regiões, uma hidrofóbica e outra hidrofílica. O principal

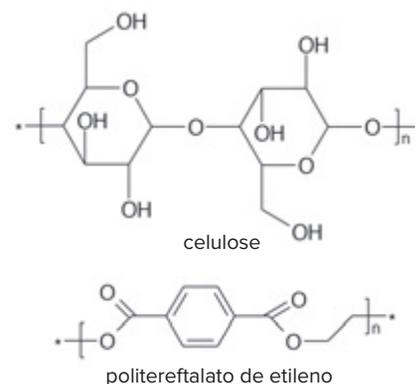
tensoativo aniônico sintético surgiu na década de 1940 e teve grande aceitação no mercado de detergentes em razão do melhor desempenho comparado ao do sabão. No entanto, o uso desse produto provocou grandes problemas ambientais, dentre eles a resistência à degradação biológica, por causa dos diversos carbonos terciários na cadeia que compõe a porção hidrofóbica desse tensoativo aniônico. As ramificações na cadeia dificultam sua degradação, levando à persistência no meio ambiente por longos períodos. Isso levou a sua substituição na maioria dos países por tensoativos biodegradáveis, ou seja, com cadeias alquílicas lineares.

PENTEADO, J. C. P.; EL SEOUD, O. A.; CARVALHO, L. R. F. [...]: uma abordagem ambiental e analítica. *Química Nova*, n. 5, 2006 (adaptado).

Qual a fórmula estrutural do tensoativo persistente no ambiente mencionado no texto?



- 22. UFPR 2017** A estrutura molecular que compõe as fibras dos tecidos define o comportamento deles, como maciez, absorção de umidade do corpo e tendência ao encolhimento. As fibras de algodão contêm, em maior proporção, celulose, um polímero carboidrato natural. Já os tecidos sintéticos de poliéster têm propriedades diferentes do algodão. O poliéster é uma classe de homopolímeros e copolímeros que contém o grupo funcional éster na sua estrutura, como o politereftalato de etileno.



- a) Tecidos de algodão absorvem muito bem a umidade, diferentemente do poliéster. Com base nas estruturas químicas mostradas, escreva um texto explicando a razão pela qual a fibra do algodão apresenta essa propriedade.
- b) Roupas de tecidos de algodão tendem a encolher após as primeiras lavagens, principalmente se secas em secadoras, diferentemente dos tecidos de poliéster. Isso ocorre porque as fibras de algodão são esticadas a altas tensões no processo de tecelagem. Porém esse estado tensionado não é o mais estável da fibra. Com o movimento proporcionado pela lavagem e o aquecimento na secadora, as fibras tendem a relaxar para conformação mais estável, causando o encolhimento. Escreva um texto explicando qual é o tipo de interação responsável por atrair as fibras e resultar no encolhimento do tecido.

23. UFPR 2015 A temperatura de ebulição de uma determinada substância está intimamente relacionada à sua massa molar e às forças intermoleculares predominantes nessa substância. Por exemplo, a acetona (propanona) e o isopropanol (propan-2-ol) são líquidos à temperatura ambiente e diferem em massa em apenas 2 unidades de massa atômica. Porém, as temperaturas de ebulição dessas substâncias são bastante diferentes: da propanona é 56 °C e do isopropanol é 82 °C.

- a) Qual é a força intermolecular predominante que atua na acetona? E no isopropanol?
- b) Baseando-se nas forças intermoleculares predominantes, explique por que a temperatura de ebulição do isopropanol é maior do que a da acetona.

24. UFU-MG 2015 O experimento abaixo foi descrito no periódico *Química Nova na Escola*, n. 23, de maio 2006:

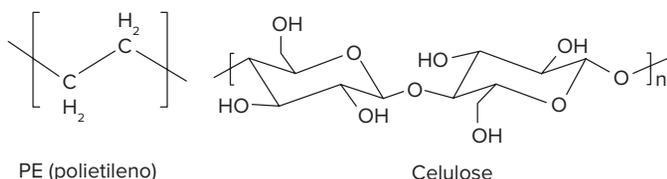
Materiais

- Pedacos de papel não encerado (guardanapo, folha de caderno etc.)
- Pedacos de papel encerado (as ceras utilizadas são formadas por hidrocarbonetos)
- Pedacos de saco plástico (formados por polietileno)

Procedimento

1. Coloque os diferentes pedacos de papel e de saco plástico lado a lado;
2. Pingue algumas gotas de água sobre cada um deles e espere alguns minutos;
3. Observe a absorção da água nos materiais.

Considere as estruturas abaixo:



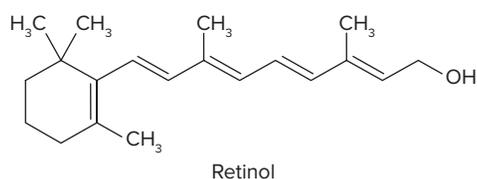
Faça o que se pede:

- a) Indique qual(is) material(is) absorveu(ram) água.
- b) Explique, utilizando as estruturas moleculares e as informações dadas o motivo da diferença de absorção da água nos três casos.

25. Uece 2020 Em se tratando de característica da água, é correto afirmar que a forma esférica de uma gota de água suspensa no ar é consequência da

- a) viscosidade. c) ação capilar.
b) tensão superficial. d) densidade.

26. Unesp 2016 Analise as fórmulas que representam as estruturas do retinol (vitamina A), lipossolúvel, e do ácido pantotênico (vitamina B5), hidrossolúvel.



Com base na análise das fórmulas, identifique as funções orgânicas presentes em cada vitamina e justifique por que a vitamina B5 é hidrossolúvel e a vitamina A é lipossolúvel. Qual dessas vitaminas apresenta isomeria óptica? Justifique sua resposta.

 Texto para a questão 27.

Do lixo ao câncer

O vertiginoso crescimento populacional humano associado à industrialização e ao aumento do consumo resultou em um problema de proporções gigantescas: o lixo. No Brasil, entre 2003 e 2014, a geração de lixo cresceu 29%, taxa maior que aquela apresentada pelo próprio crescimento populacional no período, que foi de 6%. Nesse cenário, o grande desafio, sem dúvida, é o descarte adequado dos resíduos. Dentre as opções existentes, uma das mais controversas é a incineração de resíduos de serviços de saúde, de lixo urbano e de resíduos industriais.

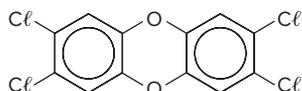


Muitos especialistas condenam a prática da incineração do lixo principalmente pelo fato de que a combustão de certos resíduos gera dioxinas. Pesquisas têm demonstrado que essas substâncias são cancerígenas em diversos pontos do organismo, em ambos os sexos e em diversas

espécies. Por serem lipofílicas, as dioxinas se bioacumulam nas cadeias alimentares. Desse modo, além de se contaminarem diretamente ao inalarem emissões atmosféricas, as pessoas também podem sofrer contaminação indireta por via alimentar. Ao que tudo indica, a incineração do lixo, apesar de reduzir o problema do acúmulo de resíduos, acarreta problemas de saúde para a população.



- 27. FICSAE-SP 2016 (Adapt.)** Entre as dioxinas, a que tem mostrado a maior toxicidade e, por isso mesmo, é a mais famosa, é a 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-para-dioxina (TCDD). Essa substância, cuja estrutura está representada a seguir, apresenta uma dose letal de 1,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de massa corpórea, quando ministrada por via oral, em cobaias.

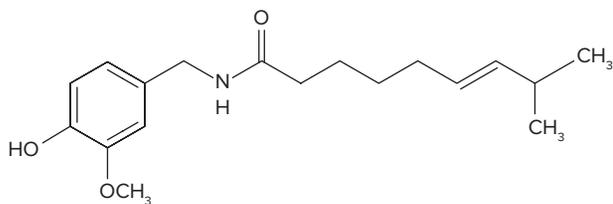


A respeito do TCDD, responda aos seguintes itens:

- Classifique a molécula de TCDD quanto à polaridade. Com base nessa classificação e nas interações intermoleculares, explique o caráter lipofílico dessa substância.
- Determine a fórmula molecular e a massa molar do TCDD. Calcule a quantidade de matéria de TCDD, em mol, considerada letal para uma cobaia que apresenta 966 g de massa.

► **Dados:** massa molar ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$): H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0; Cl = 35,5; e $1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{ g}$.

- 28. Unicamp-SP 2016** Já faz parte do folclore brasileiro alguém pedir um “prato quente” na Bahia e se dar mal. Se você come algo muito picante, sensação provocada pela presença da capsaicina (fórmula estrutural mostrada a seguir) no alimento, logo toma algum líquido para diminuir essa sensação. No entanto, nem sempre isso adianta, pois logo em seguida você passa a sentir o mesmo ardor.



- Existem dois tipos de pimenta em conserva, um em que se usa vinagre e sal, e outro em que se utiliza óleo comestível. Comparando-se os dois

tipos, observa-se que o óleo comestível se torna muito mais picante que o vinagre. Em vista disso, o que seria mais eficiente para eliminar o ardor na boca provocado pela ingestão de pimenta: vinagre ou óleo? Justifique sua escolha baseando-se apenas nas informações dadas.

- Durante uma refeição, a ingestão de determinados líquidos nem sempre é palatável; assim, se o “prato quente” também estiver muito salgado, a ingestão de leite faz desaparecer imediatamente as duas sensações. Baseando-se nas interações químicas entre os componentes do leite e os condimentos, explique por que ambas as sensações desaparecem após a ingestão do leite. Lembre-se que o leite é uma suspensão constituída de água, sais minerais, proteínas, gorduras e açúcares.

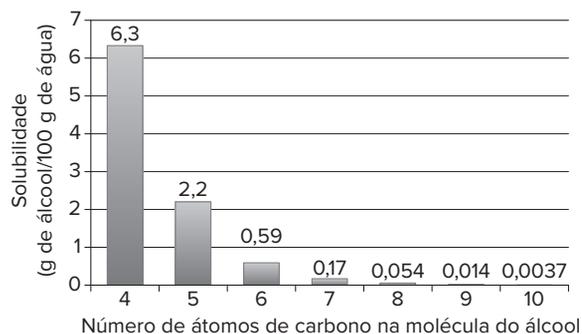
- 29. Unicamp-SP 2014** Na tirinha abaixo, o autor explora a questão do uso apropriado da linguagem na Ciência. Muitas vezes, palavras de uso comum são utilizadas na Ciência, e isso pode ter várias consequências.



Disponível em: www.reddit.com/r/funny/comments/1ln5uc/bear-troubles. Acesso em: 10 set. 2013. (Adapt.)

- De acordo com o urso cinza, o urso branco usa o termo “dissolvendo” de forma cientificamente inadequada. Imagine que o urso cinza tivesse respondido: “**Eu é que deveria estar aflito, pois o gelo é que está dissolvendo!**” Nesse caso, estaria o urso cinza usando o termo “dissolvendo” de forma cientificamente correta? Justifique.
- Considerando a última fala do urso branco, interprete o duplo significado da palavra “polar” e suas implicações para o efeito cômico da tirinha.

- 30. Fuvest-SP 2014** O gráfico abaixo apresenta a solubilidade em água, a 25 °C, de álcoois primários de cadeia linear, contendo apenas um grupo $-\text{OH}$ no extremo da cadeia não ramificada. Metanol, etanol e 1-propanol são solúveis em água em quaisquer proporções.



- a) Analise o gráfico e explique a tendência observada. Um químico recebeu 50 mL de uma solução de 1-dodecanol ($C_{12}H_{25}OH$) em etanol. A essa solução, adicionou 450 mL de água, agitou a mistura e a deixou em repouso por alguns minutos. Esse experimento foi realizado a 15 °C.
- b) Descreva o que o químico observou ao final da sequência de operações do experimento.

► **Dados:**

- 1-dodecanol é insolúvel em soluções diluídas de etanol em água ($\leq 10\%$ em volume);
- ponto de fusão do 1-dodecanol = 24 °C;
- a densidade do 1-dodecanol é menor do que a de soluções diluídas de etanol em água.

BNCC em foco

EM13CNT203

1. Em agosto de 2019, manchas de óleo vindas do oceano começaram a invadir praias da região Nordeste do Brasil. As manchas eram bastante espessas e coesas e eram encontradas em variados tamanhos. Esse desastre ambiental afetou a vida marinha de diversas formas, e os danos serão sentidos ao longo de muitos anos. Infelizmente esse é um tipo de acidente comum ao redor do mundo, e cada vez mais os cientistas buscam maneiras de minimizar os estragos ambientais e sociais.

- a) Por que o óleo derramado no mar forma manchas coesas?
- b) Considerando as características do produto derramado, quais as possíveis consequências para os peixes e demais organismos marinhos que vivem nos locais afetados?

EM13CNT307

2. Durante a pandemia causada pelo novo coronavírus, as recomendações de higiene ajudaram a reduzir o espalhamento da nova doença. A higienização das mãos com água e sabão e com álcool em gel levam à remoção de várias bactérias e vírus, incluindo o vírus SARS-CoV-2.

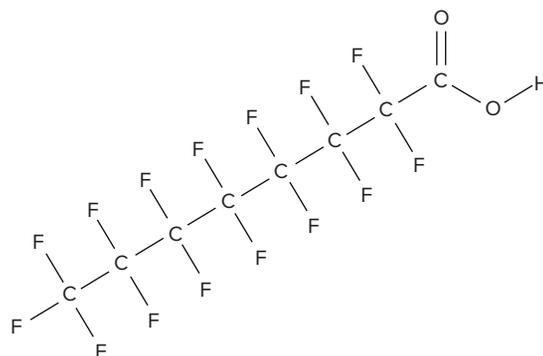
Considerando que os envoltórios externos de diversas bactérias e vírus possuem características químicas e físicas similares, pode-se dizer que a higienização com água e sabão funciona para conter a expansão das doenças causadas por esses agentes porque

- a) o sabão aumenta o coeficiente de atrito da água, tornando a eliminação de bactérias e vírus de superfícies mais eficiente.
- b) as moléculas de sabão são capazes de romper as bicamadas lipídicas que formam os envoltórios externos do vírus SARS-CoV-2.
- c) todas as moléculas envolvidas (da água, do sabão e das substâncias dos envoltórios externos) apresentam ligações iônicas.
- d) o sabão é uma substância estranha ao corpo humano e que ativa o sistema imunológico, levando a um aumento geral de imunidade.

- e) a massa molecular do sabão é mais próxima da massa molecular das substâncias dos envoltórios externos, facilitando a interação entre eles.

EM13CNT307

3. A impermeabilização de estofados é uma prática utilizada para manter esses móveis limpos por mais tempo. Os produtos utilizados para esse procedimento são misturas de substâncias, e um dos componentes costuma ser um composto orgânico perfluorado, como o que se vê a seguir.



Qual propriedade dessa substância possibilita sua utilização como agente impermeabilizante?

- a) Alta solubilidade em água, permitindo que essas duas substâncias se misturem e possam ser removidas do sofá.
- b) Formação de ligações de hidrogênio com moléculas de água, que faz com que a água adira mais facilmente a essa substância.
- c) Baixa temperatura de ebulição, que faz com que a água aderida a essa substância também mude mais facilmente de estado físico.
- d) Baixa polaridade da molécula, o que diminui sua interação com a água e facilita a limpeza dos tecidos dos sofás.
- e) Alta temperatura de fusão, que permite que a substância fique aderida mais tempo ao tecido, protegendo o sofá.



encierro/shutterstock.com

Uso de ureia como fertilizante para plantas.

FRENTE 1

CAPÍTULO

5

Introdução à Química Orgânica

A ureia é uma substância muito utilizada, por exemplo, como fertilizante. Sua obtenção em laboratório está relacionada ao desenvolvimento da Química Orgânica e contribuiu para eliminar a barreira que separava os compostos orgânicos – produzidos e obtidos apenas de seres vivos – dos compostos inorgânicos – obtidos de minerais.

Histórico

Na história da humanidade, há diversos relatos sobre a utilização dos compostos orgânicos, antes mesmo de sua classificação e sistematização, que aconteceu no século XVIII. Em pesquisas arqueológicas no Egito, por exemplo, foram encontrados jarros de vinho, nas tumbas de faraós, que datam de 3150 a.C. e papiros de cerca de 1500 a.C. que descrevem combinações de ervas utilizadas para fins medicinais. O álcool e outras substâncias, como polifenóis, presentes nos vinhos, são atualmente classificados como substâncias orgânicas, assim como o papiro e diversas outras presentes em plantas.



O papiro (*Cyperus papyrus*) é uma planta que pode chegar a 2,5 m de altura, nasce nas margens do rio Nilo, e a celulose presente na parte interna de seus talos era utilizada na fabricação de papiro pelos egípcios.

Já na América do Sul, existem cerâmicas da era maia, aproximadamente do século XV, que eram coloridas com corante índigo. Também há relatos de seu uso por egípcios e romanos para tingir roupas. Atualmente esse corante é sintetizado e utilizado para dar cor ao *jeans*, porém sua origem é de plantas do gênero *Indigofera*, que é abundante em regiões quentes, como América do Sul e Egito.



A planta *Indigofera tinctoria* é uma das espécies utilizadas para a obtenção do corante azul.

Apesar da grande utilização de compostos orgânicos até então, a tecnologia da época não possibilitava o estudo de sua composição e de sua estrutura, por isso suas propriedades não eram bem conhecidas.

É possível notar que os compostos orgânicos apresentados até aqui são todos de origem vegetal. Há também outros compostos de origem animal, como o almíscar, que é utilizado na indústria da perfumaria e originalmente era obtido de uma glândula do cervo. Diante disso, o químico francês Lavoisier (1743-1794) relatou que esses compostos eram diferentes daqueles do reino mineral, pois eram constituídos principalmente de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio.

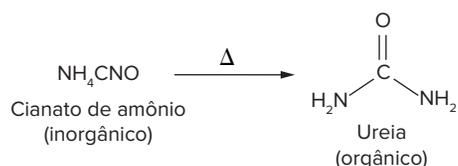
Em 1777, o físico e matemático sueco Torbern Olof Bergman (1735-1784) sugeriu uma divisão da Química em:

- Química Orgânica: estuda os compostos extraídos dos seres vivos (animais e vegetais).
- Química Inorgânica: estuda os compostos extraídos dos minerais.

Essa ideia permaneceu por muitas décadas, e vários químicos acreditavam que a origem dos compostos orgânicos e inorgânicos era responsável pela diferença entre eles, ou seja, os compostos classificados como orgânicos apenas poderiam ser sintetizados por seres vivos, pois eram os únicos que tinham a força vital para possibilitar sua síntese.

Essa teoria foi chamada de **Teoria da força vital** ou **vitalismo**. Ela foi formulada por Jöns Jacob Berzelius em 1807 e afirmava que os compostos orgânicos eram obtidos pela intermediação de uma força que existia apenas em seres vivos, como plantas e animais. Tais compostos poderiam ser extraídos e transformados em outros, orgânicos ou inorgânicos, mas era impossível obtê-los a partir de elementos do reino mineral, pois estes não tinham a força vital.

A teoria do vitalismo começou a perder adeptos quando, em 1828, o médico e químico Friedrich Wöhler (1800-1882) sintetizou a ureia (substância obtida da urina de alguns animais, como cães) a partir do cianato de amônio, reação que ficou conhecida como **síntese de Wöhler**.



Equação geral da síntese de Wöhler.

A intenção de Wöhler era obter cianato de amônio a partir do tratamento de cianato de chumbo com hidróxido de amônio. Porém, nesse processo, surgiu um material sólido diferente do que era esperado para o cianato de amônio. Ao analisar o ocorrido, descobriu que havia obtido ureia, idêntica àquela anteriormente isolada da urina. Na realidade, a reação do cianato de chumbo com o hidróxido de amônio, de fato, forma o cianato de amônio, porém, ao se aquecer a síntese, o cianato de amônio forma a ureia.

Logo depois dessa evidência, muitos cientistas ainda acreditavam na teoria da força vital, porém, à medida que novos compostos orgânicos eram sintetizados e caracterizados, essa teoria foi perdendo força. Com isso, a definição proposta por Bergman deixa de ser adequada e, então, o químico alemão **Kekulé**, em 1858, propõe a definição da Química Orgânica **como o ramo da Química que estuda os compostos de carbono**. Essa afirmação está correta; contudo, nem todo composto que contém carbono é orgânico. Por exemplo, o dióxido de carbono (CO₂), o carbonato de sódio (Na₂CO₃), o ácido carbônico (H₂CO₃), o cianeto de hidrogênio (HCN), entre outros, não são compostos orgânicos. Entretanto, todo composto orgânico contém carbono.

Por conveniência, o termo “orgânica” se mantém até os dias de hoje, buscando classificar um grande número de compostos que apresentam uma série de propriedades em comum. Diferente dos outros elementos químicos, o átomo de carbono tem a capacidade de se ligar entre si formando cadeias em um número ilimitado de combinações, gerando, com essas ligações, milhares de compostos diferentes.

Atenção

Deve-se enfatizar, contudo, que as divisões da Química nunca foram, nem se espera que venham a ser, mutuamente exclusivas, pois o campo da Química é um só, e há uma tendência natural para a unificação e a remoção de barreiras artificiais. A divisão em Química Orgânica, Inorgânica, Analítica, Físico-Química e Bioquímica se faz buscando uma finalidade didática e em função do enfoque que se deseja dar a determinado problema.

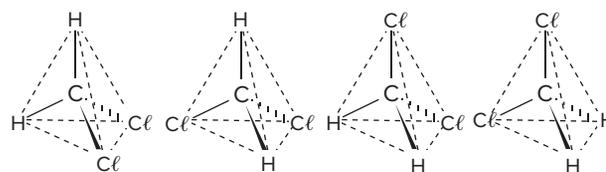
Características do carbono

O elemento químico carbono tem características especiais que são responsáveis pela variedade gigantesca de compostos orgânicos diferentes.

O número atômico do carbono é seis, portanto ele tem seis elétrons na eletrosfera quando neutro. Esses elétrons se distribuem da seguinte forma:



- O carbono é tetravalente, ou seja, realiza quatro ligações covalentes para completar o octeto em sua última camada. A tetravalência do carbono foi reconhecida por Kekulé em 1858 e é chamado **primeiro postulado de Kekulé**.
- As quatro ligações simples (do tipo sigma – σ) do carbono são equivalentes. Observe o exemplo do CH₂Cl₂ a seguir. Podemos representar sua fórmula estrutural espacial de várias maneiras, pois todas as ligações simples são iguais.



Fórmula estrutural espacial do CH₂Cl₂.

A igualdade entre as quatro valências do carbono é conhecida como **segundo postulado de Kekulé**.

- Além de ligações simples, o carbono também pode realizar ligações duplas ou triplas. O quadro a seguir apresenta essas possibilidades de ligações, bem como a hibridação e a geometria adquirida pelo carbono em cada caso.

Hibridação	Ligações	Ângulo entre ligações	Geometria
sp ³		109°28'	Tetraédrica
sp ²		120°	Trigonal plana
sp		180°	Linear

Tipos de hibridação do carbono.

- O carbono pode se ligar a diversos elementos químicos.

Existe carbono ligado a praticamente qualquer elemento químico da tabela periódica. Apesar dessa variedade, os elementos químicos mais frequentemente encontrados em compostos orgânicos são o hidrogênio (presente em quase todos os compostos orgânicos), o oxigênio e o nitrogênio, além do enxofre, do fósforo e de halogênios, como cloro, bromo, iodo e eventualmente o flúor.

Por esse motivo, o carbono, o hidrogênio, o oxigênio e o nitrogênio (C, H, O e N) costumam ser chamados de **elementos químicos organógenos**, que significa “formadores de compostos orgânicos”.

O quadro a seguir ilustra o número de ligações e a geometria respectiva de cada um desses elementos químicos organógenos.

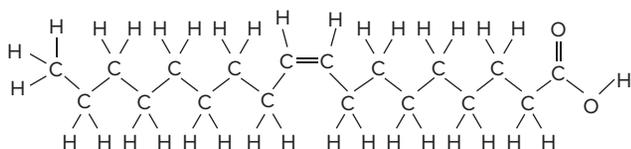
Elemento químico	Ligações	Ângulo entre ligações	Geometria
Hidrogênio	H —	—	—
Oxigênio		105°	Angular
	O =	—	—
Nitrogênio		107°	Piramidal
		120°	Angular
	N ≡	—	—

Elementos químicos organógenos (exceto carbono).

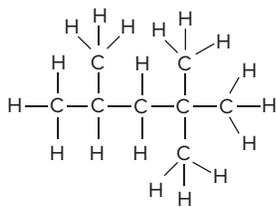
- O carbono pode formar cadeias.

Esse fato, conhecido como **terceiro postulado de Kekulé**, é a propriedade mais importante do carbono. Nenhum outro elemento químico forma cadeias tão longas, tão variadas e estáveis como o carbono. Essa propriedade é, sem dúvida, a principal responsável pela existência de milhões de compostos orgânicos.

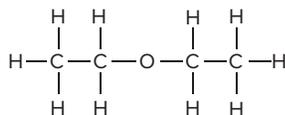
A seguir são apresentadas algumas dessas cadeias.



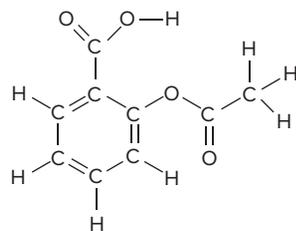
Ácido oleico
(encontrado nos óleos vegetais)



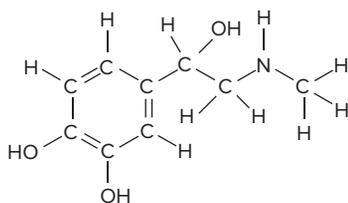
Isoctano
(principal componente da gasolina)



Éter etílico
(usado antigamente como anestésico)



Ácido acetil salicílico
(AAS ou aspirina)

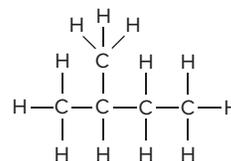


Adrenalina
(hormônio natural)

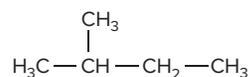
Exemplos de cadeias carbônicas.

Fórmulas estruturais em Química Orgânica

Muitas vezes, a representação da fórmula estrutural de um composto orgânico pode se tornar lenta e trabalhosa. Para facilitar a representação de um composto orgânico, foi criada a fórmula estrutural chamada **condensada** ou **simplificada**, em que as ligações entre hidrogênio e carbono não são representadas, e a quantidade de hidrogênios ligados a cada carbono é indicada por índices. Como o hidrogênio sempre faz uma ligação simples, fica subentendido que cada um deles está fazendo uma ligação simples com o átomo ao seu lado. Dessa forma, as representações tornam-se visualmente menos poluídas e mais simples. Observe o exemplo a seguir.



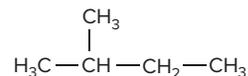
Fórmula estrutural



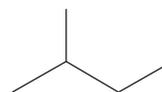
Fórmula estrutural
condensada

Fórmula estrutural e fórmula estrutural condensada do metilbutano.

Outra maneira simplificada de representar um composto orgânico é a representação por meio de **linhas** ou **bastão**. Nelas, fica subentendido que cada vértice indica um carbono e cada traço uma ligação. As ligações que faltarem para o carbono completar suas quatro ligações são feitas com hidrogênio, que não é representado. Observe como fica a fórmula estrutural em linhas ou bastão do metilbutano.



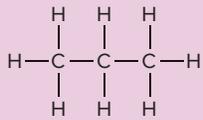
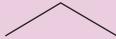
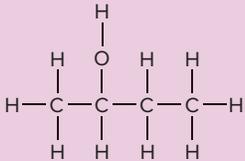
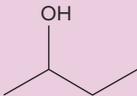
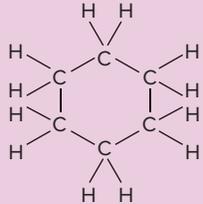
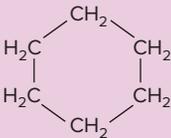
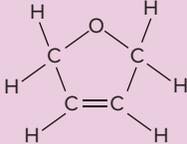
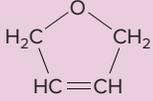
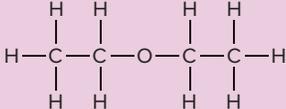
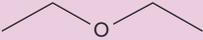
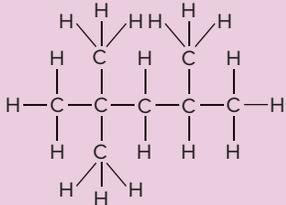
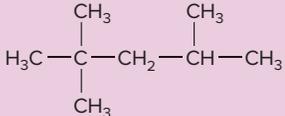
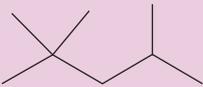
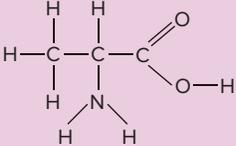
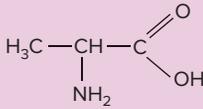
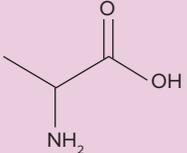
Fórmula estrutural condensada



Fórmula estrutural
em linhas ou bastão

Fórmula estrutural condensada e fórmula em linhas ou bastão do metilbutano.

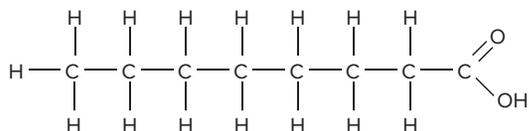
Caso a molécula apresente qualquer outro átomo diferente de carbono e hidrogênio, ele deverá ser representado pelo seu símbolo. O quadro a seguir ilustra vários exemplos de compostos orgânicos e suas diferentes representações:

Fórmula estrutural	Fórmula estrutural condensada	Fórmula estrutural em linhas ou bastão
 <p>Propano</p>	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	
 <p>Butan-2-ol</p>	$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	
 <p>Ciclo-hexano</p>		
 <p>Furano</p>		
 <p>Éter dietílico</p>	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	
 <p>2,2,4-trimetilpentano</p>		
 <p>Ácido 2-aminopropanoico</p>		

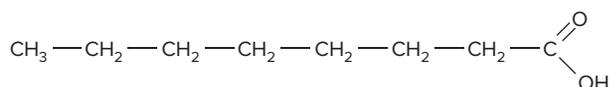
Representações de compostos orgânicos.

Saiba mais

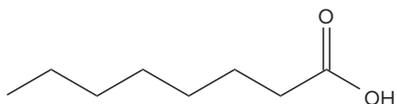
Em alguns casos, a condensação pode ser maior ainda. Porém, é importante que, na representação gráfica de um composto orgânico, a informação sobre a estrutura não seja perdida. Observe as diferentes representações para o ácido caprílico:



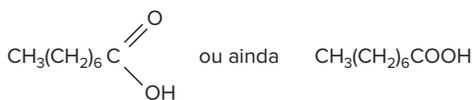
Fórmula estrutural do ácido caprílico.



Fórmula estrutural condensada do ácido caprílico.



Fórmula estrutural condensada ou bastão do ácido caprílico.

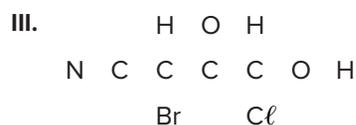
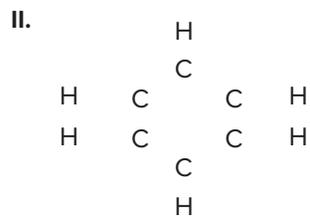


Fórmulas estruturais alternativas do ácido caprílico.

Outra fórmula que, eventualmente, pode aparecer é a fórmula funcional. Nessa representação, temos a informação da função a que pertence o composto; no entanto, não temos informação sobre a estrutura da cadeia. O ácido caprílico, por exemplo, teria como fórmula funcional $C_8H_{15}COOH$. Uma fórmula funcional não é considerada estrutural, pois não contém informação suficiente sobre a estrutura.

Exercício resolvido

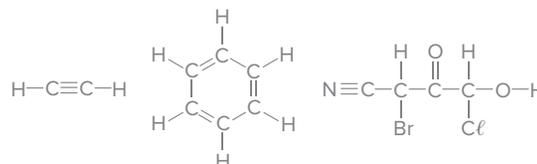
1. Complete as ligações simples, duplas e triplas que estão faltando nas seguintes estruturas:



No total, teremos:

- a) 17 ligações simples, 4 duplas e 3 triplas.
- b) 19 ligações simples, 3 duplas e 3 triplas.
- c) 20 ligações simples, 4 duplas e 2 triplas.
- d) 18 ligações simples, 5 duplas e 2 triplas.
- e) 22 ligações simples, 3 duplas e 2 triplas.

Resolução:



Resposta: alternativa C.

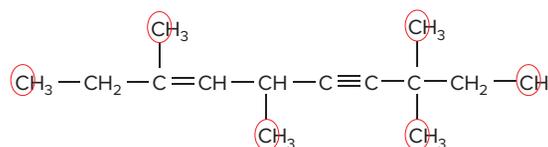
Classificação do carbono

Para classificar um carbono, devemos observar a quantos outros átomos de carbono ele está ligado em uma cadeia carbônica. Ele pode ser classificado em:

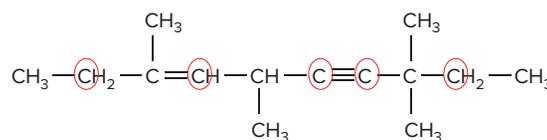
- Carbono primário: ligado apenas a um átomo de carbono.
- Carbono secundário: ligado a dois átomos de carbono.
- Carbono terciário: ligado a três átomos de carbono.
- Carbono quaternário: ligado a quatro átomos de carbono.

Observe os exemplos a seguir.

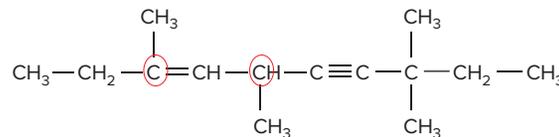
Carbonos primários



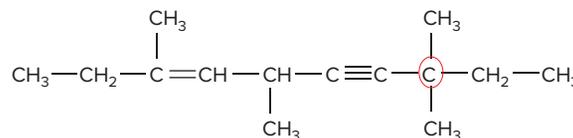
Carbonos secundários



Carbonos terciários

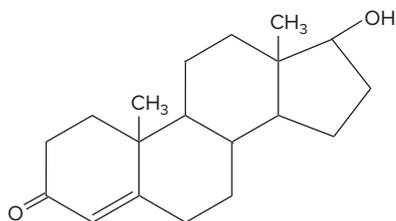


Carbono quaternário



Exercício resolvido

2. A testosterona, um dos principais hormônios sexuais masculinos, possui fórmula estrutural plana:

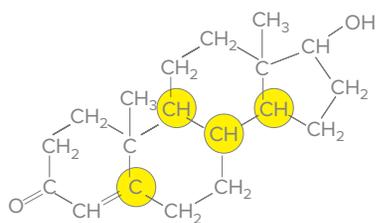


Determine:

- o número de átomos de carbono, classificados como terciários, de sua molécula;
- sua fórmula molecular.

Resolução:

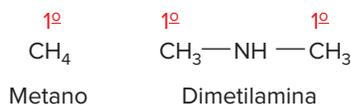
- a) 4 carbonos terciários b) $C_{19}H_{28}O_2$



= carbono terciário

Atenção

Em certos compostos, o átomo de carbono pode não estar ligado a nenhum outro átomo de carbono. Nesses casos, por convenção, ele será classificado como primário.



Classificação das cadeias carbônicas

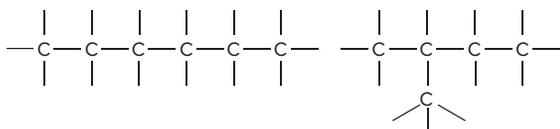
Para que possamos descrever a maneira como os átomos estão unidos nas cadeias carbônicas, elas também são classificadas.

Classificação quanto à forma

O primeiro critério da classificação de uma cadeia carbônica é em relação à sua forma. Nesse critério, devemos avaliar se a cadeia é aberta (acíclica), fechada (cíclica) ou mista.

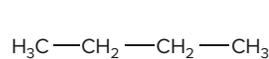
• Cadeias abertas ou acíclicas

São cadeias que têm pelo menos duas extremidades livres e não formam nenhum ciclo ou anel.

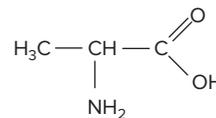


Cadeias abertas.

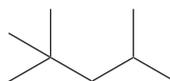
Alguns exemplos:



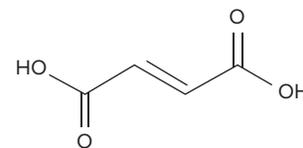
Butano



Ácido 2-aminopropanoico



2,2,4-trimetilpentano

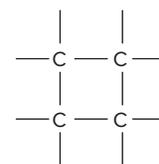
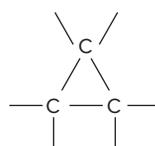


Ácido fumárico

Compostos orgânicos de cadeia aberta.

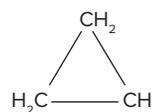
• Cadeias fechadas ou cíclicas

Aquelas em que os átomos se unem formando um ou mais ciclos e que não têm extremidades livres.

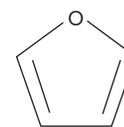


Cadeias fechadas.

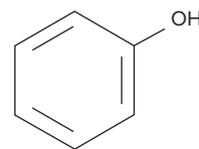
Alguns exemplos:



Ciclopropano



Furano



Benzenol

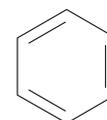
Compostos orgânicos de cadeia fechada.

As cadeias fechadas também são classificadas quanto à sua quantidade de ciclos.

- Mononucleares: cadeias que apresentam apenas um ciclo.



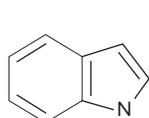
Ciclo-heptano



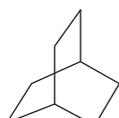
Benzeno

Cadeias mononucleares.

- Polinucleares: cadeias que apresentam dois ou mais ciclos.



Indol

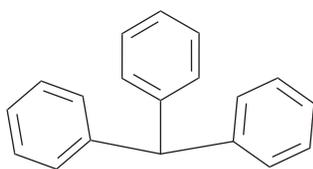


Biciclo [2.2.2] octano

Cadeias polinucleares.

As cadeias polinucleares são ainda classificadas em relação à organização de seus ciclos.

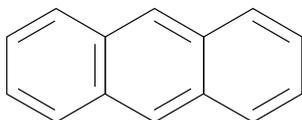
- Núcleos isolados: quando os ciclos não apresentam carbonos em comum.



Trifenilmetano

Cadeia polinuclear com núcleos isolados.

- Núcleos condensados: quando os ciclos apresentam pelo menos dois carbonos comuns.



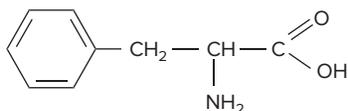
Antraceno

Cadeia polinuclear com núcleos condensados.

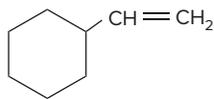
• Cadeia mista

Essa classificação é utilizada quando a cadeia a ser classificada apresenta dois critérios conflitantes. Por exemplo:

- Cadeias que apresentam uma parte fechada e uma parte aberta, ou seja, pelo menos um ciclo e uma extremidade livre formada por um carbono fora desse ciclo.



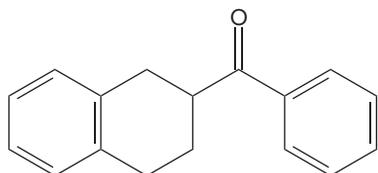
Ácido 2-amino-3-fenilpropanoico



Vinilciclo-hexano

Cadeia mista (aberta e fechada).

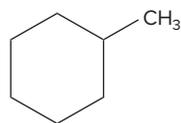
- Cadeias polinucleares que apresentam núcleos isolados e núcleos condensados.



Cadeia mista (núcleos condensados e isolados).

! Atenção

Cadeias fechadas com pequenas ramificações têm sido classificadas como fechadas com ramificações em alguns exames de vestibular, sem nenhum prejuízo aos critérios de nomenclatura e referências.



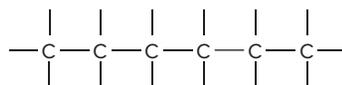
Cadeia fechada e ramificada.

Classificação quanto à disposição

Critério utilizado para avaliar quantas seqüências de carbono a cadeia apresenta.

• Cadeia normal ou reta

Apresenta apenas uma seqüência de carbonos.

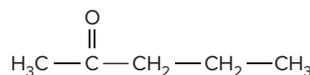


Cadeia normal ou reta.

Alguns exemplos:



Pentano

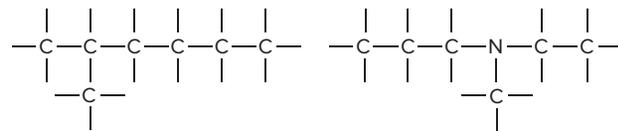


pentan-2-ona

Compostos orgânicos de cadeia normal.

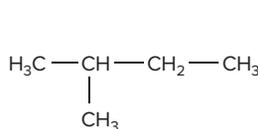
• Cadeia ramificada

Apresenta duas ou mais seqüências de carbonos.

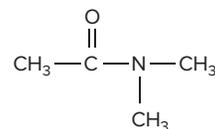


Cadeia ramificada.

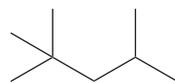
Alguns exemplos:



Metilbutano



N,N-dimetiletanamida



2,2,4-trimetilpentano

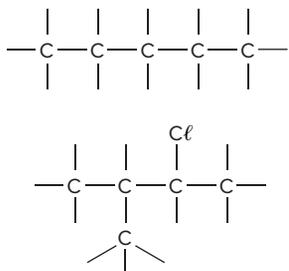
Compostos orgânicos de cadeia ramificada.

Classificação quanto à natureza

Nesse critério, devemos avaliar se existe ou não a presença de um heteroátomo (átomo diferente de carbono entre carbonos).

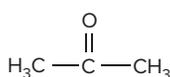
• Cadeia homogênea

Cadeias que **não** apresentam heteroátomos.

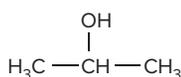


Cadeias homogêneas.

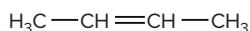
Alguns exemplos:



Propanona



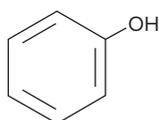
Propan-2-ol



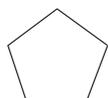
But-2-eno

Compostos orgânicos de cadeia homogênea.

Quando uma cadeia carbônica é cíclica e homogênea, também podemos utilizar o termo **homocíclica** (homogênea + cíclica), como as cadeias apresentadas a seguir.



Benzenol

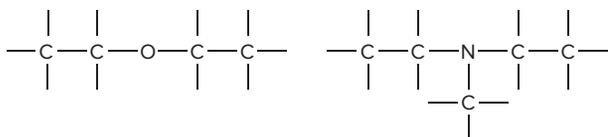


Ciclopentano

Cadeias homocíclicas.

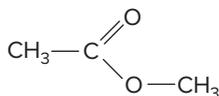
• Cadeia heterogênea

Apresenta pelo menos um heteroátomo.



Cadeias heterogêneas.

Alguns exemplos:



Etanoato de metila



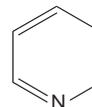
Dimetilamina

Compostos orgânicos com cadeia heterogênea.

Quando uma cadeia carbônica é cíclica e heterogênea, também podemos utilizar o termo **heterocíclica** (heterogênea + cíclica).



Furano



Piridina

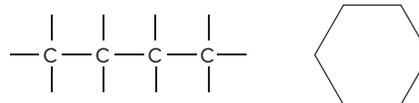
Cadeias heterocíclicas.

Classificação quanto ao tipo de ligação

Esse critério é utilizado para avaliar o tipo de ligação (simples, dupla ou tripla) que existe entre os carbonos em uma cadeia carbônica.

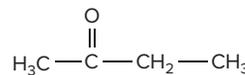
• Cadeia saturada

Apresenta apenas ligações simples entre carbonos.

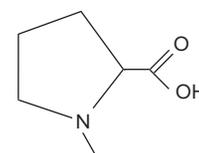


Cadeias saturadas.

Alguns exemplos:



Butanona

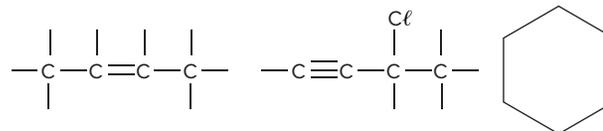


Prolina

Compostos orgânicos de cadeia saturada.

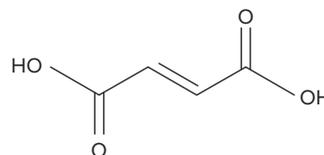
• Cadeia insaturada

Apresenta pelo menos uma ligação dupla ou uma ligação tripla entre carbonos.

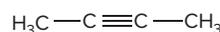


Cadeias insaturadas.

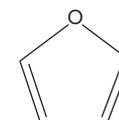
Alguns exemplos:



Ácido fumárico



But-2-ino



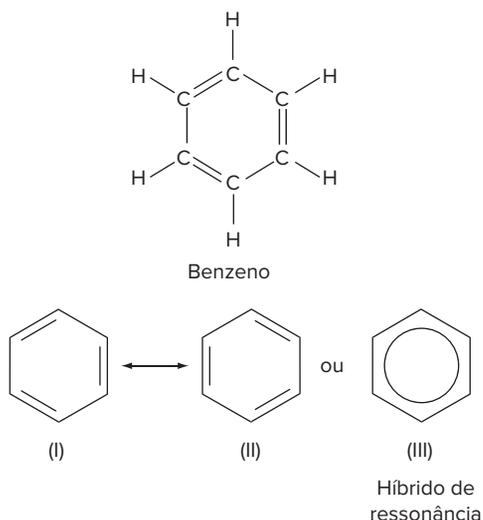
Furano

Compostos orgânicos de cadeia insaturada.

Classificação quanto à aromaticidade

O termo "aromático" começou a ser utilizado aproximadamente no final do século XVIII para classificar compostos obtidos de algumas plantas medicinais que apresentavam odor agradável, porém suas estruturas ainda não haviam sido definidas. Em 1834, o físico-químico inglês Michael Faraday (1791-1867) determinou que a fórmula empírica do benzeno era CH e, alguns anos mais tarde, sua fórmula molecular foi determinada como C_6H_6 .

Os químicos da época propuseram várias fórmulas estruturais para o benzeno, já que sua proporção entre átomos de carbono e hidrogênio era diferente de tudo o que se conhecia até então, porém nenhuma delas se mostrava adequada. Somente em 1865 o químico alemão August Kekulé von Stradonitz (1829-1896) propôs uma fórmula estrutural que se mostrou correta para essa substância. Ele sugeriu que os átomos de carbono deveriam estar ligados entre si, formando um anel. Cada carbono se ligaria a um hidrogênio, e as ligações entre os carbonos deveriam ser duplas e simples alternadas, conforme representado a seguir.



Representações do benzeno.

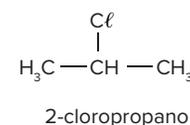
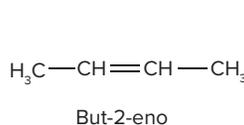
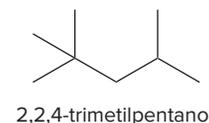
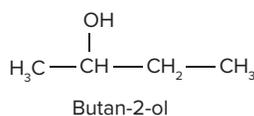
Apesar de a representação mostrar ligações duplas e simples entre os carbonos, na realidade, todas as ligações carbono-carbono têm o mesmo comprimento (140 pm). Essa distância é intermediária entre uma ligação simples $\text{C}-\text{C}$ (~154 pm) e uma ligação dupla $\text{C}=\text{C}$ (~133 pm). A ordem das ligações $\text{C}-\text{C}$ no benzeno é de 1,5, o que pode ser representado pela fórmula denominada **híbrido de ressonância**, em que os seis elétrons π estão deslocalizados (em ressonância). É por isso que a fórmula estrutural do benzeno é frequentemente representada pela estrutura (III), em que o círculo ou anel corresponde ao sexteto eletrônico (6 elétrons π).

O círculo ou anel que caracteriza esses compostos é denominado **núcleo** ou **anel aromático**, ou ainda **núcleo** ou **anel benzênico**.

Para efeito de classificação, em virtude do fenômeno de ressonância (deslocalização dos elétrons π), anéis aromáticos são frequentemente representados pela fórmula do híbrido de ressonância.

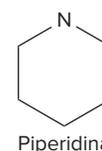
• Cadeias alifáticas

Cadeias abertas e fechadas que não apresentam núcleo ou anel aromático (fenômeno da ressonância), como as representadas a seguir.



Cadeias alifáticas.

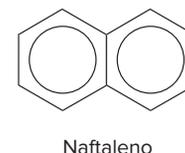
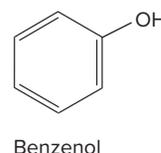
Quando a cadeia é alifática e fechada (cíclica), costuma-se usar o termo **alicíclica** (alifática + cíclica).



Cadeias alicíclicas.

• Cadeias aromáticas

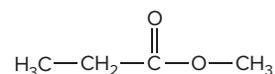
Cadeias fechadas que apresentam pelo menos um núcleo ou anel aromático (fenômeno da ressonância).



Cadeias aromáticas.

Exercício resolvido

3. O propanoato de metila, representado a seguir, apresenta cadeia carbônica:



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

Resolução:

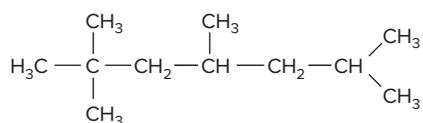
A cadeia é alifática, pois não apresenta núcleo ou anel aromático; aberta, pois não forma nenhum ciclo; saturada, pois apresenta apenas ligações simples entre os carbonos; e heterogênea, pois apresenta um heteroátomo.
Resposta: alternativa A.

Revisando

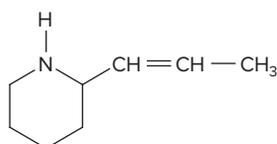
1. Para os químicos dos séculos XVIII e XIX, os compostos orgânicos eram originados somente de seres vivos; e os inorgânicos, dos materiais inanimados, como os minerais. A produção de substâncias orgânicas pelos seres vivos estaria associada a uma “força vital”.

Em 1828, Wöhler obteve a ureia (H_2NCONH_2), constituinte típico da urina, a partir do aquecimento do composto inorgânico cianato de amônio ($\text{NH}_4^+\text{CNO}^-$).

- Escreva a equação química da reação de Wöhler utilizando fórmulas estruturais dos compostos envolvidos.
 - Explique por que a experiência de Wöhler colocou em dúvida a teoria da “força vital”.
2. Indique o número de átomos de carbonos 1^º, 2^º, 3^º e 4^º nas cadeias carbônicas a seguir.



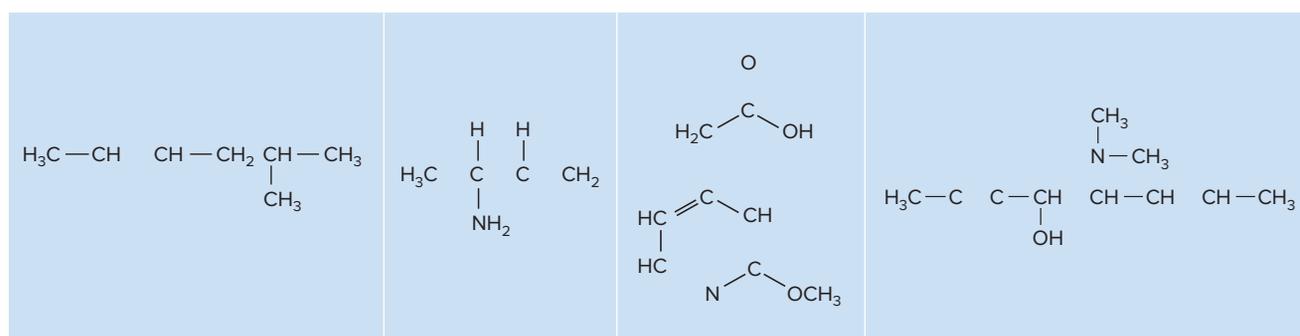
Composto 1



Composto 2

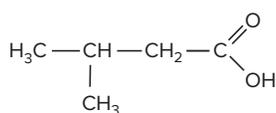
Classificação do carbono	Composto 1	Composto 2
1 ^º		
2 ^º		
3 ^º		
4 ^º		

3. Complete os compostos a seguir com a ligação química (simples, dupla ou tripla) que está faltando:

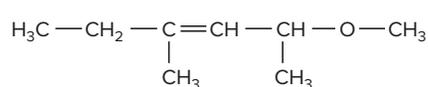


4. Classifique as cadeias carbônicas dos compostos a seguir quanto a quatro itens cada um.

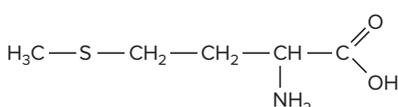
a)



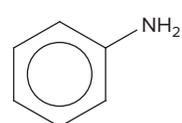
c)



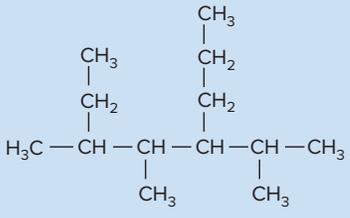
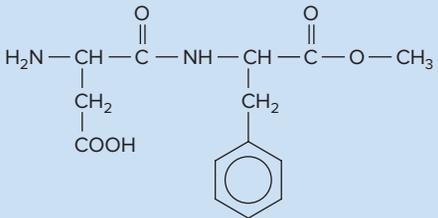
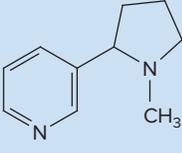
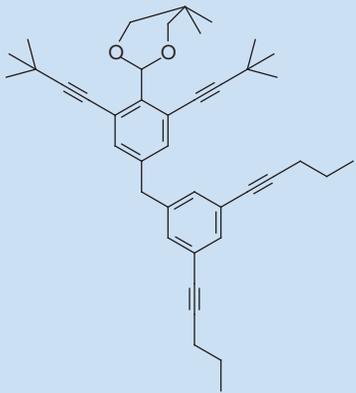
b)



d)



5. Encontre a fórmula molecular de cada um dos compostos a seguir.

 <p>Fórmula molecular:</p>	 <p>Fórmula molecular:</p>
 <p>Fórmula molecular:</p>	 <p>Fórmula molecular:</p>

6. Relacione as colunas:

Coluna 1 – Cadeias carbônicas

1. aberta
2. fechada
3. normal
4. ramificada

5. saturada
6. insaturada
7. homogênea
8. heterogênea

Coluna 2 – Características

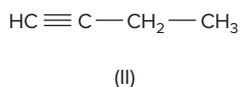
- Cadeia em que os átomos de carbono ligam-se exclusivamente por meio de ligações simples.
- Cadeia que apresenta exclusivamente átomos de carbono.
- Cadeia em que os átomos de carbono apresentam mais de uma sequência.
- Cadeia em que os átomos de carbono formam anéis ou ciclos.
- Cadeia em que pelo menos dois átomos de carbono estão ligados por dupla ou tripla ligação.
- Cadeia que apresenta átomo diferente do carbono.
- Cadeia em que os átomos de carbono não formam anéis ou ciclos.
- Cadeia em que todos os átomos de carbono encontram-se em uma única sequência.

7. Considere os compostos I, II, III, IV e V, representados a seguir pelas fórmulas respectivas.

- I. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ III. CH_3CCH V. CH_2CHCH_3
 II. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ IV. CH_3CH_3

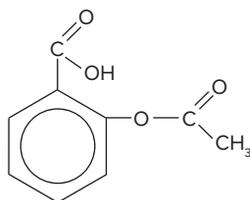
Indique os compostos que apresentam apenas ligações do tipo sigma (σ).

8. Considere os compostos de fórmula:



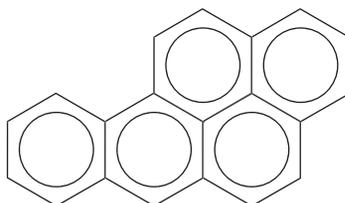
Classifique cada um deles como saturado ou insaturado, alifático ou aromático.

9. O ácido acetilsalicílico é um analgésico de diversos nomes comerciais (AAS, Aspirina, Buferin e outros). Sua fórmula estrutural é:



Classifique sua cadeia carbônica.

10. O 1,2-benzopireno, mostrado na figura, é um agente cancerígeno encontrado na fumaça do cigarro.



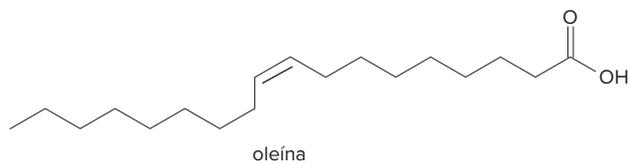
- a) Determine sua fórmula molecular.
b) Indique o número de ligações pi (π) presentes na estrutura do 1,2-benzopireno.

Exercícios propostos

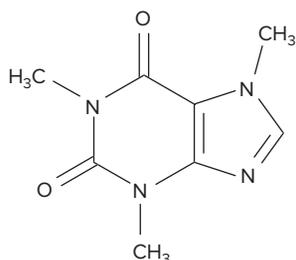
Fórmulas estruturais e características das cadeias carbônicas

Texto para a questão 1.

O óleo da amêndoa da andiroba, árvore de grande porte encontrada na região da Floresta Amazônica, tem aplicações medicinais como antisséptico, cicatrizante e anti-inflamatório. Um dos principais constituintes desse óleo é a oleína, cuja estrutura química está representada a seguir.



1. **UEA-AM 2014** O número de átomos de carbono na estrutura da oleína é igual a
- a) 16. c) 19. e) 17.
b) 18. d) 20.
2. **FCMMG** A cafeína, um estimulante bastante comum no café, chá, guaraná etc., tem a seguinte fórmula estrutural:

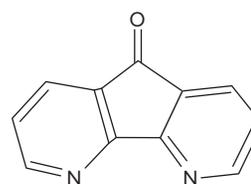


Podemos afirmar corretamente que a fórmula molecular da cafeína é:

- a) $C_5H_9N_4O_2$
b) $C_6H_{10}N_4O_2$
c) $C_6H_9N_4O_2$
d) $C_3H_9N_4O_2$
e) $C_8H_{10}N_4O_2$

Texto para a questão 3.

O conhecimento científico tem sido cada vez mais empregado como uma ferramenta na elucidação de crimes. A química tem fornecido muitas contribuições para a criação da ciência forense. Um exemplo disso são as investigações de impressões digitais empregando-se a substância I (figura). Essa substância interage com resíduos de proteína deixados pelo contato das mãos e, na presença de uma fonte de luz adequada, luminesce e revela vestígios imperceptíveis a olho nu.



Substância I

Farias, R. F. *Introdução à química forense*. Átomo, 2010. (Adapt.)

3. **FGV-SP 2014** A fórmula molecular e o total de ligações sigma na molécula da substância I são, correta e respectivamente:

- a) $C_{10}H_{10}N_2O$; 16.
- b) $C_{11}H_6N_2O$; 16.
- c) $C_{10}H_6N_2O$; 22.
- d) $C_{11}H_{10}N_2O$; 22.
- e) $C_{11}H_6N_2O$; 22.

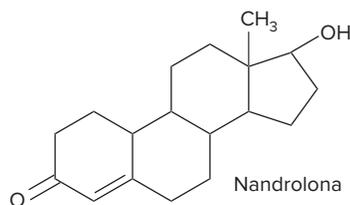
4. **Mackenzie-SP** A molécula que apresenta a menor cadeia alifática, insaturada e que contém um carbono quaternário é:

- a) C_6H_{12}
- b) C_5H_{12}
- c) C_2H_4
- d) $C_5H_{10}O$
- e) C_5H_{10}

5. **Uece 2019** Assinale a opção que completa correta e respectivamente o seguinte enunciado: "Muitas substâncias orgânicas têm em sua estrutura um ciclo formado por _____¹ átomos de carbono com 3 ligações duplas _____². Compostos que têm esse ciclo são chamados de _____³."

- a) seis¹, alternadas², aromáticos³
- b) seis¹, alternadas², parafínicos³
- c) cinco¹, contínuas², aromáticos³
- d) cinco¹, contínuas², parafínicos³

6. **UFJF-MG 2017** O Comitê Olímpico Internacional, durante as Olimpíadas Rio 2016, estava bastante atento aos casos de *doping* dos atletas. A nandrolona, por exemplo, é um hormônio derivado da testosterona muito utilizado pela indústria farmacêutica para a produção de derivados de esteroides anabólicos.

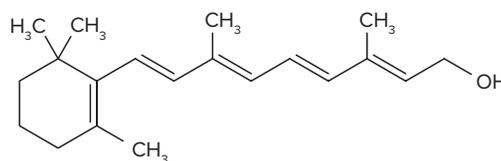


Quantos carbonos terciários com hibridação sp^3 possui esse hormônio na sua estrutura molecular?

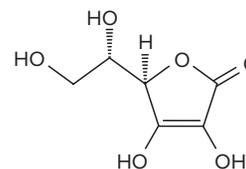
- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

7. **Uece 2022** As vitaminas A e C têm funções muito importantes no corpo humano. Dentre as funções da vitamina A, encontram-se o bom funcionamento da visão e sua contribuição na formação dos dentes e na

renovação celular. Já a vitamina C facilita a cicatrização da pele, melhora a circulação do sangue e ajuda na prevenção de doenças cardiovasculares como aterosclerose e pressão alta. Observe as seguintes estruturas químicas:



Vitamina A



Vitamina C

De acordo com as estruturas químicas acima apresentadas, é correto dizer que

- a) a estrutura da vitamina A contém um anel benzênico e a da vitamina C contém um heteroátomo.
- b) na estrutura da vitamina A existem dez átomos de carbono do tipo sp^2 enquanto na estrutura da vitamina C existem três átomos de carbono do tipo sp^3 .
- c) enquanto a estrutura da vitamina A possui um total de 28 átomos de hidrogênio, a estrutura da vitamina C possui somente 8 átomos de hidrogênio.
- d) tanto a vitamina A quanto a vitamina C pertencem às funções dos álcoois, contudo, a vitamina A pertence aos aromáticos e a vitamina C aos ésteres.

8. **UFPA 2016** Um anel aromático tem estrutura plana porque seus carbonos têm hibridação

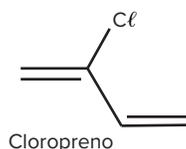
- a) somente sp .
- b) somente sp^2 .
- c) somente sp^3 .
- d) sp e sp^2 alternadas.
- e) sp^2 e sp^3 alternadas.

9. **UFRGS 2019** Octanagem ou índice de octano serve como uma medida de qualidade da gasolina. O índice faz relação da equivalência à resistência de detonação de uma mistura percentual de isoctano e n-heptano.

O nome IUPAC do composto isoctano é 2,2,4-trimetil-pentano e o número de carbono(s) secundário(s) que apresenta é

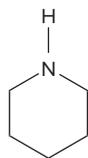
- a) 0.
- b) 1.
- c) 2.
- d) 3.
- e) 5.

10. **Uefs-BA 2018** Camisas térmicas têm sido utilizadas para banhos de mar por proporcionar proteção térmica e proteção contra a radiação solar. Uma das fibras utilizadas na confecção dessas camisas é a de neopreno, obtida a partir da polimerização do cloropreno.



A cadeia carbônica do cloropreno é classificada como

- homogênea, insaturada e normal.
 - homogênea, insaturada e ramificada.
 - homogênea, saturada e normal.
 - heterogênea, insaturada e ramificada.
 - heterogênea, saturada e ramificada.
11. **UEPG-PR 2016** Sobre a piperidina, de fórmula estrutural representada abaixo, assinale o que for correto.

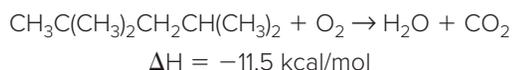


- 01 É uma molécula acíclica.
- 02 Todos os átomos de carbono são hibridizados em sp^2 .
- 04 É um composto de cadeia saturada.
- 08 Apresenta heteroátomo.

Soma:

12. **IFSuL-RS 2018** Leia o texto abaixo e responda à questão.

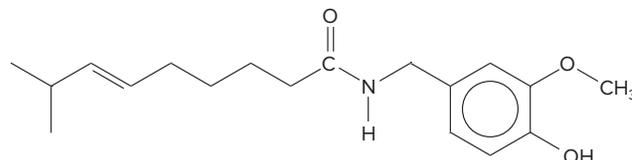
A qualidade da gasolina é definida de acordo com o índice de octanagem do combustível. A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos que variam sua cadeia carbônica de quatro a doze átomos de carbono (gasolina automotiva) e de cinco a dez átomos de carbono (gasolina de aviação), a média de átomos de carbono geral das cadeias é de oito carbonos. As gasolinas que possuem alto índice de isoctano são considerados combustíveis de alta qualidade e poder de combustão. A equação não balanceada abaixo representa a reação de combustão do isoctano:



O isoctano é um hidrocarboneto que apresenta cadeia carbônica

- normal e insaturada.
- ramificada e saturada.
- ramificada e insaturada.
- normal e saturada.

13. **UEL-PR** Você já sentiu o ardido de pimenta na boca? Pois bem, a substância responsável pela sensação picante na língua é a capsaicina, substância ativa das pimentas. Sua fórmula estrutural está representada a seguir.



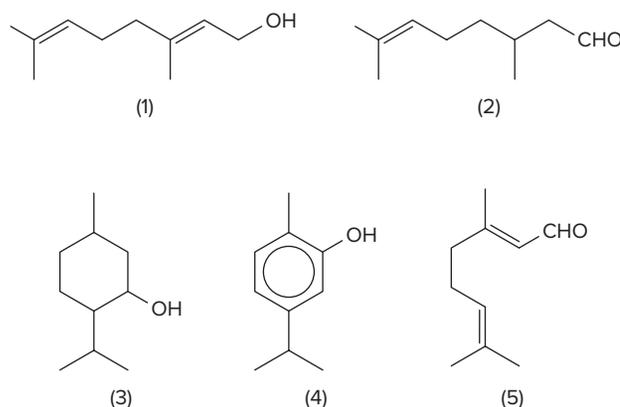
Em relação à estrutura da capsaicina, considere as afirmativas a seguir.

- Apresenta cadeia carbônica insaturada.
- Apresenta três átomos de carbono terciário.
- Apresenta possibilidade de formar ligações (ponte) de hidrogênio.
- Apresenta um ciclo de 6 átomos de carbono sp^2 com elétrons π ressonantes.

Estão corretas apenas as afirmativas:

- I e II.
- I e IV.
- II e III.
- I, III e IV.
- II, III e IV.

14. **Enem 2020** Um microempresário do ramo de cosméticos utiliza óleos essenciais e quer produzir um creme com fragrância de rosas. O principal componente do óleo de rosas tem cadeia poli-insaturada e hidroxila em carbono terminal. O catálogo dos óleos essenciais apresenta, para escolha da essência, estas estruturas químicas:

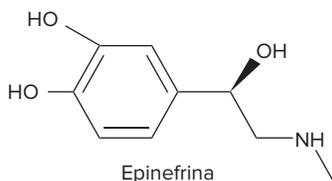


Qual substância o empresário deverá utilizar?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

 Texto para a questão 15.

A molécula de epinefrina foi primeiramente isolada em sua forma pura em 1897 e sua estrutura foi determinada em 1901. Ela é produzida na glândula adrenal (daí vem o seu nome usual, adrenalina) como um único enantiômero.

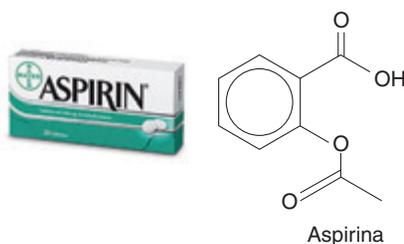


15. **Udesc 2016** Analisando a estrutura da molécula de epinefrina, é **incorreto** afirmar que:

- a) o átomo de nitrogênio está ligado a dois carbonos de configuração sp^3 .
- b) apresenta ligações covalentes polares e apolares, em sua estrutura.
- c) os três átomos de oxigênio estão ligados a carbonos e hidrogênios por meio de ligações covalentes polares.
- d) possui 17 ligações sigma (σ) e três ligações pi (π).
- e) suas moléculas podem formar ligações de hidrogênio entre si.

 Texto para a questão 16.

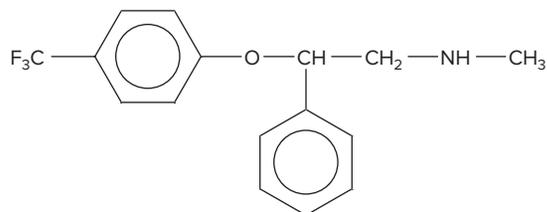
Observe o remédio a seguir e sua composição para responder à questão.



16. **IFSuL-RS 2015** O composto orgânico reproduzido no início do enunciado apresenta várias características, dentre as quais, caracteriza-se como correta a

- a) presença de anel aromático com quatro ligações duplas alternadas.
- b) existência de três átomos de carbono com hibridização sp .
- c) massa molar aproximadamente igual a $200 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- d) presença de cinco ligações covalentes em eixos paralelos (ligação pi).

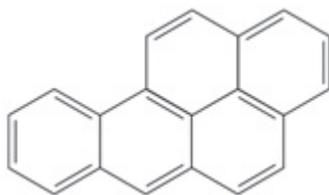
17. **PUC-RS** A fluoxetina, presente na composição química do Prozac, apresenta fórmula estrutural:



Com relação a esse composto, é correto afirmar que apresenta:

- a) cadeia carbônica cíclica e saturada.
- b) cadeia carbônica aromática e homogênea.
- c) cadeia carbônica mista e heterogênea.
- d) somente átomos de carbonos primários e secundários.
- e) fórmula molecular $C_{17}H_{16}ONF$.

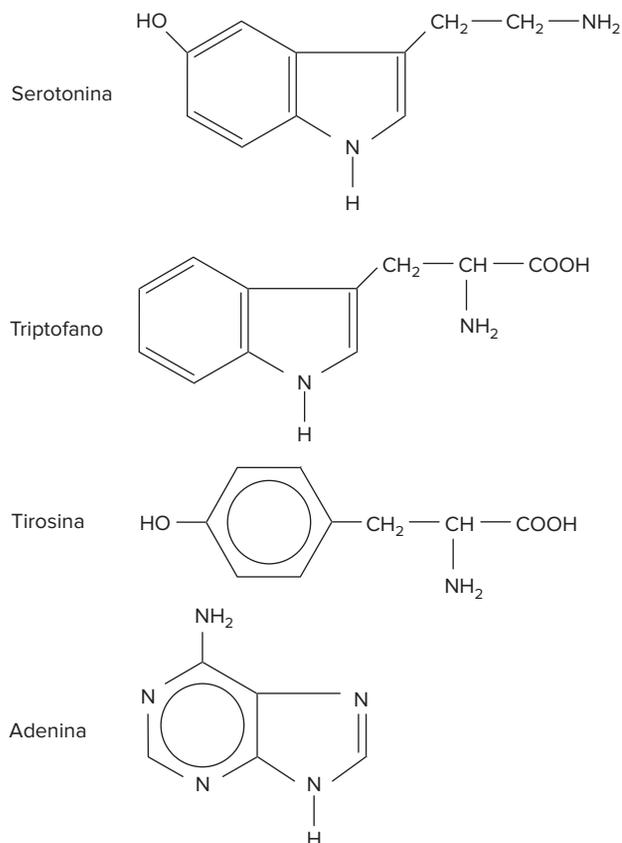
18. **Uerj 2018** A exposição ao benzopireno é associada ao aumento de casos de câncer. Observe a fórmula estrutural dessa substância:



Com base na fórmula, a razão entre o número de átomos de carbono e o de hidrogênio presentes no benzopireno, corresponde a:

- a) $\frac{3}{7}$. b) $\frac{6}{5}$. c) $\frac{7}{6}$. d) $\frac{5}{3}$.

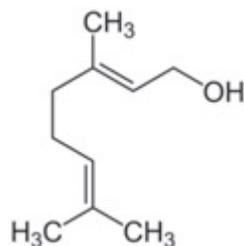
19. **FSM-PB** Considere, a seguir, o conjunto de representações de moléculas de algumas substâncias químicas com fundamental importância na fisiologia humana.



Então, qual a afirmação correta a respeito das ligações químicas existentes nas moléculas representadas?

- Todas as moléculas contêm ligações π entre carbono sp^3 e nitrogênio.
- Na serotonina e na tirosina, existem ligações π entre carbono sp^2 e oxigênio.
- Todas as moléculas contêm, pelo menos, uma ligação entre carbono sp e oxigênio.
- Todas as moléculas contêm ligações π em um sistema com deslocalização de elétrons.
- Somente na serotonina, existem ligações σ e π entre átomos de carbono e nitrogênio.

20. **UEPG-PR 2018** Com relação à cadeia carbônica da molécula apresentada abaixo, assinale o que for correto.



- 01 É alifática.
- 02 É insaturada.
- 04 É ramificada.
- 08 É heterogênea.

Soma:

Texto complementar

Ureia agrícola: entenda o que é esse fertilizante nitrogenado

Com alto teor de nitrogênio e um custo de aquisição e transporte relativamente baixo, a ureia agrícola é um dos fertilizantes nitrogenados convencionais mais utilizado no manejo nutricional do solo. Porém, atrelado a esse baixo custo, vem uma série de fatores que limitam o bom aproveitamento dos nutrientes disponibilizados pelo adubo para a planta. Conheça o que é ureia agrícola e suas limitações enquanto fonte de nitrogênio.

O que é ureia agrícola

A ureia agrícola ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) é um fertilizante [...]. Ela é sintetizada em condições de temperatura e pressão elevadas, a partir da amônia e do gás carbônico, para que, ao final do processo, seja obtido um adubo com altas concentrações de nitrogênio.

Em 2021, a ureia deve se tornar o fertilizante com o maior salto em consumo no Brasil nos últimos anos, segundo a Associação Internacional de Fertilizantes (IFA). Estima-se que entre 2011 e 2021, o uso da ureia passe de 3,5 milhões para 8 milhões de toneladas.

[...]

Essa demanda é reflexo das próprias características do fertilizante, que apresenta uma concentração média de 45% de nitrogênio, segundo a Embrapa. Porém, esse nitrogênio não se encontra nas formas absorvidas pelas plantas, que são a nítrica (NO_3^-) ou amoniacal (NH_4^+).

Uma vez no solo, a ureia agrícola passa por uma série de transformações químicas, que são dependentes de algumas condições para se obter a máxima eficiência do processo, como:

- **Umidade:** responsável pela solubilização da ureia e liberação da amônia (NH_3), composto precursor da forma de nitrogênio absorvida pelas plantas;
- **pH:** responsável pela transformação da amônia (NH_3) em amônio (NH_4^+), caso o pH esteja abaixo de 6. Caso contrário o composto pode sofrer perdas por volatilização;
- **Oxigênio:** responsável por disponibilizar um meio favorável para a atuação das bactérias *Nitrossomas* e *Nitrobacter*, que transformam o amônio (NH_4^+) em nitrato (NO_3^-).

Portanto, garantir boas condições do solo antes da aplicação do insumo são essenciais para proporcionar um bom desempenho da ureia. Alguns dos fatores que podem ser observados no dia a dia são a previsão meteorológica e a ocorrência de compactação no solo, que limitam a disponibilidade de umidade e oxigênio.

Alternativas às limitações da ureia agrícola

Como condições desfavoráveis no solo podem gerar perdas de nitrogênio da ureia agrícola, nem sempre a adubação nitrogenada vai suprir a demanda da planta. Essa condição de carência é ainda mais agravada caso a planta se encontre nos seus primeiros estágios de desenvolvimento, em que a demanda é maior.

Condições de falta ou insuficiência de nitrogênio causam o retardamento do crescimento da planta e amarelecimento das folhas mais velhas. Isso porque o elemento é o macronutriente mais exigido pelas plantas, sendo indispensável para garantir uma boa produtividade das lavouras, por atuar diretamente no desenvolvimento vegetativo e radicular.

Uma das formas mais usuais de mitigar as perdas de nitrogênio, é o revestimento da ureia agrícola. Essa alternativa visa disponibilizar o nutriente de forma mais gradual e reduzir as perdas por volatilização [...].

Ainda assim, a eficiência da ureia agrícola protegida em relação a sua forma convencional continua sendo foco de muitas pesquisas. Em baixo índice de chuvas, os pesquisadores Wesley dos Santos Cunha e Osvaldo Fernandes Júnior em seu estudo *Adubação nitrogenada com ureia convencional e revestida com polímeros na cultura do milho no Oeste da Bahia* não identificaram diferenças estatísticas, tornando o investimento maior na forma protegida de ureia ainda incerto.

Além das perdas por nitrogênio, outro fator que dificulta a utilização da ureia agrícola é a sua alta higroscopicidade. Ou seja, ela absorve água com muita facilidade, o que dificulta o armazenamento e aplicação do produto.

Algumas estratégias, como o armazenamento em sacos plásticos e a aplicação durante dias com baixa umidade relativa do ar, podem ser utilizadas para reduzir as complicações advindas dessa característica.

[...]

Com isso, a ureia agrícola continua sendo uma opção viável para adubação nitrogenada na lavoura, desde que observadas as condições ideais para aplicação no solo e sempre buscando por alternativas que equilibrem algumas das limitações desse fertilizante.

UREIA agrícola: entenda o que é esse fertilizante nitrogenado. *Blog Verde*, 1º abr. 2021.
Disponível em: <https://blog.verde.ag/nutricao-de-plantas/ureia-agricola-entenda-o-que-e-esse-fertilizante-nitrogenado/>.
Acesso em: 27 jun. 2022.

Resumindo

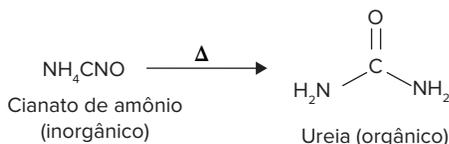
Princípios da Química Orgânica

Em 1777, Torbern Olof Bergman (físico e matemático sueco, 1735-1784) sugere a Química Orgânica como uma divisão da Química.

- Química Orgânica: estuda os compostos extraídos dos seres vivos (animais e vegetais).
- Química Inorgânica: estuda os compostos extraídos dos minerais.

Teoria da força vital ou vitalismo: Em 1807, Jöns Jacob Berzelius formulou uma teoria que afirmava que os compostos orgânicos eram obtidos pela intermediação de uma **força vital** existente apenas em plantas e animais. Esses compostos poderiam ser extraídos e transformados uns nos outros, mas era impossível obtê-los a partir de outros elementos do reino mineral (que não tinham a força vital).

A ideia do vitalismo começou a declinar quando Friedrich Wöhler sintetizou a ureia (substância anteriormente isolada da urina de animais) a partir do cianato de amônio, reação que ficou conhecida como Síntese de Wöhler.



O reconhecimento de que a teoria da força vital não tinha grande aplicabilidade na Química Orgânica foi gradual, à medida que novos compostos orgânicos eram reconhecidos e sintetizados.

Conforme o vitalismo perdia forças, aquela definição proposta por Bergman (química dos organismos vivos) deixava de ser adequada e, então, **Kekulé**, em 1858, propôs a definição da Química Orgânica como **o ramo da Química que estuda os compostos de carbono**.

Características do carbono

- O carbono é tetravalente.
- As quatro ligações simples (do tipo sigma σ) do carbono são equivalentes.
- Além de ligações simples, o carbono também pode realizar ligações duplas ou triplas.

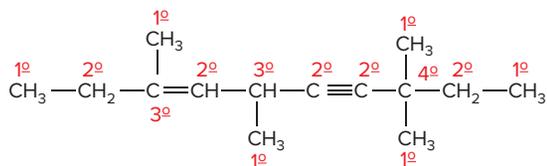
Hibridação	Ligações	Ângulo entre ligações	Geometria
sp^3		$109^{\circ}28'$	Tetraédrica
sp^2		120°	Trigonal plana
sp	 	180°	Linear

- O carbono pode se ligar a diversos elementos químicos.
- O carbono pode formar cadeias.

Representação das fórmulas estruturais em Química Orgânica:

Fórmula estrutural		
Fórmula estrutural condensada	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	
Fórmula estrutural em linhas ou bastão		

Classificação do carbono



Para classificar um carbono, devemos observar a quantos outros átomos de carbono ele está ligado em uma cadeia carbônica. Ele pode ser classificado em:

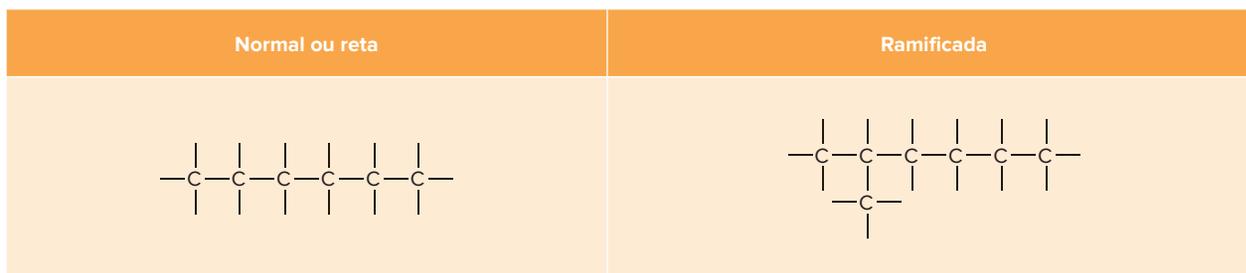
- Carbono primário: ligado apenas a um átomo de carbono.
- Carbono secundário: ligado a dois átomos de carbono.
- Carbono terciário: ligado a três átomos de carbono.
- Carbono quaternário: ligado a quatro átomos de carbono.

Classificação das cadeias carbônicas

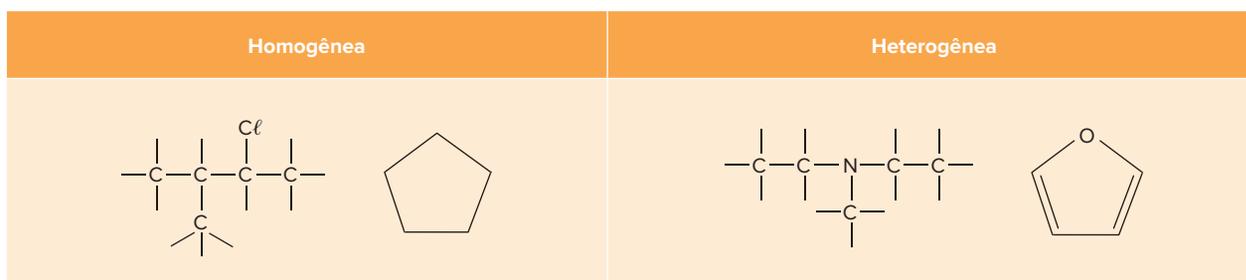
Quanto à forma:

Abertas ou acíclicas
Fechadas ou cíclicas

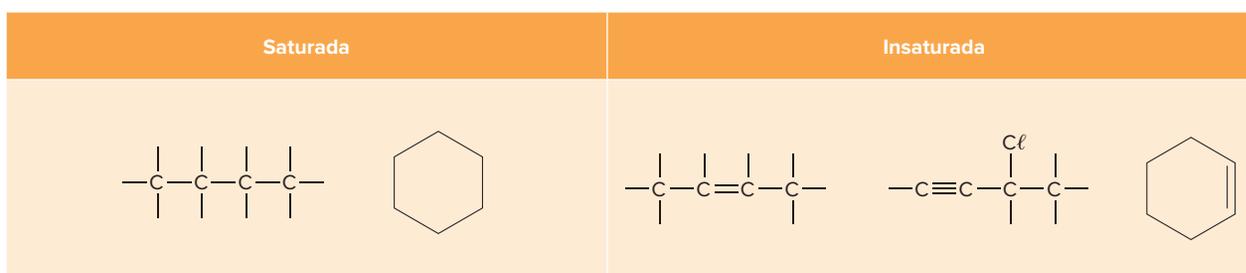
Quanto à disposição:



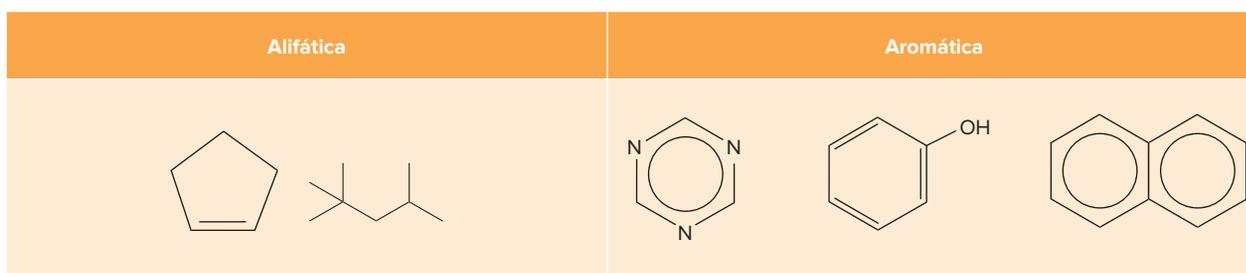
Quanto à natureza:



Quanto ao tipo de ligação:



Quanto à aromaticidade:



Quer saber mais?



Livros

BARBOSA, L. C. de A. *Introdução à Química Orgânica*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

Com uma linguagem simples e acessível, o livro aborda tópicos de Química Orgânica contextualizados, como alcanos, álcoois, éteres, aldeídos e cetonas.

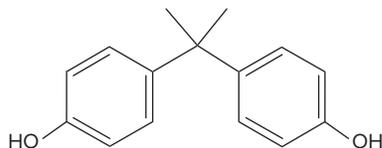
SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. *Química Orgânica*. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018. v. 1

O livro amplia alguns conceitos de Química Orgânica, como hibridização e geometria, impedimento estérico, eletronegatividade, polaridade, cargas formais e ressonância.

Exercícios complementares

Fórmulas estruturais e características das cadeias carbônicas

1. **UEM-PR 2013** O uso de Bisfenol A (BPA) na produção de garrafas plásticas, mamadeiras e copos para bebês foi proibido no Brasil, no final de 2011, devido a suspeitas de danos à saúde humana. Sobre o BPA (estrutura mostrada a seguir), assinale o que for **correto**.



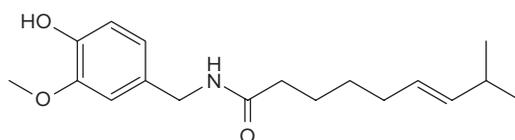
- 01 É um hidrocarboneto aromático.
02 É uma molécula planar.
04 Apresenta plano de simetria.
08 Sua fórmula molecular é $C_{15}H_{16}O_2$.
16 Devido à presença de grupos hidroxila, é um composto altamente solúvel em água.

Soma:

2. **Cefet-MG** O antraceno, formado por 3 anéis benzênicos com todos os carbonos híbridos do tipo sp^2 , é um composto orgânico de cadeia aromática condensada. Além disso, contém 4 carbonos terciários e os demais, secundários. Portanto, sua fórmula molecular é

- a) $C_{14}H_{10}$.
b) $C_{14}H_{14}$.
c) $C_{16}H_{12}$.
d) $C_{18}H_{14}$.

3. **UFRGS 2020** Recentemente, estudantes brasileiros foram premiados pela NASA (Agência Espacial Americana) pela invenção de um chiclete de pimenta, o "Chiliclete", que auxilia os astronautas a recuperarem o paladar e o olfato. A capsaicina, molécula representada abaixo, é o componente ativo das pimentas.



A cadeia carbônica desse composto pode ser classificada como

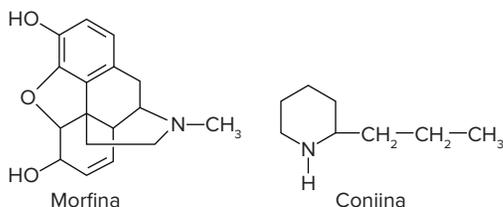
- a) alifática, ramificada e homogênea.
b) aromática, ramificada e homogênea.
c) alicíclica, linear e insaturada.
d) mista, insaturada e heterogênea.
e) acíclica, linear e heterogênea.
4. **UFRGS** O ácido núdico, cuja estrutura é mostrada abaixo, é um antibiótico isolado de cogumelos como o *Tricholoma nudum*.



Em relação a uma molécula de ácido núdico, é correto afirmar que o número total de átomos de hidrogênio, de ligações duplas e de ligações triplas é, respectivamente,

- a) 1 - 1 - 2.
b) 1 - 2 - 3.
c) 3 - 1 - 2.
d) 3 - 2 - 3.
e) 5 - 1 - 3.

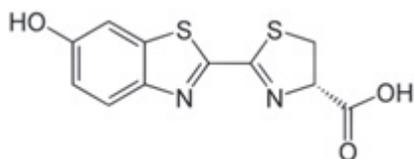
5. **Enem Libras 2017** Plantas apresentam substâncias utilizadas para diversos fins. A morfina, por exemplo, extraída da flor da papoula, é utilizada como medicamento para aliviar dores intensas. Já a coniina é um dos componentes da cicuta, considerada uma planta venenosa. Suas estruturas moleculares são apresentadas na figura.



Dentre os fitoquímicos representados, um deles é aromático e apresenta a seguinte fórmula molecular:

- a) $C_{16}H_{17}NO_2$. d) $C_{17}H_{19}NO_3$.
 b) $C_{16}H_{19}NO_3$. e) $C_{15}H_{15}NO_3$.
 c) $C_{17}H_{17}NO_3$.
6. **IF Sul-RS 2018** Leia o texto abaixo e responda à questão.

A luciferina é uma substância química presente em organismos bioluminescentes (como os vaga-lumes) que, quando oxidada, produz luz de cor azul esverdeada quase sem emitir calor. Este processo biológico é designado por bioluminescência e a fórmula estrutural dessa substância é descrita abaixo.



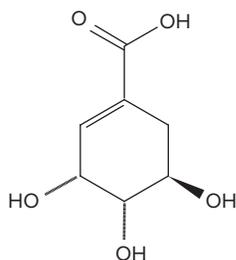
Sobre a molécula de luciferina, são feitas as seguintes afirmativas:

- I. Apresenta fórmula molecular $C_{11}H_8N_2O_3S_2$.
 II. Possui 6 ligações covalentes pi.
 III. Contém 8 carbonos com hibridação sp^2 .

Estão corretas as afirmativas

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

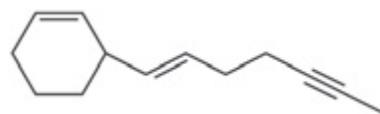
7. **PUC-SP 2018** O Tamiflu ou fosfato de oseltamivir, utilizado para o tratamento da gripe, é produzido do composto ativo do anis-estrelado, também conhecido como ácido shikimico. Esse ácido é um potente antiviral. Sua fórmula estrutural está representada abaixo.



Sobre esse composto, é CORRETO afirmar que

- a) é um composto aromático.
 b) possui apenas carbonos secundários e terciários.
 c) possui cadeia carbônica homocíclica.
 d) possui cadeia carbônica ramificada.

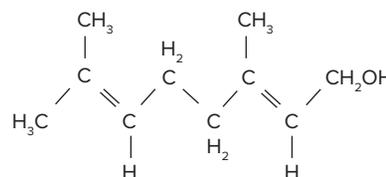
8. **Enem 2017** O hidrocarboneto representado pela estrutura química a seguir pode ser isolado a partir das folhas ou das flores de determinadas plantas. Além disso, sua função é relacionada, entre outros fatores, a seu perfil de insaturações.



Considerando esse perfil específico, quantas ligações pi a molécula contém?

- a) 1.
 b) 2.
 c) 4.
 d) 6.
 e) 7.

9. **Unifor-CE 2020** O geraniol é um líquido amarelado que apresenta um agradável odor de rosas, sendo utilizado na fabricação de fragrâncias e perfumes, de fórmula estrutural:



Em relação à cadeia carbônica, pode-se afirmar que:

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

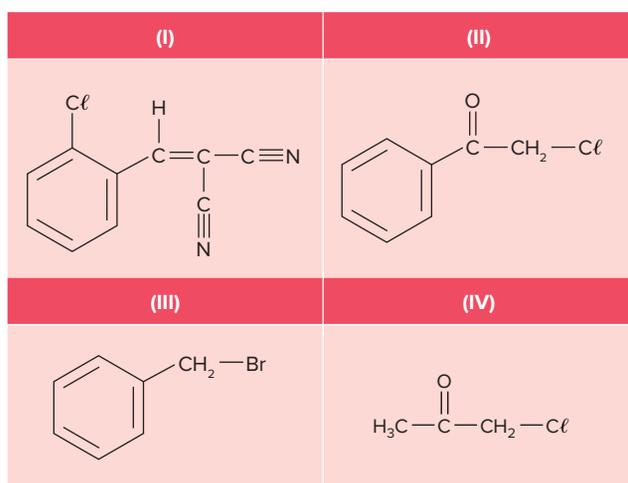
10. **Uece 2016** O benzeno é usado principalmente para produzir outras substâncias químicas. Seus derivados mais largamente produzidos incluem o estireno, que é usado para produzir polímeros e plásticos, fenol, para resinas e adesivos, e ciclo-hexano, usado na manufatura de nylon. Quantidades menores de benzeno são usadas para produzir alguns tipos de borrachas, lubrificantes, corantes, detergentes, fármacos, explosivos e pesticidas. O benzeno não é representado apenas por uma estrutura de Lewis, mas por mais de um arranjo para descrever sua estrutura, que corresponde ao efeito mesomérico ou ressonância e é identificada
- a) por ser bastante estável e agir como se tivesse isoladamente ligações simples e ligações duplas.
 b) pelas distâncias entre os átomos de carbono das ligações simples (1,54 Å) e das ligações duplas (1,34 Å).

- c) pela variação da posição dos elétrons σ (sigma) que provocam mudanças nas posições dos átomos de carbono.
- d) por possuir distância intermediária entre os átomos de carbono, comparada com a distância da ligação simples e a distância da ligação dupla.

11. UFSC 2014 As bombas de gás lacrimogêneo, utilizadas por forças de segurança do mundo inteiro para dispersar manifestações, tiveram destaque em julho de 2013 nas imagens da repressão aos protestos em diversas cidades brasileiras. Os efeitos causados pela exposição ao gás lacrimogêneo demoram cerca de 20 a 45 minutos para desaparecer. Os gases lacrimogêneos comumente utilizados são os irritantes oculares que apresentam composição química variável, podendo, entre outros, ter agentes ativos como: clorobenzilidenomalononitrilo (I), cloroacetofenona (II), brometo de benzila (III) ou cloro-propanona (IV).

Disponível em: http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/06/130619_gas_lacrimogeneo_mj_cc.shtml. Acesso em: 14 ago. 2013. (Adapt.)

A seguir, estão apresentadas as fórmulas estruturais dos agentes ativos do gás lacrimogêneo:

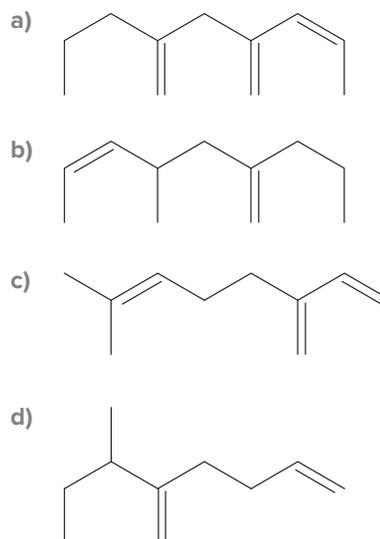


Assinale a(s) proposição(ões) **corretas(s)**.

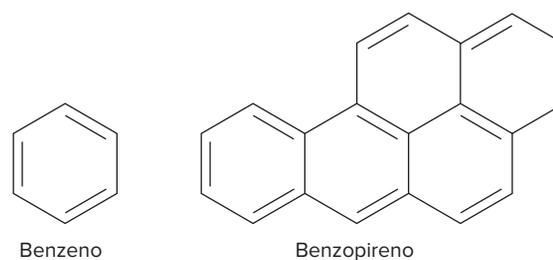
- 01** A ordem decrescente do raio atômico dos elementos químicos presentes em I é cloro > nitrogênio > > carbono > hidrogênio.
- 02** As moléculas II e IV apresentam átomo de cloro ligado a átomo de carbono insaturado.
- 04** A fórmula molecular de I é $C_{10}H_5N_2Cl$.
- 08** Os átomos de nitrogênio, cloro e bromo apresentam cinco elétrons na sua camada de valência.
- 16** Em II e IV, o átomo de carbono da carbonila apresenta hibridização sp^2 .
- 32** Os substituintes do átomo de carbono ligado ao átomo de cloro em IV estão arranjados de acordo com uma estrutura trigonal plana.
- 64** Em I, II e III, as cadeias carbônicas são classificadas como alicíclicas, normais e heterogêneas.

Soma:

12. Uece 2017 A substância responsável pelo sabor amargo da cerveja é o mirceno, $C_{10}H_{16}$. Assinale a opção que corresponde à fórmula estrutural dessa substância.



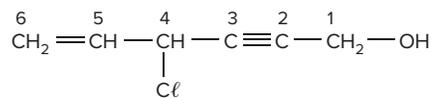
13. IFPE 2017 Há algumas décadas, fumar era moda. Nessa época, o cigarro não era considerado um vilão, até profissionais de saúde, como médicos, eram garotos-propaganda de marcas de cigarro e incentivavam o vício de fumar. Com o passar dos anos, pesquisas mostraram que o cigarro é sim extremamente prejudicial à saúde. Estudos mostram que existem mais de 4.000 substâncias químicas no cigarro, das quais, 50 são comprovadamente cancerígenas, dentre elas, podemos citar: arsênio, polônio-210, DDT, benzeno e benzopireno. Abaixo temos as fórmulas estruturais de duas dessas substâncias que estão na lista das 50 substâncias cancerígenas, o benzeno e o benzopireno.



Em relação às substâncias benzeno e benzopireno, assinale a única alternativa **correta**.

- a) Tanto o benzeno quanto o benzopireno são hidrocarbonetos aromáticos.
- b) O benzopireno apresenta hibridização sp^3 em todos os seus carbonos.
- c) O benzeno, por ser polar, é uma molécula insolúvel na água já que a mesma é apolar.
- d) Ambos são hidrocarbonetos que apresentam apenas carbonos secundários.
- e) O benzopireno apresenta fórmula molecular $C_{20}H_{16}$.

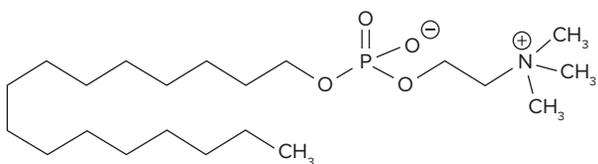
14. **UFRGS** Na molécula representada a seguir:



a menor distância interatômica ocorre entre os carbonos de números:

- a) 1 e 2.
- b) 2 e 3.
- c) 3 e 4.
- d) 4 e 5.
- e) 5 e 6.

15. **UCS-RS 2018** A leishmaniose é uma doença muito conhecida pelos brasileiros. Depois de 2010, quando seis casos foram detectados em humanos, e muitos cachorros tiveram o diagnóstico confirmado só no Distrito Federal (DF), a cidade inteira aprendeu e não esqueceu mais o nome do distúrbio.



Em 2016, segundo a Secretaria de Saúde do DF, 408 casos em cães foram confirmados. Nos três primeiros meses de 2017, 60 animais tiveram o exame positivo. Na falta de tratamento, o procedimento padrão era a eutanásia. Os ministérios da Agricultura e da Saúde, inclusive, proibiam o tratamento da Leishmaniose Visceral Canina com produtos feitos para o uso humano. Em outubro de 2016, foi aprovado o primeiro tratamento específico para cães, os quais, agora, dispõem de uma opção. O Milteforan, da Empresa Virbac, está à venda desde então. “O remédio tem como princípio ativo a miltefosina (vide estrutura química acima), que atua na membrana do parasita, ocasionando sua morte e evitando sua replicação. Além disso, a substância também funciona como imunomodulador, proporcionando ao animal em tratamento a resposta imune desejada para o controle da doença”, explica Larissa Benetolo, veterinária e promotora técnica de prescrição da Virbac. Ela conta ainda que, além da melhora clínica dos cães doentes, a carga de parasitas dos animais é diminuída consideravelmente, bloqueando a transmissão.

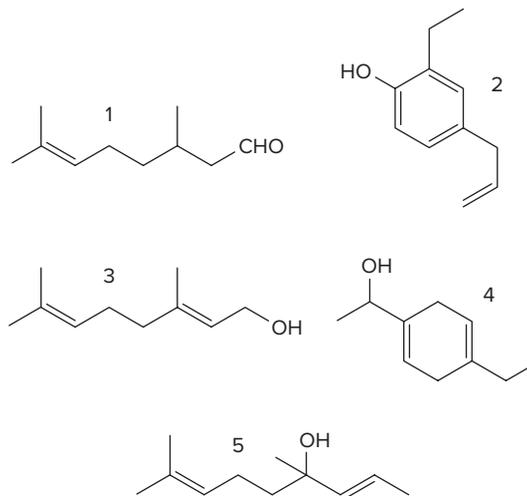
Disponível em: <http://www.metropoles.com/vida-e-estilo/bem-estar/saude-bem-estar/novo-remedio-para-tratamento-de-leishmaniose-ja-esta-disponivel>. Disponível em: <http://www.wikiwand.com/es/Miltefosina>. Acesso em: 23 ago. 17. (Parcial e adaptado.)

Em relação à molécula da miltefosina, é correto afirmar que

- a) apresenta apenas átomos de carbono com hibridização sp^3 .
- b) apresenta apenas átomos de carbono secundários.
- c) tem cadeia carbônica fechada e insaturada.
- d) tem três radicais arila ligados a um átomo de nitrogênio tetravalente.
- e) apresenta um átomo de fósforo com geometria trigonal.

16. **Famerp-SP 2022** O geraniol é um álcool terpênico insolúvel em água naturalmente encontrado nos óleos essenciais de citronela, gerânio, limão e rosas, entre outras espécies vegetais. Sua molécula contém um grupo funcional álcool, dois carbonos terciários e 18 átomos de hidrogênio.

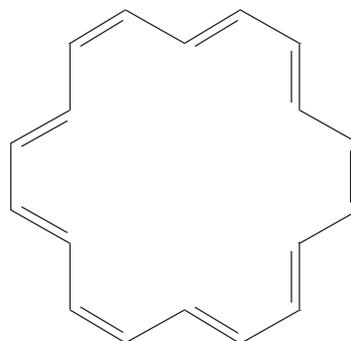
Considere as estruturas de vários compostos que possuem odores característicos.



Com base nas informações do texto, o geraniol é representado pela estrutura

- a) 4.
- b) 1.
- c) 5.
- d) 3.
- e) 2.

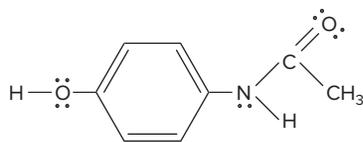
17. **UFU-MG** O anuleno é um hidrocarboneto aromático que apresenta a seguinte fórmula estrutural simplificada.



Sobre esse composto, pode-se afirmar que:

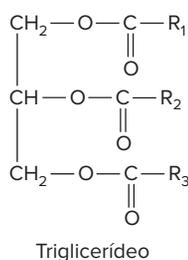
- a) tem fórmula molecular $C_{18}H_{20}$, 9 ligações pi (π) e ângulos de 109° entre as ligações carbono-carbono.
- b) tem fórmula molecular $C_{18}H_{18}$, 9 ligações pi (π) e ângulos de 120° entre as ligações carbono-carbono.
- c) tem fórmula molecular $C_{18}H_{16}$, 9 elétrons pi (π) e ângulos de 109° entre as ligações carbono-carbono.
- d) tem fórmula molecular $C_{18}H_{20}$, 9 elétrons pi (π) e ângulos de 120° entre as ligações carbono-carbono.

18. **UFPI** A estrutura do acetaminofen, responsável pela atividade analgésica e antipirética do Tylenol, é dada a seguir.



Escolha a opção cujos itens relacionam-se com a estrutura fornecida.

- a) nº de elétrons π : 6; nº de elétrons não ligante: 6; nº de carbonos sp^2 : 6; nº de carbonos saturados: 2.
 b) nº de elétrons π : 8; nº de elétrons não ligante: 8; nº de carbonos sp^2 : 6; nº de carbonos saturados: 2.
 c) nº de elétrons π : 8; nº de elétrons não ligante: 10; nº de carbonos sp^2 : 1; nº de carbonos saturados: 7.
 d) nº de elétrons π : 6; nº de elétrons não ligante: 8; nº de carbonos sp^2 : 6; nº de carbonos saturados: 2.
 e) nº de elétrons π : 8; nº de elétrons não ligante: 10; nº de carbonos sp^2 : 7; nº de carbonos saturados: 1.
19. **Unifesp** O azeite de oliva é considerado o óleo vegetal com sabor e aroma mais refinados. Acredita-se que ele diminui os níveis de colesterol no sangue, reduzindo os riscos de doenças cardíacas. Suspeita-se que algumas empresas misturem óleos de amendoim, milho, soja e outros, mais baratos, com o azeite de oliva, para aumentar seus lucros. Os triglicerídeos diferem uns dos outros em relação aos tipos de ácidos graxos e à localização no glicerol. Quando um triglicerídeo é formado a partir de dois ácidos linoleicos e um ácido oleico, temos o triglicerídeo LLO. No azeite de oliva, há predominância do OOO e no óleo de soja, do LLL. Como os triglicerídeos são característicos de cada tipo de óleo, sua separação e identificação tornam possível a análise para detectar possíveis adulterações do azeite.



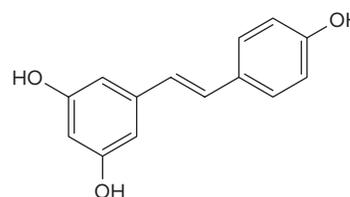
Na tabela, são apresentados os ácidos graxos mais comuns.

Ácido	Número de átomos de carbono	Número de ligações C = C
Palmitico	16	0
Estearico	18	0
Oleico	18	1
Linoleico	18	2

Na estrutura química do triglicerídeo OOO, os três radicais R são iguais a:

- a) $-C_{18}H_{35}$ d) $-C_{17}H_{34}$
 b) $-C_{18}H_{36}$ e) $-C_{17}H_{35}$
 c) $-C_{17}H_{33}$

20. **UPF-RS 2020** O composto 3,4',5-trihidroxiestilbeno, também conhecido como resveratrol, é encontrado, principalmente, na casca da uva. Esse princípio ativo apresenta atividade biológica antioxidante devido à presença dos grupos hidroxilas ligados ao anel aromático. A solubilidade em água é de 0,03 g/L e em álcool etílico é de 50 g/L. Na figura a seguir, está representada a sua estrutura.



(Representação da estrutura do resveratrol. Adaptado de Albertoni, G., Schor, N. (2015). Resveratrol desempenha importante papel no mecanismo de proteção na doença renal. *Brazilian Journal of Nephrology*, 37(1), 106-114. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.5935/0101-2800.20150015>)

Em relação ao resveratrol, analise as seguintes assertivas:

- I. A massa de resveratrol que deve ser medida para preparar 0,5 L de solução alcoólica contendo 0,1 mol/L é de 11,4 g.
 II. O resveratrol é mais solúvel em água do que em solventes alcoólicos como o metanol.
 III. Sua fórmula molecular é $C_{14}H_{12}O_3$.
 IV. O resveratrol possui 3 estruturas aromáticas na molécula.

Está correto o que se afirma em:

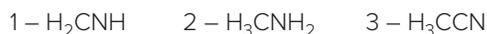
- a) I e III, apenas.
 b) II e III, apenas.
 c) I, II, III e IV.
 d) I e II, apenas.
 e) III e IV, apenas.

21. **UFF-RJ** A estrutura dos compostos orgânicos começou a ser desvendada em meados do séc. XIX, com os estudos de Couper e Kekulé, referentes ao comportamento químico do carbono. Dentre as ideias propostas, três particularidades do átomo de carbono são fundamentais, sendo que uma delas refere-se à formação de cadeias.

Escreva a fórmula estrutural (contendo o menor número de átomos de carbono possível) de hidrocarbonetos apresentando cadeias carbônicas com as seguintes particularidades:

- a) acíclica, normal, saturada, homogênea.
 b) acíclica, ramificada, insaturada etênica, homogênea.
 c) aromática, mononuclear, ramificada.

22. Ufam 2017 Um dos passatempos modernos prediletos é tirar fotos próprias, as chamadas *selfies*. Há exatos 50 anos, a cristalógrafa Dorothy Crowfoot Hodgkin recebeu o Prêmio Nobel de Química pelas fotos que tirava, mas não dela própria, e também não com uma máquina fotográfica convencional. Suas análises de raios-x permitiram a elucidação de estruturas complexas de moléculas importantes, como a penicilina e a Vitamina B12. Moléculas mais simples têm sua estrutura tridimensional definida segundo critérios de hibridização. Observando as moléculas a seguir, analise as afirmativas:

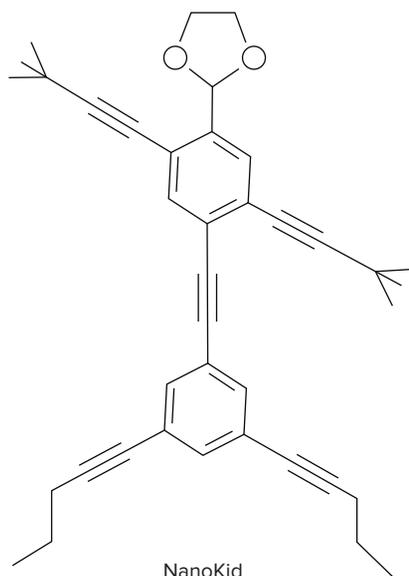


- I. A molécula 1 possui duas ligações do tipo pi (π) e carbono com hibridização sp^2 ;
- II. A molécula 2 possui somente ligações do tipo sigma (σ) e carbono com hibridização sp^3 ;
- III. A molécula 3 possui duas ligações do tipo pi (π) e somente um carbono com hibridização sp^3 ;
- IV. As moléculas 1 e 2 possuem ligações do tipo sigma (σ) e carbono com hibridização sp^2 e sp^3 , respectivamente;
- V. As moléculas 2 e 3 não possuem ligações do tipo pi (π) e carbono do tipo sp^2 .

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente as afirmativas I e II estão corretas.
- b) Somente as afirmativas I, III e IV estão corretas.
- c) Somente as afirmativas II, III e IV estão corretas.
- d) Somente as afirmativas II, III e V estão corretas.
- e) Somente as afirmativas IV e V estão corretas.

23. Enem 2013 As moléculas de *nanoptutians* lembram figuras humanas e foram criadas para estimular o interesse de jovens na compreensão da linguagem expressa em fórmulas estruturais, muito usadas em química orgânica. Um exemplo é o NanoKid, representado na figura:

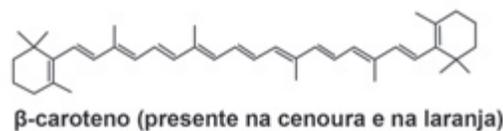
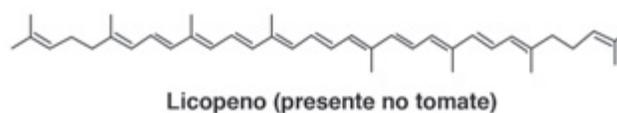
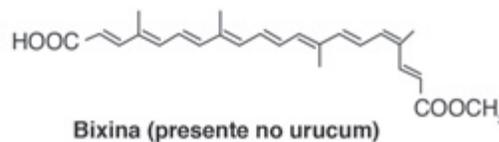


CHANTEAU, S. H.; TOUR, J. M. *The Journal of Organic Chemistry*, v. 68, n. 23, 2003 (adaptado).

Em que parte do corpo do NanoKid existe carbono quaternário?

- a) Mãos.
- b) Cabeça.
- c) Tórax.
- d) Abdômen.
- e) Pés.

24. Enem 2019 A utilização de corantes na indústria de alimentos é bastante difundida e a escolha por corantes naturais vem sendo mais explorada por diversas razões. A seguir são mostradas três estruturas de corantes naturais.

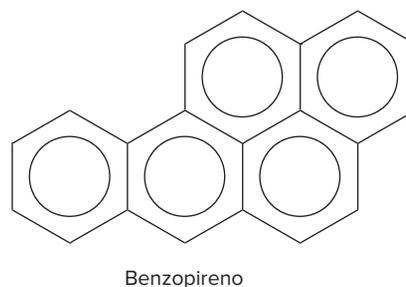


HAMERSKI, L.; REZENDE, M. J. C.; SILVA, B. V. Usando as cores da natureza para atender aos desejos do consumidor: substâncias naturais como corantes na indústria alimentícia. *Revista Virtual de Química*, n. 3, 2013.

A propriedade comum às estruturas que confere cor a esses compostos é a presença de

- a) cadeia conjugada.
- b) cadeia ramificada.
- c) átomos de carbonos terciários.
- d) ligações duplas de configuração cis.
- e) átomos de carbonos de hibridação sp^3 .

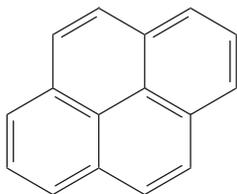
25. UEL-PR Dentre os componentes do cigarro, encontram-se a nicotina, que interfere no fluxo de informações entre as células; a amônia, que provoca irritação nos olhos; e o alcatrão, formado pela mistura de compostos como o benzopireno, o crizeno e o antraceno, todos com potencial cancerígeno.



Sobre o benzopireno, cuja estrutura química é apresentada acima, é correto afirmar que a molécula é formada por:

- a) cadeias aromáticas com núcleo benzênico.
- b) arranjo de cadeias carbônicas acíclicas.
- c) cadeias alicíclicas de ligações saturadas.
- d) cadeias carbônicas heterocíclicas.
- e) arranjo de anéis de ciclohexano.

26. UFRGS A fumaça liberada na queima de carvão contém muitas substâncias cancerígenas, dentre elas os benzopirenos, como, por exemplo, a estrutura:



Sua cadeia carbônica corresponde a um:

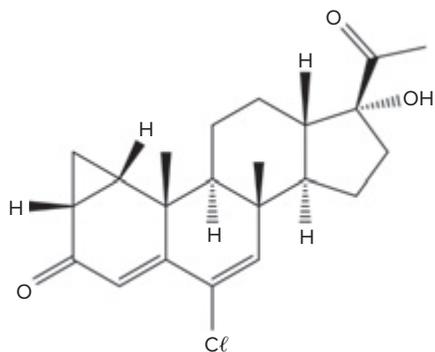
- a) hidrocarboneto, insaturado, aromático, com núcleos condensados.
- b) hidrocarboneto, alicíclico, insaturado, com três núcleos condensados.
- c) heterocíclico, saturado, aromático.
- d) ciclo homogêneo, saturado, aromático.
- e) alqueno, insaturado, não aromático.

27. FCM-PB 2018 Com a novela “A Força do Querer”, exibida pela TV Globo®, a autora Glória Perez abordou inúmeros assuntos de importância social para o Brasil. A transexualidade foi um desses temas e trouxe grande repercussão, no entanto, este tema já é muito discutido pelos estudiosos e pesquisadores há anos, como pode ser observado num trecho de um artigo publicado em 2001.

O transexualismo masculino é uma condição que exige a atuação de profissionais de diversas áreas para o diagnóstico e tratamento. De vital importância é o correto diagnóstico, uma vez que o tratamento cirúrgico é irreversível e, se incorretamente indicado, pode levar até ao suicídio. (...) Nesse período são utilizados recursos psicoterápicos e prescrita medicação antiandrogênica e estrogênica para adequação dos caracteres sexuais secundários.

Athyde AVL. Transexualismo masculino. Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia, 45(4), 407-414, 2001.

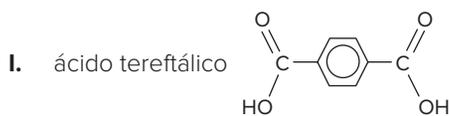
Um dos medicamentos antiandrogênicos utilizados para adequação dos caracteres sexuais é a ciproterona, cuja estrutura química é mostrada a seguir, que bloqueia a produção de testosterona.



O fenômeno de hibridização explica a presença de ligações covalentes em muitos elementos químicos. Além disso, ajuda a compreender a polaridade das substâncias e os tipos de forças intermoleculares que prevalecem e que são responsáveis pelas propriedades físicas das substâncias. Analisando a estrutura química da ciproterona, determine a quantidade de carbonos com hibridização sp^3 , sp^2 e sp e marque a alternativa correta.

	sp^3	sp^2	sp
a)	6	0	16
b)	6	0	13
c)	13	6	0
d)	0	6	16
e)	16	6	0

28. PUC-Campinas Preocupações com a melhoria da qualidade de vida levaram a propor a substituição do uso do PVC pelo tereftalato de polietileno ou PET, menos poluente na combustão. Esse polímero está relacionado com os compostos:



II. etileno $H_2C = CH_2$

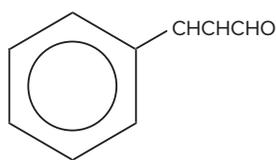
É correto afirmar que I e II têm, respectivamente, cadeia carbônica:

- a) alicíclica e acíclica.
- b) saturada e insaturada.
- c) heterocíclica e aberta.
- d) aromática e insaturada.
- e) acíclica e homogênea.

29. PUC-Rio Uma forma de verificar se um composto apresenta dupla ligação carbono-carbono ($C=C$) é reagir-lo com soluções diluídas de permanganato de potássio (uma solução violeta), pois essas causam o seu descolorimento. Assim, das possibilidades a seguir, assinale aquela que contém apenas compostos que vão descolorir uma solução diluída de permanganato de potássio.

- a) $CH_3CH_2CH_3$ e $CH_3CH_2CH_2OH$
- b) CH_3CHCH_2 e $CH_3CH_2CH_2OH$
- c) CH_3CHCH_2 e CH_3COCH_3
- d) $CH_3CH_2CH_3$ e CH_3COCH_3
- e) CH_3CHCH_2 e CH_2CHCH_2OH

30. **PUC-Minas** A substância responsável pelo odor característico da canela (*Cinnamomum zeulanicum*) tem nome usual de aldeído cinâmico. Com fórmula mostrada na figura adiante:



apresenta ligações pi em número de:

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 5

BNCC em foco

EM13CNT202

1. [...] Até os últimos anos do século XVIII (e, no caso de Priestley, um pouco além), cientistas em toda parte procuravam, e às vezes convenciam-se de ter encontrado, coisas que simplesmente não estavam ali: ares viciados, ácidos marinhos deflogisticados, floxes, cales, exalações terrestres e acima de tudo, o flogístico, a substância que se julgava ser o agente ativo na combustão. Em algum lugar nisso tudo, acreditava-se que residia também um misterioso *élan vital*, a força que dava vida aos objetos inanimados. Ninguém sabia onde residia essa essência etérea, mas duas coisas pareciam prováveis: que poderia ser estimulada por uma descarga elétrica (noção que Mary Shelley explorou, com pleno efeito, em seu romance Frankenstein) e que existia em algumas substâncias, mas não em outras, razão pela qual há dois ramos da química: orgânica (para aquelas substâncias que se supunha possuírem o *élan vital*) e inorgânica (para aquelas que não o possuíam).

BRYSON, B. *Breve história de quase tudo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005. p. 108.

Ao longo da história da alquimia e da Química, muitas teorias já foram criadas e descartadas para darem lugar a novas propostas, que explicavam de forma mais completa as observações experimentais dos estudiosos. Escolha uma teoria citada no texto que foi superada e escreva resumidamente como se deu essa substituição.



Texto para as questões 2 e 3.

O carbono é apenas o 15^o elemento mais comum, representando modestos 0,048% da crosta terrestre, mas sem ele estaríamos perdidos. [...] É o festeiro do mundo atômico, agarrando-se a um número exagerado de outros átomos (inclusive a ele próprio) e segurando firme, formando uniões moleculares bem robustas – justamente o segredo da natureza para construir proteínas e DNA.

BRYSON, B. *Breve história de quase tudo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005. p. 258-259.

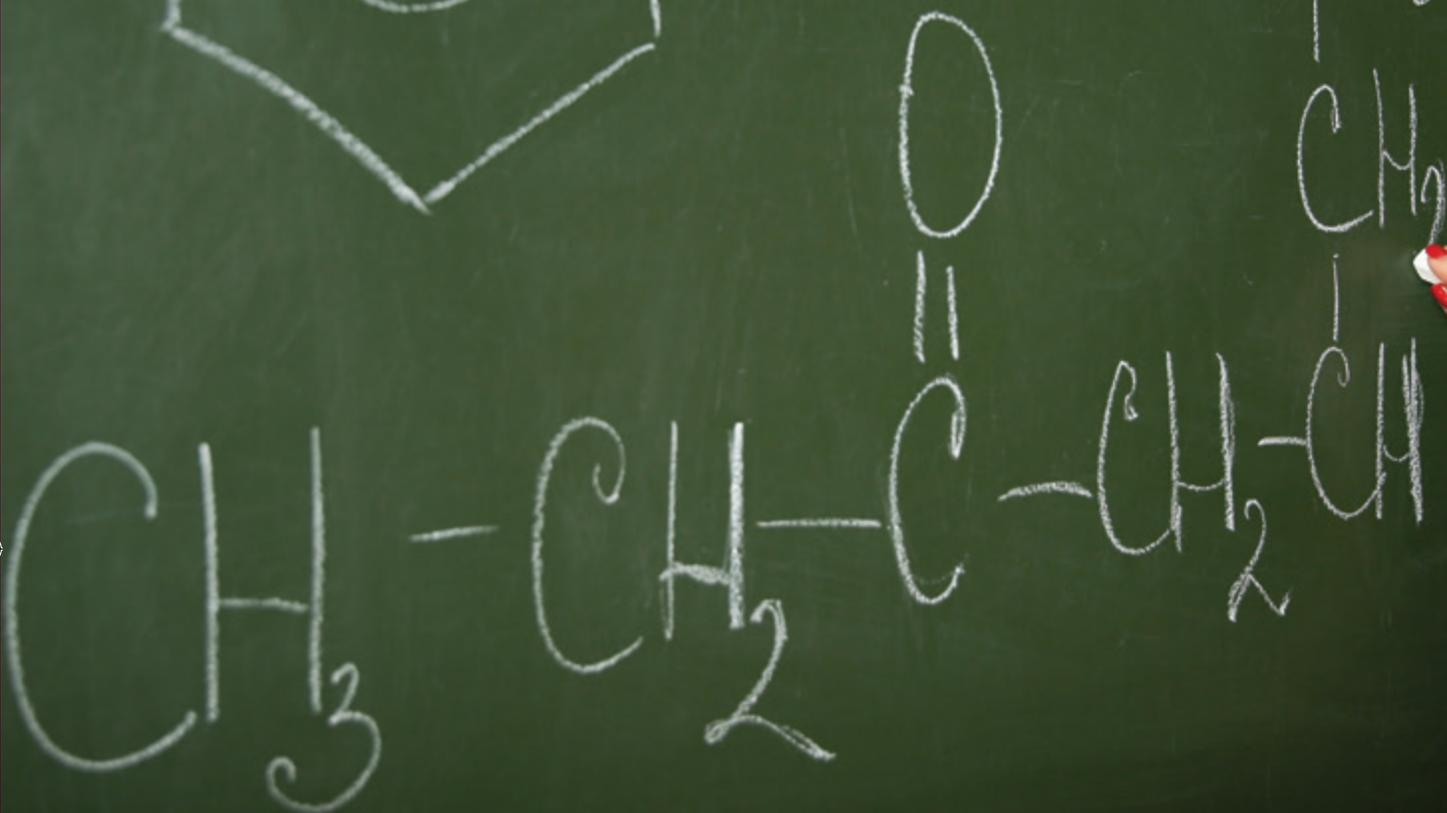
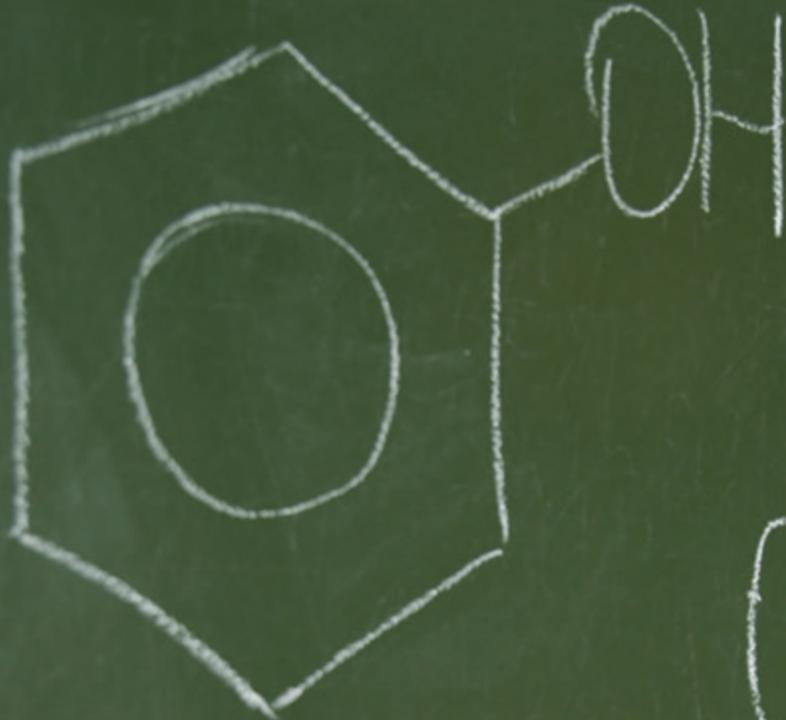
EM13CNT303

2. No texto, as “uniões moleculares bem robustas” referem-se à(às):

- a) ligações de hidrogênio formadas entre as fitas de DNA.
- b) ligações covalentes realizadas nos compostos orgânicos.
- c) interações moleculares que se formam entre os átomos de carbono.
- d) polimerização necessária para construir grandes moléculas como proteínas e DNA.
- e) formação de compostos orgânicos cíclicos, por meio de anéis.

EM13CNT202

3. As características do carbono trazidas nesse texto estão no cerne da Química Orgânica e da grande quantidade de compostos orgânicos existentes. Caso o carbono não tivesse tais propriedades, você acha que a vida no planeta Terra seria possível?



As regras de nomenclatura da IUPAC permitem representar as fórmulas estruturais de moléculas orgânicas.

FRENTE 1

CAPÍTULO

6

Nomenclatura dos compostos orgânicos

A União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC – do inglês *International Union of Pure and Applied Chemistry*) foi formada em 1919, após o reconhecimento da necessidade de padronizar unidades de peso e medida, além de nomes e símbolos utilizados na Química. Apesar de ser reconhecida pelo desenvolvimento desses padrões, a organização também atua na divulgação e no incentivo do desenvolvimento da Química pelo mundo.

Introdução

Os nomes dos compostos orgânicos foram inicialmente atribuídos com base em suas propriedades, local de obtenção ou nome do descobridor. O quadro a seguir traz alguns exemplos dessa forma de nomenclatura.

Nome	Origem	Fórmula
Ácido fórmico	Ácido encontrado no veneno de certas formigas.	
Ácido acético	Do latim: <i>acetum</i> = azedo.	
Ácido láctico	Do latim: <i>lactis</i> = leite.	
Ureia	Encontrada na urina.	
Cadaverina	Formada na putrefação de tecidos orgânicos de corpos em decomposição.	

Origem dos nomes de compostos orgânicos.

A discussão sobre a padronização e o alinhamento de conhecimentos sobre a Química teve início em 1860, em uma conferência comandada pelo químico alemão August Kekulé (1829-1896). Em 1894 aconteceu o primeiro Congresso de Química Aplicada, que passou a ocorrer a cada dois anos e deu continuidade aos trabalhos iniciados por Kekulé. Desde então, os cientistas vêm desenvolvendo e aperfeiçoando um sistema de nomenclatura para compostos orgânicos. As primeiras regras foram publicadas em língua inglesa, já sob supervisão da IUPAC, em 1949, e sofreram duas importantes revisões: uma em 1979 e outra em 1993. Dessas, apenas a revisão de 1993 foi traduzida para a língua portuguesa em 1999.

O nome de um composto orgânico qualquer, segundo a IUPAC, é, portanto, um nome formado de acordo com o procedimento descrito na edição de 1979 da *Nomenclature of Organic Chemistry* (Nomenclatura de Química Orgânica) e modificado pelas recomendações de 1993.

Alguns exemplos de nomenclatura segundo a IUPAC são:

- Nomenclatura substitutiva.
- Nome de classe funcional ou nomenclatura radicofuncional.
- Nome de permuta.
- Nome conjuntivo.
- Nome semissistemático ou nome semitrivial.
- Nome trivial (usual).

Dessa forma, nem sempre a substância apresenta apenas um nome segundo a IUPAC, mas vários, de acordo com o tipo de operação de nomenclatura envolvido. Dessas nomenclaturas, as duas mais comuns e mais estudadas no Ensino Médio são a **substitutiva** e a **nomenclatura de classe funcional**. No entanto, algumas substâncias orgânicas ainda são identificadas pelo nome trivial ou semitrivial, em virtude de o composto em questão ser muito comum e/ou estar muito presente no cotidiano.

Nomenclatura substitutiva

Indica a substituição de um ou mais átomos de hidrogênio, ligados à cadeia carbônica principal, por outro átomo ou grupo substituinte. Essa substituição é assinalada por um sufixo ou um prefixo.

Segundo essa regra, o nome de um composto orgânico é formado pela união de três partes: um **prefixo**, um **infixo** e um **sufixo**.

O prefixo indica o número de átomos de carbono na cadeia, conforme mostra o quadro a seguir.

Número de átomos de carbono	Prefixo	Número de átomos de carbono	Prefixo
1	met	11	undec
2	et	12	dodec
3	prop	13	tridec
4	but	14	tetradec
5	pent	15	pentadec
6	hex	16	hexadec
7	hept	17	heptadec
8	oct	18	octadec
9	non	19	nonadec
10	dec	20	icos

Prefixos dos nomes de compostos orgânicos conforme a quantidade de átomos de carbono.

O infixo indica o tipo de ligação entre carbonos:

Tipo de ligação	Infixo
Só ligação simples	an
Uma ligação dupla	en
Uma ligação tripla	in
Uma ligação dupla e uma ligação tripla	enin
Duas ligações duplas	dien
Duas ligações triplas	diin

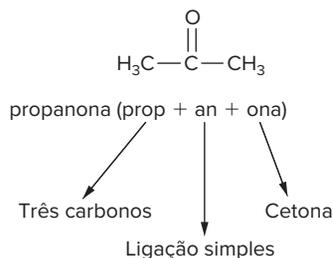
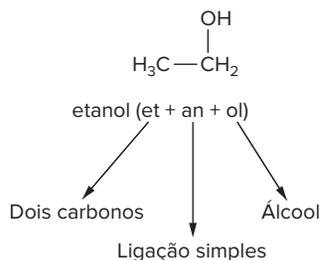
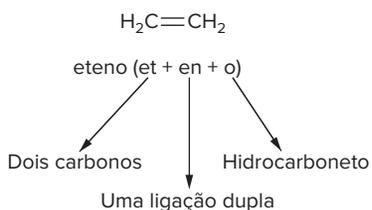
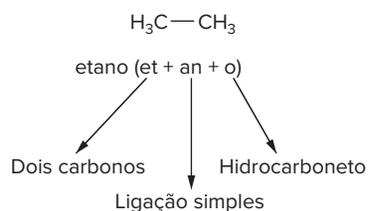
Infixos dos nomes de compostos orgânicos conforme o tipo de ligação entre carbonos.

O sufixo indica a que função pertence o composto orgânico. O quadro a seguir apresenta algumas classes funcionais e seus respectivos sufixos.

Classe funcional	Fórmula	Sufixo
Hidrocarboneto	C_xH_y	o
Álcool	$\begin{array}{c} \\ -C- \\ \end{array} OH$	ol
Aldeído	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\ \backslash \\ H \end{array}$	al
Ácido carboxílico	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\ \backslash \\ OH \end{array}$	oico
Cetona	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C- \end{array}$	ona

Sufixos dos nomes de compostos orgânicos conforme suas classes funcionais.

Exemplos:



Exercício resolvido

1. Ao se observar os nomes dos compostos orgânicos, nota-se que a primeira parte do nome fornece a informação referente ao número de átomos de carbono da cadeia. Escreva, nos espaços pontilhados, o número de átomos de carbono existentes na cadeia dos seguintes compostos:

- a) undecano
 b) propanol
 c) ácido hexadecanoico
 d) pentanal
 e) butanona

Resolução:

Para determinar o número de carbonos na cadeia de cada composto, basta identificar o prefixo no nome de cada composto.

- a) undecano 11
 b) propanol 3
 c) ácido hexadecanoico 16
 d) pentanal 5
 e) butanona 4

Hidrocarbonetos

Compostos formados **exclusivamente** por **carbono** e **hidrogênio**. A fórmula geral dos hidrocarbonetos pode ser representada por C_xH_y . Na maioria das vezes, são moléculas apolares, em razão da baixa eletronegatividade apresentada por esses elementos químicos (carbono e hidrogênio). Além disso, a pequena polaridade observada nessas moléculas é, em geral, neutralizada pela própria geometria da molécula. Conseqüentemente, a força dipolo induzido é a única interação entre suas moléculas.

Nomenclatura de hidrocarbonetos não ramificados

Na nomenclatura de um hidrocarboneto, o sufixo utilizado é **o**, portanto o nome de um hidrocarboneto de cadeia normal é dado por: **prefixo + infixo + o**.

A função hidrocarboneto é dividida em subfunções de acordo com a classificação de sua cadeia.

Cadeia aberta (Alifáticas)	Alcanos	Cadeia saturada
	Alcenos	Cadeia insaturada por uma ligação dupla
	Alcinos	Cadeia insaturada por uma ligação tripla
	Alcadienos	Cadeia insaturada por duas ligações duplas
Cadeia fechada (Cíclicas)	Alicíclicas	Cicloalcanos Cicloalcenos
	Aromáticos	Cadeia saturada
		Cadeia insaturada por uma ligação dupla
Aromáticos		Apresentam núcleo ou anel aromático (ressonância eletrônica)

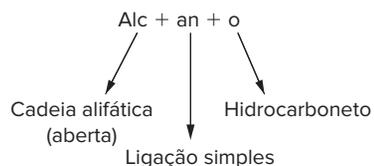
Subfunções dos hidrocarbonetos.

Alcanos ou parafinas

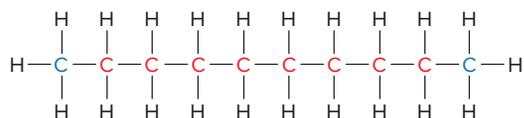
Os alcanos ou parafinas são hidrocarbonetos de **cadeia aberta** (alifáticos) e **saturados**, ou seja, os átomos de carbono estão unidos por ligação simples.

Os alcanos também são conhecidos como **parafinas** (do latim *parum* = pouca + *affinis* = afinidade), porque, de fato, esses compostos apresentam baixa reatividade.

O termo alcano é formado pelas mesmas partes da nomenclatura desses compostos.



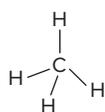
A fórmula geral dos alcanos é C_nH_{2n+2} , em que n representa o número de átomos de carbono. Essa fórmula relaciona a proporção entre a quantidade de átomos de carbono e a de átomos de hidrogênio que constituem um alcano. Para compreender essa fórmula geral, observe a fórmula estrutural do decano, um alcano de cadeia longa e linear.



Fórmula estrutural do decano.

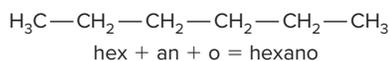
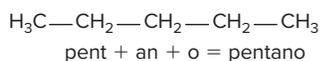
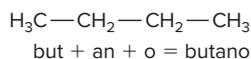
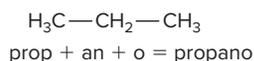
Observando a fórmula estrutural desse alcano, é fácil perceber que os carbonos do interior da cadeia (em vermelho) utilizam duas de suas valências para formar a cadeia, restando apenas duas valências para se ligar ao hidrogênio. Sendo assim, o número total de átomos de hidrogênio possível na cadeia é o dobro do de carbonos ($2n$), mais os dois átomos de hidrogênio que devem ser adicionados aos carbonos das extremidades da cadeia (em azul) para completar suas valências, ou seja $2n + 2$.

Na nomenclatura dos alcanos, o infixo será **an**, para indicar ligações simples. O menor alcano existente é o gás metano (CH_4).



Fórmula estrutural do metano.

Veja, a seguir, alguns exemplos de alcanos.



Saiba mais

Os alcanos são compostos amplamente encontrados na natureza, extraídos, principalmente, do gás natural e do petróleo e são largamente utilizados como combustíveis. O metano, por exemplo, é o principal constituinte do GNV (gás natural veicular). Sua utilização como combustível é interessante, pois, além de ser mais barato, é menos poluente que a gasolina.

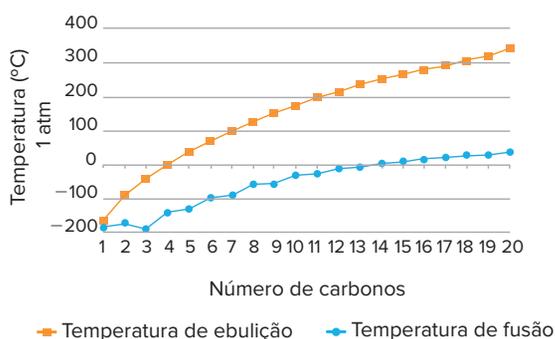
O metano também é produzido pela decomposição anaeróbica de matéria orgânica (vegetais ou animais) causada por microrganismos, como em solos alagados de plantações de arroz e pântanos (gás dos pântanos). Alguns animais ruminantes, como o gado, também produzem esse gás em seu sistema digestório. Além disso, o metano é produzido em aterros sanitários (gás do lixo), nos quais lixo e terra são depositados em camadas sucessivas. Para ser aproveitado como combustível, pode ser produzido por decomposição de matéria orgânica em biodigestores (biogás).

PROPRIEDADES FÍSICAS DOS ALCANOS

Os alcanos são compostos que, normalmente, apresentam baixa densidade (entre $0,55 \text{ g/cm}^3$ e $0,8 \text{ g/cm}^3$ a 20°C) e são insolúveis em água.

Sua temperatura de ebulição aumenta regularmente com o aumento do número de carbonos, pelo fato de a magnitude das interações do tipo dipolo induzido-dipolo induzido ser proporcional à área de contato entre as moléculas; conseqüentemente, em alcanos lineares, observa-se um aumento de 20°C a 30°C na temperatura de ebulição para cada carbono adicionado na cadeia. Os alcanos não ramificados, em temperatura de 20°C e pressão de 1 atm, com até 4 átomos de carbono, são gasosos, aqueles com 5 a 17 átomos de carbono são líquidos, e os que têm 18 ou mais átomos de carbono são sólidos.

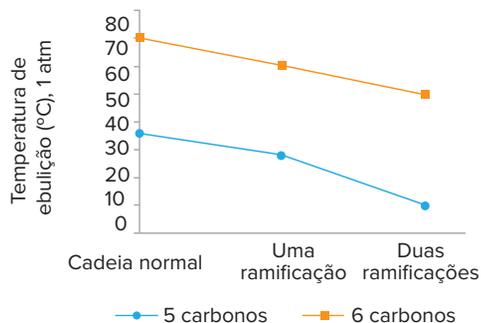
O gráfico a seguir ilustra uma comparação entre as temperaturas de ebulição e de fusão de alcanos não ramificados com até 20 carbonos.



Variação das temperaturas de fusão e de ebulição dos alcanos não ramificados.

Como se pode observar, a variação da temperatura de fusão, em relação ao aumento do número de carbonos, não é tão regular quanto as temperaturas de ebulição. Isso acontece porque, além das forças atrativas, outras forças, como energia de rede cristalina, estão envolvidas, de forma que o estudo se torna mais complexo.

Alcanos com cadeias ramificadas têm temperaturas de ebulição menores que os de cadeia normal em razão da menor superfície de contato entre as moléculas.



Variação da temperatura de ebulição em função da ramificação.

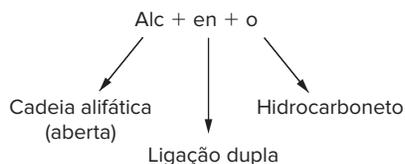
As propriedades físicas dos demais hidrocarbonetos apresentam tendências similares às dos alcanos, por isso esse tópico não será apresentado nas demais subfunções.

Alcenos, alquenos ou olefinas

Alcenos ou alquenos são hidrocarbonetos de **cadeia aberta** (alifáticos) e **insaturados** que apresentam uma ligação dupla entre carbonos.

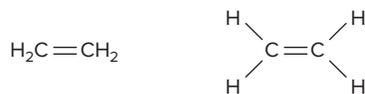
O termo **olefinas**, comum na literatura antiga, é derivado do latim *oleum facere*, que significa “fazer ou produzir óleo”. Esse nome se deve à reação do gás eteno (C_2H_4) com gás cloro (Cl_2), a qual produz um líquido de aspecto oleoso ($C_2H_4Cl_2$).

O termo **alceno** é formado pelas mesmas partes da nomenclatura desses compostos.



A fórmula geral dos alcenos é C_nH_{2n} (em que $n \geq 2$), e eles são mais reativos que os alcanos, devido à presença da ligação π (π).

Na nomenclatura dos alcenos, o infixo será **en**, para indicar uma ligação dupla. O menor alceno existente é o gás eteno também conhecido como etileno (C_2H_4).



Fórmula estrutural do eteno ou etileno.

Em cadeias com até três átomos de carbono, como o eteno e o propeno, representado a seguir, não há necessidade de indicar qual é a posição da ligação dupla, pois, nesses casos, ela tem uma única posição possível na cadeia.

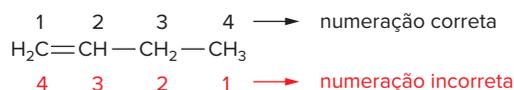


Fórmula estrutural do propeno.

Em cadeias maiores, com quatro ou mais átomos de carbono, torna-se necessário indicar a localização da ligação dupla, pois há mais de uma localização possível, originando compostos diferentes. Observe as duas possibilidades existentes para o buteno:

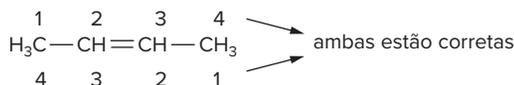


Nesses casos, a diferenciação é feita indicando a posição da ligação dupla por um número. Para tanto, deve-se numerar a cadeia a partir da extremidade mais próxima da ligação dupla, pois o número que indica a instauração deve ser o menor possível. Observe o próximo exemplo:



Assim, é possível notar que esse composto só admite uma numeração, aquela que atribui os números 1 e 2 aos carbonos da ligação dupla. No nome do composto, deve-se citar, entre o prefixo e o infixo e separado por hifens, apenas **o menor dos dois números que abrangem a ligação dupla**. Logo, seu nome é but-1-eno.

O outro composto admite qualquer uma das duas numerações, pois, em ambos os casos, os carbonos da ligação dupla ficarão com os números 2 e 3.



Dessa forma, o nome do composto é but-2-eno.

Saiba mais

O eteno ou etileno é um gás insolúvel em água, que se liquefaz a $-104^\circ C$, e, apesar de existir, em baixa concentração, no gás natural, é obtido principalmente do craqueamento dos alcanos de cadeia longa. Sua principal aplicação é na produção de polietileno, o plástico mais comum. É utilizado em sacolas (de supermercado, congelados), frascos (detergente, xampu), entre outros. O eteno também é produzido por frutos verdes, atuando em seu amadurecimento.



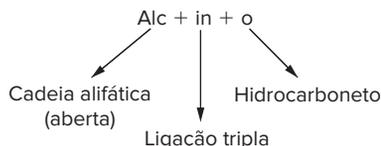
Embalagem de polietileno.

© Myrichella | Dreamstime.com

Alcinos ou alquinos

Alcinos ou alquinos são hidrocarbonetos de **cadeia aberta** (alifáticos) e **insaturados** que apresentam uma ligação tripla entre carbonos e fórmula geral C_nH_{2n-2} (em que $n \geq 2$).

O termo **alcino** é formado pelas mesmas partes da nomenclatura desses compostos.



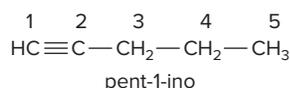
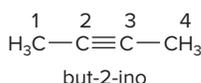
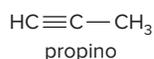
Na nomenclatura desses hidrocarbonetos, o infixo será **in** para indicar uma ligação tripla. O menor alcino que existe é o gás etino também conhecido como acetileno (C_2H_2).



Fórmula estrutural do etino ou acetileno.

Nos alcinos com quatro ou mais carbonos, a nomenclatura deve ser feita de modo semelhante à dos alcenos, ou seja, a numeração é realizada a partir da extremidade mais próxima da ligação tripla.

Veja, a seguir, alguns exemplos de alcinos.



CLASSIFICAÇÃO DOS ALCINOS

Os alcinos recebem uma classificação em relação à presença de hidrogênio no carbono da ligação tripla.

- Alcinos verdadeiros: pelo menos um dos carbonos da ligação tripla tem hidrogênio.



- Alcinos falsos: nenhum dos carbonos da ligação tripla tem hidrogênio.



Os alcinos verdadeiros são mais reativos que os falsos. A diferenciação entre eles é feita utilizando-se a maior acidez do hidrogênio da ligação tripla em comparação aos demais hidrogênios. Por exemplo, um alcino verdadeiro reage com sódio metálico e libera gás hidrogênio, ao passo que um alcino falso não o faz.



Saiba mais

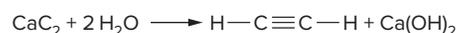
O etino ou acetileno é o alcino de maior importância econômica. É amplamente utilizado na indústria de polímeros, em maçaricos de solda e como material de partida para a síntese de diversos compostos orgânicos.



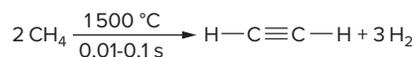
Maçarico de solda.

Industrialmente, pode ser obtido por dois métodos:

- Adição de água ao carbeto de cálcio (CaC_2), que é produzido por aquecimento, a altas temperaturas, do carvão com óxido de cálcio.



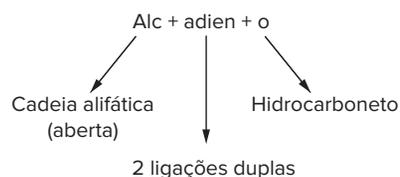
- Pirólise do metano a altas temperaturas.



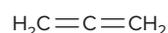
Alcadienos ou dienos

Alcadienos são hidrocarbonetos de **cadeia aberta** (alifáticos) e **insaturados** que têm duas ligações duplas entre carbonos e fórmula geral C_nH_{2n-2} (em que $n \geq 3$).

O termo **alcadieno** é formado pelas mesmas partes da nomenclatura desses compostos.



Na nomenclatura dos alcadienos, o infixo será **dien** para indicar as duas ligações duplas. O menor alcadieno possível é o propadieno, também conhecido como aleno.



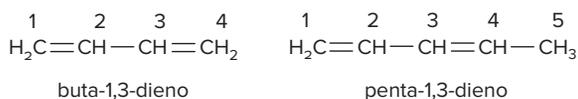
Fórmula estrutural do propadieno.

Observe que a letra "a" é acrescentada ao final do prefixo para que a pronúncia do nome fique mais fácil.

Nos alcadienos com quatro ou mais carbonos, a nomenclatura deve seguir as mesmas regras utilizadas para os outros hidrocarbonetos insaturados e, quando for

necessário, usar dois números, um para cada ligação dupla, separados por vírgula.

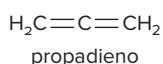
Observe os exemplos:



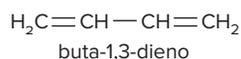
CLASSIFICAÇÃO DOS ALCADIENOS

Os alcadienos são classificados em relação à posição das ligações duplas na cadeia.

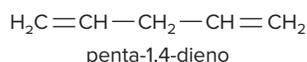
- Alcadienos acumulados: apresentam as ligações duplas acumuladas (sequenciais) no mesmo carbono.



- Alcadienos conjugados: as ligações duplas estão separadas por uma ligação simples.



- Alcadienos isolados: as ligações duplas estão separadas por pelo menos duas ligações simples.



Saiba mais

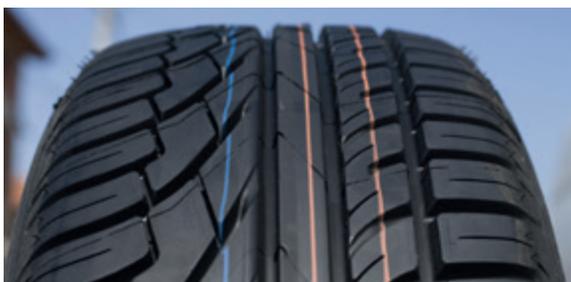
Os alcadienos mais importantes são aqueles utilizados como matéria-prima dos polímeros elastômeros (borrachas).

O metilbuta-1,3-dieno, também conhecido como isopreno, é um produto natural encontrado na seiva da seringueira e utilizado como matéria-prima na produção da borracha natural.

Já o buta-1,3-dieno, também conhecido como eritreno, é utilizado como matéria-prima na fabricação de borrachas para banda de rodagem de pneus de automóveis.



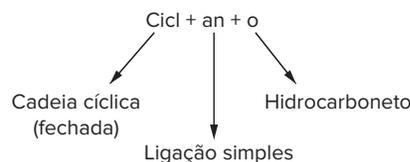
Extração da seiva da seringueira (*Hevea brasiliensis*), que dá origem à borracha natural.



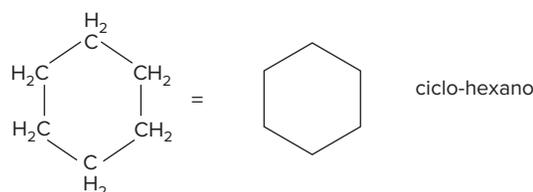
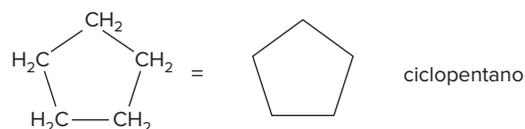
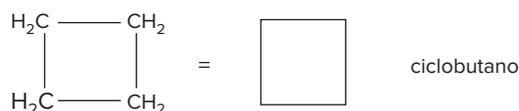
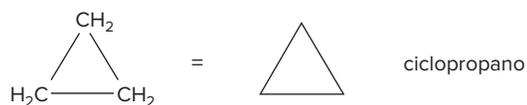
Marcações em um pneu.

Cicloalcanos ou ciclanos

Cicloalcanos ou ciclanos são hidrocarbonetos de cadeia **fechada** (cíclica) e **saturada**. A fórmula geral dos cicloalcanos é a mesma dos alcenos (C_nH_{2n}), em que $n \geq 3$.

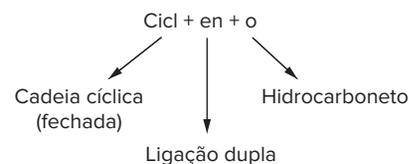


Na nomenclatura de um ciclano, é necessário indicar a existência de cadeia fechada. Para tanto, deve-se iniciar o nome com a palavra **ciclo**, seguida do **prefixo + infixo + o**. Observe os exemplos dos quatro primeiros membros da série dos ciclanos.

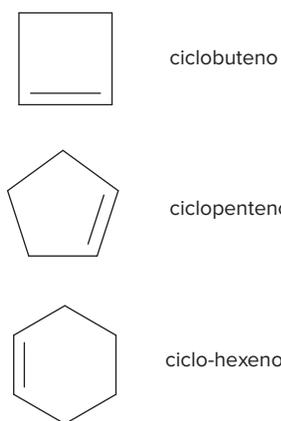


Cicloalcenos ou ciclenos

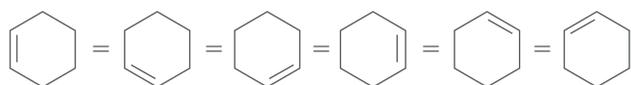
Cicloalcenos ou ciclenos são hidrocarbonetos de cadeia **fechada** (cíclica) e **insaturada** que apresentam uma ligação dupla entre carbonos. A fórmula geral dos cicloalcenos é a mesma dos alcinos ($\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$), em que $n \geq 3$.



A nomenclatura de um cicleno segue as mesmas regras utilizadas para os ciclanos (**ciclo + prefixo + infixo + o**). O infixo será **en** para indicar a ligação dupla. Veja, a seguir, alguns exemplos de ciclenos.



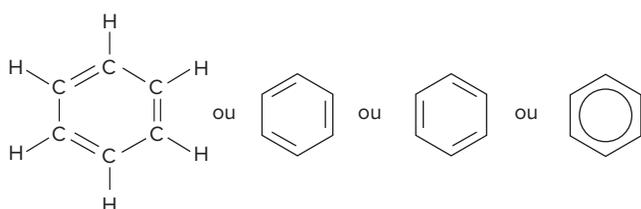
Observe que, na nomenclatura dos ciclenos, não é necessário indicar a posição da ligação dupla, pois o composto será o mesmo em qualquer posição em que a instauração seja representada.



Diferentes representações do ciclo-hexeno.

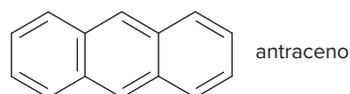
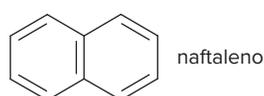
Hidrocarbonetos aromáticos

São hidrocarbonetos de cadeia fechada que apresentam pelo menos um anel aromático em sua estrutura. O hidrocarboneto aromático mais simples é o benzeno, cujo nome é derivado da árvore (*Styrax benzoin*) que produz uma resina que contém ácido benzoico.



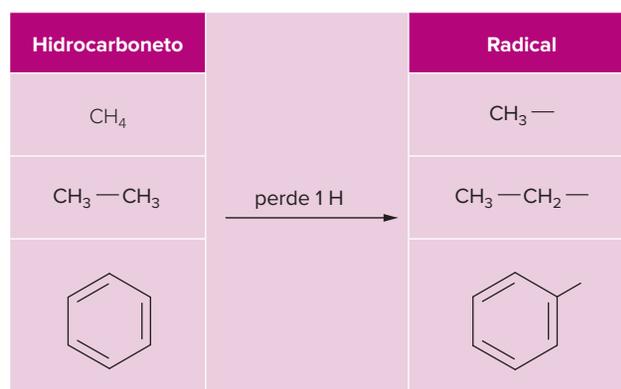
Fórmula estrutural do benzeno.

Assim como o benzeno, os outros compostos aromáticos têm nomes particulares (não sistemáticos) e não seguem as regras utilizadas na nomenclatura dos demais hidrocarbonetos. Observe, a seguir, alguns hidrocarbonetos aromáticos e seus respectivos nomes.



Grupos substituintes

Os hidrocarbonetos, quando perdem um átomo de hidrogênio, formam radicais livres, conforme representado a seguir.



Radicais livres derivados de hidrocarbonetos.

Um radical formado a partir de um alcano é denominado radical alquil ou alquila. Se for formado a partir de um aromático, é denominado radical aril ou arila.

Quando esses radicais aparecem substituindo átomos de hidrogênio de um composto orgânico, são chamados grupos substituintes ou ramificações.

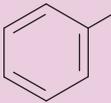
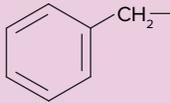
A nomenclatura desses grupos substituintes é dada por um prefixo, que indica a quantidade de carbonos, e um sufixo **il** ou **ila**.

O quadro a seguir apresenta os principais grupos substituintes derivados de alcanos.

Quantidade de carbonos	Grupo substituinte	Nome
1	$\text{CH}_3\text{—}$	metil
2	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—}$	etil
3	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$	propil ou <i>n</i> -propil
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	isopropil
4	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$	butil ou <i>n</i> -butil
	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH—CH}_3 \end{array}$	sec-butil
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—C—} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	terc-butil
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—CH}_2\text{—} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	isobutil

Nomenclatura dos principais grupos substituintes derivados de alcanos (grupos alquilas).

Os grupos substituintes derivados de alcenos ou hidrocarbonetos aromáticos não seguem, necessariamente, a mesma regra de nomenclatura. Observe a nomenclatura de alguns desses substituintes.

Grupo substituinte	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-$		
Nome	etenil ou vinil	fenil	benzil

Nomenclatura de grupos substituintes derivados de alcenos.

Nomenclatura de hidrocarbonetos ramificados

Para dar nome a um composto de cadeia ramificada, deve-se percorrer uma sequência de passos:

1º passo: determinar a cadeia principal.

2º passo: numerar a cadeia principal e nomear o grupo substituinte.

3º passo: construir o nome indicando o nome e a posição dos substituintes e o nome da cadeia principal.

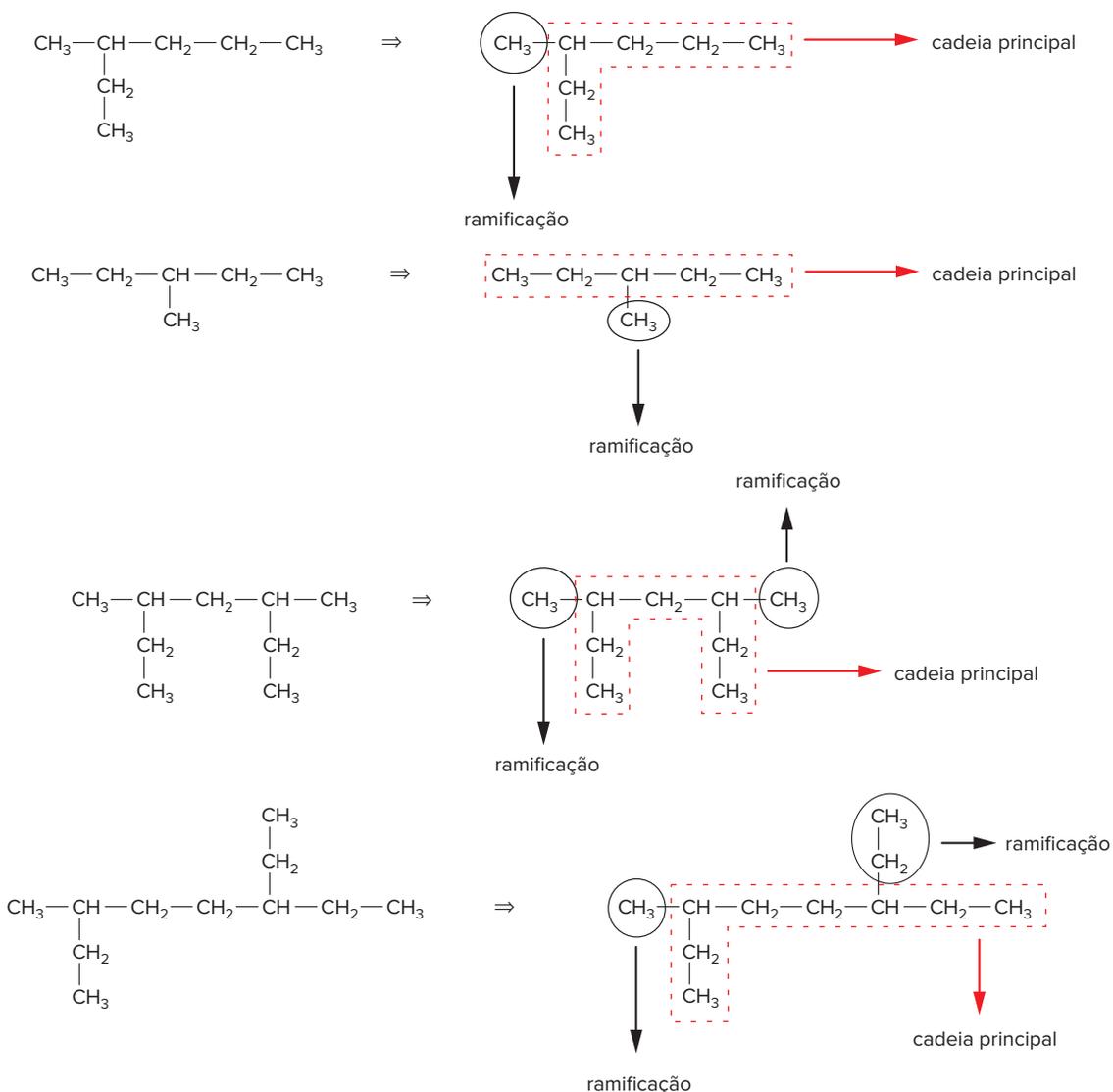
1º passo: Determinar a cadeia principal

É chamada cadeia principal a maior sequência de carbonos que contenha (se existirem) as insaturações (ligações duplas ou triplas). Se no composto existirem duas ou mais sequências com o mesmo número de carbonos, a cadeia principal será aquela que tiver o maior número de grupos substituintes (ramificações).

Para exemplificar a determinação da cadeia principal, observe alguns exemplos.

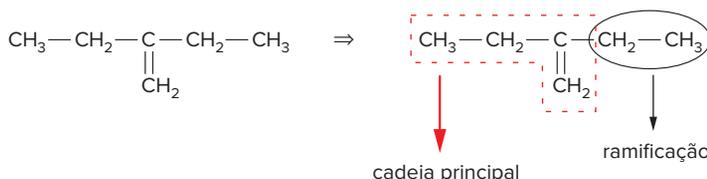
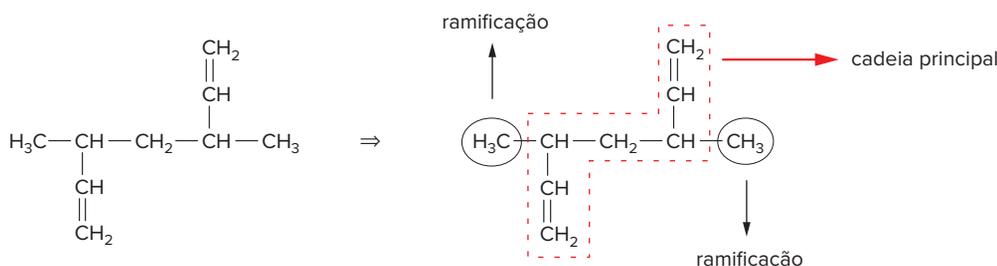
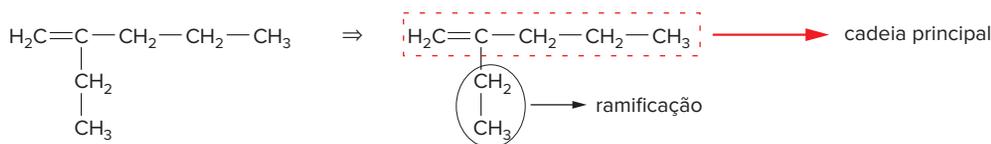
Exemplo 1 – Cadeias saturadas

Para determinar a cadeia principal, basta encontrar a maior sequência de carbonos.



Exemplo 2 – Cadeias insaturadas

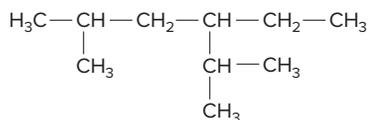
Deve-se escolher a cadeia com o maior número de carbonos que inclua a maior quantidade de insaturações possível.



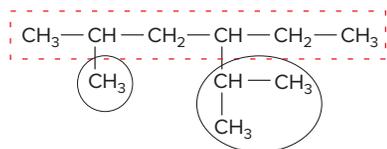
Exemplo 3 – Cadeias com quantidades diferentes de grupos substituintes (ramificações)

Se em um composto existirem duas ou mais possibilidades para a cadeia principal, e a diferença entre elas for apenas o número de grupos substituintes, deve-se escolher aquela com o maior número desses grupos.

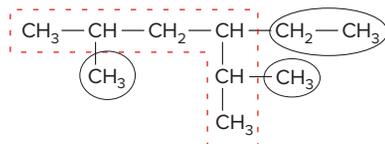
Observe o composto a seguir.



Existem duas possibilidades de cadeia principal para ele. Em ambas, a cadeia principal tem seis carbonos.



cadeia com 6 carbonos e 2 ramificações



cadeia com 6 carbonos e 3 ramificações

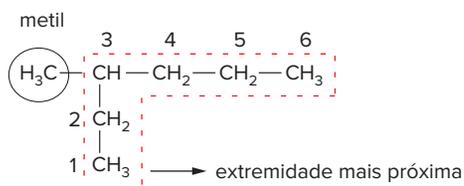
Nesse caso, a cadeia principal correta é a que tem três grupos substituintes (ramificações).

2º passo: Numerar a cadeia principal e nomear o grupo substituinte

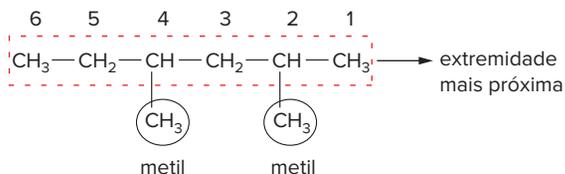
Neste passo, deve-se atribuir um número para cada carbono da cadeia principal, de modo a obter uma localização para as insaturações e para os grupos substituintes.

Exemplo 1 – Cadeias saturadas

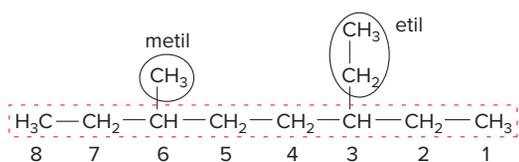
Em cadeias saturadas, deve-se iniciar a numeração pela extremidade mais próxima da ramificação.



Quando houver dois ou mais grupos substituintes, deve-se numerar a cadeia de modo a obter os menores números possíveis para as ramificações.

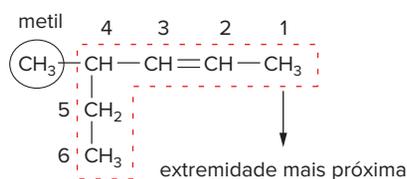
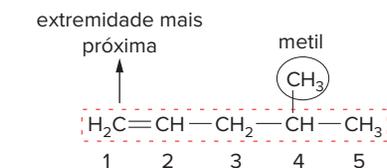


Se houver substituintes diferentes em posições equivalentes da cadeia, o menor número deve ser atribuído conforme a ordem alfabética dos nomes dos grupos substituintes.



Exemplo 2 – Cadeias insaturadas

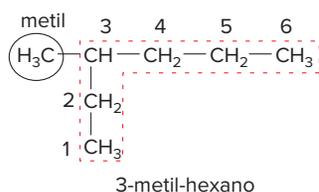
Em cadeias insaturadas, deve-se numerar a cadeia pela extremidade mais próxima da instauração.



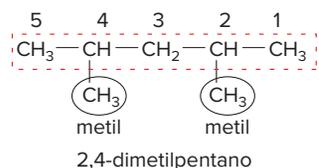
3º passo: Construir o nome, indicando o nome e a posição dos substituintes e o nome da cadeia principal

As ramificações devem ser indicadas antes do nome da cadeia principal e precedidas pelo número que corresponde a sua posição na cadeia principal. Os números que indicam as posições devem ser separados dos nomes por hífen.

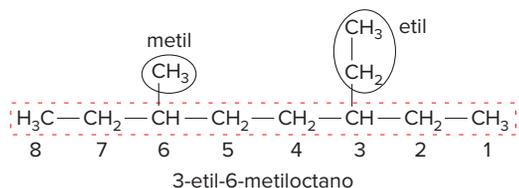
Exemplo 1 – Cadeias saturadas



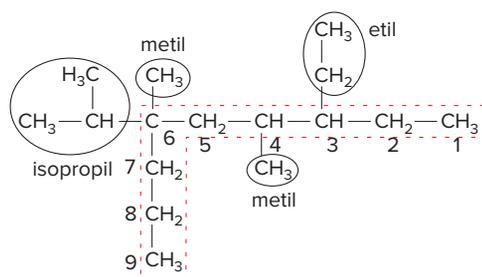
Quando o composto apresentar duas ou mais ramificações iguais, deve-se utilizar prefixo multiplicador (di, tri, tetra, penta etc.) para indicar a quantidade, e os números devem ser separados por vírgula.



Se o composto apresentar duas ou mais ramificações diferentes, seus nomes devem ser citados em ordem alfabética.



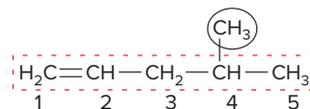
Os prefixos multiplicadores (di, tri, tetra etc.) não participam da ordem alfabética.



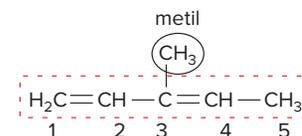
3-etil-6-isopril-4,6-dimetilnonano

Exemplo 2 – Cadeias insaturadas

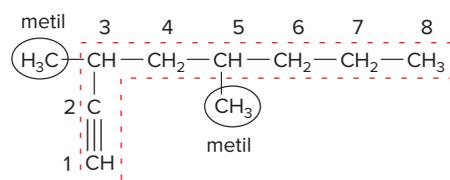
Nesse caso, além de indicar a posição da ramificação, é necessário indicar a posição da instauração.



4-metilpent-1-eno



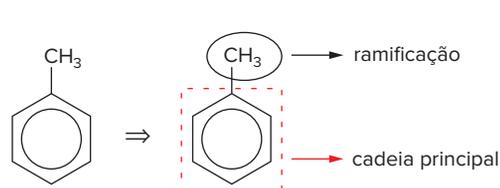
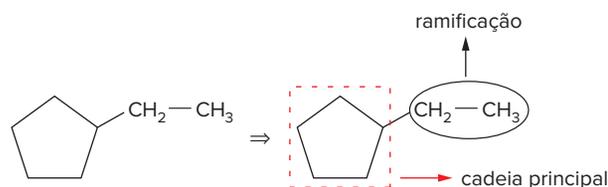
3-metilpenta-1,3-dieno



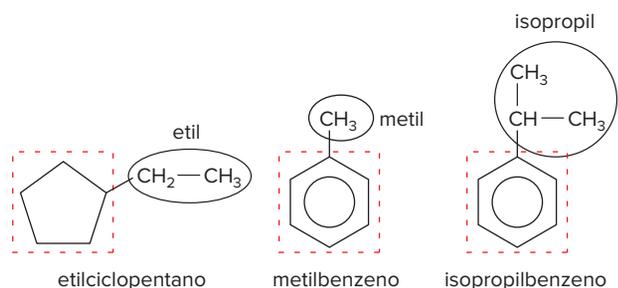
3,5-dimetiloct-1-ino

Nomenclatura de hidrocarbonetos de cadeia mista

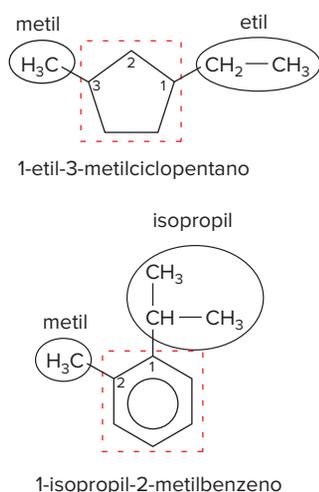
Nos hidrocarbonetos de cadeia mista (aberta e fechada), o ciclo ou anel é considerado a cadeia principal.



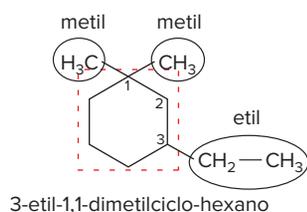
Em ciclos com apenas um grupo substituinte, não há necessidade de indicar a posição da ramificação. Deve-se apenas citar seu nome, seguido do nome da cadeia principal.



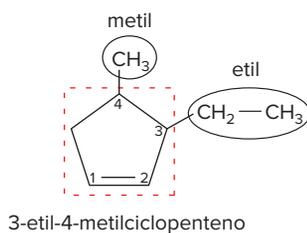
Quando houver dois substituintes diferentes, deve-se numerar a cadeia respeitando a ordem alfabética dos nomes das ramificações.



Se houver três ou mais grupos substituintes, a numeração deve ser realizada de modo a obter os menores números possíveis.

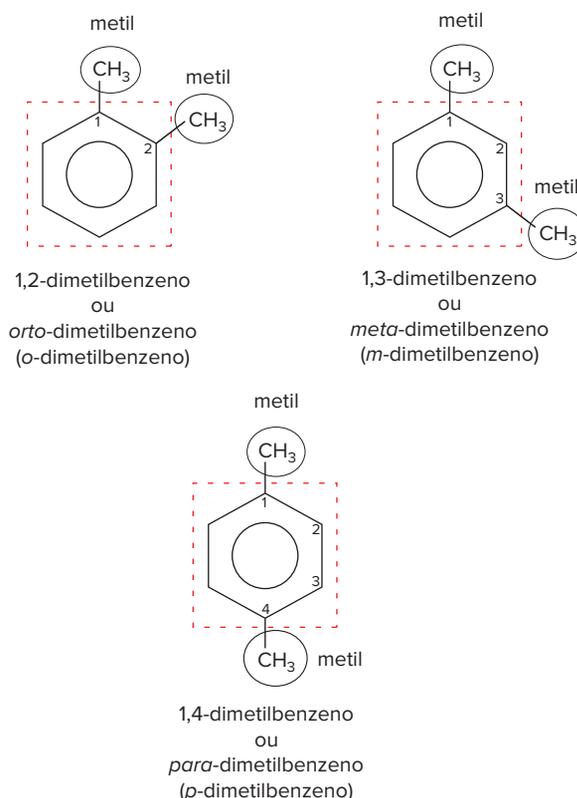


No caso de cicloalcanos ramificados, a numeração deve começar por um dos carbonos da ligação dupla, de modo que ela esteja localizada entre os carbonos 1 e 2 e as ramificações tenham os menores números possíveis.



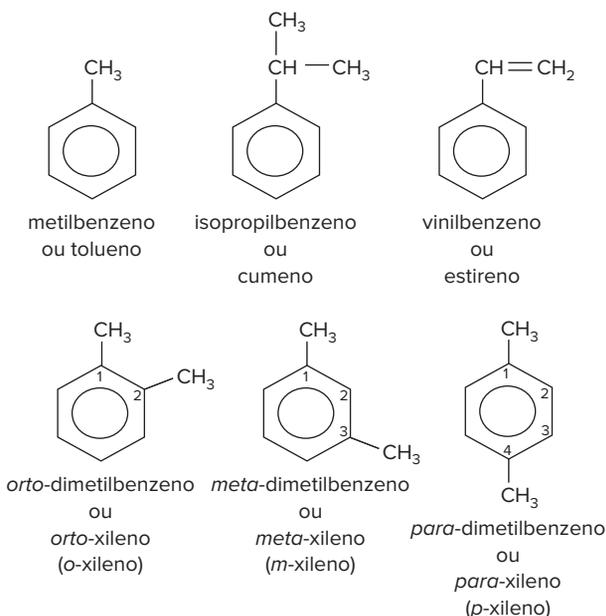
Os prefixos *orto*, *meta* e *para*

Quando o benzeno apresentar dois grupos substituintes ligados ao anel, podem-se utilizar os prefixos **orto** (para indicar as posições **1 e 2**), **meta** (para indicar as posições **1 e 3**) e **para** (para indicar as posições **1 e 4**).



! Atenção

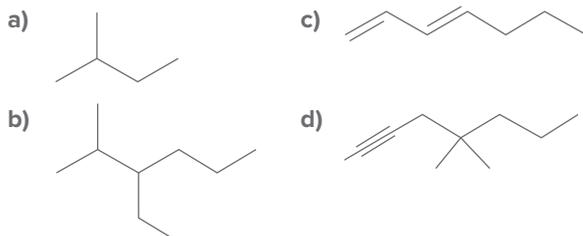
Alguns hidrocarbonetos aromáticos têm nomes não sistemáticos (triviais) aceitos pela IUPAC. Seguem alguns compostos aromáticos com suas respectivas nomenclaturas:



Exercício resolvido

2. Escreva as fórmulas estruturais em bastão dos seguintes compostos.
- metilbutano
 - 3-etil-2-metil-hexano
 - hepta-1,3-dieno
 - 5,5-dimetiloct-2-ino

Resolução:



Haleto orgânico

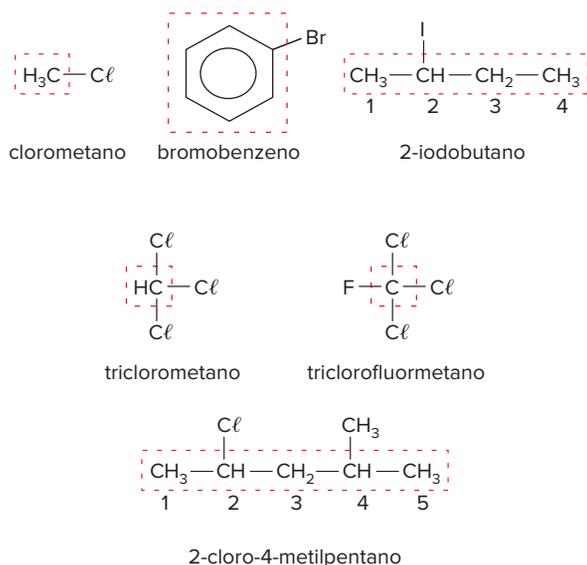
São compostos que têm pelo menos um átomo de halogênio (F, Cl, Br ou I) ligado ao carbono. São formados, na sua maioria, pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio de um hidrocarboneto por um ou mais átomos de halogênio.

A fórmula geral dos haleto orgânicos pode ser representada por $R-X$, sendo $X = F, Cl, Br$ ou I .

Os compostos halogenados podem ser nomeados de acordo com dois sistemas de nomenclatura da IUPAC: a nomenclatura *substitutiva* e a nomenclatura de *classe funcional*.

Nomenclatura substitutiva

A cadeia principal é a maior sequência de carbonos que contenha o carbono ligado ao halogênio, e o sufixo utilizado é **o**. Os nomes dos compostos são formados citando-se o **nome do halogênio (flúor, cloro, bromo ou iodo) seguido do nome da cadeia principal (prefixo + infixos + o)**. Observe alguns exemplos:



Nomenclatura de classe funcional

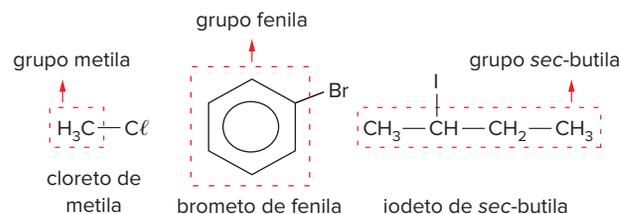
Os nomes dos compostos são formados pelos prefixos fluoreto, cloreto, brometo ou iodeto, seguidos da preposição *de* e do nome do grupo substituinte.

fluoreto, cloreto, brometo ou iodeto de

+

nome do grupo orgânico substituinte com sufixo *ila*

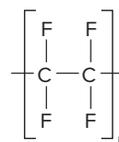
Observe os exemplos:



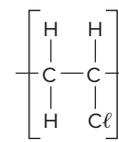
Saiba mais

Alguns haleto orgânicos são utilizados como solventes industriais, por exemplo, o triclorometano (clorofórmio) e o tetracloreto de carbono (CCl_4). Outros, como os clorofluorcarbonos (CFC), o freon-11 e o freon-12, foram utilizados como líquidos refrigerantes em aparelhos de ar-condicionado e refrigeradores e também como propelentes em aerossóis.

Existem também dois polímeros halogenados, o politetrafluoretileno (Teflon) e o policloreto de vinila (PVC), utilizados em revestimento de painéis e frigideiras antiaderentes e na fabricação de tubos rígidos de água e esgoto, respectivamente.



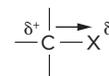
politetrafluoretileno (Teflon)



policloreto de vinila (PVC)

Propriedades físicas dos haleto orgânicos

Como os halogênios são mais eletronegativos que o carbono, a ligação halogênio-carbono **é covalente polar**.

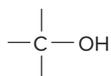


Vetor momento dipolar da ligação halogênio-carbono.

Devido à polaridade dos haleto orgânicos e à maior massa dos halogênios em relação ao carbono, a temperatura de ebulição e a densidade dos haleto orgânicos são maiores do que as dos alcanos de massa molecular próxima. Essas substâncias **não formam ligações de hidrogênio com a água**, e sua solubilidade nesse líquido é muito baixa. O haleto orgânico mais solúvel é o brometo de etila, que apresenta solubilidade igual a 1,5 g/100 mL de água a 20 °C.

Álcoois

Os álcoois são compostos orgânicos que apresentam o grupo hidroxila (–OH) ligado a um carbono saturado. A fórmula geral dos álcoois pode ser representada por **R – OH**, sendo R um carbono saturado.



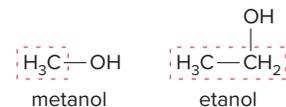
Grupo funcional dos álcoois.

Esses compostos podem ser nomeados de acordo com dois sistemas de nomenclatura da IUPAC: a nomenclatura *substitutiva* e a nomenclatura de *classe funcional*.

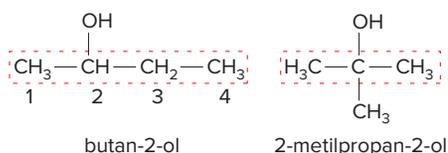
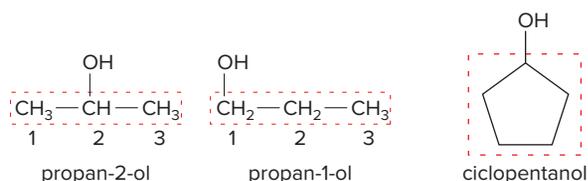
• Nomenclatura substitutiva

A cadeia principal é a maior sequência de carbonos que contenha o carbono ligado à hidroxila, e o sufixo utilizado é **ol**. Dessa forma, os nomes dos álcoois são dados por **prefixo + infixo + ol**.

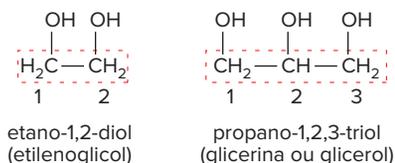
Observe alguns exemplos:



Em álcoois com três ou mais carbonos na cadeia, é necessário indicar com um número a posição do grupo OH, pois há mais de uma possibilidade para essa posição. Portanto, deve-se iniciar a numeração pela extremidade mais próxima do grupo funcional (–OH).



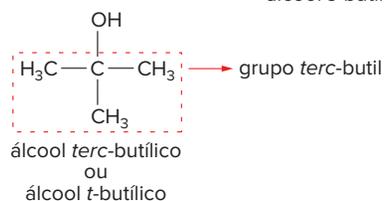
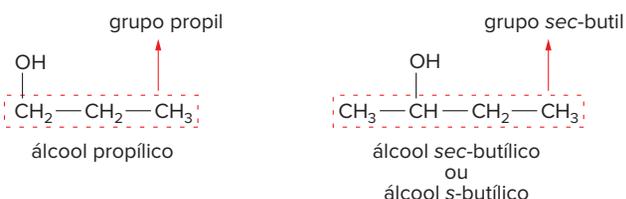
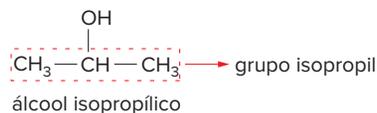
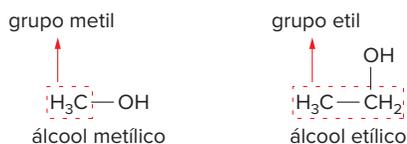
No caso dos álcoois que apresentam duas ou mais hidroxilas, essa quantidade é indicada pela utilização dos prefixos multiplicadores (di, tri, tetra etc.) antes do sufixo.



• Nomenclatura de classe funcional

O nome do composto é formado pela palavra **álcool**, seguida do nome do grupo orgânico substituinte ligado ao grupo –OH, acrescido do final **ico**. Portanto, **álcool + nome do grupo substituinte + ico**.

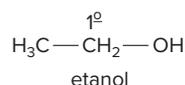
Observe os exemplos a seguir:



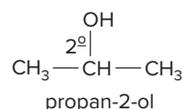
Classificação dos álcoois

Os álcoois podem ser classificados quanto ao tipo de carbono em que a hidroxila está ligada.

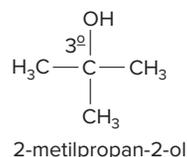
- Álcool primário: hidroxila está ligada em carbono primário.



- Álcool secundário: hidroxila está ligada em carbono secundário.



- Álcool terciário: hidroxila está ligada em carbono terciário.



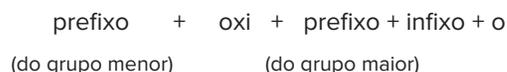
Propriedades físicas dos álcoois

Os álcoois de cadeia carbônica pequena são líquidos incolores com cheiro característico e boa solubilidade em água. Com o aumento da cadeia carbônica, sua solubilidade diminui, em razão do aumento da parte hidrofóbica da molécula, e as temperaturas de fusão e de ebulição aumentam,

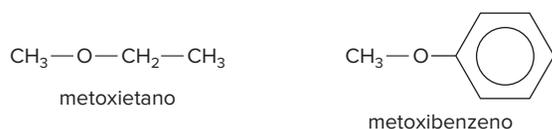
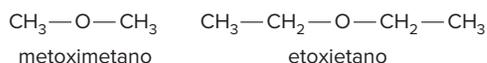
Esses compostos também podem ser nomeados de acordo com dois sistemas de nomenclatura da IUPAC: a nomenclatura *substitutiva* e a nomenclatura de *classe funcional*.

• Nomenclatura substitutiva

O nome do composto deve seguir o esquema:



Observe alguns exemplos:



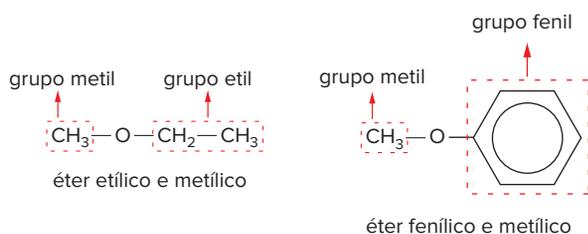
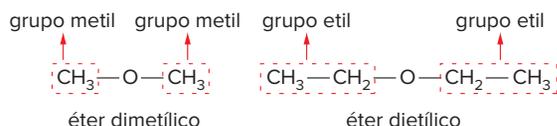
• Nomenclatura de classe funcional

O nome do composto é formado pela palavra **éter**, seguida dos nomes dos grupos orgânicos substituintes ligados ao oxigênio e acrescidos do final **ico**.

Éter + nome do grupo + ico + e + nome do grupo + ico

Se os grupos substituintes ligados ao oxigênio forem diferentes, devem ser citados em ordem alfabética. Se forem iguais, deve-se citar apenas um nome precedido do prefixo multiplicador **di**.

Observe os exemplos a seguir:



💡 Saiba mais

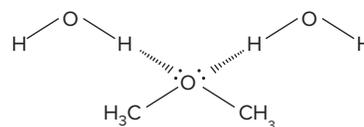
O etoxietano ou éter dietílico é o éter mais comum, também conhecido como éter sulfúrico (em razão do seu método de obtenção), éter etílico ou simplesmente éter comum.

Propriedades físicas dos éteres

Em razão da geometria angular do átomo de oxigênio, os éteres são compostos fracamente polares. O dipolo dos éteres é tão baixo que sua temperatura de ebulição é

ligeiramente maior do que a dos alcanos e bem inferior à dos álcoois, de massa molecular semelhante.

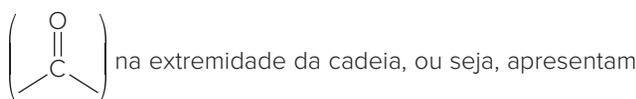
Já a solubilidade dos éteres em água é comparável à dos álcoois de mesma massa molecular, já que os éteres podem formar ligações de hidrogênio com a água.



Ligações de hidrogênio entre éter dimetílico e água.

Aldeídos

São compostos que apresentam o grupo carbonila



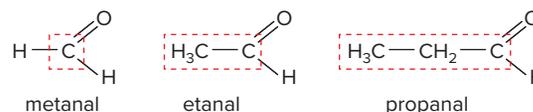
ao menos um átomo de hidrogênio ligado ao grupo. Sua fórmula geral pode ser representada conforme a imagem a seguir.



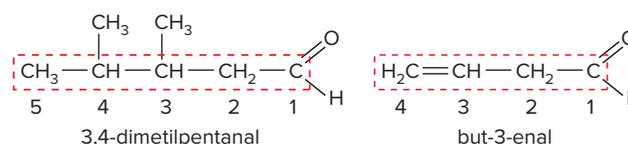
Grupo funcional dos aldeídos.

Na nomenclatura substitutiva de um aldeído, a cadeia principal é a maior sequência de carbonos que contém o grupo carbonila, e o sufixo utilizado é **al**.

Dessa forma, os nomes dos aldeídos são dados por **prefixo + infixo + al**. Observe alguns exemplos:

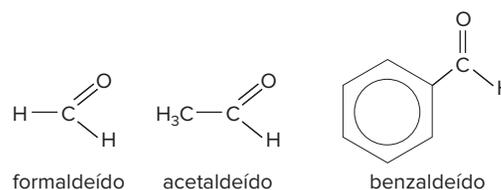


Em aldeídos ramificados ou insaturados, deve-se iniciar a numeração da cadeia principal pelo carbono da carbonila. Como o grupo funcional dos aldeídos está sempre na extremidade da cadeia, esse carbono será sempre o número 1.



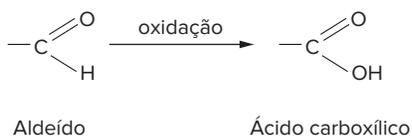
• Nomenclatura trivial dos aldeídos

Alguns aldeídos recebem nomes triviais aceitos pela IUPAC.

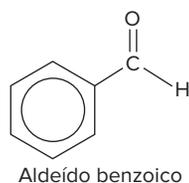


Atenção

Aldeídos, quando oxidados, produzem ácidos carboxílicos, de acordo com a reação genérica representada a seguir.



Por esse motivo, alguns aldeídos recebem o nome trivial do ácido carboxílico, que pode se formar em uma reação de oxidação. No entanto, esses nomes não são reconhecidos pela IUPAC.



Saiba mais

O formaldeído (HCHO) é o aldeído mais simples e também o mais conhecido. Seu consumo anual é de mais de 4 bilhões de litros. Uma de suas aplicações industriais mais importantes é a fabricação do polímero baquelite, mais conhecido como fórmica. Também é utilizado como matéria-prima na produção de resinas e fitas adesivas. Na forma de solução aquosa (formol), é empregado na conservação de peças anatômicas e de pequenos animais.

Propriedades físicas dos aldeídos

Em razão da polaridade do grupo carbonila, os aldeídos apresentam temperatura de ebulição maior do que a dos hidrocarbonetos de massa molecular semelhante. Entretanto, como não realizam ligações de hidrogênio entre suas moléculas, sua temperatura de ebulição é menor do que a dos álcoois de massa molecular semelhante. No entanto, a solubilidade dos aldeídos em água é semelhante à dos álcoois e dos éteres, pois o grupo carbonila pode formar ligações de hidrogênio com a água.

Cetonas

As cetonas apresentam o grupo carbonila $\left(\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—} \end{array} \right)$

localizado entre carbonos. A fórmula geral das cetonas pode ser representada conforme a imagem a seguir.



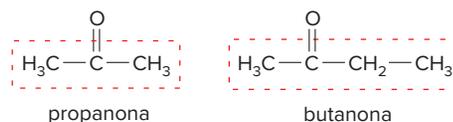
Grupo funcional das cetonas.

Cetonas podem ser nomeadas de acordo com dois sistemas de nomenclatura da IUPAC: a nomenclatura *substitutiva* e a nomenclatura de *classe funcional*.

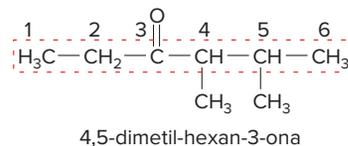
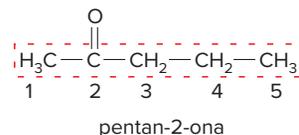
Nomenclatura substitutiva

A cadeia principal é a maior sequência de carbonos que contenha o carbono da carbonila, e o sufixo utilizado é **ona**. Portanto, o nome das cetonas é dado por **prefixo + + infixo + ona**.

Observe alguns exemplos:



Em cetonas com cinco ou mais carbonos na cadeia, é necessário que a posição da carbonila seja indicada numerando-se a cadeia. Nesses casos, a numeração deve começar pela extremidade mais próxima do grupo funcional (carbonila), conforme exemplos a seguir.



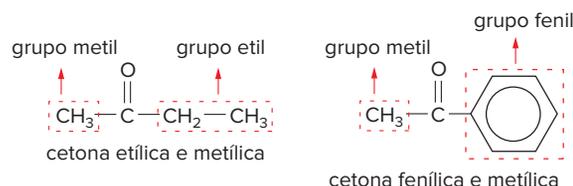
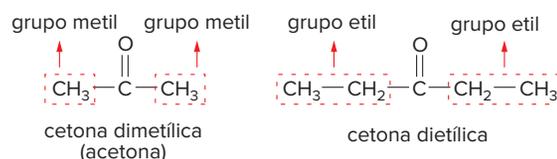
Nomenclatura de classe funcional

O nome do composto é formado pela palavra **cetona**, seguida dos nomes dos grupos orgânicos substituintes ligados à carbonila acrescidos do final **ica**.

cetona + nome do grupo + ica e nome do grupo + ica

Se os grupos substituintes que estão ligados na carbonila forem diferentes, devem ser citados em ordem alfabética. Se forem iguais, deve-se citar apenas um nome precedido do prefixo multiplicador **di**.

Observe os exemplos a seguir.



Propriedades físicas das cetonas

Assim como os aldeídos, as cetonas apresentam o grupo carbonila, que é polar. Dessa forma, sua temperatura de ebulição é maior do que a dos hidrocarbonetos de massa molecular próxima. No entanto, como não realizam ligações de hidrogênio entre suas moléculas, têm temperatura de ebulição menor do que a dos álcoois de massa molecular próxima. Já a solubilidade das cetonas em água é semelhante à dos álcoois e dos éteres, pois o grupo carbonila pode formar ligações de hidrogênio com a água.

Saiba mais

A propanona, mais conhecida como acetona, é a principal cetona. Trata-se de um líquido incolor e solúvel em água e em solventes orgânicos. Utilizada na indústria como solvente de tintas, vernizes e esmaltes, bem como na fabricação de medicamentos e na extração de óleos de sementes vegetais. Em ambientes domésticos, a acetona é usada na remoção de tintas e esmaltes.



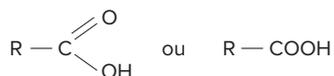
Uso da acetona como removedor de esmaltes.

Sua produção industrial é realizada pela hidratação do propeno ou pela oxidação do isopropilbenzeno (cumeno).

Em nosso organismo, a propanona é produzida pela decomposição incompleta das gorduras. A concentração normal de acetona no sangue é de 1 mg/mL. Doenças metabólicas como o diabetes melito tipos 1 e 2 podem levar a um aumento da concentração de acetona no sangue.

Ácidos carboxílicos

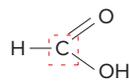
São compostos que apresentam o grupo carboxila em sua estrutura.



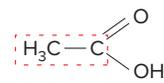
Grupo funcional dos ácidos carboxílicos.

Na nomenclatura substitutiva de um ácido carboxílico, a cadeia principal é a maior sequência de carbonos que contém o grupo carboxila, e o sufixo utilizado é **oico**. Dessa forma, o nome de um ácido carboxílico é dado por **ácido + prefixo + infixo + oico**.

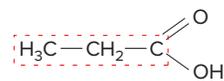
Observe alguns exemplos.



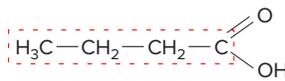
ácido metanoico



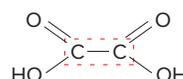
ácido etanoico



ácido propanoico

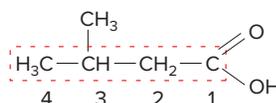


ácido butanoico

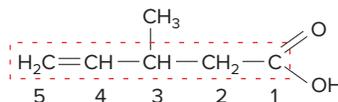


ácido etanodioico
(ácido oxálico)

Em ácidos carboxílicos ramificados ou insaturados, deve-se iniciar a numeração da cadeia principal pelo carbono da carboxila. Como o grupo funcional está sempre na extremidade da cadeia, esse carbono será sempre o número 1.



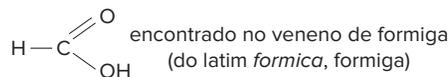
ácido 3-metilbutanoico



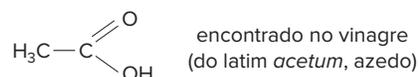
ácido 3-metilpent-4-enoico

Nomenclatura trivial dos ácidos carboxílicos

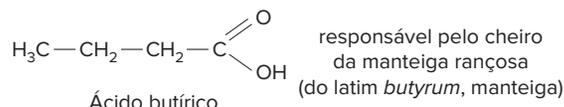
Os ácidos carboxílicos são conhecidos de longa data, por isso têm nomes triviais mais relacionados com sua proveniência do que com as respectivas estruturas químicas. Alguns exemplos são:



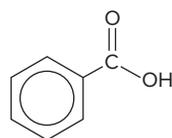
Ácido fórmico



Ácido acético



Ácido butírico

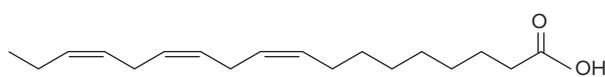
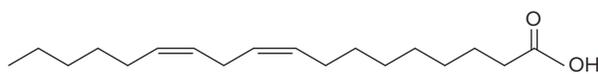
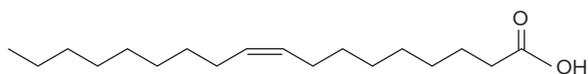
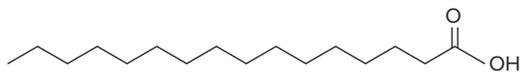


Ácido benzoico

encontrado no óleo da planta
Styrax benzoin

Saiba mais

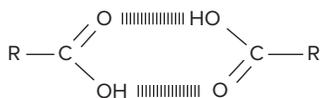
Ácidos graxos são ácidos monocarboxílicos de cadeia longa utilizados pelos seres vivos na síntese de triacilgliceróis (lipídios e gorduras). Os ácidos graxos podem ser classificados em saturados, monoinsaturados e poli-insaturados.



Os ácidos graxos ômega-3 e ômega-6 são essenciais para os animais e devem ser ingeridos na alimentação. A utilização desses ácidos pelo organismo se dá não pela ingestão do ácido carboxílico livre, mas, sim, de óleos ou gorduras que contêm esses ácidos na sua composição.

Propriedades físicas dos ácidos carboxílicos

Ácidos carboxílicos são substâncias polares, e suas moléculas podem formar ligações de hidrogênio fortes entre si e com moléculas de água.



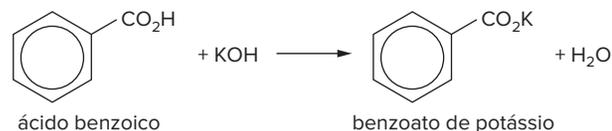
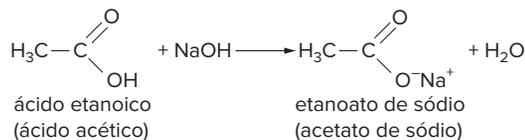
Ligações de hidrogênio entre moléculas de ácido carboxílico.

Como resultado, esses ácidos apresentam temperaturas de ebulição maiores do que as dos álcoois de massa molecular semelhante, e aqueles de cadeia pequena apresentam alta solubilidade em água. A solubilidade decresce à medida que o tamanho da cadeia aumenta.

Sais de ácido carboxílico

A reação de um ácido carboxílico com uma base formará um sal de ácido carboxílico. A nomenclatura desses compostos segue a mesma regra da nomenclatura de sais inorgânicos, ou seja, troca-se o sufixo **ico** do nome do ácido pelo sufixo **ato**.

Observe os exemplos a seguir.



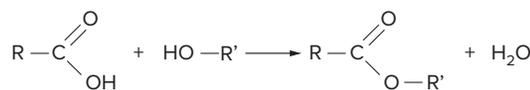
Ésteres orgânicos

Ésteres orgânicos ou ésteres de ácido carboxílico são compostos que apresentam o grupo funcional conforme a imagem a seguir, em que R pode ser um hidrogênio, um grupo alifático ou aromático e R', um grupo aromático ou alifático.



Grupo funcional dos ésteres.

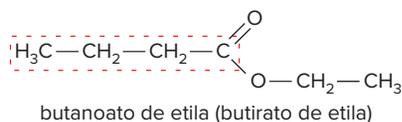
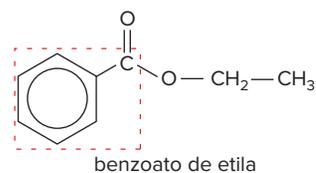
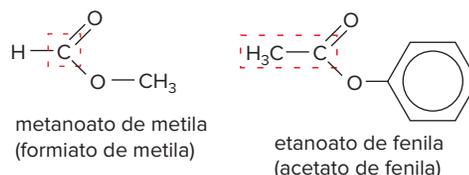
Os ésteres de ácido carboxílico podem ser obtidos pela reação de esterificação, que é a substituição da hidroxila do ácido carboxílico por um grupo alcóxido de um álcool, como mostra a imagem a seguir.



Equação que descreve a reação de esterificação.

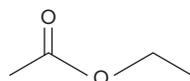
A nomenclatura substitutiva de um éster pode ser obtida substituindo o sufixo **ico** do nome do ácido de origem pelo sufixo **ato** e acrescentando a preposição **de** seguida do nome do grupo orgânico (com sufixo **ila**) que substituiu a hidroxila. Dessa forma, o nome de um éster é dado por **prefixo + infixo + oato de + nome do grupo orgânico (com sufixo ila)**.

Observe os exemplos a seguir.

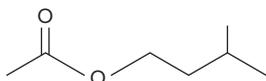


Saiba mais

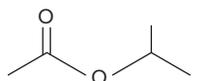
Os ésteres de ácido carboxílico têm aromas agradáveis. Muitos deles lembram aroma de frutas, por isso são utilizados na indústria de alimentos como flavorizantes artificiais.



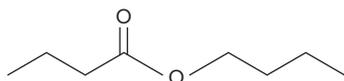
acetato de etila
(essência de maçã)



acetato de isopentila
(essência de banana)



acetato de isopropila
(essência de morango)



butirato de butila
(essência de damasco)

Propriedades físicas dos ésteres

Os ésteres de ácidos carboxílicos são compostos polares, mas, como **não têm átomo de hidrogênio ligado ao oxigênio, não realizam ligações de hidrogênio entre suas moléculas.** Portanto, os ésteres apresentam temperaturas de ebulição semelhantes à dos aldeídos e das cetonas e menores do que a dos álcoois e dos ácidos carboxílicos de massa molecular próxima, conforme apresentado a seguir.

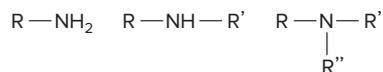
Nome	Fórmula	T.E. (°C) 1 atm	Solubilidade (g/100 g H ₂ O)
Metanoato de metila (formiato de metila)		32,5	Muito solúvel
Metanoato de etila (formiato de etila)		54	Solúvel
Etnoato de metila (acetato de metila)		57	54,4
Etnoato de etila (acetato de etila)		77	7,4
Etnoato de propila (acetato de propila)		102	1,89
Propanoato de etila (propionato de etila)		99	1,75
Butanoato de etila (butirato de etila)		120	0,5

Propriedades físicas dos ésteres.

Aminas

São compostos orgânicos com um, dois ou três grupos orgânicos (alquila ou arila) ligados ao átomo de nitrogênio.

Aminas podem ser obtidas pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio da amônia (NH₃) por grupos orgânicos. O grupo funcional das aminas pode ser representado conforme a imagem a seguir.

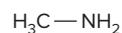


Grupo funcional das aminas.

Classificação das aminas

As aminas podem ser classificadas quanto ao número de grupos orgânicos ligados ao nitrogênio.

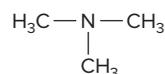
- Amina primária: apresenta apenas um grupo orgânico ligado ao nitrogênio.



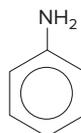
- Amina secundária: apresenta dois grupos orgânicos ligados ao nitrogênio.



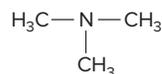
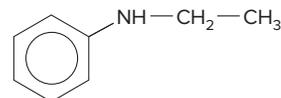
- Amina terciária: apresenta três grupos orgânicos ligados ao nitrogênio.



Se apenas grupos alquila estiverem ligados ao nitrogênio, as aminas são denominadas aminas alifáticas. Se o nitrogênio estiver ligado diretamente a pelo menos um grupo arila, a amina será denominada aromática.



aminas aromáticas



aminas alifáticas

Aminas aromáticas e alifáticas.

A nomenclatura das aminas segue o esquema: **nome dos grupos orgânicos substituintes + amina.**

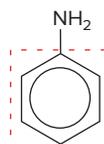
Observe os exemplos a seguir.



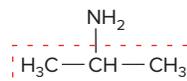
metilamina



etilamina

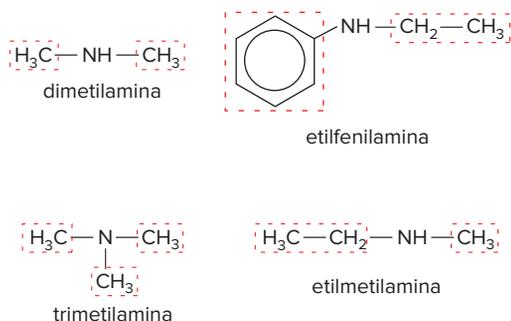


fenilamina
(anilina)



isopropilamina

Nas aminas secundárias e terciárias, se os grupos orgânicos forem diferentes, deve-se citá-los em ordem alfabética. Se forem iguais, cita-se apenas um nome precedido do prefixo multiplicador **di** ou **tri**.



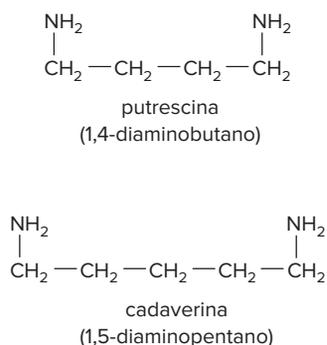
As aminas são consideradas bases orgânicas, pois reagem com ácidos formando sais.



Saiba mais

Algumas aminas têm cheiro desagradável. É o caso da trimetilamina, a principal responsável pelo cheiro de peixe.

Outras duas aminas com cheiros bastante desagradáveis são a cadaverina (formada na degradação do aminoácido lisina) e a putrescina (formada na degradação do aminoácido arginina).



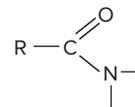
Propriedades físicas das aminas

Em razão da geometria piramidal do nitrogênio, as aminas são substâncias moderadamente polares. Sua temperatura de ebulição é maior do que a dos alcanos, mas geralmente menor do que a dos álcoois de massa molecular semelhante. As aminas primárias e secundárias podem formar ligações de hidrogênio umas com as outras; já as terciárias, não. Como resultado, as aminas terciárias têm temperaturas de ebulição menores do que as das aminas primárias e secundárias.

Todas as aminas de massa molecular pequena são solúveis em água, pois são capazes de realizar ligações de hidrogênio com ela.

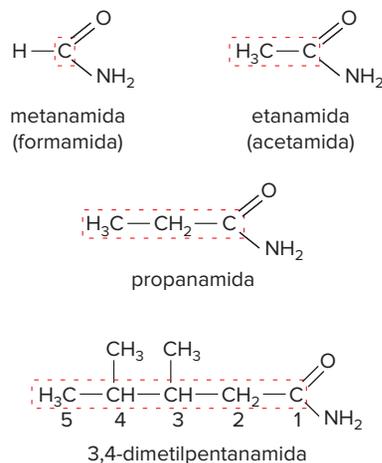
Amidas

São compostos orgânicos que têm um átomo de nitrogênio ligado à carbonila. O grupo funcional das amidas pode ser representado como na imagem a seguir, em que R pode ser um hidrogênio, um grupo alifático ou aromático e o nitrogênio pode ou não apresentar substituintes orgânicos.

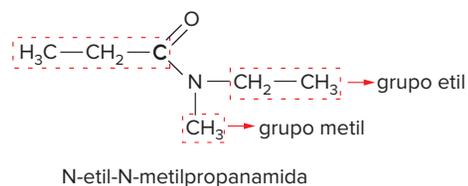


Grupo funcional das amidas.

A nomenclatura substitutiva das amidas segue o esquema: **prefixo + infixo + amida**. Observe os exemplos:



Em amidas que apresentam grupos substituintes ligados ao nitrogênio, devem-se citar esses grupos antecedidos pela letra N, seguidos do nome do composto.



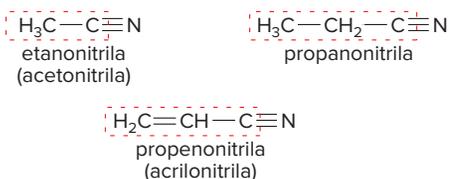
Propriedades físicas das amidas

Amidas com um ou nenhum grupo substituinte no nitrogênio são capazes de realizar ligações de hidrogênio entre suas moléculas e, conseqüentemente, têm elevadas temperaturas de ebulição. Amidas que apresentam dois grupos substituintes no nitrogênio não podem formar ligações de hidrogênio entre si e terão temperaturas de ebulição mais baixas. No entanto, todas as amidas com até cinco átomos de carbono são solúveis em água, pois podem formar ligações de hidrogênio com ela.

Nitrilas

São compostos caracterizados pela presença do grupo funcional $\text{R}-\text{C}\equiv\text{N}$ ou $\text{R}-\text{CN}$. As nitrilas podem ser obtidas pela substituição do hidrogênio do cianeto de hidrogênio (HCN) por um substituinte orgânico.

A nomenclatura substitutiva das nitrilas segue o esquema: **prefixo + infixo + o + nitrila**. Observe os exemplos.



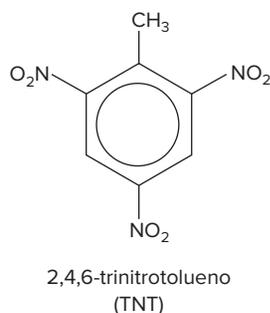
Nitrocompostos

São compostos que apresentam um ou mais grupos nitro ($-\text{NO}_2$) ligados ao carbono. A nomenclatura substitutiva de um nitrocomposto segue o esquema: **nitro + prefixo + infixo + o**.

Observe os exemplos a seguir.



O nitrocomposto mais conhecido é o trinitrotolueno (TNT), utilizado como explosivo.



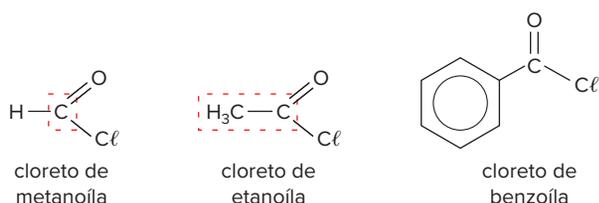
Cloretos de ácido carboxílico

Os cloretos de acila, ou cloretos de ácido carboxílico, são derivados do ácido carboxílico e obtidos pela substituição do grupo hidroxila ($-\text{OH}$) da carboxila ($-\text{COOH}$) por um átomo de cloro. O grupo funcional dos cloretos de ácido pode ser representado conforme a imagem a seguir.



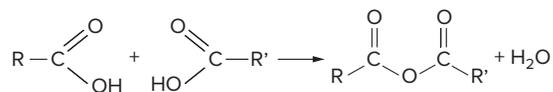
Grupo funcional dos cloretos de ácido.

Sua nomenclatura segue o esquema: **cloreto de + prefixo + infixo + oíla**. Observe os exemplos a seguir.

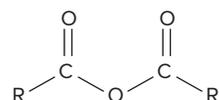


Anidridos de ácido carboxílico

São compostos formados a partir da desidratação de dois ácidos carboxílicos.

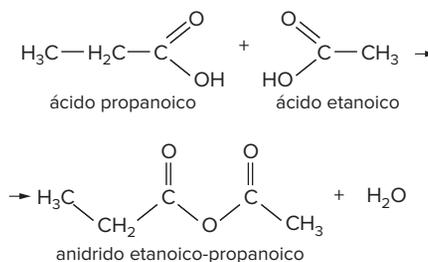
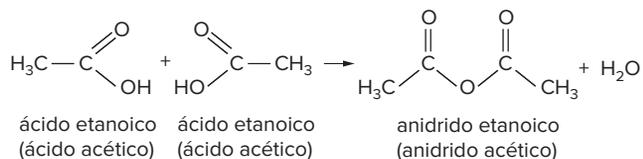


O grupo funcional dos anidridos de ácido carboxílico pode ser representado conforme a imagem a seguir.



Grupo funcional dos anidridos de ácido.

A nomenclatura de um anidrido é dada citando o termo **anidrido** seguido dos nomes dos ácidos que dão origem a ele. Caso o anidrido seja formado por ácidos diferentes, devemos citar seus nomes em ordem alfabética.



Ácidos sulfônicos

São compostos que apresentam o grupo funcional sulfônico ($\text{R}-\text{SO}_3\text{H}$). Esses ácidos são derivados dos ácidos sulfúricos pela substituição de uma hidroxila do ácido por um grupo orgânico.

Sua nomenclatura segue o esquema: **ácido + prefixo + infixo + o + sulfônico**.

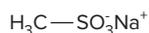
Observe os exemplos a seguir.



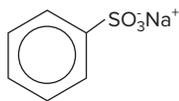
Sais de ácido sulfônico

A reação de um ácido sulfônico com uma base formará um sal de ácido sulfônico. A nomenclatura desses compostos segue a mesma regra da nomenclatura de sais inorgânicos, ou seja, troca-se o sufixo **ico** do nome do ácido pelo sufixo **ato**.

Observe os exemplos a seguir.



metanossulfonato de sódio



benzenossulfato de sódio

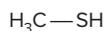
Tiocompostos

São compostos orgânicos que apresentam um ou mais átomos de enxofre (S) em sua estrutura.

- Tioálcoois, tióis ou mercaptanas: apresentam o grupo **-SH** ligado a um carbono saturado.

A nomenclatura de um tioálcool segue o esquema:

prefixo + infixo + o + tiol.



metanotiol



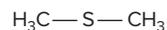
etanotiol

- Tioéteres ou sulfetos: apresentam pelo menos um átomo de enxofre entre carbonos (**R-S-R'**).

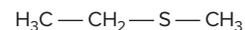
A nomenclatura de um tioéter segue o esquema: **sulfeto de + nome do grupo orgânico com sufixo ila.**

Se os grupos substituintes ligados ao enxofre forem diferentes, devem ser citados em ordem alfabética.

Se forem iguais, cita-se apenas um nome precedido do prefixo multiplicador **di**.



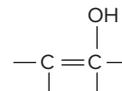
sulfeto de dimetila



sulfeto de etila e metila

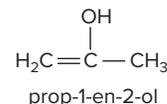
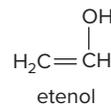
Enóis

São compostos que apresentam uma hidroxila (-OH) ligada em um carbono insaturado por uma ligação dupla. O grupo funcional dos enóis pode ser representado conforme a imagem a seguir.



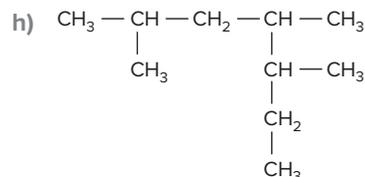
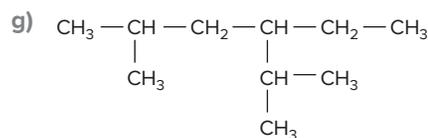
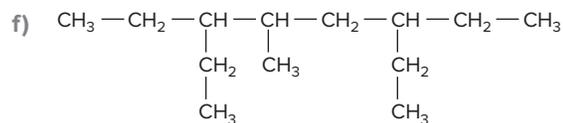
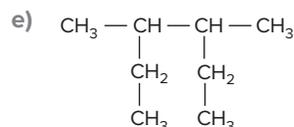
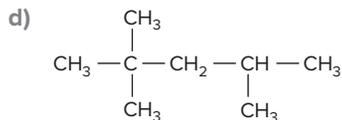
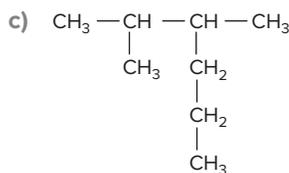
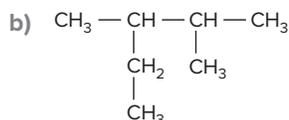
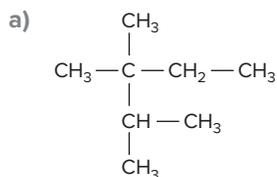
Grupo funcional dos enóis.

Sua nomenclatura segue o esquema: **prefixo + infixo + o + ol.** Observe os exemplos:



Revisando

1. Dê nomes, segundo a IUPAC, aos seguintes alcanos:



2. Escreva as fórmulas estruturais dos seguintes compostos:

a) 3-metilpentano

b) dimetilpropano

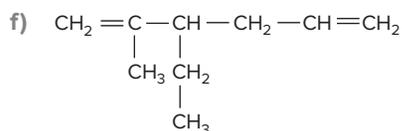
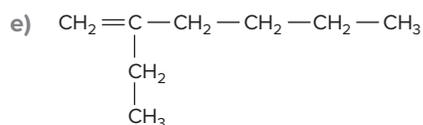
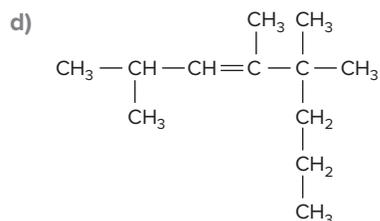
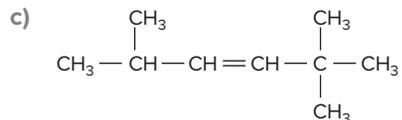
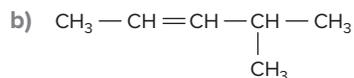
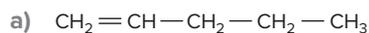
c) 2,2,4-trimetil-hexano

d) 4-etil-2,2-dimetilnonano

e) 3-etil-5-isopropil-2,7-dimetildecano

f) 3-etil-5-isopropil-2,2-dimetiloctano

3. Dê nomes, segundo a IUPAC, aos seguintes alcenos:



4. Escreva as fórmulas estruturais dos seguintes compostos:

a) 5-metil-hex-2-eno

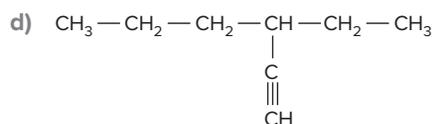
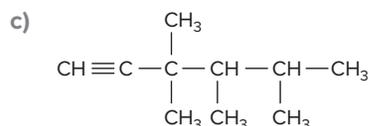
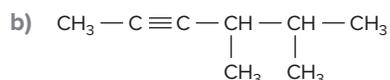
b) Pent-2-eno

c) 4-isopropil-hept-1-eno

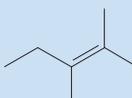
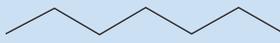
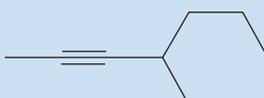
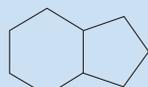
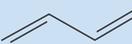
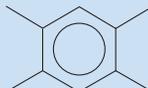
d) 4,4-dietil-2-metil-hex-2-eno

e) 5-etil-6,7,7-trimetilnon-3-eno

5. Dê nomes, segundo a IUPAC, aos seguintes alcinos:



6. Classifique cada um dos hidrocarbonetos a seguir em subfunções.

Hidrocarboneto	Subfunção
	
	
	
	
	
	
	

7. Escreva as fórmulas estruturais dos seguintes compostos:

a) 3-etilpentano

b) 1-cloro-4-metilpentano

c) 2-metilbuta-1,3-dieno

d) 2,3-dicloropentano

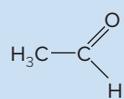
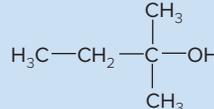
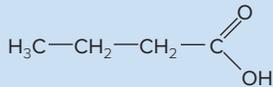
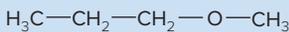
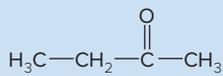
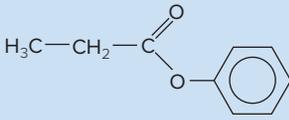
e) ciclo-hexanol

f) éter etílico e metílico

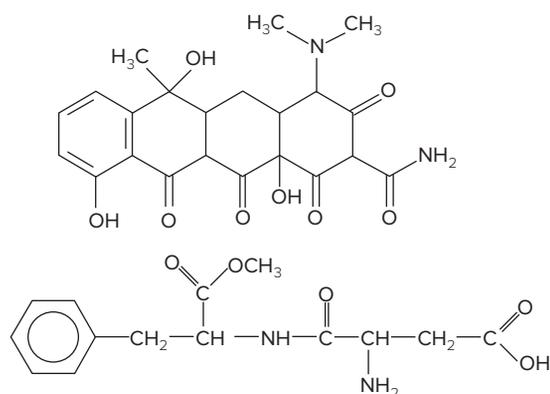
g) 3-etil-4-metilbenzenol

h) 4-etil-3,5-dimetil-oct-5-en-2-ol

8. A qual função pertence cada um dos compostos a seguir?

9. Para as moléculas a seguir, circule e atribua o nome de todas as respectivas funções orgânicas presentes.



10. Indique a qual função pertencem os compostos a seguir.

- $C_6H_5NH_2$
- $CH_3CONHC_6H_5$
- $CH_3C_6H_5$
- $CH_3COCH_2CH_3$
- $CH_3(CH_2)_2CH_2OH$
- $CH_3COOC_2H_5$
- CH_3CH_2CHO
- C_6H_5COOH

Exercícios propostos

Hidrocarbonetos

- UFSCar-SP** Considere as afirmações seguintes sobre hidrocarbonetos.
 - Hidrocarbonetos são compostos orgânicos constituídos somente de carbono e hidrogênio.
 - São chamados de alcenos somente os hidrocarbonetos insaturados de cadeia linear.
 - Cicloalcanos são hidrocarbonetos alifáticos saturados de fórmula geral C_nH_{2n} .
 - São hidrocarbonetos aromáticos: bromobenzeno, *p*-nitrotolueno e naftaleno.

São corretas as afirmações:

 - I e III, apenas.
 - I, III e IV, apenas.
 - II e III, apenas.
 - III e IV, apenas.
 - I, II e IV, apenas.
- Uece 2018** O benzeno já foi utilizado em tintas de secagem rápida, fluidos para lavagem de roupas a seco e como aditivo para melhorar a qualidade da gasolina. No entanto, por tratar-se de um composto tóxico para os seres humanos, além de ser prejudicial ao meio ambiente, foi eliminado desses produtos e substituído por outros compostos não tóxicos. Seguindo-se as regras de nomenclatura da IUPAC, seu nome é
 - ciclo-hexa-1,3,5-dieno.
 - ciclo-hexa-1,3,5-trieno.
 - ciclo-hexa-2,4,6-dieno.
 - ciclo-hexa-2,4,6-trieno.
- Uema 2014** GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), também conhecido popularmente como gás de cozinha, é um combustível fóssil não renovável que pode se esgotar de um dia para o outro, caso não seja utilizado com planejamento e sem excesso. Ele é composto, dentre outros gases, por propano (C_3H_8), butano (C_4H_{10}) e pequenas quantidades de propeno (C_3H_6) e

buteno (C_4H_8). Esses compostos orgânicos são classificados como hidrocarbonetos que apresentam semelhanças e diferenças entre si.

Com base no tipo de ligação entre carbonos e na classificação da cadeia carbônica dos compostos acima, pode-se afirmar que

- os compostos insaturados são propano e butano.
- os compostos insaturados são propeno e buteno.
- os compostos insaturados são propeno e butano.
- os compostos apresentam cadeias homocíclicas.
- os compostos possuem cadeias heterocíclicas.

- IFSC 2016** A Petrobras bateu mais um recorde mensal na extração de petróleo na camada do Pré-Sal. Em julho, a produção operada pela empresa chegou a 798 mil barris por dia (bpd), 6,9% acima do recorde histórico batido no mês anterior. No dia 8 de julho, também foi atingido recorde de produção: foram produzidos 865 mil barris por dia (bpd). Essa produção não inclui a extração de gás natural.

(Fonte: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/08/pre-sal-novo-recorde-na-producao-de-petroleo-mensal>)

Com base no assunto da notícia acima, assinale a alternativa **CORRETA**.

- O gás natural é uma mistura de gases, sendo que o principal constituinte é o metano, de fórmula molecular CH_4 .
- O petróleo é utilizado somente para a produção de combustíveis e poderia ser totalmente substituído pelo etanol, menos poluente.
- A camada do Pré-Sal se encontra normalmente próxima a vulcões onde, há milhares de anos, o petróleo se originou a partir de substâncias inorgânicas.
- As substâncias que compõem o petróleo são hidrocarbonetos como: ácidos graxos, éteres e aldeídos.
- As diferentes frações do petróleo são separadas em uma coluna de destilação, onde as moléculas menores como benzeno e octano são retiradas no topo e as moléculas maiores como etano e propano são retiradas na base da coluna.

5. **Uece 2016** Um carro estacionado na sombra durante um dia, com as janelas fechadas, pode conter de 400 a 800 mg de benzeno. Se está ao sol, o nível de benzeno subirá de 2 000 a 4 000 mg. A pessoa que entra no carro e mantém as janelas fechadas inevitavelmente aspirará, em rápida sucessão, excessivas quantidades dessa toxina. O benzeno é uma toxina que afeta os rins e o fígado, e, o que é pior, é extremamente difícil para o organismo expulsar esta substância tóxica. Por essa razão, os manuais de instruções de uso dos carros indicam que, antes de ligar o ar-condicionado, deve-se primeiramente abrir as janelas e deixá-las abertas por um tempo de dois minutos.

Com relação ao benzeno, assinale a afirmação **correta**.

- É um hidrocarboneto classificado como hidrocarboneto aromático, cuja massa molar é menor do que 75 g/mol.
- Em sua fórmula estrutural existem carbonos do tipo sp^3 .
- O radical gerado com a perda de um hidrogênio desse composto é chamado de fenil.
- Apresenta, em sua cadeia carbônica, as seguintes particularidades: cíclica, normal, insaturada e heterogênea.

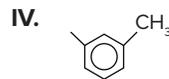
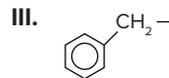
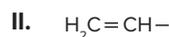
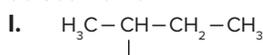
6. **Uece 2022** A nomenclatura IUPAC (União Internacional da Química Pura e Aplicada) dos compostos orgânicos é muito importante para identificá-los internacionalmente. Essa nomenclatura segue regras que permitem determinar sua fórmula estrutural. Assim, é correto dizer que o composto 5-etil-4-fenil-3-metil-hex-1-eno contém

- quatro ligações π (pi).
- três átomos de carbono terciários.
- uma cadeia carbônica principal saturada.
- quinze átomos de carbono e vinte e um átomos de hidrogênio.

7. **ITA-SP 2015** Desenhe a fórmula estrutural (IUPAC) das seguintes espécies químicas aromáticas.

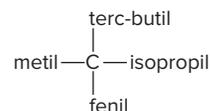
- Naftaleno
- Fenantreno
- Antraceno
- Peróxido de benzoíla

8. **Uece 2015** A medicina ortomolecular surgiu para corrigir desequilíbrios químicos provocados pelos radicais livres, que desempenham papel importante nas doenças e no envelhecimento. Em um organismo equilibrado e saudável, algumas moléculas são logo destruídas. Nas pessoas em que são encontrados altos níveis de radicais livres, o equilíbrio é refeito com o uso de antioxidantes, juntamente com diversas outras medidas preconizadas pela medicina ortomolecular. Atente aos radicais livres apresentados a seguir e assinale a opção que associa corretamente o radical livre ao seu nome.



- Radical I: *terc*-butil.
- Radical II: alil.
- Radical III: benzil.
- Radical IV: p-toluil.

9. **PUC-PR** O composto:

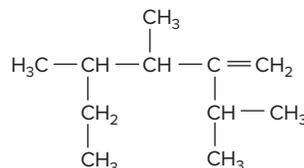


Apresenta, como nomenclatura oficial, o seguinte nome:

- 1,2,2,3,4-pentametil-2-fenilbutano.
- 2,3,4,4-tetrametil-3-fenilpentano.
- 2,2,3,4-tetrametil-3-fenilpentano.
- 2,2,3-trimetil-3-etiloctano.
- 2,2-dimetil-3-isopropil-3-fenilbutano.

10. **Mackenzie-SP** Sobre o composto cuja fórmula estrutural é dada a seguir, fazem-se as afirmações:

- É um alceno.
- Possui três ramificações diferentes entre si, ligadas à cadeia principal.
- Apesar de ter fórmula molecular $\text{C}_{11}\text{H}_{22}$, não é um hidrocarboneto.
- Possui no total quatro carbonos terciários.



São **corretas**:

- I e IV, somente.
- I, II, III e IV.
- II e III, somente.
- II e IV, somente.
- III e IV, somente.

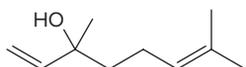
11. **UFRGS 2019** Octanagem ou índice de octano serve como uma medida da qualidade da gasolina. O índice faz relação de equivalência à resistência de detonação de uma mistura percentual de isoctano e n-heptano.

O nome IUPAC do composto isoctano é 2,2,4-trimetilpentano e o número de carbono(s) secundário(s) que apresenta é

- 0.
- 1.
- 2.
- 3.
- 5.

12. **UFU-MG** O hidrocarboneto que apresenta cadeia acíclica, ramificada, saturada e homogênea é:
- 4-etil-4,5-dimetil-2-heptanol.
 - 4-isopropil-2,4,5-trimetil-2-hepteno.
 - 2,4,5-trimetil-4-propileptano.
 - 2-etil-4-isopropil-1-metilcicloexano.

13. **UFPR 2021** O linalol é uma substância orgânica de origem natural presente em óleos essenciais de diversas plantas aromáticas, como a lavanda e o manjeriço. Essa substância é utilizada como um fixador de fragrâncias na indústria química e apresenta uma série de propriedades biológicas, por exemplo, atividade analgésica. Na estrutura química do linalol, mostrada abaixo estão presentes duas metilas (como grupos substituintes), além das funções químicas alqueno e álcool.



Com base nas informações acima e nos conhecimentos de nomenclatura de compostos orgânicos, assinale a alternativa que apresenta o nome do linalol recomendado pela IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada).

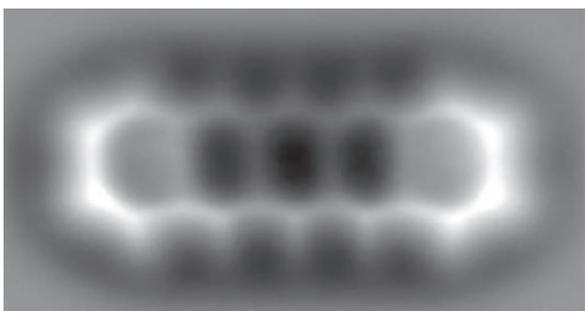
- 2,6-dimetilocta-1,6-dien-3-ol.
- 2,6-dimetilocta-2,7-dien-6-ol.
- 3,7-dimetilocta-1,6-dien-3-ol.
- 3,7-dimetilocta-2,7-dien-3-ol.
- 3,7-dimetilocta-2,7-dien-6-ol.

14. **Mackenzie-SP**

Cientistas “fotografam” molécula individual

Os átomos que formam uma molécula foram visualizados de forma mais nítida pela primeira vez por meio de um microscópio de força atômica. A observação, feita por cientistas em Zurique (Suíça) e divulgada na revista “Science”, representa um marco no que se refere aos campos de eletrônica molecular e nanotecnologia, além de um avanço no desenvolvimento e melhoria da tecnologia de dispositivos eletrônicos. De acordo com o jornal espanhol “El País”, a molécula de pentaceno pode ser usada em novos semicondutores orgânicos.

Folha Online, 28 ago. 2009.



Na coluna anterior, foto da molécula de pentaceno e, a seguir, representação da sua fórmula estrutural.



A respeito do pentaceno, são feitas as afirmações I, II, III e IV.

- É uma molécula que apresenta cadeia carbônica aromática polinuclear.
- A sua fórmula molecular é $C_{22}H_{14}$.
- O pentaceno poderá ser utilizado na indústria eletrônica.
- Os átomos de carbono na estrutura acima possuem hibridização sp^3 .

Estão **corretas**

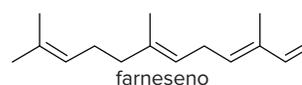
- I, II, III e IV.
- II, III e IV, apenas.
- I, II e III, apenas.
- I, III e IV, apenas.
- I, II e IV, apenas.

15. **UEPG/PSS-PR 2022** A respeito das funções orgânicas oxigenadas, assinale o que for correto.

- Etanoato de benzila é um éster.
- 2-Metilbutanal é um álcool.
- Propanoato de potássio é uma cetona.
- Hidroxibenzeno é um fenol.

Soma:

16. **UFRGS 2014** A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é responsável por transformar o caldo de cana em etanol. Modificações genéticas permitem que esse micro-organismo secrete uma substância chamada farneseno, em vez de etanol. O processo produz, então, um combustível derivado da cana-de-açúcar, com todas as propriedades essenciais do diesel de petróleo, com as vantagens de ser renovável e não conter enxofre



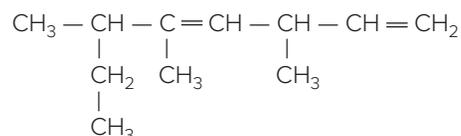
Considere as seguintes afirmações a respeito do farneseno.

- A fórmula molecular do farneseno é $C_{16}H_{24}$.
- O farneseno é um hidrocarboneto acíclico insaturado.
- O farneseno apresenta apenas um único carbono secundário.

Quais estão corretas?

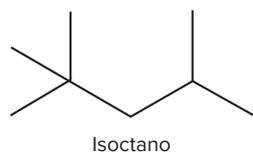
- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas III.
- Apenas I e II.
- I, II e III.

17. **Uece 2020** Atente para a fórmula estrutural do seguinte composto orgânico:



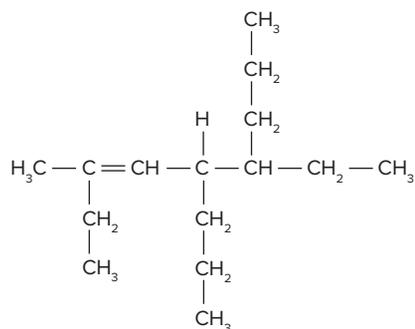
Pela nomenclatura IUPAC, o nome correto desse composto é:

- a) 3,4,6-trimetil-octa-4,7-dieno.
b) 6-etil-3,5-dimetil-hepta-1,4-dieno.
c) 2-etil-3,5-dimetil-hepta-3,6-dieno.
d) 3,5,6-trimetil-octa-1,4-dieno.
18. **UFPR 2017** A qualidade de um combustível é caracterizada pelo grau de octanagem. Hidrocarbonetos de cadeia linear têm baixa octanagem e produzem combustíveis pobres. Já os alcanos ramificados são de melhor qualidade, uma vez que têm mais hidrogênios em carbonos primários e as ligações C — H requerem mais energia que ligações C — C para serem rompidas. Assim, a combustão dos hidrocarbonetos ramificados se torna mais difícil de ser iniciada, o que reduz os ruídos do motor. O isoctano é um alcano ramificado que foi definido como referência, e ao seu grau de octanagem foi atribuído o valor 100. A fórmula estrutural (forma de bastão) do isoctano é mostrada abaixo.



Qual é o nome oficial IUPAC desse alcano?

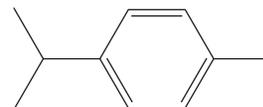
- a) 2,2,4-trimetilpentano.
b) 2-metil-4-terc-butil-pentano.
c) 1,1,1,3,3-pentametilpropano.
d) 1-metil-1,3-di-isopropilpropano.
e) 1,1,1-trimetil-4,4-dimetil-pentano.
19. **Cefet-MG** Observe a estrutura representada a seguir.



Segundo a IUPAC, o nome **correto** do hidrocarboneto é:

- a) 2,5-dietil-4-propil-2-octeno.
b) 2-etil-4,5-dipropil-2-hepteno.
c) 4-etil-7-metil-5-propil-6-noneno.
d) 6-etil-3-metil-5-propil-3-noneno.

20. **UFRGS 2016** Observe a estrutura do *p*-cimeno abaixo.



Abaixo são indicadas três possibilidades de nomenclatura usual para representar o *p*-cimeno.

- I. *p*-isopropitolueno.
II. 1-isopropil-4-metil-benzeno.
III. *terc*-butil-benzeno.

Quais estão **corretas**?

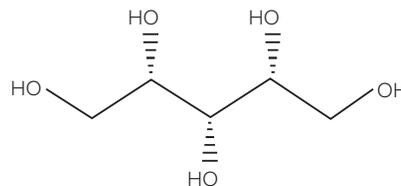
- a) Apenas I. d) Apenas I e II.
b) Apenas II. e) I, II e III.
c) Apenas III.

Haletois, álcoois, éteres e fenóis

21. **Uece 2019** Os fenóis encontram diversas aplicações práticas, tais como: em desinfetantes, na preparação de resinas e polímeros, do ácido pícrico, de explosivos e na síntese da aspirina e de outros medicamentos. Possuem o grupo hidroxila (—OH) em sua composição química, mas não são álcoois. Atente para o que se diz a seguir sobre fenóis e assinale a afirmação verdadeira.

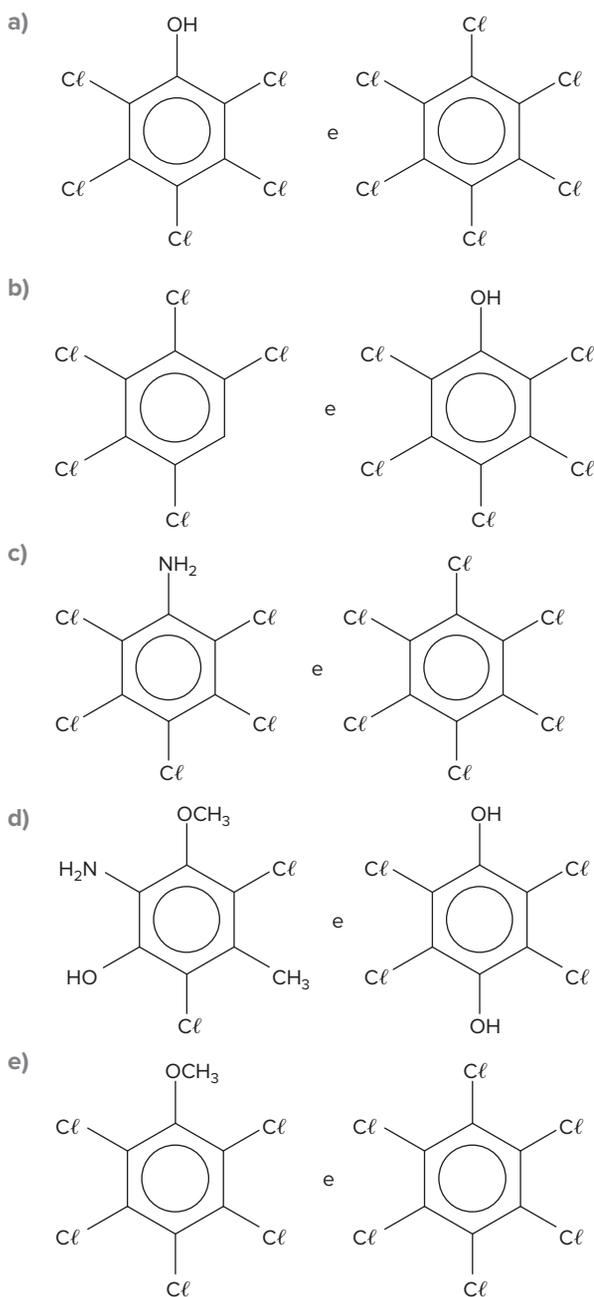
- a) Quando a hidroxila estiver ligada diretamente ao ciclohexano, é um fenol.
b) Quando a hidroxila estiver ligada diretamente ao carbono *sp* do anel aromático, é um fenol.
c) No fenol, o grupo hidroxila está ligado diretamente ao carbono saturado do anel aromático.
d) No fenol, o grupo hidroxila está ligado diretamente ao carbono *sp*² do anel aromático.

22. **Univag-MT 2020** O xilitol é um adoçante natural de poder adoçante semelhante ao da sacarose, porém menos calórico. A fórmula estrutural do xilitol está representada na figura.

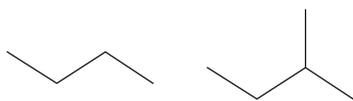


A fórmula molecular e a função orgânica do xilitol são, respectivamente,

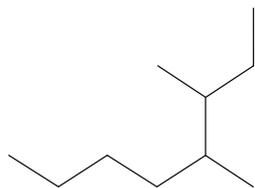
- a) C₅H₁₀O₅ e álcool.
b) C₅H₁₂O₅ e ácido carboxílico.
c) C₅H₁₂O₅ e álcool.
d) C₅H₁₂O₅ e éster.
e) C₇H₅O₅ e álcool.
23. **Ufla-MG** Resíduos de defensivos agrícolas, muitas vezes depositados sobre o solo de forma incorreta, apresentam, entre outros compostos, o pentaclorofenol e o hexaclorobenzeno. As estruturas que correspondem a esses dois compostos são, respectivamente:



24. UEL-PR 2017 As fórmulas de linhas na química orgânica são muitas vezes empregadas na tentativa de simplificar a notação de substâncias. Dessa maneira, as fórmulas de linhas para o butano e o metil-butano são representadas, respectivamente, por



Considere a substância representada pela estrutura a seguir.



A partir dessas informações, responda aos itens a seguir.

- a) Qual a fórmula molecular dessa substância?
 b) Quantos substituintes estão ligados na cadeia principal?

25. EsPCEx-SP 2017 Considere as seguintes descrições de um composto orgânico:

- I. o composto apresenta 7 (sete) átomos de carbono em sua cadeia carbônica, classificada como aberta, ramificada e insaturada;
- II. a estrutura da cadeia carbônica apresenta apenas 1 carbono com hibridização tipo sp , apenas 2 carbonos com hibridização tipo sp^2 e os demais carbonos com hibridização sp^3 ;
- III. o composto é um álcool terciário.

Considerando as características descritas acima e a nomenclatura de compostos orgânicos regulada pela *União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC)*, uma possível nomenclatura para o composto que atenda essas descrições é

- a) 2,2-dimetil-pent-3-in-1-ol.
- b) 3-metil-hex-2-en-2-ol.
- c) 2-metil-hex-3,4-dien-2-ol.
- d) 3-metil-hex-2,4-dien-1-ol.
- e) 3-metil-pent-1,4-dien-3-ol.

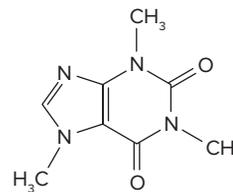
26. PUC-Campinas 2022

Aprendizado em edição de genoma

Em relação ao café, a meta é intensificar a busca de variedades com baixíssimo teor de cafeína. Em 2004, um grupo de pesquisadores do IAC e da Unicamp identificou, na população silvestre de cafeeiros da Etiópia, três plantas de café tipo árabe que apresentavam 0,07% de cafeína. No arábica comum, o teor de cafeína varia de 1% a 1,5%, enquanto no café canéfora o índice chega a 2,2%. Para obtenção de uma nova cultivar desprovida de cafeína por métodos clássicos, que envolvem cruzamentos e autofecundações, demora-se muitos anos. A edição do genoma será usada para acelerar o processo de melhoramento.

(Revista Pesquisa Fapesp, jul/2021)

Considere a estrutura da cafeína a seguir.



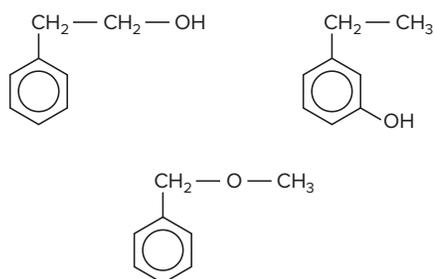
Essa estrutura permite observar:

- I. anel benzênico.
- II. as funções amina e amida.
- III. o grupo metil.

Está correto o que se afirma APENAS em

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

27. UEPG-PR 2016 Sobre os compostos abaixo representados, assinale o que for **correto**.



- 01 Apresentam a mesma massa molecular
 02 São compostos aromáticos
 04 Têm a mesma função química
 08 Apresentam o mesmo ponto de ebulição

Soma:

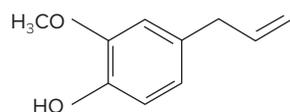
28. Unita-SP 2018 O glicerol (propanotriol) está presente nos animais e nas plantas, formando ésteres de ácidos graxos chamados triglicerídeos. Em relação ao glicerol, analise as afirmativas abaixo.

- I. O glicerol é classificado como álcool, e apresenta três hidroxilas na sua estrutura.
 II. O glicerol apresenta 3 carbonos na sua estrutura, unidos por dupla ligação covalente.
 III. O glicerol não apresenta hidrogênios na sua estrutura.

Está CORRETO o que se afirma em:

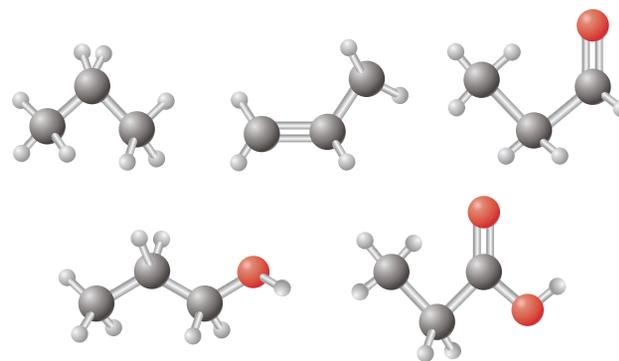
- a) I, apenas.
 b) II, apenas.
 c) III, apenas.
 d) I e II, apenas.
 e) II e III, apenas.

29. IFPE 2017 Mercadorias como os condimentos denominados cravo-da-índia, noz-moscada, pimenta-do-reino e canela tiveram uma participação destacada na tecnologia de conservação de alimentos 500 anos atrás. Eram denominadas especiarias. O uso caseiro do cravo-da-índia é um exemplo de como certas técnicas se incorporam à cultura popular. As donas de casa, atualmente, quando usam o cravo-da-índia, não o relacionam com a sua função conservante, mas o utilizam por sua ação flavorizante ou por tradição. Sabendo que o princípio ativo mais abundante no cravo-da-índia é o eugenol, estrutura representada abaixo, assinale a única alternativa CORRETA.



- a) O eugenol apresenta fórmula molecular $C_8H_{12}O_2$.
 b) O eugenol apresenta as funções éter e fenol.
 c) O eugenol apresenta cinco carbonos sp^2 .
 d) O eugenol apresenta cadeia fechada alicíclica.
 e) O eugenol apresenta quatro ligações sigma.

30. Famerp-SP 2021 Considere as substâncias a seguir.

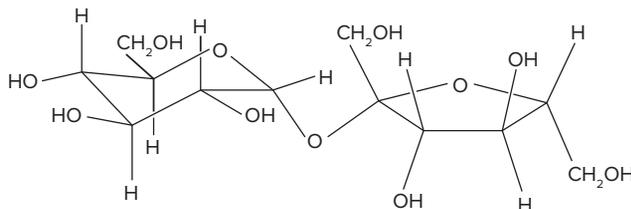


● Carbono ● Hidrogênio ● Oxigênio

A substância que consome a menor quantidade de oxigênio em sua combustão completa é

- a) o álcool.
 b) o ácido carboxílico.
 c) o alceno.
 d) o alcano.
 e) o aldeído.

31. Ibmec-RJ 2013 A sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), também conhecida como açúcar de mesa, é um tipo de glicídio formado por uma molécula de glicose e uma de uma frutose produzida pela planta ao realizar o processo de fotossíntese.

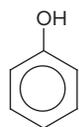


De acordo com a sua fórmula estrutural, indique as funções na molécula de sacarose:

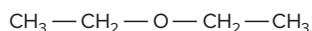
- a) álcool e fenol
 b) álcool e éter
 c) álcool e cetona
 d) cetona e álcool
 e) éter e cetona

32. IFPE No livro *O século dos cirurgiões*, de Jürgen Thorwald, o autor enfatiza diversas substâncias químicas que mudaram a história da humanidade, entre elas: o fenol, que em 1865 era chamado de ácido carbólico e foi usado pelo médico Inglês Joseph Lister como bactericida, o que diminuiu a mortalidade por infecção hospitalar na Europa; o éter comum, usado pela 1ª vez em 1842, em Massachusetts (EUA), pelo cirurgião John Collins Warren como anestésico por inalação, que possibilitou a primeira cirurgia sem dor, e, por fim, o clorofórmio, usado em 1847 também como anestésico, mas posteriormente abandonado devido a sua toxidez.

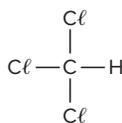
Abaixo estão expressas as fórmulas estruturais do ácido carbólico (fenol), éter e clorofórmio.



Fenol



Éter



Clorofórmio

Observe as seguintes afirmações em relação às estruturas.

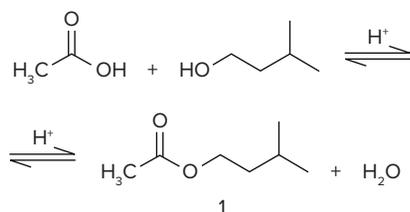
- I. O fenol pode ser chamado de hidróxi-benzeno.
- II. A nomenclatura IUPAC do éter é etanoato de etila.
- III. O éter não apresenta ligações pi.
- IV. O clorofórmio é um haleto orgânico.
- V. Todos os carbonos do fenol são secundários.

Está(ão) **correta(s)**:

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

Aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos e ésteres

- 33. Unisc-RS 2016** A síntese da substância 1 (óleo essencial de banana) é obtida através da reação clássica conhecida com esterificação de Fischer.

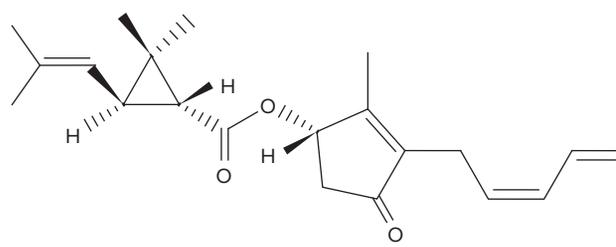


Em relação à reação apresentada, podemos afirmar que

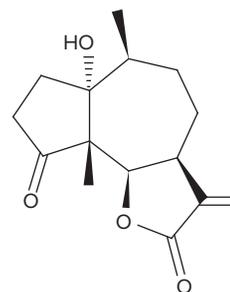
- a) os reagentes empregados são aldeído e éter.
- b) a reação não pode ser conduzida em meio ácido.
- c) o produto orgânico obtido é denominado de etanoato de isoamila.
- d) o álcool é denominado de acordo com a IUPAC, 2-metilbutan-4-ol.
- e) os reagentes empregados são cetona e éster.

- 34. IFBA 2017** O ano de 2016 foi declarado Ano Internacional das Leguminosas (AIL) pela 68ª Assembleia Geral das Nações Unidas, tendo a Organização para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (FAO) sido nomeada para facilitar a execução das atividades, em colaboração com os governos. Os agrotóxicos fazem parte do cultivo de muitos alimentos (dentre eles as leguminosas) de muitos países com o objetivo de eliminar pragas que infestam as plantações. Porém, quando esses compostos são usados em excesso podem causar sérios problemas de intoxicação no organismo humano.

Na figura são apresentadas as estruturas químicas da Piretrina e da Coronopilina (agrotóxicos muito utilizados no combate a pragas nas plantações). Identifique as funções orgânicas presentes simultaneamente nas estruturas apresentadas:



Piretrina



Coronopilina

- a) Éter e Éster.
- b) Cetona e Éster.
- c) Aldeído e Cetona.
- d) Éter e Ácido Carboxílico.
- e) Álcool e Cetona.

- 35. FMP-RJ 2017**

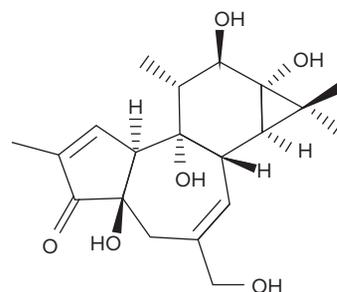
Árvore da morte

Esse é um dos seus nomes conhecidos, usado por quem convive com ela. Seus frutos, muito parecidos com maçãs, são cheirosos, doces e saborosos. Também é conhecida como Mancenilheira da Areia – mas “árvore da morte” é o apelido que melhor descreve a realidade.

Sua seiva leitosa contém forbol, um componente químico perigoso, e, só de encostar-se à árvore, a pele pode ficar horrivelmente queimada. Refugiar-se debaixo dos seus galhos durante uma chuva tropical também pode ser desastroso, porque até a seiva diluída pode causar uma erupção cutânea grave.

Disponível em: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2016/06/arvore-da-morte-a-mais-perigosa-do-mundo-segundo-o-livro-dos-recordes.html>. (Adapt.). Acesso em: 18 jul. 2016.

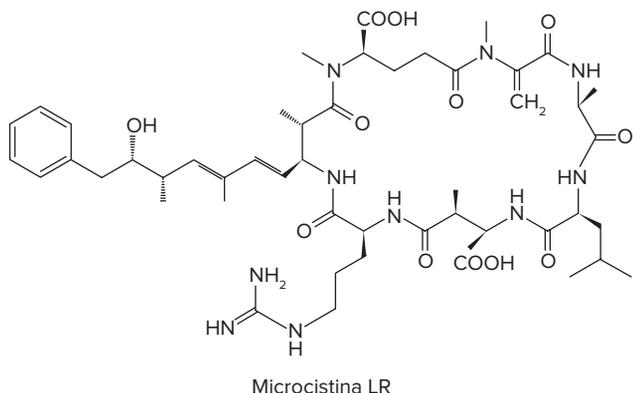
Considere a fórmula estrutural do forbol representada abaixo.



Uma das funções orgânicas e o nome de um dos grupos funcionais presentes em sua molécula são, respectivamente,

- a) fenol e carbonila
- b) cetona e carboxila
- c) aldeído e hidroxila
- d) álcool e carboxila
- e) álcool e carbonila

36. IFCE 2019 As cianotoxinas compõem um grupo de toxinas produzidas por algumas cianobactérias que podem estar presentes em águas de corpos hídricos na natureza. A microcistina LR é uma das principais cianotoxinas, devendo ser monitorada sua presença em águas naturais devido ao seu efeito tóxico. Abaixo é apresentada a representação estrutural da molécula da microcistina LR.

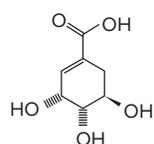


São funções orgânicas que estão presentes na microcistina LR

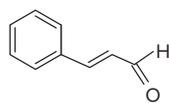
- álcool, amida terciária e ácido carboxílico.
- álcool, amida terciária e éster.
- álcool, amida primária e ácido carboxílico.
- amida terciária, amida secundária e cetona.
- amida terciária, álcool e fenol.

37. IFSul-RS 2017 Especiarias, como anis-estrelado, canela e cravo-da-índia, são deliciosas, sendo comumente utilizadas na gastronomia, devido aos seus deliciosos aromas. Também são utilizadas na fabricação de doces, como chicletes, balas e bolachas, na perfumaria e na aromatização de ambientes. Abaixo, temos as fórmulas estruturais de três compostos orgânicos, presentes no aroma dessas especiarias.

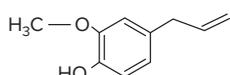
Anis-estrelado



Canela



Cravo-da-índia

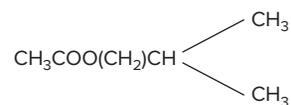
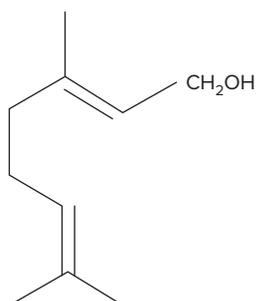


Esses compostos apresentam em suas fórmulas estruturais os grupos funcionais

- álcool, cetona e fenol.
- aldeído, álcool, éter e fenol.
- aldeído, álcool, cetona e éter.
- álcool, ácido carboxílico, éster e fenol.

38. Enem 2015 Uma forma de organização de um sistema biológico é a presença de sinais diversos utilizados pelos indivíduos para se comunicarem. No caso das abelhas

da espécie *Apis mellifera*, os sinais utilizados podem ser feromônios. Para saírem e voltarem de suas colmeias, usam um feromônio que indica a trilha percorrida por elas (Composto A). Quando pressentem o perigo, expõem um feromônio de alarme (Composto B), que serve de sinal para um combate coletivo. O que diferencia cada um desses sinais utilizados pelas abelhas são as estruturas e funções orgânicas dos feromônios.



QUADROS, A. L. Os feromônios e o ensino de química. *Química Nova na Escola*, n. 7, maio 1998. (Adapt.)

As funções orgânicas que caracterizam os feromônios de trilha e de alarme são, respectivamente,

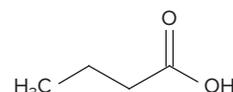
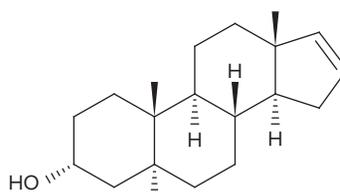
- álcool e éster.
- aldeído e cetona.
- éter e hidrocarboneto.
- enol e ácido carboxílico.
- ácido carboxílico e amida.

39. Fatec-SP 2017 Leia o texto.

Feromônios são substâncias químicas secretadas pelos indivíduos que permitem a comunicação com outros seres vivos. Nos seres humanos, há evidências de que algumas substâncias, como o androstenol e a copulina, atuam como feromônios.

Disponível em: <http://tinyurl.com/hqfrxbb>. Acesso em: 17 set. 2016. (Adapt.)

As fórmulas estruturais do androstenol e da copulina encontram-se representadas:



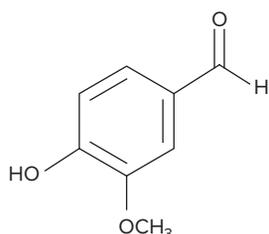
As funções orgânicas oxigenadas encontradas no androstenol e na copulina são, respectivamente,

- fenol e ácido carboxílico.
- álcool e ácido carboxílico.
- álcool e aldeído.
- álcool e cetona.
- fenol e éster.

40. Uece 2018 O ácido butanoico tem um odor dos mais desagradáveis: está presente na manteiga rançosa, no cheiro de suor e no chulé. No entanto, ao reagir com etanol, forma o agradável aroma de abacaxi. Assinale a opção que apresenta corretamente o composto responsável por esse aroma e a respectiva função orgânica a que pertence.

- a) hexanamida – amida.
- b) ácido 3-amino-hexanoico – aminoácido.
- c) hexanal – aldeído.
- d) butanoato de etila – éster.

41. Unisc-RS 2017 A vanilina (fórmula a seguir),

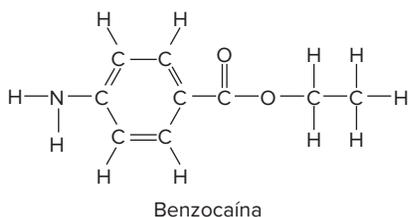
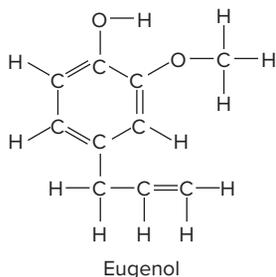


é o composto principal do aroma essencial da baunilha, largamente empregada como aromatizante em alimentos. Em sua estrutura química, observa-se a presença dos grupos funcionais das funções químicas

- a) cetona, éster e fenol.
- b) cetona, álcool e fenol.
- c) fenol, cetona, éter.
- d) fenol, aldeído e éter.
- e) álcool, aldeído e éter.

42. IFPE 2016 Extrair um dente é um procedimento que não requer anestesia geral, sendo utilizados, nesses casos, os anestésicos locais, substâncias que insensibilizam o tato de uma região e, dessa forma, eliminam a sensação de dor. Você já pode ter entrado em contato com eles no dentista ou se o médico lhe receitou pomada para aliviar a dor de queimaduras. Exemplos de anestésicos locais são o eugenol e a benzocaína, cujas fórmulas estruturais aparecem a seguir.

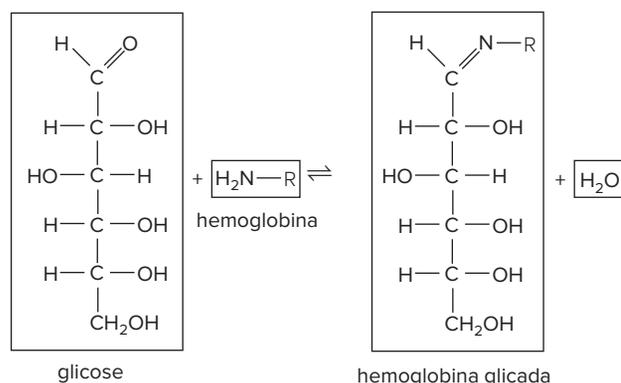
Exemplos de anestésicos locais



Sobre as estruturas acima, é **correto** afirmar que

- a) o eugenol representa um hidrocarboneto insaturado.
- b) a benzocaína possui uma estrutura saturada e homogênea.
- c) as duas estruturas representam hidrocarbonetos insaturados e heterogêneos.
- d) se verifica a presença de um grupo funcional ácido carboxílico no eugenol.
- e) a benzocaína possui um grupo funcional amina e uma estrutura insaturada.

43. Uerj 2020 A hemoglobina glicada é um parâmetro de análise sanguínea que expressa a quantidade de glicose ligada às moléculas de hemoglobina. Essa ligação ocorre por meio da reação representada a seguir:



O grupamento funcional da molécula de glicose que reage com a hemoglobina corresponde à função orgânica denominada:

- a) amina
- b) álcool
- c) cetona
- d) aldeído

44. IFSul-RS 2016 Uma substância orgânica que apresenta fórmula molecular $C_2H_4O_2$ deve ser classificada como

- a) éter.
- b) ácido.
- c) álcool.
- d) aldeído.

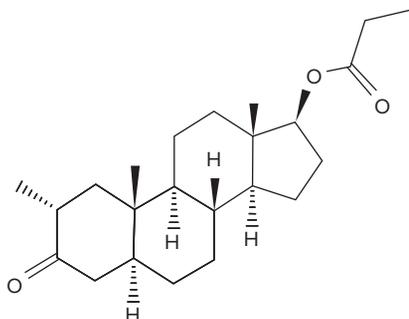


Considere o texto a seguir para responder à questão **45**.

Anderson Silva ainda não deu sua versão sobre ter sido flagrado no exame *antidoping*, conforme divulgado na noite de terça-feira. O fato é que a drostanolona, substância encontrada em seu organismo, serve para aumentar a potência muscular – e traz uma série de problemas a curto e longo prazos.

Disponível em: <http://sportv.globo.com/site/combate/noticia/2015/02/medica-explica-substancia-em-exame-de-anderson-silva-drostanolona.html>. Acesso em: 16 abr. 2015.

45. **FMP-RJ 2016** O Propionato de Drostanolona é um esteroide, também conhecido pelo nome comercial Masteron, preferido entre os fisiculturistas, por apresentar uma série de vantagens sobre outras drogas sintéticas.
Sua fórmula estrutural é



e apresenta as seguintes funções orgânicas:

- aldeído e ácido carboxílico
- aldeído e éter
- éter e cetona
- éster e fenol
- éster e cetona

46. **Uerj 2019** O acúmulo do ácido 3-metilbutanoico no organismo humano pode gerar transtornos à saúde. A fórmula estrutural desse é representada por:

-
-
-
-

Leia o texto para responder à questão 47.

Experiência – Escrever uma mensagem secreta no laboratório

Materiais e Reagentes Necessários

- Folha de papel
- Pincel fino
- Difusor
- Solução de fenolftaleína
- Solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L ou solução saturada de hidróxido de cálcio

Procedimento Experimental

Utilizando uma solução incolor de fenolftaleína, escreva com um pincel fino uma mensagem numa folha de papel. A mensagem permanecerá invisível.

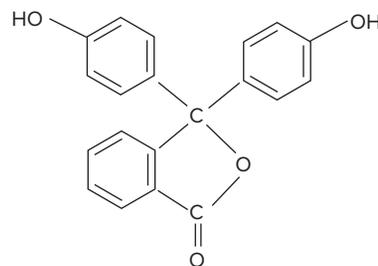
Para revelar essa mensagem, borrife a folha de papel com uma solução de hidróxido de sódio ou de cálcio, com o auxílio de um difusor. A mensagem aparecerá magicamente com a cor vermelha.

Explicação

A fenolftaleína é um indicador que fica vermelho na presença de soluções básicas; nesse caso, uma solução de hidróxido de sódio ou de cálcio.

Disponível em: <http://tinyurl.com/o2vav8v>.
Acesso em: 31 ago. 2015. (Adapt.)

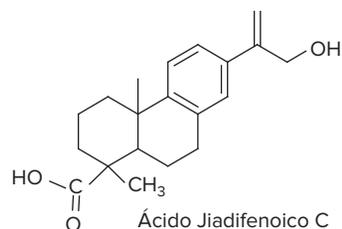
47. **Fatec-SP 2016** Observe a estrutura da fenolftaleína.



Além da função fenol, identificamos o grupo funcional pertencente à função

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

48. **UFJF-MG 2015** A seguir, está representada a estrutura química do ácido Jiadifenoico C, um potente antiviral de origem terpênica.

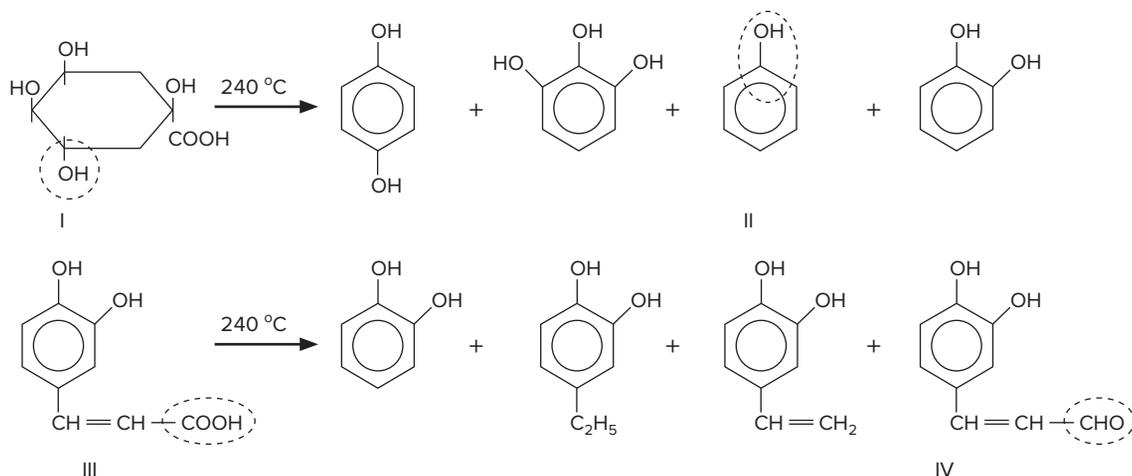


Sobre a estrutura do ácido Jiadifenoico C, são feitas as seguintes afirmações:

- notam-se nove átomos de carbonos com hibridização sp^2 .
 - as funções orgânicas oxigenadas presentes são álcool e éster.
 - o composto possui cinco átomos de carbono quaternário.
 - sua fórmula molecular é $C_{20}H_{26}O_3$.
- Assinale a alternativa **correta**.

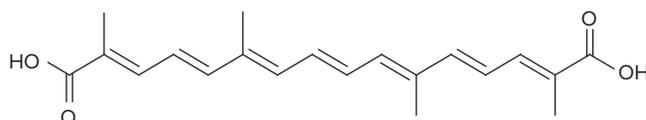
- Apenas as afirmações I, II e IV são verdadeiras.
- Apenas as afirmações I e IV são verdadeiras.
- Apenas as afirmações I e III são verdadeiras.
- Apenas as afirmações II, III e IV são verdadeiras.
- Apenas as afirmações I e II são verdadeiras.

- 49. PUC-Campinas 2018** A matriz do café é extremamente complexa, e seu processamento (torrefação) dá origem a uma grande quantidade de compostos voláteis responsáveis pelo aroma desse produto. Duas dessas transformações que ocorrem durante a torrefação são apresentadas a seguir.



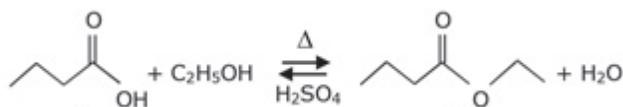
As estruturas assinaladas em I, II, III e IV são, respectivamente, características das classes funcionais:

- álcool – fenol – ácido carboxílico – aldeído.
 - fenol – álcool – cetona – aldeído.
 - ácido carboxílico – fenol – álcool – cetona.
 - álcool – ácido carboxílico – cetona – aldeído.
 - fenol – álcool – ácido carboxílico – álcool.
- 50. PUC-Rio 2015** A seguir está representada a estrutura da crocetina, uma substância natural encontrada no açafraão.



Nessa estrutura, está presente a seguinte função orgânica:

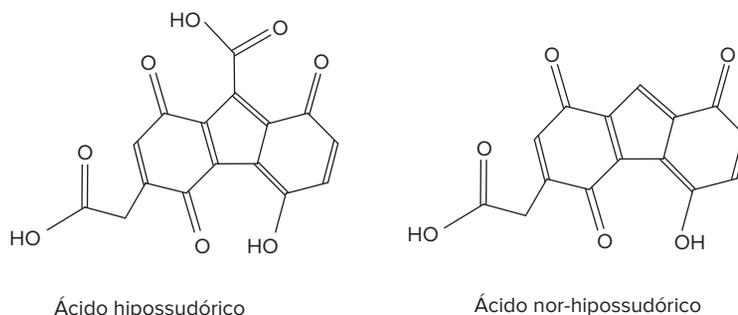
- álcool.
 - cetona.
 - aldeído.
 - éter.
 - ácido carboxílico.
- 51. Uece 2018** Os flavorizantes são produzidos em grande quantidade em substituição às substâncias naturais. Por exemplo, a produção da essência de abacaxi usada em preparados para bolos é obtida através da reação de esterificação realizada com aquecimento intenso e sob refluxo. Atente aos compostos I e II apresentados a seguir:



Os nomes dos compostos orgânicos I e II são respectivamente

- etóxi-etano e butanoato de etila.
 - ácido butanoico e butanoato de etila.
 - ácido butanoico e pentanoato de etila.
 - butanal e hexano-4-ona.
- 52. Uema 2015** A bactéria anaeróbia *Clostridium botulinum* é um habitante natural do solo que se introduz nos alimentos enlatados mal preparados e provoca o botulismo. Ela é absorvida no aparelho digestório e, cerca de 24 horas após a ingestão do alimento contaminado, começa a agir sobre o sistema nervoso periférico causando vômitos, constipação intestinal, paralisia ocular e afonia. Uma medida preventiva contra esse tipo de intoxicação é não consumir conservas alimentícias que apresentem a lata estufada e odor de ranço, devido à formação da substância $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$. O composto químico identificado, no texto, é classificado como
- cetona.
 - aldeído.
 - ácido carboxílico.
 - éster.
 - éter.

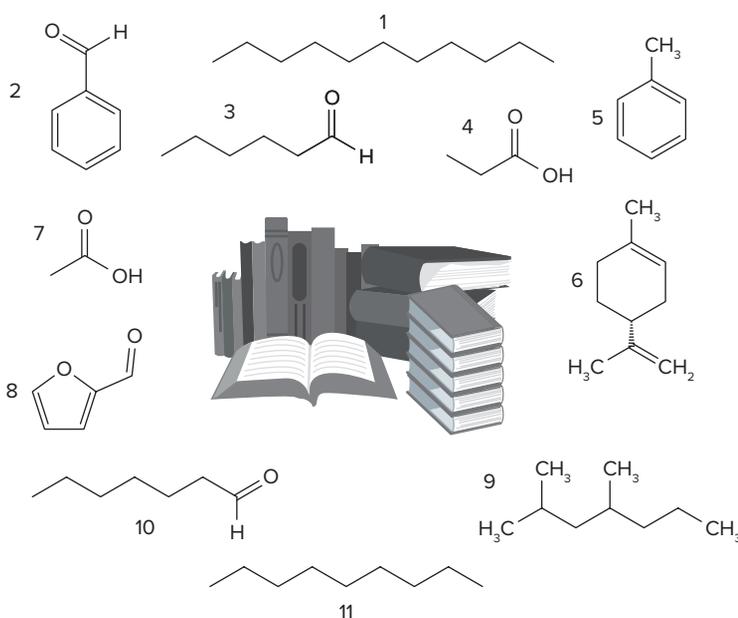
53. Uerj 2015 Na pele dos hipopótamos, encontra-se um tipo de protetor solar natural que contém os ácidos hipossudórico e nor-hipossudórico. O ácido hipossudórico possui ação protetora mais eficaz, devido à maior quantidade de um determinado grupamento presente em sua molécula, quando comparado com o ácido nor-hipossudórico, como se observa nas representações estruturais a seguir.



O grupamento responsável pelo efeito protetor mais eficaz é denominado:

- | | |
|--------------|--------------|
| a) nitrila | c) carbonila |
| b) hidroxila | d) carboxila |

54. Uece 2022 Ao entrarmos em um museu ou em uma biblioteca, a primeira sensação é geralmente guiada pelo nosso olfato. O aroma característico desses locais pode ser fascinante para algumas pessoas e não muito agradável para outras. Em um estudo publicado por pesquisadores do *Institute for Sustainable Heritage da University College London*, foram identificadas substâncias que ajudam a compor o aroma característico dos livros antigos. Algumas dessas substâncias estão representadas abaixo:



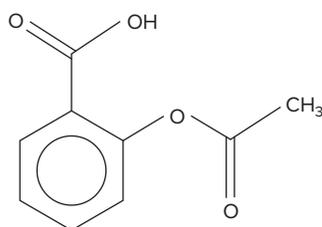
Disponível em: <https://cen.acs.org/content/cen/articles/95/147/science-help-us-smell-past.html>. [Adaptado]. Acesso em: 22 out. 2021.

De acordo com o exposto, é correto afirmar que:

- 01** os compostos representados por 1, 5, 6, 9 e 11 são hidrocarbonetos.
- 02** os compostos 2, 4 e 7 são ácidos carboxílicos.
- 04** as substâncias 5, 9 e 11 são polares e solúveis em água, o que significa que estarão presentes em altas concentrações no ar em bibliotecas com elevada umidade relativa.
- 08** o composto 8 apresenta ligações insaturadas e o grupo funcional aldeído.
- 16** o grupo funcional cetona está presente nos compostos 2, 3, 4 e 10.
- 32** o composto 5 é o metilbenzeno, e sua fórmula molecular é C_7H_8 .
- 64** um simples pano umedecido com água é suficiente para limpar um livro contaminado com os compostos 1 e 6, já que estes são altamente solúveis em água.

Soma:

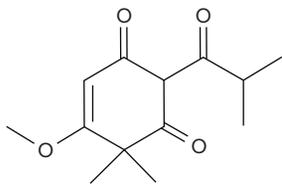
- 55. EsPCEX-SP 2015** A Aspirina foi um dos primeiros medicamentos sintéticos desenvolvido e ainda é um dos fármacos mais consumidos no mundo. Contém como princípio ativo o Ácido Acetilsalicílico (AAS), um analgésico e antipirético, de fórmula estrutural plana simplificada mostrada abaixo:



Fórmula estrutural plana do Ácido Acetilsalicílico

Considerando a fórmula estrutural plana simplificada do AAS, a alternativa que apresenta corretamente a fórmula molecular do composto e os grupos funcionais orgânicos presentes na estrutura é:

- a) $C_9H_8O_4$; amina e ácido carboxílico.
 b) $C_{10}H_8O_4$; éster e ácido carboxílico.
 c) $C_9H_4O_4$; ácido carboxílico e éter.
 d) $C_{10}H_8O_4$; éster e álcool.
 e) $C_9H_8O_4$; éster e ácido carboxílico.
- 56. PUC-Rio 2016** A seguir está representada a estrutura de uma substância orgânica de origem natural.



Nessa substância estão presentes as funções orgânicas:

- a) álcool e éter. d) éster e aldeído.
 b) álcool e cetona. e) éster e ácido carboxílico.
 c) éter e cetona.
- 57. IFSul-RS 2017** A citronela, uma planta do gênero *Cymbopogon*, tem eficiência comprovada como repelente de insetos, especialmente mosquitos, pernilongos e borrachudos. Sua essência contém “citronelal”, que também é utilizada em perfumes, velas, incensos e aromaterapia. Tem um aroma agradável e não é nocivo à saúde humana.

Fórmula estrutural do citronelal

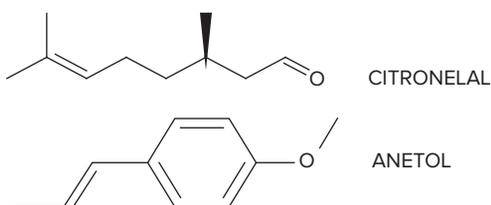
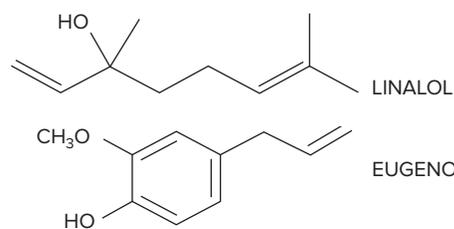


Planta de citronela



A nomenclatura oficial do composto citado é

- a) 2,6-dimetil-oct-6-en-2-ol.
 b) 3,7-dimetil-oct-6-en-1-ol.
 c) 2,6-dimetil-oct-6-enal.
 d) 3,7-dimetil-oct-6-enal.
- 58. UEMG 2013** Óleos essenciais são compostos aromáticos voláteis extraídos de plantas aromáticas por processos de destilação, compressão de frutos ou extração com o uso de solventes. Geralmente, são altamente complexos, compostos às vezes de mais de uma centena de componentes químicos. São encontrados em pequenas bolsas (glândulas secretoras) existentes na superfície de folhas, flores ou no interior de talos, cascas e raízes. As fórmulas estruturais de alguns componentes de óleos essenciais, responsáveis pelo aroma de certas ervas e flores, são:



Em relação a esses compostos, é **correto** afirmar que

- a) o linalol e o citronelal possuem mesma fórmula molecular.
 b) o linalol é um álcool de cadeia carbônica não ramificada.
 c) os óleos essenciais são compostos que possuem altas temperaturas de ebulição.
 d) o citronelal é um ácido carboxílico de cadeia carbônica saturada.
- 59. Uece 2020** Um exemplo de tiol importante é o butan-1-tiol que é adicionado ao gás de cozinha. O gás de cozinha é fundamentalmente formado pelos gases butano e propano, que não possuem cheiro. A presença do butan-1-tiol faz com que se sinta o cheiro quando há algum vazamento de gás, o que evita a ocorrência de acidentes. Assinale a opção que corresponde à fórmula estrutural desse composto.
- a) $H_3C - CH_2 - CH_2 - \underset{\substack{| \\ OH}}{CH} - OH$
 b) $H_3C - CH_2 - CH_2 - CH_2 - SH$
 c) $H_3C - CH_2 - SH_2 - CH_2 - OH$
 d) $H_3C - \underset{\substack{| \\ SH}}{CH} - CH_2 - CH_3$

60. Mackenzie-SP 2018 Associe o composto orgânico à sua fórmula molecular.

- | | | |
|------------------------------|--------------------------|--------------|
| 1. benzaldeído | <input type="checkbox"/> | C_4H_8O |
| 2. ácido benzoico | <input type="checkbox"/> | C_6H_6O |
| 3. álcool <i>t</i> -butílico | <input type="checkbox"/> | $C_4H_8O_2$ |
| 4. butanona | <input type="checkbox"/> | C_7H_6O |
| 5. acetato de etila | <input type="checkbox"/> | $C_7H_6O_2$ |
| 6. ácido fênico | <input type="checkbox"/> | $C_4H_{10}O$ |

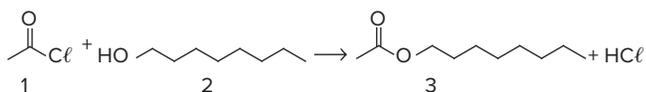
A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

- a) 3, 6, 5, 1, 2 e 4.
 b) 3, 2, 4, 6, 5 e 1.
 c) 4, 1, 5, 6, 2 e 3.
 d) 5, 6, 4, 1, 3 e 2.
 e) 4, 6, 5, 1, 2 e 3.



Texto para a questão **61**.

Substâncias químicas de interesse industrial podem ser obtidas por meio de extração de plantas, produzidas por micro-organismos, sintetizadas em laboratórios, entre outros processos de obtenção. Abaixo é apresentado um esquema de reação para obtenção de uma substância utilizada como flavorizante na indústria de alimentos.



61. UFPA 2013 A nomenclatura segundo a IUPAC e a função química a que pertence a substância **3** são, respectivamente,

- a) propanoato de *n*-nonila e aldeído.
 b) etanoato de *n*-octila e éster.
 c) metanoato de *n*-decila e cetona.
 d) etanoato de *n*-decila e éster.
 e) metanoato de *n*-heptila e cetona.



Texto para a questão **62**.

Xote ecológico

Não posso respirar, não posso mais nadar
 A terra está morrendo, não dá mais pra plantar
 Se planta não nasce se nasce não dá
 Até pinga da boa é difícil de encontrar
 Cadê a flor que estava aqui?
 Poluição comeu.
 E o peixe que é do mar?
 Poluição comeu
 E o verde onde que está?
 Poluição comeu
 Nem o Chico Mendes sobreviveu

Composição: Luiz Gonzaga.

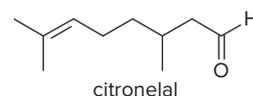
Do texto, a letra de música composta por Luiz Gonzaga, pode-se observar a preocupação do autor com o meio ambiente e o efeito da degradação deste na qualidade de um produto tipicamente brasileiro, a cachaça.

62. UEPG-PR 2021 Sobre a classificação de compostos orgânicos, assinale o que for correto.

- 01** *m*-clorobenzoato de etila é um éster.
02 Metóxibenzeno é um éter.
04 Acetileno é um alcino.
08 Acetofenona é uma cetona.

Soma:

63. UEM-PR 2018 O citronelal é um dos principais constituintes do óleo de citronela e possui propriedades repelentes contra insetos. Sobre o citronelal, assinale o for correto.

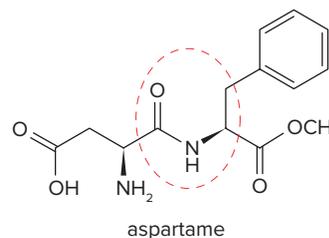


- 01** Possui apenas 2 elétrons π .
02 É um composto alifático de cadeia carbônica ramificada.
04 Apresenta cadeia carbônica insaturada e homogênea.
08 Apresenta um grupo funcional aldeído.
16 Também pode ser denominado de 3,7-dimetil-oct-6-enal.

Soma:

Aminas, amidas, nitrilas e nitrocompostos

64. FICSAE-SP 2022 Analise a fórmula estrutural do aspartame

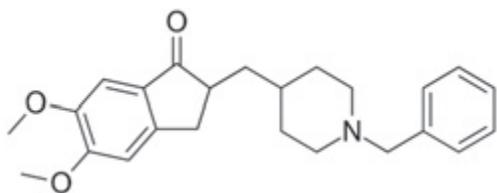


A geometria do carbono presente na carboxila e o grupo funcional circulado na figura são, respectivamente,

- a) tetraédrica e amida.
 b) trigonal plana e amida.
 c) trigonal plana e amina.
 d) angular e amida.
 e) angular e amina.

65. UFRGS 2019 O donepezil, representado abaixo, é um fármaco utilizado contra a doença de Alzheimer cujo sintoma inicial mais comum é a perda de memória de

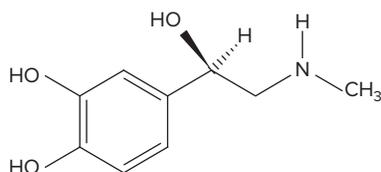
curto prazo, ou seja, a dificuldade de recordar eventos recentes.



Essa molécula apresenta as funções orgânicas

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

66. UFPA 2016 Na adrenalina, fórmula estrutural dada abaixo,

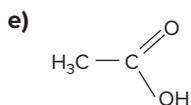
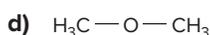
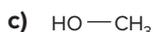
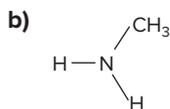
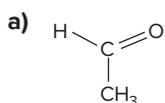


as funções orgânicas presentes são

- a) álcool e éter.
- b) éster e fenol.
- c) fenol e cetona.
- d) álcool, fenol e amina.
- e) fenol, amida e álcool.

67. IFBA 2016 Observe as substâncias e as funções orgânicas a seguir:

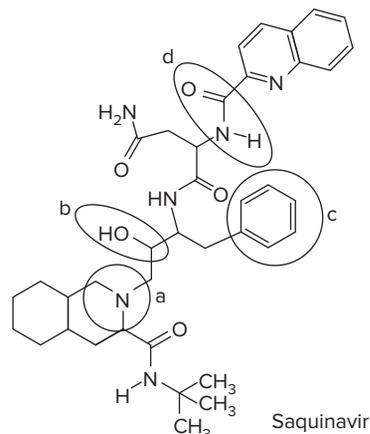
- I. Ácido carboxílico
- II. Aldeído
- III. Álcool
- IV. Amina
- V. Éter



A relação correta entre elas está representada na sequência

- a) I-a; II-b; III-c; IV-d; V-e
- b) I-a; II-b; III-d; IV-c; V-e
- c) I-b; II-c; III-a; IV-e; V-d
- d) I-c; II-d; III-e; IV-a; V-b
- e) I-e; II-a; III-c; IV-b; V-d

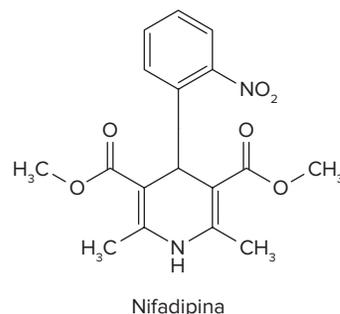
68. UFJF-MG 2016 O saquinavir é um fármaco administrado a pessoas que possuem Sida (síndrome de imunodeficiência adquirida – Aids) e é capaz de inibir a HIV-protease do vírus evitando sua maturação.



As funções orgânicas destacadas em a, b, c e d representam, respectivamente:

- a) Amida, álcool, anel aromático e amina.
- b) Amina, álcool, anel aromático e amida.
- c) Amina, fenol, alcano e amida.
- d) Amina, fenol, anel aromático e amida.
- e) Amida, álcool, alcano e anel amina.

69. UFJF/Pism-MG 2019 A Nifadipina é um fármaco bloqueador dos canais de cálcio, sendo utilizado principalmente como hipotensor e vasodilatador. Esse fármaco é indicado nos tratamentos de hipertensão arterial e angina e na prevenção de parto prematuro. A estrutura da molécula de nifadipina é fornecida abaixo:



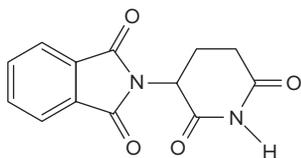
Com relação à estrutura da molécula dada:

- a) Dê o nome das funções químicas orgânicas presentes nesta molécula.
- b) Indique o número de carbonos terciários com hibridação sp^3 .
- c) Dê o número de ligações π existentes.

70. UEG-GO 2021 Devido à pandemia da COVID-19 alguns assuntos tornaram-se objetos de discussão na sociedade, tais como os aspectos legais e éticos que devem ser considerados nas pesquisas para se desenvolver ou aprovar medicamentos, como vacinas e biofármacos, para uso em seres humanos. Desconsiderar protocolos baseados no conhecimento científico pode ter consequências graves à saúde humana. Um exemplo típico na história da ciência, e consequentemente da humanidade, está relacionado ao uso da Talidomida, uma substância sintetizada em 1954 na Alemanha e usada como antiemético, sedativo e hipnótico, sendo à época anunciada como “completamente segura” e comercializada sem prescrição médica. Em 1959 os médicos alemães começaram a relatar o aumento da incidência de nascimentos de crianças com má-formações congênitas, as quais foram, em 1961, atribuídas ao consumo de talidomida durante a gestação.

Talidomida, orientação para o uso controlado, Ministério da Saúde, Brasília, 2014.

A fórmula estrutural da talidomida é representada por:



Em relação à estrutura química da talidomida, verifica-se que essa substância apresenta massa molar igual a

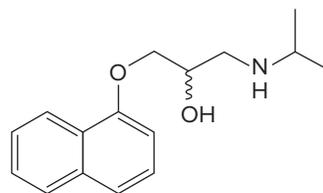
- 247 g/mol e a função química éter.
- 159 g/mol e a função química álcool.
- 246 g/mol e a função química amida.
- 257 g/mol e a função química anidrido.
- 258 g/mol e a função química amida.

71. UPF-RS 2015 Com relação às aminas, assinale a alternativa **correta**.

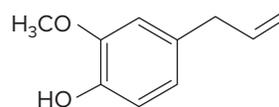
- Amina é todo composto orgânico derivado da amônia pela substituição de um, dois ou três nitrogênios por substituintes orgânicos.
- Aminas apresentam comportamento ácido em razão de terem, em sua composição, um átomo de nitrogênio que pode compartilhar seu par isolado.
- Aminas aromáticas apresentam comportamento básico mais acentuado do que as aminas alifáticas devido ao par de elétrons livres do átomo de nitrogênio entrar em ressonância com os elétrons do anel aromático.
- Aminas são compostos polares; as aminas primárias e as secundárias podem fazer ligações de hidrogênio, o que não ocorre com as terciárias.
- O composto butan-1-amina apresenta 4 átomos de carbono em sua estrutura e tem o átomo de nitrogênio entre átomos de carbono, como heteroátomo.

72. Uece 2015 Cada alternativa a seguir apresenta a estrutura de uma substância orgânica aplicada na área da medicina. Assinale a opção que associa corretamente a estrutura a suas funções orgânicas.

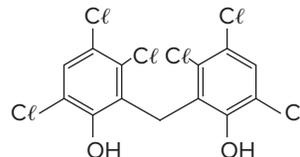
- O propranolol, fármaco anti-hipertensivo indicado para o tratamento e prevenção do infarto do miocárdio, contém as seguintes funções orgânicas: álcool e amida.



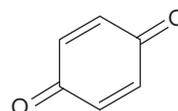
- O eugenol, que possui efeitos medicinais que auxiliam no tratamento de náuseas, flatulências, indigestão e diarreia, contém a função éter.



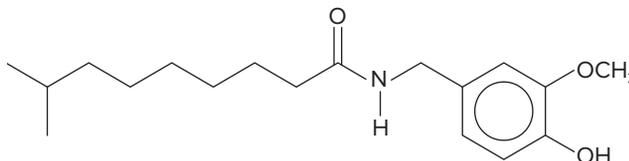
- O composto abaixo é um antisséptico que possui ação bacteriostática e detergente, e pertence à família dos álcoois aromáticos.



- O *p*-benzoquinona, usado como oxidante em síntese orgânica, é um éster cíclico.



73. PUC-Rio 2015 A seguir está representada a estrutura da di-hidrocapsaicina, uma substância comumente encontrada em pimentas e pimentões.



Na di-hidrocapsaicina, está presente, entre outras, a função orgânica

- álcool.
- amina.
- amida.
- éster.
- aldeído.

74. UEMG 2015

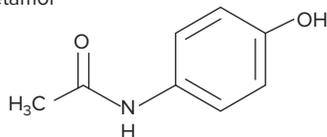
Anvisa suspende lote de paracetamol e de outros 3 remédios de laboratório

Quatro medicamentos produzidos por um laboratório brasileiro tiveram lotes suspensos por determinação da Anvisa e as decisões foram publicadas no Diário Oficial da União nesta quarta-feira. Dentre eles, o Paracetamol 500 mg, com validade para 11/2015, foi suspenso depois que um consumidor contatou o Procon para denunciar que havia um parafuso no lugar de um dos comprimidos, em uma das cartelas do medicamento. Após notificação do Procon, o laboratório já iniciou o recolhimento voluntário do lote, que foi distribuído em Goiás, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Bahia. O medicamento Cetoconazol 200 mg, indicado para tratamentos de infecções por fungos ou leveduras, teve suspenso o lote com validade para 06/2015. O motivo da suspensão foi uma queixa de um consumidor feita ao SAC do laboratório afirmando que encontrou um outro medicamento, o Atenolol 100 mg, na cartela do Cetoconazol. O atenolol é indicado para o controle de hipertensão arterial. O lote foi distribuído em Goiás, Amazonas, Alagoas, Bahia, Minas Gerais, Pará, Rio de Janeiro e São Paulo.

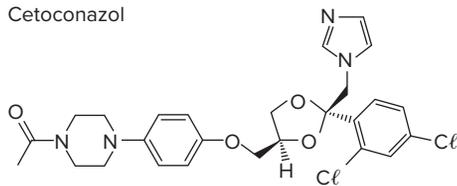
Disponível em: <http://www.g1.globo.com>. Acesso em: 20 ago. 2014.

As estruturas do paracetamol, do cetoconazol e do atenolol são mostradas a seguir:

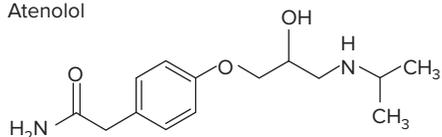
Paracetamol



Cetoconazol



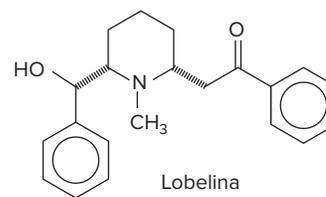
Atenolol



Apesar de serem indicadas para diferentes tratamentos, as três substâncias citadas apresentam, em comum, o grupo funcional

- a) fenol.
- b) amina.
- c) amida.
- d) álcool.

75. Uepa 2015 A imensa flora das Américas deu significativas contribuições à terapêutica, como a descoberta da lobelina (figura abaixo), molécula polifuncionalizada isolada da planta *Lobelianicotinaefolia* e usada por tribos indígenas que fumavam suas folhas secas para aliviar os sintomas da asma.

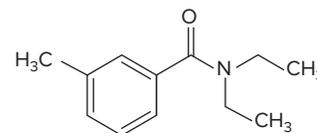


Lobelina

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

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

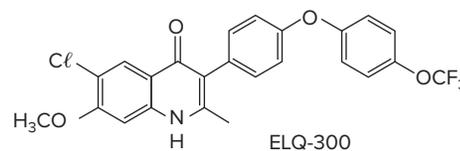
76. Uece 2015 Em 2015, a dengue tem aumentado muito no Brasil. De acordo com o Ministério da Saúde, no período de 4 de janeiro a 18 de abril de 2015, foram registrados 745.957 casos notificados de dengue no País. A região Sudeste teve o maior número de casos notificados (489.636 casos; 65,6%) em relação ao total do País, seguida da região Nordeste (97.591 casos; 13,1%). A forma mais grave da enfermidade pode ser mortal: nesse período, teve-se a confirmação de 229 óbitos, o que representa um aumento de 45% em comparação com o mesmo período de 2014. São recomendados contra o *Aedes aegypti* repelentes baseados no composto químico que apresenta a seguinte fórmula estrutural:



Pela nomenclatura da IUPAC, o nome correto desse composto é

- a) N,N-Dimetil-3-metilbenzamida.
- b) N,N-Dietil-benzamida.
- c) N,N-Dimetil-benzamida.
- d) N,N-Dietil-3-metilbenzamida.

77. UFRGS 2015 O ELQ-300 faz parte de uma nova classe de drogas para o tratamento de malária. Testes mostraram que o ELQ-300 é muito superior aos medicamentos usados atualmente no quesito de desenvolvimento de resistência pelo parasita.



ELQ-300

São funções orgânicas presentes no ELQ-300

- a) amina e cetona.
- b) amina e éster.
- c) amida e cetona.
- d) cetona e éster.
- e) éter e ácido carboxílico.

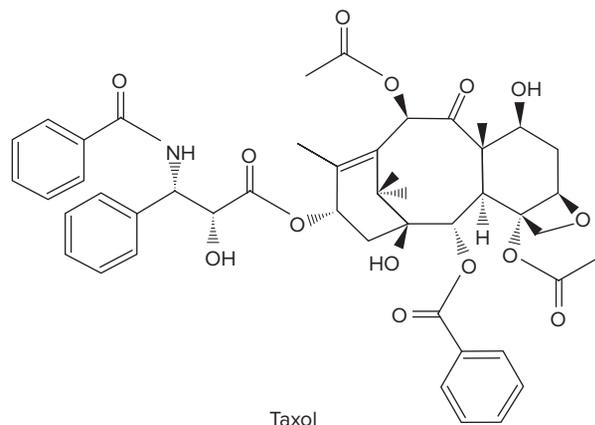
78. UFSM-RS 2015 Em busca de novas drogas para a cura do câncer, cientistas, no início da década de 1960, desenvolveram um programa para analisar ativos em amostras de material vegetal. Dentre as amostras, encontrava-se o extrato da casca do teixo-do-pacífico, *Taxus brevifolia*. Esse extrato mostrou-se bastante eficaz no tratamento de câncer de ovário e de mama.

No entanto, a árvore apresenta crescimento muito lento e, para a produção de 1 000 g de taxol, são necessárias as cascas de 3 000 árvores de teixo de 100 anos, ou seja, para tratar de um paciente com câncer, seria necessário o corte e processamento de 6 árvores centenárias.

O notável sucesso do taxol no tratamento do câncer estimulou esforços para isolar e sintetizar novas substâncias que possam curar doenças e que sejam ainda mais eficazes que essa droga.

BETTELHEIM, F. A.
Introdução à química geral, orgânica e bioquímica.
São Paulo: Saraiva, 2012. p. 276.

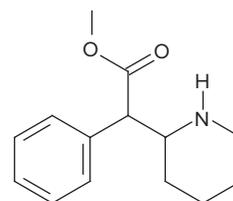
Observe, então, a estrutura:



Observando a molécula do taxol, é **correto** afirmar que, dentre as funções orgânicas presentes, estão

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

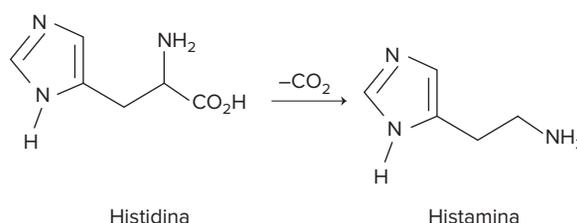
79. UCS-RS 2015 Em dez anos, a importação e a produção de **metilfenidato** – mais conhecido como *ritalina*, cresceram 373% no País. A maior disponibilidade do medicamento no mercado nacional impulsionou um aumento de 775% no consumo da droga, usada no tratamento do transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH). O remédio é usado principalmente em crianças e adolescentes, os mais afetados pelo transtorno. Para especialistas, a alta no uso do medicamento reflete maior conhecimento da doença e aumento de diagnósticos, mas também levanta o alerta de uso indevido da substância, até por pessoas saudáveis que buscam “aumentar” o rendimento em atividades intelectuais. A estrutura química do **metilfenidato** encontra-se representada abaixo.



Assinale a alternativa correta sobre a molécula do metilfenidato.

- Possui as funções orgânicas amina, ácido carboxílico e fenol.
- Apresenta quatro átomos de carbono terciários.
- É um hidrocarboneto alifático com núcleos condensados.
- Possui ligações π em ressonância.
- Apresenta quatro átomos de carbono hibridizados na forma sp^2 .

80. PUC-Rio 2014 A histamina é uma substância que pode ser encontrada no organismo humano, proveniente da descarboxilação da histidina, conforme representado a seguir.

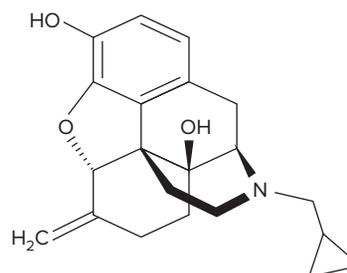


Nas estruturas de histidina e histamina, estão presentes as funções orgânicas:

- amida e amina.
- aldeído e amina.
- aldeído e amida.
- ácido carboxílico e amina.
- ácido carboxílico e amida.

81. Acafe-SC 2014 No jornal *Folha de S. Paulo*, de 5 de novembro de 2013, foi publicada uma reportagem sobre um medicamento que é uma nova esperança contra o alcoolismo: “[...] O nalmefeno ajudou dependentes a reduzir o consumo de álcool em 60% inibindo a sensação de euforia causada pelo álcool e reduzindo, assim, a vontade de continuar bebendo. [...]”.

Fórmula estrutural da molécula de nalmefeno:



Baseado nas informações fornecidas e nos conceitos químicos é correto afirmar, **exceto**:

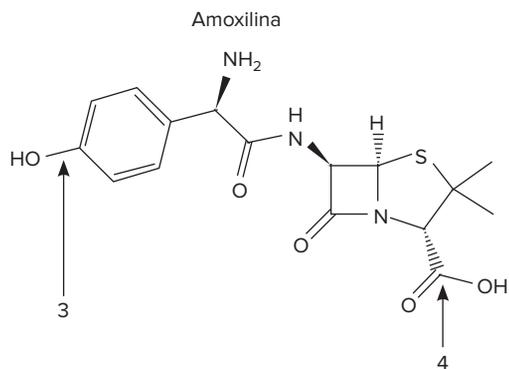
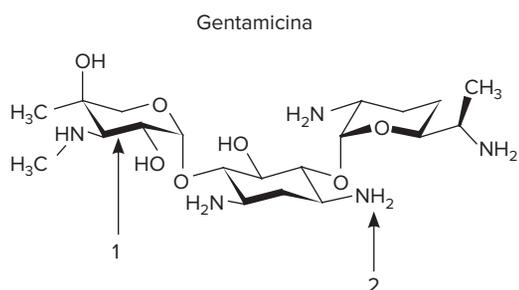
- Na molécula de nalmeveno existe a função química álcool.
- Na molécula de nalmeveno existe a função química amina.
- Na molécula de nalmeveno existe a função química éster.
- Na molécula de nalmeveno existe a função química fenol.

82. Uece 2020 As funções orgânicas são determinadas pelas estruturas e agrupam compostos orgânicos com características semelhantes. Compostos oxinitrogenados pertencem às funções de

- aminas.
- nitrilas.
- amidas.
- isonitrilos.

83. PUC-RS 2014 Analise as informações a seguir.

O uso de antibióticos é um dos grandes recursos da medicina moderna para o tratamento de infecções bacterianas. Há várias classes de antibióticos atualmente em uso, e a cada ano novas fórmulas são apresentadas, tendo em vista o desenvolvimento progressivo de resistência entre as variedades de bactérias. As fórmulas estruturais abaixo mostram dois antibióticos de uso comum, a gentamicina e a amoxicilina. As setas 1, 2, 3 e 4 indicam diferentes características ou grupos funcionais presentes nas moléculas.

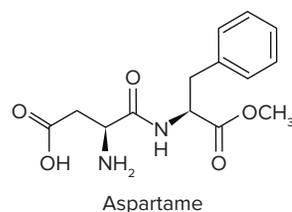
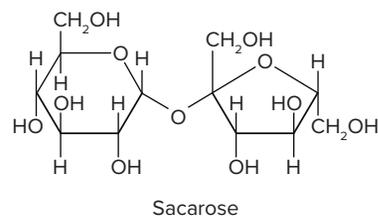


As setas 1, 2, 3 e 4 indicam, respectivamente:

- anel aromático – amina – álcool – alceno.
- anel não aromático – éter – fenol – cetona.
- anel aromático – amida – álcool – aldeído.

- anel não aromático – amina – fenol – ácido carboxílico.
- anel aromático – éter – álcool – éster.

84. UPF-RS Em substituição à sacarose podem ser utilizados os edulcorantes, tais como o aspartame, para conferir o sabor doce às bebidas, além de contribuir para evitar o uso excessivo de açúcar, principalmente pelos adolescentes.



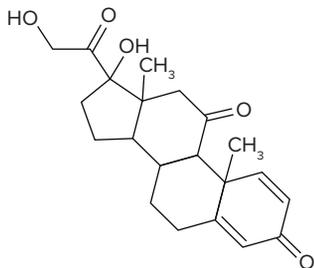
De acordo com as representações estruturais apresentadas para as moléculas de sacarose e de aspartame, assinale a alternativa correta:

- Possuem fórmula molecular $C_{12}H_{22}O_{11}$ e $C_{13}H_{18}N_2O_5$, respectivamente.
- Ambas apresentam as funções orgânicas álcool e éter.
- As funções orgânicas amina, éster, amida e ácido carboxílico fazem parte do aspartame e não estão presentes na sacarose.
- As funções orgânicas álcool e éter fazem parte da sacarose e do aspartame, que ainda possui as funções cetona, amina e ácido carboxílico.
- A sacarose apresenta duas cadeias aromáticas, o aspartame apenas uma e as funções orgânicas presentes em ambas as estruturas são diferentes.

85. Udesc 2019 São chamadas de funções químicas os grupos de substâncias que apresentam propriedades químicas e comportamentos semelhantes. Na química orgânica, as chamadas “funções orgânicas” são os compostos que têm comportamento químico similar devido à presença de um grupo funcional característico. São exemplos de funções orgânicas: álcoois, ésteres, éteres, amidas, aminas e ácidos carboxílicos. Assinale a alternativa que contém os compostos que fazem parte das funções éster, amina e éter, respectivamente.

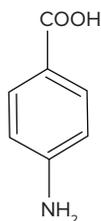
- etanoato de propila; N,N-dimetilanilina; metoxibutano.
- etoximetano; trietilamina; éter etílico.
- metoxibutano; 2-fenilcetamida; éter isopropílico.
- acetato de etila; propanamida; fenol.
- etoximetano; tributilamina; butanoato de etila.

- 86. PUC-Minas 2016 (Adapt.)** A Prednisona é um anti-inflamatório indicado para o tratamento de doenças endócrinas, respiratórias, dentre outras. Sua estrutura está representada abaixo.



É uma função orgânica presente na estrutura da Prednisona:

- a) éster.
b) aldeído.
c) cetona.
d) fenol.
- 87. Unitau-SP 2019** A figura abaixo representa uma molécula importante na síntese da vitamina B9 (ácido fólico) realizada pelas bactérias intestinais.

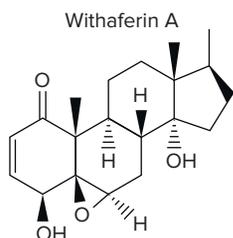


Com relação a essa molécula, afirma-se:

- I. É um composto de função mista e que apresenta uma função aldeído.
II. O nome é ácido p-aminobenzoico.
III. Apresenta um anel aromático, com duas ramificações.
IV. Apresenta uma função nitrila.

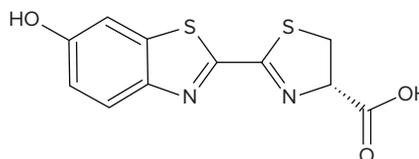
Está CORRETO o que se afirma em:

- a) I e IV, apenas.
b) II e III, apenas.
c) II e IV, apenas.
d) I, II e III, apenas.
e) I, II, III e IV.
- 88. UFRGS 2017** Um trabalho publicado na *Nature Medicine*, em 2016, mostrou que Withaferin A, um componente do extrato da planta *Withania somnifera* (cereja de inverno), reduziu o peso, entre 20 a 25%, em ratos obesos alimentados em dieta de alto teor de gorduras.



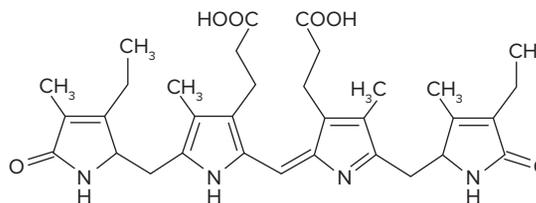
Entre as funções orgânicas presentes na Withaferin A, estão

- a) ácido carboxílico e cetona.
b) aldeído e éter.
c) cetona e hidroxila alcoólica.
d) cetona e éster.
e) éster e hidroxila fenólica.
- 89. IFSul-RS 2018** A luciferina é uma substância química presente em organismos bioluminescentes (como os vaga-lumes) que, quando oxidada, produz luz de cor azul esverdeada quase sem emitir calor. Este processo biológico é designado por bioluminescência e a fórmula estrutural dessa substância é descrita abaixo.



A luciferina apresenta em sua estrutura diferentes grupos funcionais, tais como os referentes às funções

- a) fenol e aldeído.
b) álcool e aldeído.
c) fenol e ácido carboxílico.
d) álcool e ácido carboxílico.
- 90. IFBA 2018** A cor amarela do xixi se deve a uma substância chamada urobilina, formada em nosso organismo a partir da degradação da hemoglobina. A hemoglobina liberada pelas hemácias, por exemplo, é quebrada ainda no sangue, formando compostos menores que são absorvidos pelo fígado, passam pelo intestino e retornam ao fígado, onde são finalmente transformados em urobilina. Em seguida, a substância de cor amarelada vai para os rins e se transforma em urina, junto com uma parte da água que bebemos e outros ingredientes. Xixi amarelo demais pode indicar que você não está bebendo água o suficiente. O ideal é que a urina seja bem clarinha.



Quais são as funções orgânicas representadas na estrutura da urobilina?

- a) Aldeído, Ácido Carboxílico e Cetona.
b) Amida, Amina, Ácido Carboxílico.
c) Cetona, Amina e Hidrocarboneto.
d) Ácido Carboxílico, Amida e Fenol.
e) Fenol, Amina e Amida.

Texto complementar

Nomenclatura de função mista

Quando um composto orgânico apresenta dois ou mais grupos funcionais diferentes, é denominado composto de função mista.

O método de escolha para nomear esse tipo de composto é o sistema de nomenclatura substitutiva, que, segundo a IUPAC, deve seguir o modelo:

Prefixo + infixo + sufixo

Para nomear compostos de função mista, a IUPAC produziu uma ordem de prioridade de grupos funcionais, conforme mostrado na tabela a seguir.

Prioridade mais elevada		
	1	Ácido carboxílico
	2	Éster
	3	Amida
	4	Nitrila
	5	Aldeído
	6	Cetona
	7	Álcool e fenol
	8	Tiol
	9	Amina
	10	Éter
	11	Haleto orgânico
	Prioridade mais baixa	12

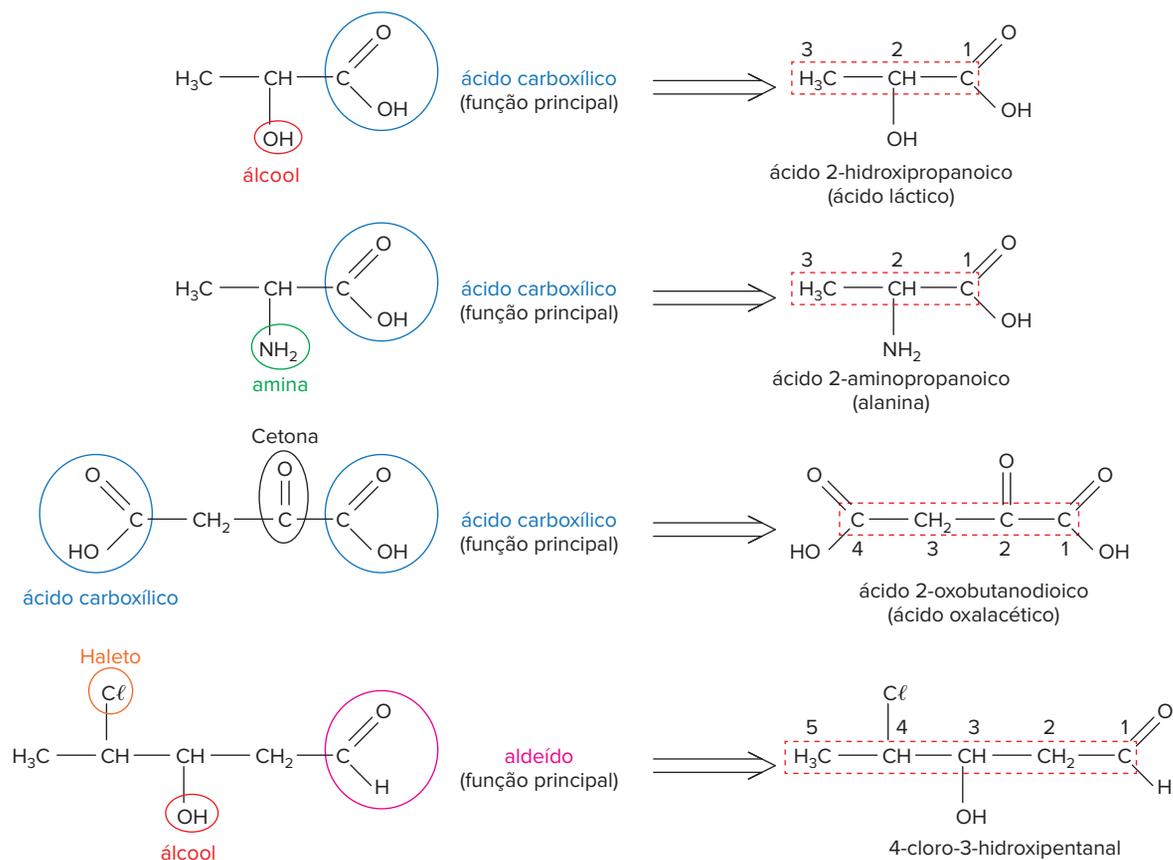
Prioridade das funções orgânicas.

Dessa forma, apenas uma das funções presentes no composto será indicada por um sufixo; as demais serão indicadas por prefixo, conforme indicado na próxima tabela.

Função	Fórmula	Prefixo
Éster	$-\text{COO}-\text{R}$	(R)-oxicarbonil-
Amida	$-\text{CO}-\text{NH}_2$	Carbamoil-
Nitrila	$-\text{CN}$	Ciano-
Aldeído	$-\text{CHO}$	Oxo- ou formil-
Cetona	$-\text{CO}-$	Oxo-
Álcool e fenol	$-\text{OH}$	Hidróxi-
Tiol	$-\text{SH}$	Sulfanil
Amina	$-\text{NH}_2$	Amino-
Éter	$-\text{O}-\text{R}$	(R)-oxi-
Haleto orgânico	$-\text{F}$	Fluoro
	$-\text{Cl}$	Cloro
	$-\text{Br}$	Bromo
	$-\text{I}$	Iodo
Nitrocomposto	$-\text{NO}_2$	Nitro

Funções orgânicas e seus prefixos.

Observe alguns exemplos:



Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

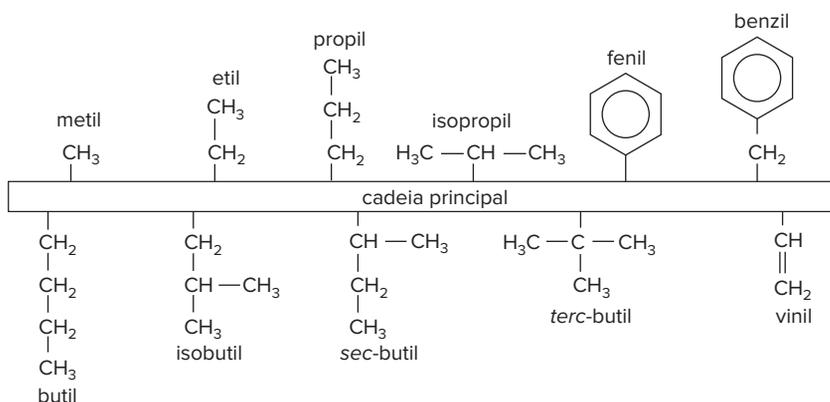
Nomenclatura de compostos orgânicos

A nomenclatura substitutiva dos compostos orgânicos é constituída conforme o esquema a seguir:

Ramificações	Cadeias fechadas	Nome da cadeia principal		
		Prefixo	Infixo	Sufixo
Prefixo + il	Ciclo	Número de carbonos	Tipo de ligação	Função orgânica

- A cadeia principal é aquela que apresenta a maior sequência de carbonos que contém: 1^o – os grupos funcionais; 2^o – as insaturações; 3^o – as cíclicas; 4^o – o maior número de ramificações.
- A numeração da cadeia principal deve começar pela extremidade mais próxima do grupo funcional, insaturações ou ramificações, nessa ordem de prioridade.

Ramificações



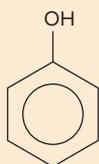
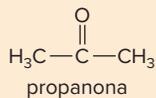
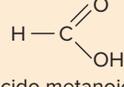
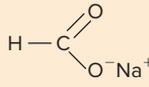
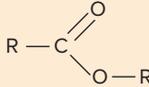
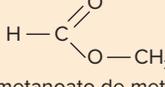
- As ramificações devem ser citadas antes do nome da cadeia principal, antecedidas pela sua localização e em ordem alfabética.

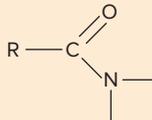
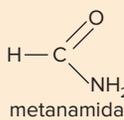
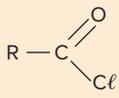
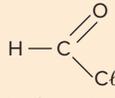
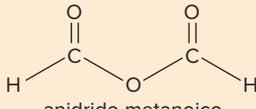
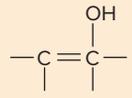
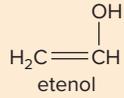
Hidrocarbonetos

Hidrocarbonetos são compostos formados exclusivamente por carbono e hidrogênio. Apresentam fórmula geral C_xH_y . A função hidrocarboneto é dividida em subfunções de acordo com a classificação de sua cadeia.

Cadeia aberta (Alifática)	Alcanos (C_nH_{2n+2})		Cadeia saturada
	Alcenos (C_nH_{2n})		Cadeia insaturada por uma ligação dupla
	Alcinos (C_nH_{2n-2})		Cadeia insaturada por uma ligação tripla
	Alcadienos (C_nH_{2n-2})		Cadeia insaturada por duas ligações duplas
Cadeia fechada	Alicíclicas	Cicloalcanos (C_nH_{2n})	Cadeia saturada
		Cicloalcenos (C_nH_{2n-2})	Cadeia insaturada por uma ligação dupla
	Aromáticos		Apresentam núcleo ou anel aromático (ressonância eletrônica)

Resumo das funções orgânicas

Função	Grupo funcional	Sufixo	Exemplo
Hidrocarboneto	Apenas C e H	o	CH_4 metano
Haleto orgânico	$R - X$ (X = F, Cl, Br ou I)	o	$CH_3 - Cl$ clorometano
Álcool	$R - OH$ (R = carbono saturado)	ol	$H_3C - OH$ metanol
Fenol	$Ar - OH$ (Ar = aromático)	ol	 benzenol
Éter	$R - O - R'$	oxi	$H_3C - O - CH_3$ metoximetano
Aldeído		al	 metanal
Cetona		ona	 propanona
Ácido carboxílico		oico	 ácido metanoico
Sal de ácido carboxílico	 $(M^+ = \text{cátion})$	oato de	 metanoato de sódio
Éster orgânico		oato de	 metanoato de metila

Função	Grupo funcional	Sufixo	Exemplo
Amina	$R-NH_2$ $R-NH-R'$ $R-N(R'')-R'$	amina	H_3C-NH_2 metilamina
Amida		amida	 metanamida
Nitrila	$R-C \equiv N$	nitrila	H_3C-CN etanonitrila
Nitrocomposto	$R-NO_2$	o	H_3C-NO_2 nitrometano
Cloreto de ácido carboxílico		oila	 cloreto de metanoíla
Anidrido		oico	 anidrido metanoico
Ácido sulfônico	$R-SO_3H$	sulfônico	H_3C-SO_3H ácido metanossulfônico
Sal de ácido sulfônico	$R-SO_3^-M^+$ (M^+ = cátion)	sulfonato de	$H_3C-SO_3^-Na^+$ metanossulfonato de sódio
Tioálcool	$R-SH$ (R = carbono saturado)	tiol	H_3C-SH metanotiol
Tioéter	$R-S-R'$	-	$H_3C-S-CH_3$ sulfeto de dimetila
enol		ol	 etenol

Quer saber mais?



Sites

<https://iupac.org/>

Página da União Internacional de Química Aplicada, apresenta as regras internacionais de nomenclatura em química inorgânica e orgânica, além trazer as padronizações e a Tabela Periódica atualizada. Acesso em: 23 ago. 2022.

<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc13/v13a05.pdf>

O artigo aborda as recomendações da IUPAC para a nomenclatura de moléculas orgânicas. Acesso em: 27 jun. 2022.



Livro

IUPAC. Guia IUPAC para a nomenclatura de compostos orgânicos. Lisboa: Lidel, 2010.

O livro aborda todos os princípios estabelecidos pela IUPAC para a correta e sistemática nomenclatura dos compostos orgânicos.

Exercícios complementares

Hidrocarbonetos

- Uece 2022** Os compostos orgânicos são formados por átomos de carbono cujas estruturas agrupam as substâncias com características semelhantes e, portanto, pertencem a grupos identificados pelas funções orgânicas. No que diz respeito a funções orgânicas, assinale a afirmação verdadeira.
 - O grupo funcional dos ácidos carboxílicos é denominado carbonila.
 - Ésteres orgânicos são compostos em que o oxigênio está diretamente ligado a duas cadeias carbônicas.
 - Álcoois são compostos orgânicos que contêm um ou mais grupos oxidrila ligados diretamente a átomos de carbono insaturados.
 - Amidas são compostos derivados teoricamente do NH_3 pela substituição de um hidrogênio por um grupo acila.
- UFU-MG 2020** A designação de “produtos químicos” geralmente é associada às substâncias manuseadas em laboratórios químicos científicos. No entanto, há uma grande variedade de produtos químicos que são utilizados rotineiramente nas atividades domésticas de limpeza tais como: sabão, detergente, água sanitária, desinfetante e álcool. Esses produtos devem ser, responsabilmente, utilizados para se evitem danos à saúde e ao ambiente.

BAIRD, Colin. Química ambiental. Maria Angeles Lobo Recio; Luiz Carlos Marques Carrera (Trad). 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. (Adaptado)

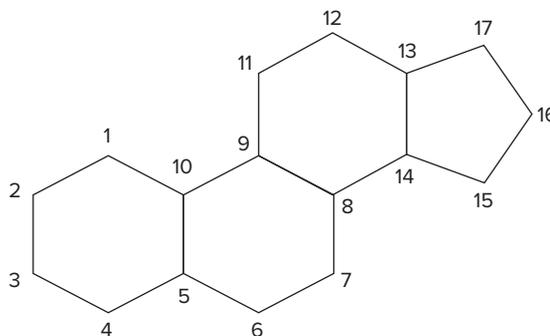
Assinale a alternativa que apresenta a classificação química e a correta função do produto de limpeza, indicado no texto.

 - Detergentes são formados por misturas de compostos orgânicos capazes de emulsionar óleos.
 - Sabões possuem longas moléculas orgânicas formadas unicamente por uma parte apolar.
 - Água sanitária é utilizada como desinfetante composto por cloreto de sódio em solução.
 - Álcool de uso doméstico tem efeito bactericida e longas cadeias carbônicas pouco voláteis.
- Uema 2015** Diversos produtos tão comuns em nosso dia a dia são obtidos a partir de alcenos, hidrocarbonetos de cadeia aberta que contêm uma dupla ligação com fórmula geral C_nH_{2n} , por exemplo: plásticos, tecidos sintéticos, corantes e, até mesmo, explosivos. O eteno costuma ser utilizado como anestésico em intervenções cirúrgicas e no amadurecimento de frutas, mostrando que eles têm importâncias estratégicas para diferentes atividades humanas.

Fonte: Disponível em: www.brasile Escola.com/quimica/alcenos.htm. Acesso em: 12 set. 2014.

Escreva a fórmula estrutural e nome, oficialmente, o terceiro composto da série desse hidrocarboneto.

- Uece 2020** Presentes em quase todas as formas de vida e sintetizados pelos próprios organismos, os esteroides fazem parte de um grupo complexo de compostos que interagem para a manutenção da vida. Fazendo parte de uma classe de lipídios, quando analisados do ponto de vista químico, os esteroides são identificados como compostos lipossolúveis, derivados de triterpenos tetracíclicos. No corpo humano, destacam-se os esteroides colesterol, testosterona e estradiol. A classe dos esteroides deriva do anel orgânico ciclopentanoperidrofenantreno, cuja estrutura é a seguinte:



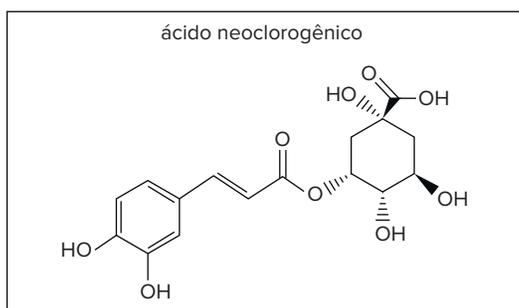
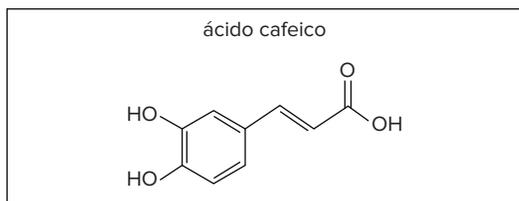
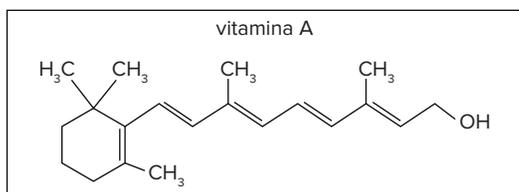
Com relação a essa estrutura, é correto afirmar que:

- existem 24 átomos de hidrogênio ligados a todos os átomos de carbono secundário.
 - o total de átomos de carbonos primários e terciários é 6.
 - o anel orgânico ciclopentanoperidrofenantreno é aromático
 - como essa estrutura pertence à classe dos lipídios, trata-se de um carboidrato.
- Acafe-SC 2022** Considere as seguintes informações sobre a desidratação do etanol.
 - Quando a perda de água ocorre dentro da própria molécula (intramolecular) sob temperatura de 180°C na presença de ácido sulfúrico concentrado, forma-se um hidrocarboneto insaturado além da água.
 - Quando a perda de água ocorre entre duas moléculas de etanol (intermolecular) sob condições mais brandas 140°C , forma-se o éter (etoxietano) além da água.

Baseado nos conceitos químicos e nas informações fornecidas, assinale a alternativa que contém o nome do hidrocarboneto formado em “I” e a fórmula molecular do éter formado em “II”, respectivamente:

- eteno e C_4H_{10}
- acetileno e $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$
- eteno e $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$
- ácido acético e $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$

6. **PUC-RS 2015** A erva-mate (*Ilex paraguayensis*) contém muitas substâncias orgânicas, as quais podem ter ação benéfica no organismo. As estruturas moleculares de algumas substâncias presentes nessa planta são mostradas a seguir:

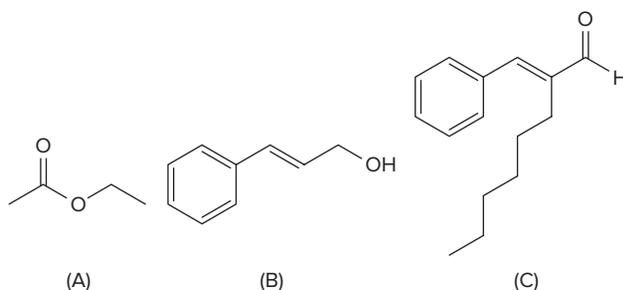


Considerando essas estruturas, é correto afirmar que:

- a vitamina A é um hidrocarboneto de cadeia cíclica e ramificada.
 - os grupamentos $-OH$ nas três moléculas conferem a elas caráter marcadamente ácido.
 - o aroma da erva-mate provém dos ácidos cafeico e neoclorogênico, porque apresentam anel aromático ou benzênico.
 - o número de átomos de hidrogênio na molécula de vitamina A é maior do que na do ácido neoclorogênico.
 - o ácido neoclorogênico é muito solúvel em óleo, por conta de seus numerosos grupamentos hidroxila, pouco polares.
7. **UEPG/PSS-PR 2019** Com relação à classificação das cadeias carbônicas que formam compostos pertencentes a diferentes funções orgânicas, assinale o que for correto.
- 01 Propano e Propeno são hidrocarbonetos com cadeias abertas, acíclicas e homogêneas.
 - 02 N-metil-propanamina e etoxipropano são compostos de cadeia heterogênea.
 - 04 2-metil-3-hexeno é um composto com cadeia insaturada, ramificada e aromática.
 - 08 Todo composto classificado como ácido carboxílico tem cadeia insaturada.

Soma:

8. **UFJF/Pism-MG 2021** Os compostos a seguir fazem parte da composição química de muitos tipos de removedores de esmaltes. Sobre esses compostos, cujas fórmulas estruturais planas estão representadas a seguir, são feitas as seguintes afirmativas:



- O composto (A) possui um átomo de carbono com hibridação sp .
 - O composto (B) pode formar ligação de hidrogênio intermolecular.
 - O número total de ligações π (π) presentes no composto (C) é igual a 5.
 - A fórmula molecular do composto (B) é C_9H_6O .
 - O composto (C) possui a função orgânica cetona.
- São CORRETAS apenas as afirmativas:
- a) I, II e III.
 - b) I e IV.
 - c) II e III.
 - d) III, IV e V.
 - e) III e V.

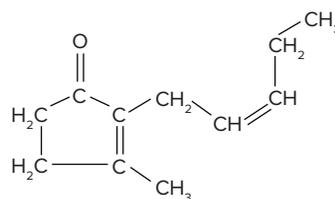
9. **Unisinos-RS 2016**

O mercado de beleza em 2015: crescimento e investimento das empresas

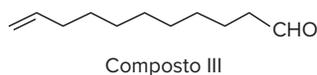
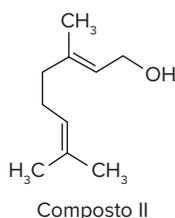
O cuidado com o corpo tem conquistado mais adeptos entre mulheres e homens; hoje, a lista de produtos de beleza que são indispensáveis está bem mais ampla. O setor de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos cada vez mais se consolida dentro da economia brasileira, e seu papel é fundamental nos aspectos econômicos, financeiros, sociais e também na contribuição em iniciativas sustentáveis.

(Disponível em <http://www.hairbrasil.com>. Acesso em 04 out. 2015. Adaptação.)

A palavra “perfume” vem do latim *per*, que significa “origem de”, e *fumare*, que é “fumaça”, isso porque seu uso originou-se, provavelmente, em atos religiosos, em que os deuses eram homenageados pelos seus adoradores por meio de folhas, madeiras e materiais de origem animal, que, ao serem queimados, liberavam uma fumaça com cheiro doce, como o incenso. Os perfumes são formados, principalmente, por uma fragrância, que é a essência ou óleo essencial; por etanol, que atua como solvente; e por um fixador. A estrutura de algumas essências usadas em perfumes é mostrada a seguir.



Composto I

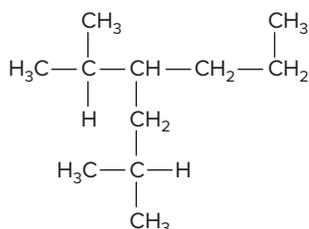


Leia as proposições seguintes, referentes às estruturas mostradas acima.

- I. O grupo carbonila presente no composto I pertence a uma cetona, enquanto, no composto II, pertence a um aldeído.
- II. A nomenclatura oficial do composto II é 3,7-dimetil-oct-2,6-dien-1-ol, e sua fórmula molecular é $C_{10}H_{18}O$.
- III. A nomenclatura oficial do composto III é 10-undecanal.

Sobre as proposições acima, pode-se afirmar que

- a) apenas I está correta.
 - b) apenas II está correta.
 - c) apenas I e II estão corretas.
 - d) apenas II e III estão corretas.
 - e) I, II e III estão corretas.
10. **UFPE** De acordo com a estrutura do composto orgânico, cuja fórmula está esquematizada a seguir, podemos dizer que:



- o composto é um hidrocarboneto de fórmula $C_{11}H_{24}$.
- o composto apresenta somente carbonos sp^3 .
- o nome correto do composto, segundo a IUPAC, é 2-metil-4-isopropil-heptano.
- o composto é um carboidrato de fórmula $C_{11}H_{24}$.
- o hidrocarboneto aromático possui ligações σ e π .

11. **UEM-PR** Sabendo-se que um composto apresenta fórmula molecular C_8H_{18} , assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

- 01 O composto pode ser o 2-octeno.
- 02 O composto pode ser o 2,2,4-trimetil-pentano.
- 04 O composto pode apresentar o radical n-butil.

- 08 O composto pode apresentar 3 carbonos primários, 4 secundários e 1 terciário.
- 16 O composto poderá apresentar 1 carbono sp^2 e 7 carbonos sp^3 .
- 32 A hidrogenação desse composto poderá formar o C_8H_{20} .

Soma:

12. **UEL-PR** Uma alternativa para os catalisadores de células a combustíveis são os polímeros condutores, que pertencem a uma classe de novos materiais com propriedades elétricas, magnéticas e ópticas. Esses polímeros são compostos formados por cadeias contendo ligações duplas conjugadas que permitem o fluxo de elétrons.

Assinale a alternativa na qual ambas as substâncias químicas apresentam ligações duplas conjugadas.

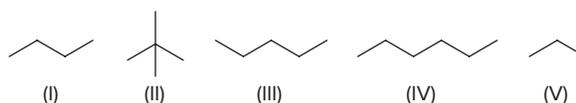
- a) Propanodieno e metil-1,3-butadieno.
- b) Propanodieno e ciclopenteno.
- c) Ciclopenteno e metil-1,3-butadieno.
- d) Benzeno e ciclopenteno.
- e) Benzeno e metil-1,3-butadieno.

13. **IFSul-RS 2017** Recentemente as denúncias das Operações da Polícia Federal contra as fraudes em frigoríficos reacenderam os debates sobre o uso de aditivos alimentares e segurança alimentar. Dentre os diversos grupos de aditivos alimentares, estão os acidulantes, definidos pela ANVISA como “substância que aumenta a acidez ou confere um sabor ácido aos alimentos” (ANVISA, Portaria 540/1997). São exemplos de acidulantes o ácido fosfórico, o ácido cítrico e o ácido acético.

O ácido acético, fórmula estrutural $H_3C - COOH$, oficialmente é chamado de ácido:

- a) acetoico.
- b) etanoico.
- c) metanoico.
- d) propanoico.

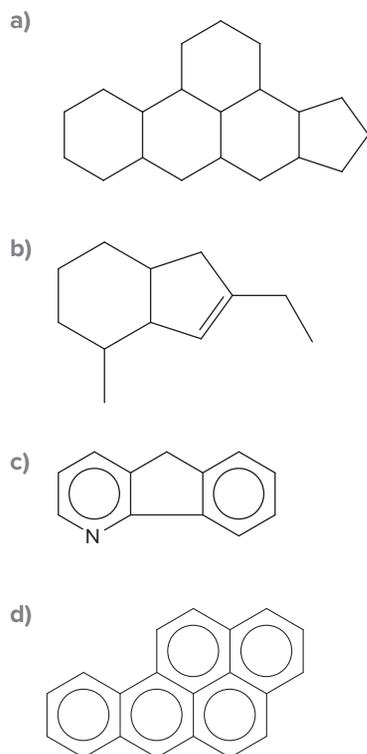
14. **UFV-MG** Foi recentemente divulgado (Revista *ISTO É*, n. 1602 de 14/06/2000) que as lagartixas são capazes de andar pelo teto devido a forças de Van der Waals. Essas forças também são responsáveis pelas diferenças entre as temperaturas de ebulição dos compostos representados a seguir.



Apresentará maior temperatura de ebulição o composto:

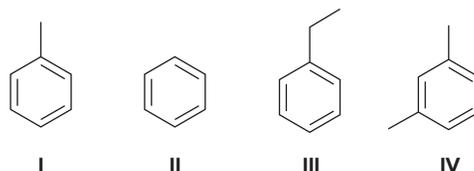
- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) IV.
- e) V.

15. **Uerj** Além do impacto ambiental agudo advindo do derramamento de grandes quantidades de óleo em ambientes aquáticos, existem problemas a longo prazo associados à presença, no óleo, de algumas substâncias como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, mutagênicos e potencialmente carcinogênicos. Essas substâncias são muito estáveis no ambiente e podem ser encontradas por longo tempo no sedimento do fundo, porque gotículas de óleo, após adsorção por material particulado em suspensão na água, sofrem processo de decantação. Um agente mutagênico, com as características estruturais citadas no texto, apresenta a seguinte fórmula:



16. **Uece 2018** Hidrocarbonetos são os compostos mais importantes estudados em Química Orgânica e utilizados no cotidiano. São geralmente obtidos a partir do petróleo e, por isso, estão presentes nos seus derivados, como a gasolina, o querosene, o óleo diesel, o GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), o gás natural, a parafina, a vaselina, vários polímeros, como os plásticos e as borrachas, entre outros. Correspondem a 48% da matriz energética brasileira. Assinale a opção que associa corretamente a nomenclatura e a fórmula molecular do hidrocarboneto.
- a) isopropilciclopentano – C_8H_{16}
 b) 2,3-dimetil-hexano – C_6H_{14}
 c) 3-metilbut-2-ino – C_5H_8
 d) 2-etilpent-1-eno – C_7H_{13}
17. **Udesc 2019** Em um estudo recente, pesquisadores brasileiros realizaram a avaliação ambiental de BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) e

biomarcadores de genotoxicidade em trabalhadores de postos de combustíveis. Após as análises, concluiu-se que as concentrações de BTEX estavam dentro dos valores preconizados pela legislação vigente. No entanto, o estudo sugeriu, também, que a exposição ao BTEX, mesmo em baixas concentrações, contribuiu para o risco genotóxico à saúde humana. A seguir são apresentadas quatro estruturas químicas presentes no BTEX:



Assinale a alternativa que contém os nomes das estruturas químicas apresentadas acima, respectivamente.

- a) tolueno; benzeno; xileno; 1,3-dimetilbenzeno.
 b) xileno; benzeno; tolueno; dimetilbenzeno.
 c) tolueno; benzeno; etilbenzeno; m-xileno.
 d) xileno; benzeno; xileno; m-dimetilbenzeno.
 e) xileno; benzeno; etilbenzeno; tolueno.
18. **UPF-RS 2013** O alcatrão de hulha é um líquido escuro e viscoso que apresenta em sua composição o benzeno, o tolueno, os dimetilbenzenos, o naftaleno e o fenantreno. Sobre o tema, considere as seguintes afirmações:
- I. Os hidrocarbonetos aromáticos são aqueles que possuem pelo menos um anel ou núcleo aromático, isto é, um ciclo plano com seis átomos de carbono que estabelecem entre si ligações ressonantes.
 II. Devido à ressonância das ligações duplas, os aromáticos não são compostos estáveis e só reagem em condições enérgicas.
 III. O metilbenzeno, conhecido comercialmente por tolueno, é um composto aromático derivado do benzeno e possui fórmula molecular C_7H_{14} .
 IV. O benzeno é um composto aromático bastante estável devido à ressonância das ligações duplas.

Está **correto** apenas o que se afirma em:

- a) I, II e IV.
 b) II, III e IV.
 c) I, II e III.
 d) I, III e IV.
 e) I e IV.
19. **UEL-PR 2014** A gasolina é uma mistura de vários compostos. Sua qualidade é medida em octanas, que definem sua capacidade de ser comprimida com o ar, sem detonar, apenas em contato com uma faísca elétrica produzida pelas velas existentes nos motores de veículos. Sabe-se que o heptano apresenta octanagem 0 (zero) e o 2,2,4-trimetilpentano (isooctano) tem octanagem 100. Assim, uma gasolina com octanagem 80 é como se fosse uma mistura de 80% de isooctano e 20% de heptano.

Com base nos dados apresentados e nos conhecimentos sobre hidrocarbonetos, responda aos itens a seguir.

- Quais são as fórmulas estruturais simplificadas dos compostos orgânicos citados?
- Escreva a equação química balanceada da reação de combustão completa de cada um dos hidrocarbonetos usados.

20. UFU-MG 2015 O benzeno é um dos solventes orgânicos mais utilizados na indústria química. É possível produzi-lo a partir da reação de trimerização do acetileno (C_2H_2). Sobre essa reação e o produto formado, faça o que se pede:

- Escreva a equação química da reação de produção do benzeno utilizando as fórmulas estruturais das substâncias.
- Explique o porquê de o benzeno ser intensamente utilizado como solvente orgânico.
- Compare e explique a diferença na estabilidade do anel do benzeno com o anel do ciclo-hexano.

21. ITA-SP 2017 Considere as substâncias *o*-diclorobenzeno e *p*-diclorobenzeno.

- Escreva as fórmulas estruturais de ambas as substâncias.
- Para ambas as substâncias, forneça um nome sistemático diferente daquele informado no enunciado.
- Qual das duas substâncias tem maior ponto de ebulição? Justifique sua resposta.

Haleto, álcoois, éteres e fenóis

22. Mackenzie-SP Engradados de madeira provenientes da Ásia, antes de serem liberados na alfândega, são dedetizados com H_3C-Br , para impedir que se alastre pelo Brasil um certo besouro que destrói as árvores. Relativamente ao H_3C-Br , é incorreto afirmar que:

Dados: números atômicos: H = 1; C = 6; Br = 35.

- é um hidrocarboneto.
- é um haleto de alquila.
- apresenta ligações covalentes.
- é uma molécula polar.
- é o bromometano.



Texto para a questão 23.

Organoclorados

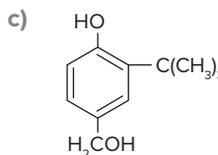
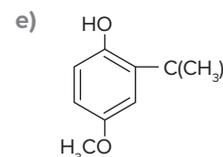
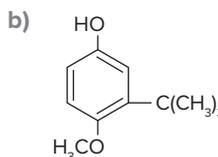
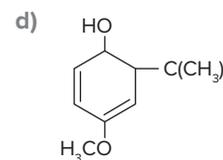
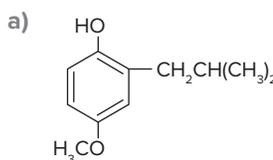
Defensivos agrícolas para as indústrias. Agrotóxicos para os defensores da natureza. Pontos de vista diferentes sobre substâncias usadas para controlar ou matar determinadas pragas. Sua utilização pode oferecer ou não perigo para o homem, dependendo da toxicidade do composto, do tempo de contato com ele e do grau de contaminação que pode ocorrer. Insolúveis em água, possuem efeito cumulativo, chegando a permanecer por mais de 30 anos no solo. Um dos mais tóxicos e já há algum tempo proibido, o DDT, virou verbo: dedetizar.

23. Mackenzie-SP Do texto, depreende-se que os defensivos agrícolas:

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

24. Enem PPL 2019 O 2-BHA é um fenol usado como antioxidante para retardar a rancificação em alimentos e cosméticos que contêm ácidos graxos insaturados. Esse composto caracteriza-se por apresentar uma cadeia carbônica aromática mononuclear, apresentando o grupo substituinte *tert*-butil na posição orto e o grupo metóxi na posição para.

A fórmula estrutural do fenol descrito é



25. Fuvest-SP A contaminação por benzeno, clorobenzeno, trimetilbenzeno e outras substâncias utilizadas na indústria como solventes pode causar efeitos que vão da enxaqueca à leucemia. Conhecidos como compostos orgânicos voláteis, eles têm alto potencial nocivo e cancerígeno e, em determinados casos, efeito tóxico cumulativo.

O Estado de S. Paulo, 17 ago. 2001.

Pela leitura do texto, é possível afirmar que:

- certos compostos aromáticos podem provocar leucemia.
- existe um composto orgânico volátil com nove átomos de carbono.
- solventes industriais não incluem compostos orgânicos halogenados.

Está correto apenas o que se afirma em:

- I.
- II.
- III.
- I e II.
- I e III.

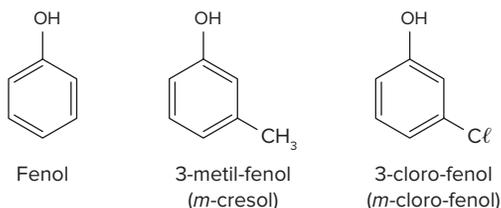
26. Uece 2019 É estimado que, no planeta Terra, existam mais de 19 milhões de substâncias orgânicas classificadas com nomenclaturas específicas. Os nomes oficiais seguem a nomenclatura IUPAC. Considere as seguintes substâncias orgânicas:



Pela nomenclatura IUPAC, essas substâncias são identificadas como:

- I – álcool isopropílico; II – etoxietano.
- I – propan-2-ol; II – etoxietano.
- I – propan-2-ol; II – éter dietílico
- álcool propílico; II – éter etílico.

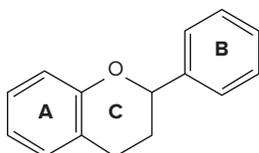
27. FPP-PR 2020 Os fenóis são substâncias de caráter levemente ácido devido a sua capacidade de liberar o hidrogênio da hidroxila em meio aquoso. Considere as estruturas de três fenóis apresentadas a seguir.



A análise das estruturas apresentadas sugere que, para soluções aquosas de mesma concentração,

- dentre as três substâncias, a de menor pK_a é o fenol.
- dentre as três substâncias, a de menor pK_a é o *m*-cloro-fenol.
- dentre as três substâncias, a de menor pK_a é o *m*-cresol.
- as três substâncias devem apresentar o mesmo valor de pK_a .
- as três substâncias devem apresentar valores de pK_a inferiores a uma solução equimolar de ácido acético.

28. UFG-GO 2014 Os flavonoides, cuja estrutura básica é apresentada a seguir, são compostos comumente encontrados em alimentos.



Considerando o exposto:

- introduza os substituintes adequados nos anéis A, B e C, para que sejam representados, respectivamente, os grupos funcionais de um álcool, uma amida e um ácido carboxílico;
- indique o número de carbonos sp^2 e sp^3 presentes na estrutura do flavonoide apresentado.

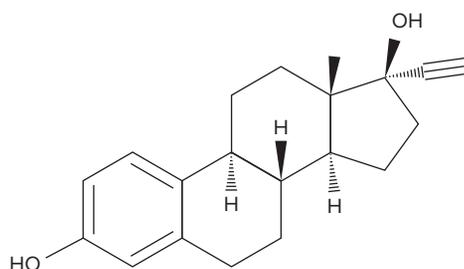
29. Uece 2019 Éteres são compostos orgânicos usados como solventes e na elaboração de medicamentos. Considerando-se um éter em que seus dois grupos constituintes são



é correto afirmar que o nome desse éter é:

- 2-metóxi-isopropílico.
- 2-metoxipropano.
- metoxi-isopropílico.
- metoxipropano.

30. Mackenzie-SP 2019 O etinilestradiol é um estrogênio derivado do estradiol. É um contraceptivo e um dos medicamentos mais usados no mundo, sendo o primeiro estrogênio sintético ativo por via oral.



De acordo com a fórmula estrutural do etinilestradiol, ilustrada acima, é correto afirmar que

- é um hidrocarboneto formado por quatro ciclos, sendo um aromático.
- apresenta dois grupos funcionais álcool.
- possui cadeia carbônica mista, insaturada, heterogênea e ramificada.
- possui 6 carbonos terciários e um quaternário.
- possui fórmula molecular $C_{20}H_{23}O_2$

31. UFRN Um estudante recebeu uma tabela, reproduzida a seguir, em que constam algumas propriedades físicas de três compostos diferentes.

Composto	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)	Solubilidade em água a 25 °C
I	-138	0	insolúvel
II	-90	117,7	solúvel
III	-116	34,6	parcialmente solúvel

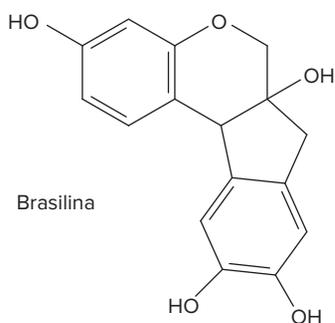
Segundo essa tabela, os possíveis compostos I, II e III são, respectivamente:

- 1-butanol, n-butano e éter etílico.
- n-butano, 1-butanol e éter etílico.
- n-butano, éter etílico e 1-butanol.
- éter etílico, 1-butanol e n-butano.

32. Unirio-RJ O pau-brasil ocupou o centro da história brasileira durante todo o primeiro século da colonização. Essa árvore, abundante na época da chegada dos portugueses e hoje quase extinta, só é encontrada em jardins botânicos, como o do Rio de Janeiro, e em parques nacionais,

plantada vez por outra em cerimônias patrióticas. Coube a Robert Robinson, prêmio Nobel de Química de 1947, o privilégio de chegar à estrutura química da brasilina, substância responsável pela cor vermelha do pau-brasil.

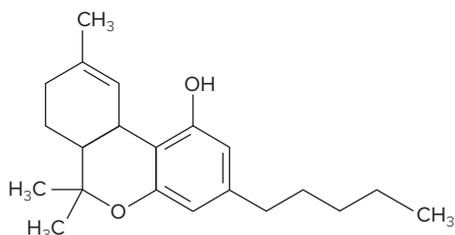
Disponível em: www.s bq.org.br.



Que opção apresenta as corretas funções orgânicas da brasilina?

- Éter, álcool tetrahidroxilado e amida.
- Fenol, álcool terciário e éter.
- Álcool, fenol e amina.
- Fenol, éter e anidrido.
- Fenol, éter e éster.

- 33. FICSAE-SP 2018** A planta *Cannabis sativa* possui vários componentes canabinoides, sendo que o princípio ativo mais potente é o tetra-hidrocanabinol (THC). Nos últimos anos ocorreu um aumento significativo tanto no interesse quanto na utilização do THC para fins medicinais. A fórmula estrutural do THC está representada a seguir:



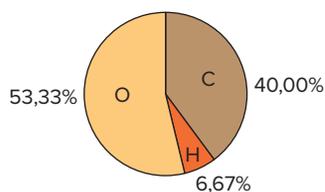
A respeito dessa molécula foram feitas as seguintes observações:

- Apresenta as funções orgânicas fenol e éster.
- Possui três radicais metil e 1 radical pentil.
- Possui três anéis aromáticos condensados.
- É uma cadeia insaturada e ramificada.

As afirmativas corretas são:

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

- 34. Uerj 2014** Uma substância orgânica possui a seguinte composição percentual em massa:



Observe outras características dessa substância:

- a razão entre o número de átomos de sua fórmula molecular e de sua fórmula mínima é igual a 2;
- o cátion liberado na sua ionização em água é o H^+ .

A substância descrita é denominada:

- ácido etanoico.
- ácido butanoico.
- etanoato de etila.
- metanoato de metila.

Aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos e ésteres

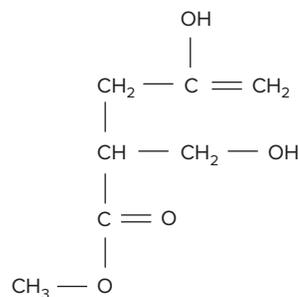
- 35. Acafe-SC 2021** Com relação às temperaturas de fusão e de ebulição dos compostos orgânicos, são feitas as seguintes afirmações:

- Ácidos carboxílicos possuem pontos de ebulição maiores do que cetonas com massa molecular semelhante, devido à formação de ligações intramoleculares do tipo ligação de hidrogênio entre as moléculas.
- A temperatura de fusão e de ebulição em alcanos lineares aumenta com o aumento da sua massa molecular.
- O aumento das ramificações em um composto orgânico diminui a sua temperatura de ebulição e de fusão.
- Na função haletos orgânicos, os fluoretos possuem maior temperatura de fusão e de ebulição do que os brometos.

Todas as afirmações **corretas** estão em:

- II – IV.
- I – III.
- II – III.
- I – IV.

- 36. Uece 2020** Atente para a estrutura abaixo apresentada e o que se afirma sobre ela em seguida.



- Álcool e enol são funções orgânicas presentes.
- A função orgânica éter está presente, devido à presença da carbonila.
- Observa-se a presença da função orgânica éster.
- Caracteriza-se a função orgânica do ácido carboxílico pela presença do grupo $(-C(=O)-)$.

É correto somente o que se afirma em

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

37. UFSC 2016

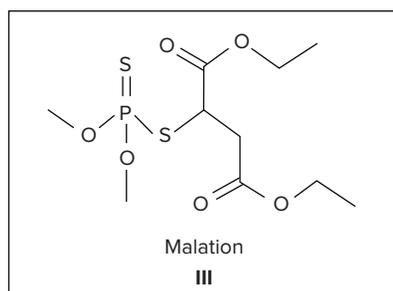
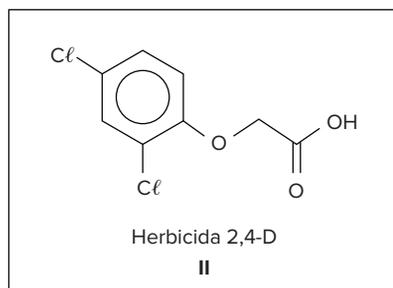
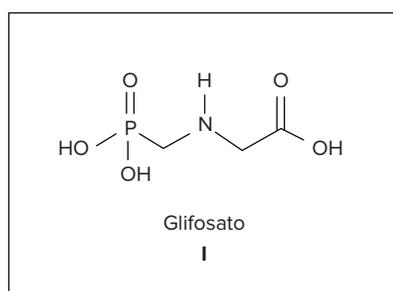
Agrotóxicos proibidos em vários países são usados no Brasil

O Brasil é o maior consumidor mundial de agrotóxicos e estudos científicos mostram uma relação clara entre o uso do veneno e o aparecimento de câncer.

Pesquisas recentes realizadas pela IARC (Agência Internacional de Pesquisas em Câncer) revelam que os agrotóxicos utilizados no Brasil apresentam enorme potencial de desenvolvimento de câncer em seres humanos. Dentre os agrotóxicos classificados como carcinógenos humanos pode-se citar o glifosato, o herbicida 2,4-D e o malation (utilizado em campanhas de saúde pública no combate ao mosquito da dengue).

Disponível em: <http://cartamaior.com.br/?/Editoria/Meio-Ambiente/Agrotoxicos-proibidos-em-varios-paises-sao-usados-no-Brasil/3/34320>. [Adaptado]. Acesso em: 27 ago. 2015.

Seguem abaixo as fórmulas estruturais dos agrotóxicos glifosato, herbicida 2,4-D e malation.



Sobre o assunto tratado acima, é **CORRETO** afirmar que:

- 01 as moléculas de I e de II apresentam a função orgânica aldeído.
- 02 a molécula de III apresenta a função orgânica cetona.
- 04 a molécula de I possui, em sua estrutura, um grupo classificado como amina secundária.
- 08 o átomo de fósforo apresenta três elétrons na camada de valência.

16 cada uma das moléculas de I e de II apresenta um grupo carboxila.

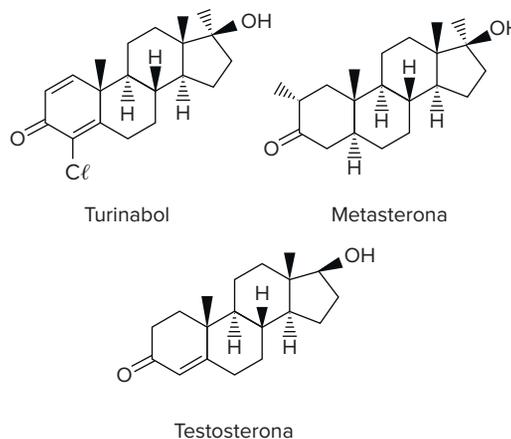
32 as moléculas de I, II e III são apolares e pouco solúveis em água.

Soma:

38. IFSul-RS 2016 A água utilizada no abastecimento da população de uma cidade pode sofrer alteração no sabor e no odor por apresentar a substância 3-cis-hexenol, produzida por algas, em concentrações muito baixas. A respeito do composto acima citado é correto afirmar

- a) pertence à função enol.
- b) possui o grupo funcional carbonila.
- c) apresenta apenas três carbonos primários.
- d) apresenta cadeias insaturada e homogênea.

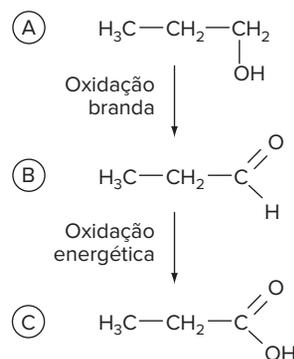
39. UFPR 2016 (Adapt.) Poucos meses antes das Olimpíadas Rio 2016, veio a público um escândalo de doping envolvendo atletas da Rússia. Entre as substâncias anabolizantes supostamente utilizadas pelos atletas envolvidos estão o turinabol e a metasterona. Esses dois compostos são, estruturalmente, muito similares à testosterona e utilizados para aumento da massa muscular e melhora do desempenho dos atletas.



Quais funções orgânicas oxigenadas estão presentes em todos os compostos citados?

- a) Cetona e álcool.
- b) Fenol e éter.
- c) Amida e epóxido.
- d) Anidrido e aldeído.
- e) Ácido carboxílico e enol.

40. Mackenzie-SP



Os compostos A, B e C pertencem, respectivamente, às funções orgânicas:

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

41. UEPG/PSS-PR 2018 Considerando a nomenclatura das funções orgânicas e os radicais que caracterizam essas funções, identifique as alternativas que contêm apenas exemplos de compostos carbonílicos e assinale o que for correto.

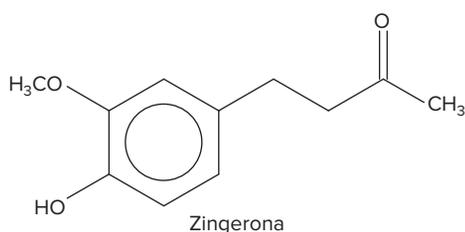
- A glucose e o ácido fórmico.
- O butanal e o 1-propanol.
- O ácido benzoico e o benzaldeído.
- A propanona e o acetato de isobutila.

Soma:

42. Fatec-SP Na indústria de alimentos, sua aplicação mais importante relaciona-se à extração de óleos e gorduras de sementes, como soja, amendoim e girassol. À temperatura ambiente, é um líquido que apresenta odor agradável, e muito utilizado como solvente de tintas, vernizes e esmaltes. Trata-se da cetona mais simples. O nome oficial e a fórmula molecular da substância descrita pelo texto acima são, respectivamente:

- butanal e C_4H_8O .
- butanona e C_4H_7OH .
- etanona e C_2H_4O .
- propanal e C_3H_6O .
- propanona e C_3H_6O .

43. FGV-SP O gengibre é uma planta da família das zingiberáceas, cujo princípio ativo aromático está no rizoma. O sabor ardente e acre do gengibre vem dos fenóis gingerol e zingerona.



Na molécula de zingerona, são encontradas as funções orgânicas:

- álcool, éter e éster.
- álcool, éster e fenol.
- álcool, cetona e éter.
- cetona, éter e fenol.
- cetona, éster e fenol.

44. IFSul-RS 2016 Uma substância orgânica que apresenta fórmula molecular $C_2H_4O_2$ deve ser classificada como:

- éter.
- ácido.
- álcool.
- aldeído.

45. Uema 2021 Ácidos dicarboxílicos são compostos orgânicos que apresentam em sua estrutura dois grupos funcionais carboxila. Em geral, sua nomenclatura oficial (IUPAC) segue as mesmas regras usadas para nominar os ácidos

monocarboxílicos, apenas com o acréscimo do prefixo di em sua estrutura. Um exemplo é o ácido propanodioico – empregado na indústria eletrônica –, em solventes especiais, e no tratamento de superfícies metálicas.

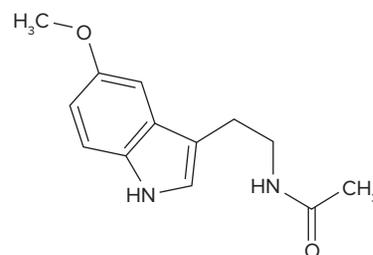
<https://www.todini.com/br/produtos-quimicos/outros/acido-malonico>

Substituindo cada um dos grupos carboxílicos, no exemplo dado acima, por um grupo hidroxila, obtém-se um novo composto, conhecido como

- diácido.
- cetona.
- aldeído.
- hidrocarboneto.
- glicol.

Aminas, amidas, nitrilas e nitrocompostos

46. UFRGS 2018 A melatonina, composto representado abaixo, é um hormônio produzido naturalmente pelo corpo humano e é importante na regulação do ciclo circadiano.



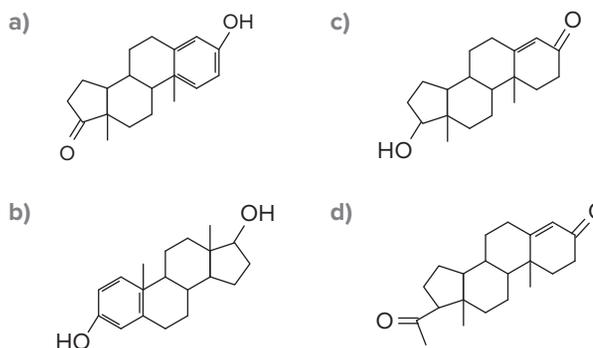
Nessa molécula, estão presentes as funções orgânicas

- amina e éster.
- amina e ácido carboxílico.
- hidrocarboneto aromático e éster.
- amida e ácido carboxílico.
- amida e éter.

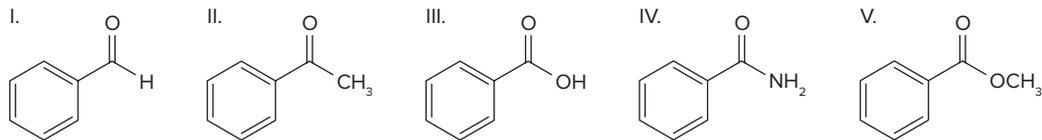
47. Uerj Na tabela a seguir, são relacionados quatro hormônios esteroides e suas correspondentes funções orgânicas.

Hormônio	Função orgânica
Progesterona	Cetona
Estrona	Fenol e cetona
Testosterona	Cetona e álcool
Estradiol	Fenol e álcool

O hormônio que é secretado pelas células de Leydig, encontradas nas gônadas masculinas, é representado pela seguinte estrutura:

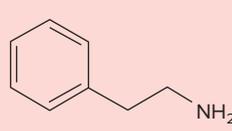
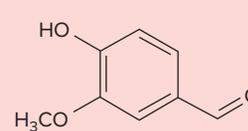


48. Unioeste-PR 2020 O grupo funcional no qual os átomos de carbono e oxigênio formam uma ligação dupla (C=O) é denominado carbonila. Esse grupo está presente nas estruturas de diversos tipos de substâncias, denominadas substâncias carboniladas ou compostos carbonilados. Observe as estruturas dos compostos carbonilados a seguir e indique qual deles apresenta o maior caráter ácido em meio aquoso.



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

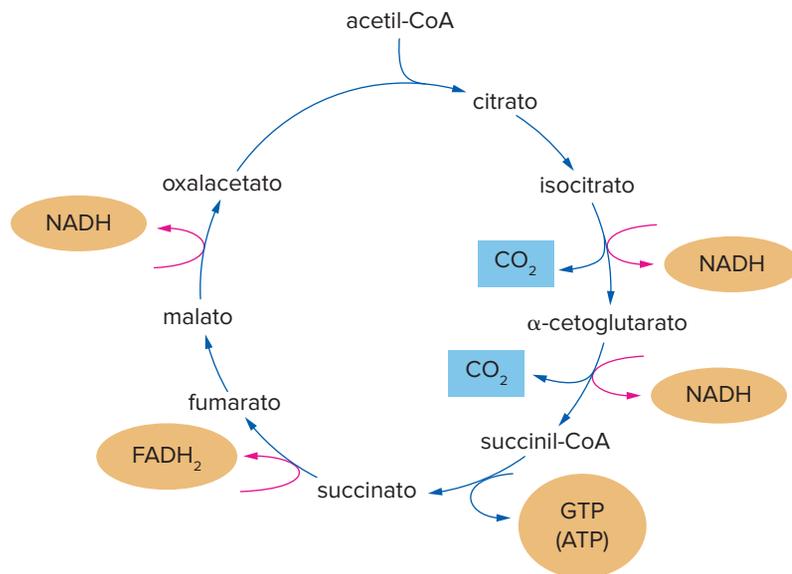
49. UFJF/Pism-MG 2019 Os diferentes tipos de chocolate (amargo, ao leite e branco) têm em sua composição algumas moléculas orgânicas como mostrado no quadro abaixo:

Amargo	Ao leite	Branco
		
Feniletilamina	Vanilina	Ácido Palmítico

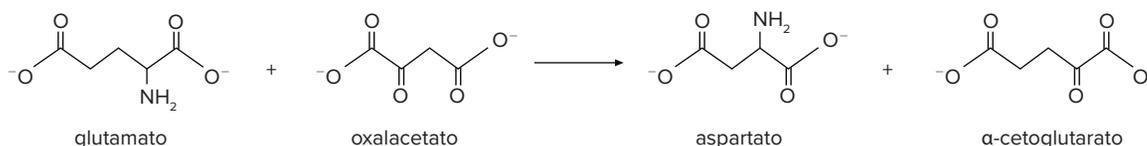
Em relação a essas moléculas, assinale a alternativa **CORRETA**:

- a) A feniletilamina apresenta cinco átomos de carbono com hibridação sp^2 e três átomos de carbono com hibridação sp^3 .
 b) A feniletilamina e o ácido palmítico são substâncias aromáticas.
 c) O ácido palmítico apresenta a função álcool.
 d) A fórmula molecular da vanilina é $C_8H_9O_3$.
 e) O nome IUPAC da vanilina é 4-hidroxi-3-metoxibenzaldeído.

50. Uerj 2016 O ciclo de Krebs, que ocorre no interior das mitocôndrias, é um conjunto de reações químicas aeróbias fundamental no processo de produção de energia para a célula eucarionte. Ele pode ser representado pelo seguinte esquema:



O íon oxalacetato participa não só do ciclo de Krebs como também da produção do íon aspartato, segundo a equação abaixo:



Com base nessa reação, pode-se afirmar que o aspartato é o ânion correspondente ao ácido dicarboxílico denominado:

- a) 2-aminobutanodioico. c) 2-aminopentanodioico.
 b) 3-aminobutanodioico. d) 3-aminopentanodioico.

51. UFPR Os principais componentes dos óleos e gorduras são os triacilgliceróis, moléculas formadas a partir do glicerol e dos ácidos graxos, que podem ser saturados ou insaturados. Uma simbologia usual que representa os ácidos graxos se baseia em um sistema alfanumérico iniciado pela letra C, seguido pelo número de átomos de carbono na molécula e o número de ligações duplas entre átomos de carbono. As posições das insaturações na cadeia carbônica são indicadas em seguida após o símbolo Δ .

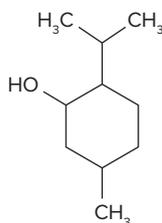
Ácidos graxos podem ser sólidos ou líquidos em temperatura ambiente e sua temperatura de fusão depende da estrutura e composição da cadeia carbônica. Numere a coluna da direita (em que são indicadas temperaturas de fusão) de acordo com sua correspondência com a da esquerda.

- | | |
|--|-----------|
| 1. Ácido oleico = C18:1- Δ 9. | ■ +44 °C. |
| 2. Ácido linoleico = C18:2- Δ 9,12. | ■ -50 °C. |
| 3. Ácido linolênico = C18:3- Δ 9,12,15. | ■ +14 °C. |
| 4. Ácido araquidônico = C20:4- Δ 5,8,11,14. | ■ -11 °C. |
| 5. Ácido láurico = C12:0. | ■ -5 °C. |

Assinale alternativa que apresenta a numeração correta na coluna da direita, de cima para baixo.

- a) 2 - 4 - 3 - 5 - 1.
 b) 4 - 2 - 5 - 1 - 3.
 c) 3 - 1 - 2 - 5 - 4.
 d) 3 - 4 - 5 - 1 - 2.
 e) 5 - 4 - 1 - 3 - 2.

52. PUC-SP 2017 Mentol ocorre em várias espécies de hortelã e é utilizado em balas, doces e produtos higiênicos.



Observe a estrutura do mentol e assinale a alternativa correta.

- a) A fórmula molecular do mentol é $C_{10}H_{19}O$.
 b) O mentol possui 3 carbonos secundários.
 c) Possui um radical isopropil.
 d) Possui a função orgânica fenol.

53. Fatec-SP Há três frascos (A, B e C) com sólidos brancos à temperatura ambiente. Por descuido, os frascos não estão identificados, encontrando-se ao lado deles três etiquetas: em uma está escrito naftaleno; em outra, ácido benzoico, e na terceira, glicose.

Para tentar identificar os conteúdos dos frascos, algumas propriedades foram determinadas, e os resultados encontram-se na tabela a seguir.

Substância contida no frasco	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)	Solubilidade em água a 25 °C
A	122	250	um pouco solúvel
B	80	218	praticamente insolúvel
C	146	decompõe	solúvel

Sabendo-se que o naftaleno é um hidrocarboneto, o ácido benzoico é um ácido orgânico e a glicose é um açúcar, os frascos A, B e C contêm, respectivamente:

- a) ácido benzoico, naftaleno e glicose. d) glicose, naftaleno e ácido benzoico.
 b) ácido benzoico, glicose e naftaleno. e) glicose, ácido benzoico e naftaleno.
 c) naftaleno, ácido benzoico e glicose.

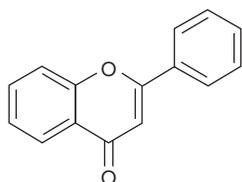
54. EsPCEX-SP 2013 Assinale a alternativa correta:

► Dados:

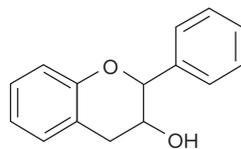
Elemento químico	H – Hidrogênio	C – Carbono	O – Oxigênio
Número atômico	Z = 1	Z = 6	Z = 8

- a) O metanol, cuja fórmula estrutural é $\text{H}_3\text{C-OH}$, apresenta quatro ligações do tipo π (π).
- b) O butano e o metilpropano apresentam a mesma fórmula molecular (C_4H_{10}) e a mesma massa molar de 58 g/mol e, por conseguinte, possuem iguais pontos de fusão e ebulição.
- c) Metano, etano e propano são constituintes de uma série homóloga de hidrocarbonetos.
- d) Uma cadeia carbônica homogênea é ramificada quando apresenta somente carbonos primários e secundários.
- e) A união das estruturas dos radicais orgânicos etil e *t*-butil (ou *terc*-butil) gera um composto orgânico cuja estrutura é nomeada por 2-metilhexano.

55. UFJF-MG 2018 Os flavonoides são compostos bioativos encontrados em hortaliças, frutas, cereais, chás, café, cacau, vinho e suco de frutas e são responsáveis pelas pigmentações amarela, vermelha e violeta de diversas flores. Um dos benefícios do consumo de frutas e outros vegetais é geralmente atribuído aos flavonoides, uma vez que esta classe de substâncias apresenta diversos efeitos biológicos que incluem, entre outros: ação anti-inflamatória, anticâncer e antioxidante. Dentre os flavonoides, pode-se citar a flavona e flavonol, cujas estruturas estão representadas a seguir. Com base nas estruturas dos compostos, responda:



flavona



flavonol

- a) Qual é a função orgânica oxigenada que está presente EXCLUSIVAMENTE na estrutura da flavona e do flavonol, respectivamente?

Flavona	Flavonol

- b) Qual é a hibridização dos átomos de carbono numerados de 1 a 4 na molécula da **FLAVONOL**?

	C-1	C-2	C-3	C-4

- c) Classifique os átomos de carbono numerados de 1 a 4 em primário, secundário, terciário ou quaternário na molécula da **FLAVONA**.

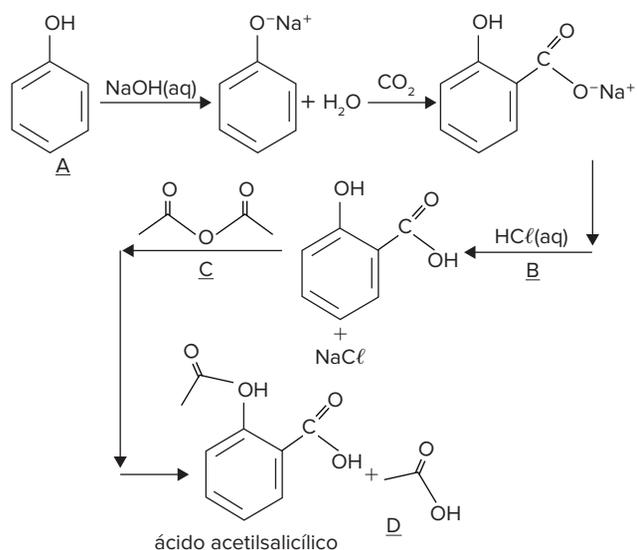
	C-1	C-2	C-3	C-4

- d) Escreva a fórmula molecular do **FLAVONOL**.

56. Acafe-SC 2019 O ácido acetilsalicílico ou AAS ($C_9H_8O_4$), conhecido popularmente como aspirina, é um fármaco da família dos salicilatos. É utilizado como medicamento para tratar a dor (analgésico), a febre (antipirético) e a inflamação (anti-inflamatório). A aspirina é um dos medicamentos mais utilizados no mundo, com um consumo estimado em 40000 toneladas anuais, o que representa entre 50000 e 120000 milhões de pastilhas, constando na Lista de Medicamentos Essenciais da Organização Mundial de Saúde, em que se classificam os medicamentos essenciais que todo o sistema de saúde deve ter.

Fonte: Adaptado de https://pt.wikipedia.org/wiki/ácido_acetilsalicílico.

Uma das rotas químicas para obtenção da aspirina está representada abaixo.



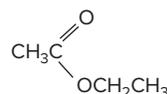
Com base na rota apresentada, os nomes dos compostos A, B, C e D são, respectivamente:

- A = hidroxibenzeno, B = ácido clorídrico, C = ácido acético, D = anidrido acético.
- A = hidroxibenzeno, B = gás cloro, C = anidrido acético, D = ácido acético.
- A = hidroxibenzeno, B = ácido clorídrico, C = anidrido acético, D = ácido acético.
- A = ácido benzênico, B = ácido clorídrico, C = anidrido acético, D = ácido acético.

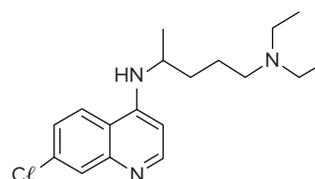
57. UFJF-MG O acetato de etila (etanoato de etila) tem odor de maçã, enquanto o odor do butanoato de butila é semelhante ao do morango. Com relação a essas substâncias flavorizantes, assinale as alternativas **incorretas**.

- Ambas são ésteres.
- O butanoato de butila possui a fórmula molecular $C_8H_{16}O_2$.
- O acetato de butila possui três átomos de carbono terciário.
- O butanoato de butila não possui nenhum átomo de carbono quaternário.

e) O acetato de butila possui a fórmula estrutural



58. UPF-RS 2021 O desenvolvimento e uso de antimaláricos sintéticos e inseticidas residuais, como o DDT (dicloro-difeniltricloroetano), foram contribuições para o combate à malária durante a Segunda Guerra Mundial. A dependência da quinina como o único antimalárico foi aliviada e muitos novos antimaláricos, como cloroquina (Figura 1), passaram a ser usados. Diversos estudos estão sendo desenvolvidos por grupos de pesquisa para adaptar este composto para o tratamento contra a Covid-19.



Representação estrutural da cloroquina (Fonte: Modificado de Quim. Nova, Vol. 31, No. 5, p. 1271-1278, 2008).

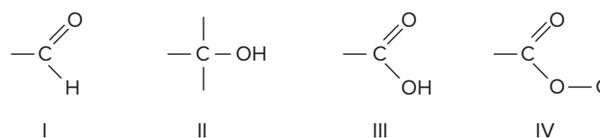
Sobre a estrutura proposta para a molécula de cloroquina, analise as seguintes afirmações e identifique-as como **verdadeiras (V)** ou **falsas (F)**.

- Sua fórmula molecular mínima é representada por $C_{18}H_{26}N_3Cl$.
- Apresenta duas aminas terciárias.
- Todos os átomos de nitrogênio apresentam geometria trigonal planar.
- O átomo de cloro está ligado a fenilamina.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

- V – V – F – V.
- V – F – F – F.
- V – V – F – F.
- F – V – V – V.
- F – V – F – V.

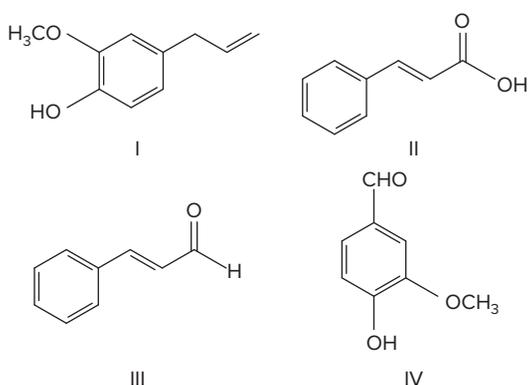
59. Ufla-MG Um grande número de compostos orgânicos contém oxigênio em sua estrutura, formando diferentes classes funcionais. Alguns grupos funcionais oxigenados estão representados a seguir.



Assinale a alternativa que apresenta as classes funcionais dos grupos I, II, III e IV, respectivamente.

- Éster, álcool, aldeído, ácido carboxílico.
- Álcool, aldeído, cetona, éter.
- Cetona, álcool, éter, aldeído.
- Aldeído, ácido carboxílico, éster, éter.
- Aldeído, álcool, ácido carboxílico, éster.

- 60. PUC-Minas** A seguir estão representadas as estruturas de algumas substâncias presentes na canela (*Cinnamomum zeylanicum*). O principal constituinte dessa importante planta aromática é o cinamaldeído, um aldeído aromático insaturado de fórmula C_9H_8O .

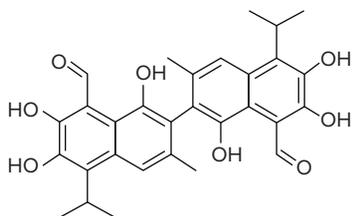


Assinale a estrutura que corresponde ao cinamaldeído.

- a) I. c) III.
b) II. d) IV.
- 61. UFRGS** Assinale a alternativa que apresenta a associação correta entre a fórmula molecular, o nome e uma aplicação do respectivo composto orgânico.
- a) $CH_3COOCH_2CH_3$ – acetato de butila – aroma artificial de fruta.
b) $CH_3CH_2OCH_2CH_3$ – etoxietano – anestésico.
c) $CH_3CH_2COCH_3$ – propanona – removedor de esmalte.
d) CH_3CH_2COOH – ácido butanoico – produção de vinagre.
e) $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$ – pentano – preparação de sabão.
- 62. Unicid-SP 2016** A torta do algodão, subproduto da extração do óleo das sementes, contém proteínas e energia, e pode ser usada para alimentação de animais. Entretanto, o uso é limitado devido à presença de gossipol entre os componentes da torta.

(“Uso de subprodutos de algodão na nutrição de ruminantes”, 2010. www.RCVT.org.br. Adaptado).

Analise a fórmula estrutural do gossipol apresentada.



- a) Determine a fórmula molecular do gossipol.
b) Identifique as funções orgânicas presentes na estrutura apresentada para o gossipol.
- 63. PUC-RS** Responder à questão relacionando os compostos orgânicos da coluna A com suas propriedades e características, apresentadas na coluna B.

Coluna A

- CH_3COOH
- CH_3COCH_3
- $CH_2=CH_2$
- CH_3OH
- HCHO

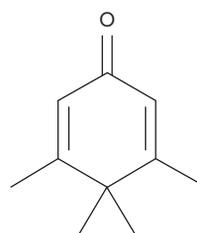
Coluna B

- Hidrocarboneto insaturado, usado na preparação de sacos plásticos.
- Usado na obtenção do metanal e como combustível especial.
- Apresenta grupo funcional carbonila e pode ser usado como solvente.
- Aldeído empregado na fabricação de fórmica e outros materiais sintéticos.
- Reage com o etanol formando etanoato de etila, flavorizante de maçã.

A numeração correta da coluna B, de cima para baixo, é:

- a) 3 – 2 – 1 – 5 – 4.
b) 3 – 4 – 2 – 5 – 1.
c) 5 – 2 – 1 – 4 – 3.
d) 5 – 1 – 2 – 4 – 3.
e) 2 – 3 – 4 – 5 – 1.
- 64. Ufla-MG** O butirato de etila, largamente utilizado na indústria, é a molécula que confere sabor de abacaxi a balas, pudins, gelatinas, bolos e outros. Esse composto é classificado como:
- a) álcool.
b) éster.
c) aldeído.
d) ácido.
e) cetona.

- 65. UFPR 2019** A nomenclatura de substâncias orgânicas segue um rigoroso conjunto de regras que levam em consideração a função orgânica, a cadeia principal e a posição dos substituintes. Dar o nome oficial a uma substância orgânica muitas vezes não é algo trivial, e o uso desse nome no dia a dia pode ser desencorajador. Por conta disso, muitas substâncias são conhecidas pelos seus nomes populares. Por exemplo, a estrutura orgânica mostrada abaixo lembra a figura de um pinguim, sendo por isso popularmente conhecida como pinguinona.



Pinguinona

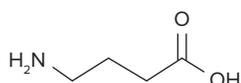
(Fonte da Imagem: <http://falen.info/usapimage-pinguim.acp>. Acessado em 09/08/2018.)



O nome oficial dessa substância é:

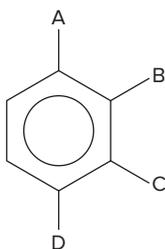
- a) metilcicloexanona.
- b) tetrametilcicloexanodienona.
- c) 3,4,4,5-tetrametilcicloexanona.
- d) 3,4,4,5-metilcicloexanodienona.
- e) 3,4,4,5-tetrametilcicloexano-2,5-dienona.

- 66. UFPR 2020** A estrutura química mostrada abaixo é a de um neurotransmissor que age como inibidor no sistema nervoso central. Quando esse neurotransmissor se liga ao seu receptor cerebral, experimenta-se um efeito calmante, que ajuda em casos de ansiedade, estresse ou medo. Trata-se de um γ -aminoácido comumente conhecido como GABA, do inglês Gamma AminoButyric Acid.



O nome desse composto, segundo a nomenclatura IUPAC, é:

- a) ácido 1-aminobutanoico.
 - b) ácido 2-aminobutanoico.
 - c) ácido 3-aminobutanoico.
 - d) ácido 4-aminobutanoico.
 - e) ácido 5-aminobutanoico.
- 67. UEPG-PR 2016** Considerando a estrutura abaixo, assinale o que for correto.



- 01 Se A = OH, B = H, C = H, D = H, tem-se um composto chamado ácido benzoico.
- 02 Se A = CHO, B = H, C = H, D = H, tem-se um composto chamado benzaldeído.
- 04 Se A = H, B = H, C = COOH, D = OH, tem-se um composto chamado ácido *o*-hidroxibenzoico.
- 08 Se A = H, B = CH₃, C = H, D = CH₃, tem-se um composto chamado *m*-dimetilbenzeno.
- 16 Se A = CH₃, B = H, C = H, D = CH₃, tem-se um composto chamado *o*-dimetilbenzeno.

Soma:

- 68. Unisinos-RS 2016**

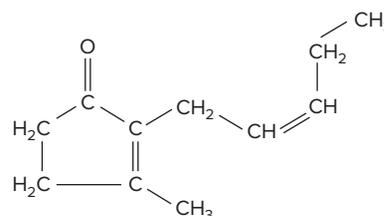
O mercado de beleza em 2015: crescimento e investimento das empresas

O cuidado com o corpo tem conquistado mais adeptos entre mulheres e homens; hoje, a lista de produtos de beleza que são indispensáveis está bem mais ampla. O setor de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos cada

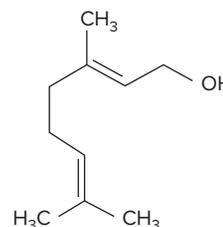
vez mais se consolida dentro da economia brasileira, e seu papel é fundamental nos aspectos econômicos, financeiros, sociais e também na contribuição em iniciativas sustentáveis.

Disponível em: <http://www.hairbrasil.com>. Acesso em: 4 out. 2015. (Adapt.)

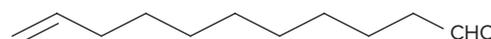
A palavra “perfume” vem do latim *per*, que significa “origem de”, e *fumare*, que é “fumaça”, isso porque seu uso originou-se, provavelmente, em atos religiosos, em que os deuses eram homenageados pelos seus adoradores por meio de folhas, madeiras e materiais de origem animal, que, ao serem queimados, liberavam uma fumaça com cheiro doce, como o incenso. Os perfumes são formados, principalmente, por uma fragrância, que é a essência ou óleo essencial; por etanol, que atua como solvente; e por um fixador. A estrutura de algumas essências usadas em perfumes é mostrada a seguir.



Composto I



Composto II



Composto III

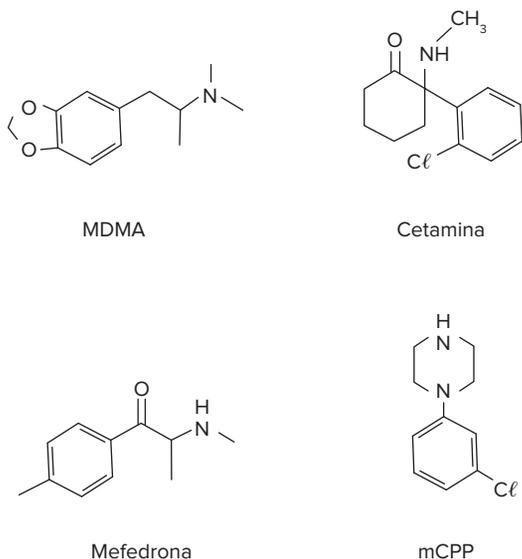
Leia as proposições seguintes, referentes às estruturas mostradas acima.

- I. O grupo carbonila presente no composto I pertence a uma cetona, enquanto, no composto II, pertence a um aldeído.
- II. A nomenclatura oficial do composto II é 3,7-dimetil-oct-2,6-dien-1-ol, e sua fórmula molecular é C₁₀H₁₈O.
- III. A nomenclatura oficial do composto III é 10-undecanal.

Sobre as proposições acima, pode-se afirmar que

- a) apenas I está correta.
- b) apenas II está correta.
- c) apenas I e II estão corretas.
- d) apenas II e III estão corretas.
- e) I, II e III estão corretas.

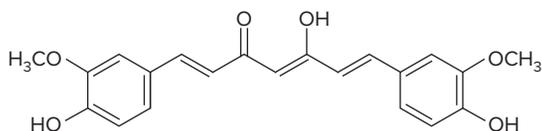
- 69. UEL-PR 2017** Estimulantes do grupo da amfetamina (ATS, amphetamine-type stimulants) são consumidos em todo o mundo como droga recreativa. Dessa classe, o MDMA, conhecido como ecstasy, é o segundo alucinógeno mais usado no Brasil. Em alguns casos, outras substâncias, como cetamina, mefedrona, mCPP, são comercializadas como ecstasy. Assim, um dos desafios da perícia policial é não apenas confirmar a presença de MDMA nas amostras apreendidas, mas também identificar sua composição, que pode incluir novas drogas ainda não classificadas. As fórmulas estruturais das drogas citadas são apresentadas a seguir.



Sobre as funções orgânicas nessas moléculas assinale a alternativa correta.

- a) Em todas as moléculas, existe a função amida.
- b) Na molécula MDMA, existe a função éster.
- c) Na molécula cetamina, existe a função cetona.
- d) Na molécula mefedrona, existe a função aldeído.
- e) Na molécula mCPP, existe a função amida ligada ao grupo benzílico.

- 70. UEL-PR 2016** A curcumina, cuja molécula é apresentada a seguir, é uma substância presente no açafrão-da-terra e que dá o tom de amarelo ao pó.



Sobre essa molécula, atribua V (verdadeiro) ou F (falso) às afirmativas a seguir.

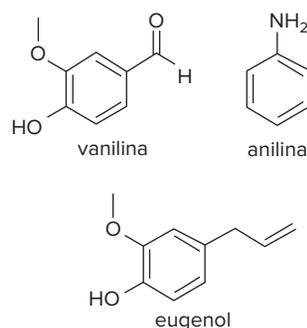
- Apresenta cadeia carbônica homogênea e insaturada.
- Contém igual número de átomos de carbono e hidrogênio.
- Por combustão total, forma monóxido de carbono e peróxido de hidrogênio.

- Possui, no total, dezessete carbonos secundários e dois carbonos terciários.
- Os grupos funcionais são ácido carboxílico, álcool e éster.

Assinale a alternativa que contém, de cima para baixo, a sequência correta.

- a) V, V, V, F, F.
- b) V, V, F, F, V.
- c) V, F, F, V, F.
- d) F, V, F, V, V.
- e) F, F, V, F, V.

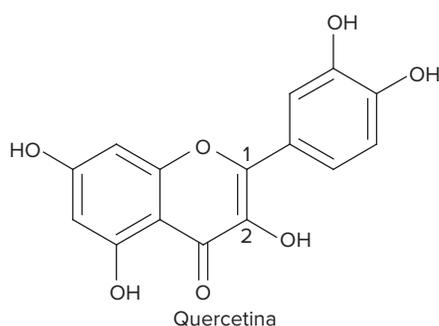
- 71. Mackenzie-SP 2019** A seguir estão representadas as fórmulas estruturais da vanilina ou baunilha, uma especiaria utilizada como aromatizante na indústria alimentícia, a anilina um corante utilizado em tintas e o eugenol que é utilizado como um antisséptico e anestésico dental.

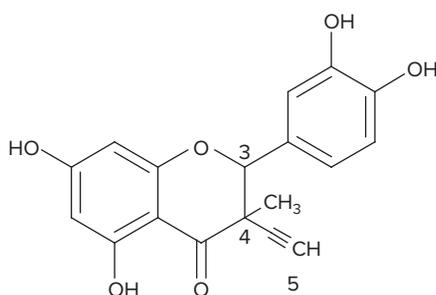


De acordo com as fórmulas estruturais dadas pode-se afirmar que:

- a) a vanilina ou baunilha, por ser um aromatizante, possui um grupo funcional éster.
- b) a anilina, cuja nomenclatura é aminobenzeno, possui caráter ácido.
- c) o eugenol é um antisséptico aromático e classificado como um álcool secundário.
- d) a vanilina e o eugenol possuem o mesmo número de átomos de carbono híbridos sp^2 .
- e) o eugenol possui dois carbonos com geometria tetraédrica.

- 72. UFJF-MG 2015** A Quercetina, cuja estrutura química está representada abaixo, está associada com processos de inibição de inflamação óssea. Com relação à sua fórmula estrutural bem como a de seu análogo estrutural **A**, responda aos itens a seguir.



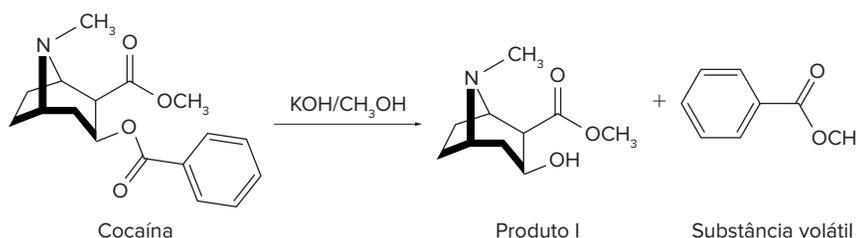


Análogo estrutural A

- Dê os nomes das funções químicas oxigenadas da estrutura da Quercetina.
- Represente a fórmula molecular da Quercetina.
- Classifique todos os carbonos numerados como primário, secundário, terciário ou quaternário.
- Informe a hibridização dos átomos de carbono numerados na estrutura.

73. UFPR 2020 Diante da interceptação de um pó suspeito de ser cocaína, métodos rápidos de identificação são utilizados, como o teste de odor. Esse teste consiste na adição de uma mistura de hidróxido de potássio e metanol na amostra a ser analisada. Em caso positivo para cocaína, a reação produz a substância volátil mostrada no esquema abaixo, responsável por um odor característico.

▶ **Dados:** massas molares ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$): H = 1; C = 12; N = 14; O = 16; $\text{C}_{17}\text{H}_{21}\text{NO}_4$ (cocaína) = 303.

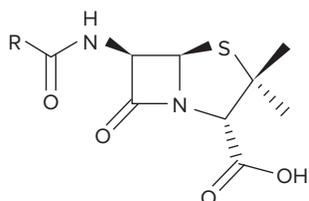


- Qual é a função orgânica nitrogenada presente na estrutura da cocaína? Classifique-a de acordo com o grau de substituição no átomo de nitrogênio.
- Quais funções orgânicas oxigenadas estão presentes na estrutura do produto I?
- Qual é o nome da substância volátil segundo a nomenclatura IUPAC?
- Qual é a fórmula molecular da substância volátil? Calcule a massa molar (em $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) dessa substância.
- Uma amostra 0,152 g de um pó foi submetida ao teste de odor. Admitindo que a amostra seja cocaína pura e seja completamente convertida segundo a equação mostrada, qual é a massa, em g, da substância volátil produzida? Mostre o cálculo.

74. UFTM-MG A crescente resistência humana a antibióticos poderá fazer com que esses medicamentos não sejam mais eficazes em um futuro próximo, levando o mundo a uma era “pós-antibióticos”, na qual uma simples infecção na garganta ou um arranhão podem ser fatais, afirma a OMS (Organização Mundial da Saúde).

Disponível em: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude>.

Desde a descoberta da penicilina em 1928 por Alexander Fleming, diversos outros antibióticos foram sintetizados pela indústria farmacêutica. Na estrutura da benzilpenicilina, conhecida como penicilina G, o grupo R corresponde ao radical benzil.



Representação da estrutura geral da penicilina

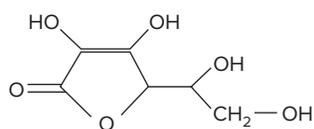
- Escreva os nomes das funções orgânicas oxigenadas encontradas na estrutura da penicilina.
- Represente a estrutura da penicilina G e determine a fórmula molecular deste medicamento.

75. Uece Existe um produto comercial denominado de Thinner, usado pelos pintores para a diluição das tintas à base de óleo, que é constituído de uma mistura de álcoois, ésteres, cetonas e hidrocarbonetos aromáticos. Com relação a essa informação, pode-se afirmar corretamente que:

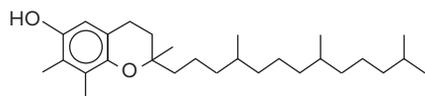
- a) o Thinner é solúvel na água.
 b) a substância: $C_2H_5 - O - C_2H_5$ pode ser um componente dessa mistura.
 c) uma substância contendo o grupo funcional  pode ser componente da mistura.
 d) o hidroxibenzeno, por se tratar de um hidrocarboneto aromático, pode ser componente da mistura.

76. UFSM-RS Na seção de “frutas e verduras”, Tomás comprou espinafre, alegando necessitar de vitamina E para combater a anemia, enquanto Gabi preferiu frutas cítricas devido à vitamina C.

Tomás lembrou a Gabi a necessidade de classificar essas vitaminas quanto à solubilidade em gorduras (lipossolúveis) e à solubilidade em água (hidrossolúveis). Observe as estruturas.



Vitamina C

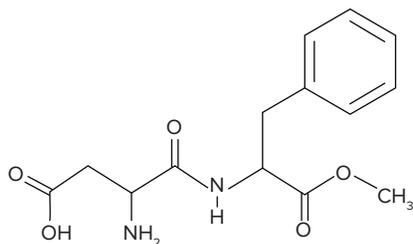


Vitamina E

Com base nessas estruturas, é correto afirmar que:

- a) ambas são lipossolúveis.
 b) ambas são hidrossolúveis.
 c) a vitamina C é hidrossolúvel e a E é lipossolúvel.
 d) a vitamina C é lipossolúvel e a E é hidrossolúvel.
 e) ambas são insolúveis.

77. EsPCEx-SP 2015 O composto denominado comercialmente por *Aspartame* é comumente utilizado como adoçante artificial, na sua versão enantiomérica denominada S,S-aspartamo. A nomenclatura oficial do Aspartame especificada pela *União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC)* é ácido 3-amino-4-[(1-benzil-2-metóxi-2-oxoetil)amino]-4-oxobutanoico e sua estrutura química de função mista pode ser vista abaixo.

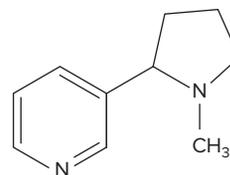


Estrutura do aspartame

A fórmula molecular e as funções orgânicas que podem ser reconhecidas na estrutura do Aspartame são:

- a) $C_{14}H_{16}N_2O_4$; álcool; ácido carboxílico; amida; éter.
 b) $C_{12}H_{18}N_3O_5$; amina; álcool; cetona; éster.
 c) $C_{14}H_{18}N_2O_5$; amina; ácido carboxílico; amida; éster.
 d) $C_{13}H_{18}N_2O_4$; amida; ácido carboxílico; aldeído; éter.
 e) $C_{14}H_{16}N_3O_5$; nitrocomposto; aldeído; amida; cetona.

78. UFRGS 2015 Em 1851, um crime ocorrido na alta sociedade belga foi considerado o primeiro caso da Química Forense. O Conde e a Condessa de Bocarmé assassinaram o irmão da condessa, mas o casal dizia que o rapaz havia enfartado durante o jantar. Um químico provou haver grande quantidade de nicotina na garganta da vítima, constatando assim que havia ocorrido um envenenamento com extrato de folhas de tabaco.



Nicotina

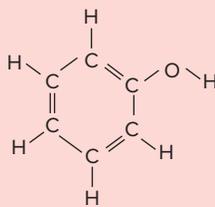
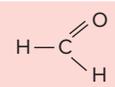
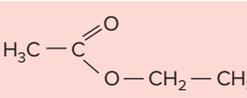
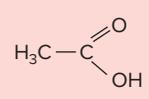
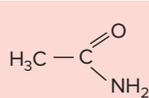
Sobre a nicotina, são feitas as seguintes afirmações.

- I. Contém dois heterociclos.
 II. Apresenta uma amina terciária na sua estrutura.
 III. Possui a fórmula molecular $C_{10}H_{14}N_2$.

Quais estão corretas?

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

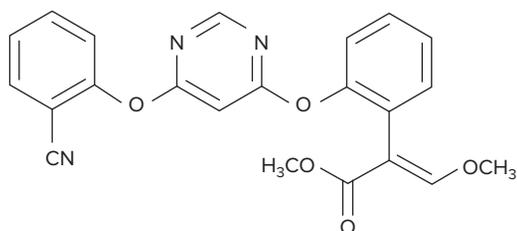
79. EsPCEx-SP 2013 A tabela abaixo cria uma vinculação de uma ordem com a fórmula estrutural do composto orgânico, bem como o seu uso ou característica:

Ordem	Composto orgânico	Uso ou característica
1		Produção de desinfetantes e medicamentos
2		Conservante
3		Essência de maçã
4		Componente do vinagre
5		Matéria-prima para produção de plástico

A alternativa correta que relaciona a ordem com o grupo funcional de cada composto orgânico é:

- 1 – fenol; 2 – aldeído; 3 – éter; 4 – álcool; 5 – nitrocomposto.
- 1 – álcool; 2 – fenol; 3 – cetona; 4 – éster; 5 – amida.
- 1 – fenol; 2 – álcool; 3 – éter; 4 – ácido carboxílico; 5 – nitrocomposto.
- 1 – álcool; 2 – cetona; 3 – éster; 4 – aldeído; 5 – amina.
- 1 – fenol; 2 – aldeído; 3 – éster; 4 – ácido carboxílico; 5 – amida.

80. PUC-Rio 2013 A substância representada é conhecida comercialmente como azoxistrobina e é muito utilizada como fungicida em plantações de alho, amendoim e arroz, no combate às pragas.



De acordo com a sua estrutura, é correto afirmar que azoxistrobina possui as seguintes funções orgânicas:

- éter e éster.
- éster e cetona.
- álcool e fenol.
- aldeído e éter.
- ácido carboxílico e amina.

81. PUC-Minas Compostos derivados do NH_3 pela substituição de um ou mais hidrogênios por radicais alquila ou arila são da seguinte função orgânica:

- nitrocompostos
- amidas
- ésteres
- aminas

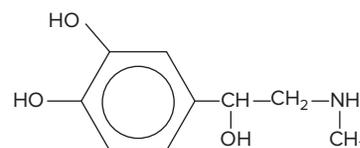
82. Fatec-SP As três substâncias indicadas a seguir são usadas em remédios para gripe, devido a sua ação como descongestionantes nasais:

	neosalina
	propadina
	benzedrex

Essas três substâncias apresentam em comum, em suas estruturas, o grupo funcional:

- benzeno.
- fenol.
- álcool.
- amida.
- amina.

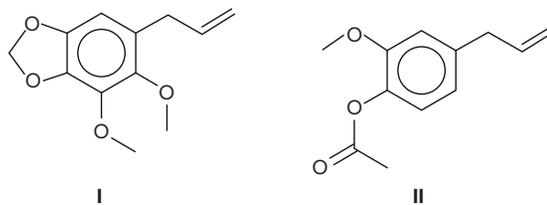
83. UFSCar-SP A epinefrina (adrenalina), fórmula estrutural representada na figura a seguir, é uma substância que aumenta a pressão sanguínea e força a contração cardíaca e a pulsação. É o agente químico secretado pelo organismo em momentos de tensão. Pode ser administrada em casos de asma brônquica para abrir os canais dos pulmões.



As funções orgânicas presentes na epinefrina são:

- álcool, amida e fenol.
- álcool, aldeído e amina.
- amina, cetona e fenol.
- álcool, amina e fenol.
- álcool, aldeído e amida.

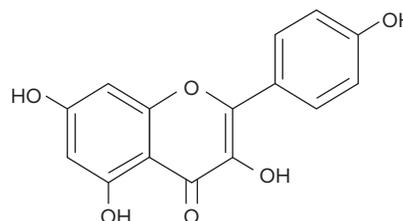
84. PUC-Rio 2014



Nas estruturas de ambas as substâncias I e II, está presente a função orgânica:

- álcool.
- aldeído.
- cetona.
- éster.
- éter.

85. Mackenzie-SP 2019 A pata de vaca é uma árvore que possui folhas levemente coriáceas, parecendo bipartidas, dando semelhança a pata de bovino, daí o nome popular pata de vaca. São conferidas à pata de vaca as atividades diurética, hipoglicemiante e atividade redutora dos níveis de triglicerídeos em sangue de animais. Esses resultados sugerem a validade do uso clínico de pata de vaca no tratamento do diabetes tipo 2. Os flavonoides, tais como o campferol presente nas folhas da pata de vaca são os responsáveis pela ação de permeabilidade dos vasos capilares.



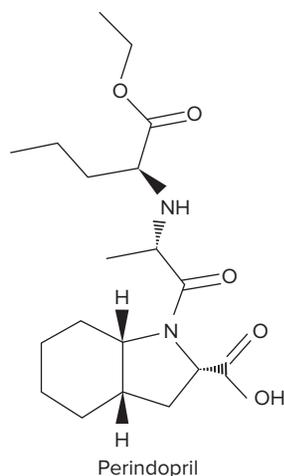
Assim, de acordo com a fórmula estrutural do campferol acima ilustrada, são feitas as seguintes afirmações.

- I. a molécula apresenta os grupos funcionais éster, fenol e cetona.
- II. possui ligações pi ressonantes.
- III. apresenta um átomo de carbono tetraédrico.
- IV. possui heteroátomo e somente dois átomos de carbono terciário.

Estão corretas somente as afirmações

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

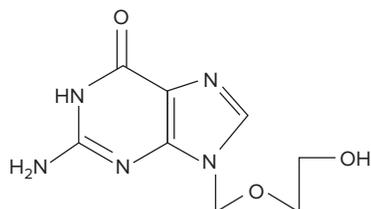
- 86. UFTM-MG** No ano de 2011 comemora-se o Ano Internacional da Química. A celebração, coordenada pela Unesco/IUPAC, ressalta os inúmeros benefícios da química para a humanidade, e tem o mote "Química para um Mundo Melhor". Seu objetivo principal é a educação, em todos os níveis, e uma reflexão sobre o papel da química na criação de um mundo sustentável. Uma das participações mais importantes da química no bem-estar social consiste no desenvolvimento de fármacos e medicamentos que evitam e curam doenças, como, por exemplo, o perindopril, empregado no controle da hipertensão arterial.



Na molécula do perindopril estão presentes os grupos funcionais:

- a) amida, álcool e cetona.
- b) amida, álcool e éster.
- c) amida, ácido carboxílico e éter.
- d) amina, ácido carboxílico e éster.
- e) amina, ácido carboxílico e éster.

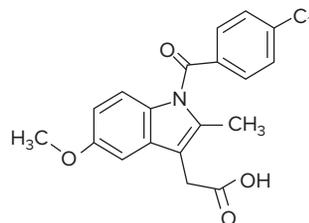
- 87. UFTM-MG** A estrutura representada na figura corresponde à fórmula estrutural do aciclovir, medicamento genérico utilizado no tratamento de infecções cutâneas pelo vírus do herpes simples, cuja venda é feita sob prescrição médica.



Na estrutura dessa molécula são encontradas as funções orgânicas

- a) álcool, amida, amina e éter.
- b) álcool, amida, amina e éster.
- c) álcool, cetona, amida e éter.
- d) aldeído, amida, amina e éster.
- e) aldeído, amina, cetona e éter.

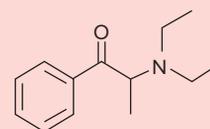
- 88. PUC-Rio** A indometacina (ver figura) é uma substância que possui atividade anti-inflamatória, muito utilizada no tratamento de inflamações das articulações. De acordo com a estrutura da indometacina, é correto afirmar que estão presentes as seguintes funções orgânicas:



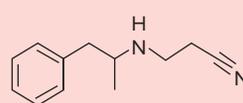
- a) éter, nitrila e ácido carboxílico.
- b) éter, ácido carboxílico e haleto.
- c) fenol, éter e haleto.
- d) cetona, álcool e anidrido.
- e) éster, nitrila e cetona.

- 89. Ulbra-RS** A Anvisa decidiu, em 4/10/2011, proibir 3 dos mais famosos remédios utilizados para emagrecer: anfeprama, o femproporex e o mazindol. Assim, remédios como o Dualid's, Desobesi, entre outros, não poderão mais ser comercializados no Brasil. Sibutramina passa a ter maior controle e rigor. Em 2010, os remédios foram proibidos na Europa por manifestarem diversos efeitos colaterais. Essas medidas visam evitar a dependência e o grande número de problemas que as pessoas estavam enfrentando com tais remédios, já que são a forma mais fácil de emagrecer. A melhor forma de ficar em forma será sempre uma dieta balanceada, hábitos saudáveis e a prática de exercícios.

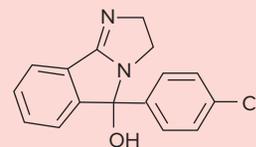
Disponível em: veja.abril.com.br.



(a) Anfepranoma



(b) Fenproporex



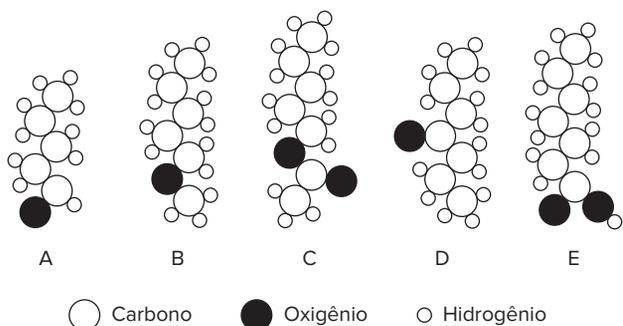
(c) Mazindol

Cinco das funções orgânicas encontradas nas estruturas dessas drogas são as seguintes:

- a) aromático, aldeído, azida, fenol e haleto de acila.
- b) cetona, amida, álcool, haleto de arila e nitrila.

- c) aromático, aldeído, álcool, amina e haleto de arila.
- d) cetona, amina, nitrila, álcool e haleto de arila.
- e) éster, amina, fenol, nitrila e haleto de alquila.

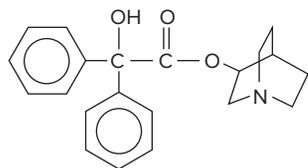
90. Mackenzie-SP 2014 Observe as representações a seguir:



As estruturas A, B, C, D e E, representadas anteriormente, correspondem a cinco compostos orgânicos oxigenados que pertencem, respectivamente, às funções orgânicas:

- a) álcool, éter, éster, cetona e aldeído.
- b) aldeído, cetona, ácido carboxílico, álcool e éster.
- c) álcool, cetona, éster, éter e ácido carboxílico.
- d) aldeído, éter, éster, cetona e ácido carboxílico.
- e) álcool, éster, éter, cetona e aldeído.

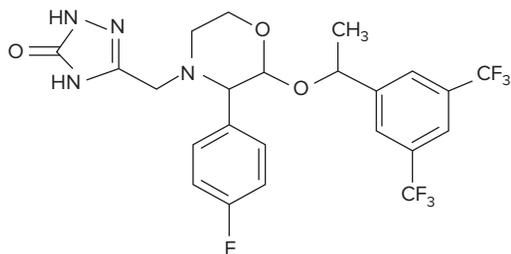
91. FGV-SP A figura representa a fórmula estrutural da substância éster benzílico do quinuclidinol, conhecida como BZ, utilizada como arma química. Essa substância é um sólido que pode ser disperso na forma de um aerossol, produzindo alucinações, vertigem, perda de orientação e amnésia.



Duas das funções orgânicas existentes na estrutura dessa substância são:

- a) éter e amida.
- b) álcool e amina.
- c) fenol e éter.
- d) fenol e amida.
- e) cetona e amina.

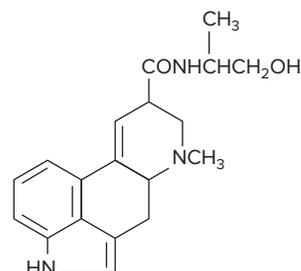
92. UFSCar-SP Estudos pré-clínicos têm demonstrado que uma droga conhecida por aprepitane apresenta ação inibitória dos vômitos induzidos por agentes quimioterápicos citotóxicos, tais como a cisplatina. Essa droga apresenta a seguinte fórmula estrutural:



Duas das funções orgânicas encontradas na estrutura dessa droga são:

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

93. UFMG A ergonovina é um alcaloide natural encontrado em alguns fungos parasitas:

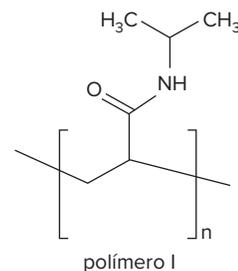


Considerando-se a estrutura desse produto, é incorreto afirmar que a ergonovina apresenta:

- a) um grupo carbonila.
- b) um grupo hidroxila.
- c) dois anéis benzênicos.
- d) dois grupos amino.

94. Unesp 2013 Recentemente, pesquisadores criaram um algodão que é capaz de capturar elevadas quantidades de água do ar. Eles revestiram fibras naturais de algodão com o polímero I, que tem a propriedade de sofrer transições rápidas e reversíveis em resposta a mudanças de temperatura. Assim, as fibras revestidas funcionam como uma "esponja de algodão". Abaixo dos 34 °C as fibras do algodão revestido se abrem, coletando a umidade do ar. Quando a temperatura sobe, os poros do tecido se fecham, liberando toda a água retida em seu interior – uma água totalmente pura, sem traços do material sintético.

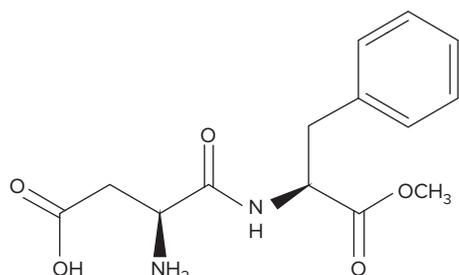
Disponível em: www.inovacaotecnologica.com.br. (Adapt.)



Na representação do polímero I, observa-se a unidade da cadeia polimérica que se repete n vezes para a formação da macromolécula. Essa unidade polimérica apresenta um grupo funcional classificado como

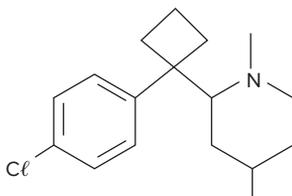
- a) amina.
- b) amida.
- c) aldeído.
- d) hidrocarboneto.
- e) éster.

- 95. Uern 2013** O aspartamo ou aspartame, aditivo alimentar utilizado para substituir o açúcar comum, foi criado em 1965 pela empresa americana G.D. Searle & Company, sendo comprada, posteriormente, pela Monsanto. Possui maior poder de adoçar (cerca de 200 vezes mais doce que a sacarose) e é menos denso. O aspartamo, geralmente, é vendido junto com outros produtos e é o mais utilizado em bebidas.



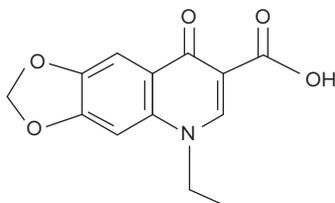
Analisando a estrutura molecular do aspartamo, é correto afirmar que possui

- a) 1 éster e 1 cetona.
 b) 1 amida e 1 cetona.
 c) 1 aromático e 6 ligações sigma.
 d) 9 carbonos sp^2 e 5 carbonos sp^3 .
- 96. PUC-Rio** A sibutramina (representada a seguir) é um fármaco controlado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária que tem por finalidade agir como moderador de apetite.



Sobre a sibutramina, é incorreto afirmar que:

- a) se trata de uma substância aromática.
 b) se identifica um elemento da família dos halogênios em sua estrutura.
 c) sua fórmula molecular é $C_{12}H_{11}NCl$.
 d) se identifica uma amina terciária em sua estrutura.
 e) se identifica a presença de ligações π em sua estrutura.
- 97. PUC-Minas** O composto antibacteriano ácido oxalínico é representado pela fórmula estrutural:

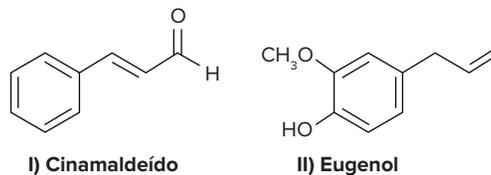


e apresenta as seguintes funções:

- a) éster, cetona, amina e éter.
 b) éter, cetona, amina e ácido carboxílico.
 c) éster, amida, amina e ácido carboxílico.

- d) éster, amina, fenol e cetona.
 e) éter, amida, éster e amina.

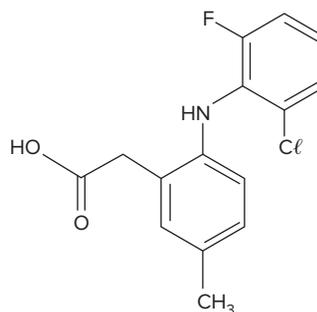
- 98. UEPG-PR 2015** Baseado nas estruturas das moléculas abaixo, responsáveis pelas fragrâncias da canela e do cravo-da-índia, respectivamente, assinale o que for correto.



- 01** Ambas possuem um grupamento fenil.
02 Ambas possuem um grupamento aldeído.
04 Somente o eugenol possui um grupamento álcool.
08 Somente o cinamaldeído possui carbono terciário.
16 Somente o eugenol possui um grupo éter metílico.

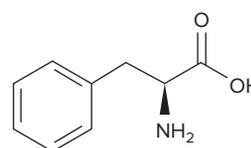
Soma:

- 99. Unifesp** Em julho de 2008, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária proibiu a comercialização do anti-inflamatório "Prexige" em todo o país. Essa medida deve-se aos diversos efeitos colaterais desse medicamento, dentre eles a arritmia, a hipertensão e a hemorragia em usuários. O princípio ativo do medicamento é o lumiracoxibe, cuja fórmula estrutural encontra-se representada na figura a seguir.



Na estrutura do lumiracoxibe, podem ser encontrados os grupos funcionais:

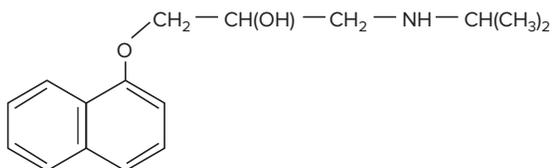
- a) ácido carboxílico e amida.
 b) ácido carboxílico e amina.
 c) amida e cetona.
 d) amida e amina.
 e) amina e cetona.
- 100. PUC-Rio** Nossos corpos podem sintetizar onze aminoácidos em quantidades suficientes para nossas necessidades. Não podemos, porém, produzir as proteínas para a vida a não ser ingerindo os outros nove, conhecidos como aminoácidos essenciais.



Assinale a alternativa que indica apenas funções orgânicas encontradas no aminoácido essencial fenilalanina, mostrada na figura anterior.

- Álcool e amida.
- Éter e éster.
- Ácido orgânico e amida.
- Ácido orgânico e amina primária.
- Amina primária e aldeído.

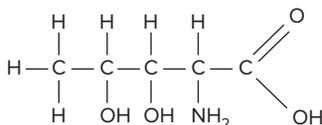
101. UFRGS Considere a fórmula a seguir.



Ela corresponde ao medicamento de nome propranolol, indicado no tratamento de doenças do coração. Em sua estrutura, estão presentes as funções orgânicas:

- éter aromático, álcool e amina alifática.
- fenol, éter, álcool e amina aromática.
- éster, fenol e amida.
- éster alifático, álcool e amida.
- éter alifático, fenol e amina.

102. UFRRJ



Na substância, cuja fórmula estrutural está representada anteriormente, estão presentes as seguintes funções orgânicas.

- Aldeído, amida e álcool.
- Éster, álcool e amina.
- Álcool, ácido carboxílico e amina.
- Ácido carboxílico, amida e álcool.
- Álcool, amida e cetona.

103. PUC-Rio Uma amina secundária é:

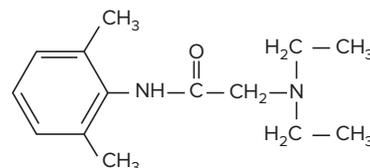
- um composto orgânico com um grupo ($-NH_2$) no átomo de C na posição 2 de uma cadeia.
- um composto orgânico com dois grupos ($-NH_2$) na cadeia principal.
- um composto orgânico com dois átomos de carbono e um grupo ($-NH_2$) na cadeia principal.
- um composto orgânico, no qual dois átomos de hidrogênio do NH_3 foram substituídos por radicais alquilas ou arilas.
- um composto orgânico com um grupo ($-NH_2$) e um grupo ($-COOH$).

104. UFPE Sobre as propriedades de alguns compostos orgânicos, podemos afirmar que:

- os álcoois apresentam uma hidroxila ligada ao carbono como grupo funcional, podendo formar pontes de hidrogênio.

- os ácidos carboxílicos não formam pontes de hidrogênio e, por isso, apresentam ponto de ebulição muito baixo.
- os ésteres, as cetonas, os aldeídos, os ácidos carboxílicos e as amidas têm em comum o grupo funcional carbonila.
- os aldeídos, assim como os álcoois, possuem uma hidroxila como grupo funcional.
- as aminas são compostos que apresentam uma ligação carbono-nitrogênio, como grupo funcional e apresentam um caráter básico.

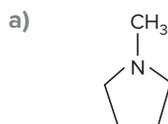
105. Unesp Em agosto de 2005, foi noticiada a apreensão de lotes de lidocaína que teriam causado a morte de diversas pessoas no Brasil, devido a problemas de fabricação. Esse fármaco é um anestésico local muito utilizado em exames endoscópicos, diminuindo o desconforto do paciente. Sua estrutura molecular está representada a seguir:



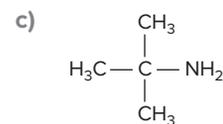
e apresenta as funções:

- amina secundária e amina terciária.
- amida e amina terciária.
- amida e éster.
- éster e amina terciária.
- éster e amina secundária.

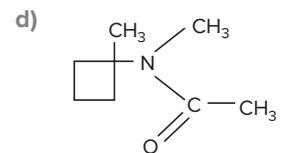
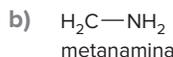
106. UFU-MG Muitas aminas têm como característica um odor desagradável. Putrescina e cadaverina são exemplos de aminas que exalam odor de carne em apodrecimento. Dos compostos nitrogenados a seguir, assinale a alternativa que apresenta uma amina terciária.



N-metilpirrolidina

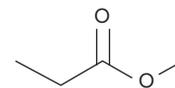
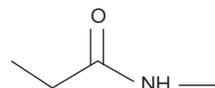
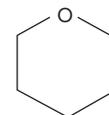
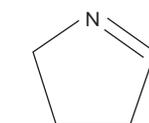


1,1-dimetilalanamina



N-metil-n-(1-metilclobutil)etanamida

107. Uerj Observe na ilustração a seguir estruturas de importantes substâncias de uso industrial.

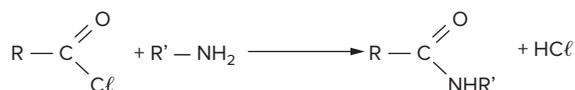


Em cada uma dessas substâncias, o número de átomos de carbono pode ser representado por x e o número de heteroátomos por y .

O maior valor da razão $\frac{x}{y}$ é encontrado na substância pertencente à seguinte função química.

- Éter.
- Éster.
- Amina.
- Amida.

108. Unioeste-PR A reação de Schotten-Baumann é um método prático de obtenção de compostos carbonilados, como mostrado na reação abaixo:



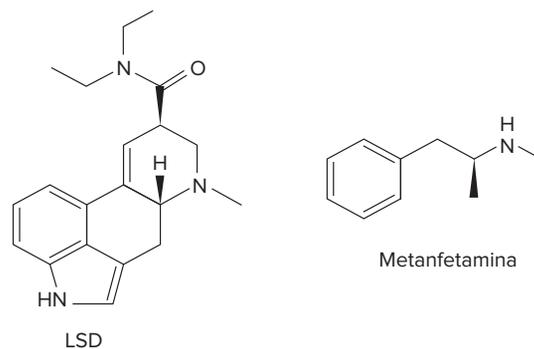
O produto carbonilado obtido nesta reação pertence à família

- das aminas.
- das amidas.
- das nitrilas.
- dos ácidos carboxílicos.
- dos ésteres.

109. UPF-RS Aminas e amidas são funções orgânicas nitrogenadas muito importantes, sendo suas substâncias comumente encontradas em muitos organismos vivos, com propriedades peculiares. No caso das aminas destacam-se a dopamina e a serotonina, responsáveis por informações químicas do sistema nervoso; por sua vez, as amidas, como a ureia e o ácido úrico, são matérias-primas bastante utilizadas em laboratórios químicos e farmacêuticos para a produção de outros materiais. A respeito destes grupos de compostos orgânicos assinale a alternativa que apresenta uma afirmativa **incorreta**:

- Aminas com até 5 átomos de carbono na molécula, inclusive as terciárias, são compostos orgânicos insolúveis em água devido à existência de carbonos tetraédricos em sua estrutura, o que torna estas moléculas apolares.
- Uma amina primária apresenta apenas um átomo de hidrogênio substituído; secundária é aquela que apresenta dois átomos de hidrogênio substituídos, e uma amina terciária, três átomos de hidrogênio substituídos.
- Amidas mais simples são solúveis em água e pouco solúveis em solventes apolares como o n-hexano.
- Aminas são compostos orgânicos derivados da amônia e, como o átomo de nitrogênio pode ceder um par de elétrons, as aminas possuem caráter básico.
- As amidas são todos os compostos orgânicos que apresentam um átomo de nitrogênio ligado diretamente a um grupo carbonila.

110. Acafe-SC No jornal *O Estado de S. Paulo*, de 16 de junho de 2011, foi publicada uma reportagem sobre uma apreensão de drogas sintéticas “[...] A Polícia Federal (PF) apreendeu cerca de 9,2 quilos de metanfetamina e 26.985 pontos de LSD, na última terça-feira, no Aeroporto Internacional de São Paulo, em Guarulhos – SP. Essa foi a primeira apreensão de drogas sintéticas este ano na rota de entrada no Brasil por esse aeroporto. [...]”. Com base nos conceitos químicos e no texto acima, analise as afirmações a seguir.



- Tanto a metanfetamina quanto o LSD apresentam a função química amida.
- A metanfetamina e o LSD não apresentam o fenômeno da ressonância.
- $\text{C}_{20}\text{H}_{25}\text{N}_3\text{O}$ é a fórmula molecular do LSD.
- A metanfetamina possui fórmula molecular $\text{C}_{10}\text{H}_{15}\text{N}$.

Assinale a alternativa correta.

- Apenas III e IV estão corretas.
- Apenas II, III e IV estão corretas.
- Apenas a afirmação II está correta.
- Apenas II e III estão corretas.

111. UEM-PR 2017 Assinale o que for correto.

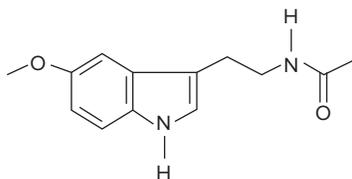
- 2-metilpropan-2-ol é um álcool terciário.
- Propanal é uma cetona utilizada como solvente para remoção de esmalte de unha.
- Etanoato de butila é um éter de cadeia ramificada.
- Aminas são substâncias teoricamente derivadas da amônia pela substituição de um, dois ou três átomos de hidrogênio por grupos alquila ou arila.
- Metoxibenzeno é um fenol, pois possui um átomo de oxigênio ligado a um carbono do anel aromático.

Soma:

112. PUC-Campinas Duas doenças não infecciosas que preocupam o homem moderno são a diabetes e o mal de Alzheimer.

Enquanto a cura de diabetes está sendo pesquisada através da engenharia genética, testes de laboratório utilizando a melatonina indicaram bons resultados para controlar o mal de Alzheimer.

A fórmula estrutural da melatonina é:



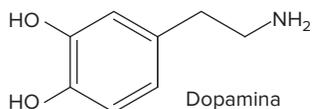
Analisando-a, um estudante afirmou que, na molécula da melatonina:

- I. há 11 carbonos e 12 hidrogênios, além de outros elementos.
- II. identifica-se pelo menos um anel aromático.
- III. identifica-se um grupo funcional amida.
- IV. identifica-se um grupo funcional éter.
- V. identifica-se um grupo funcional amina cíclica.

Todas essas afirmações são corretas, **exceto**:

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

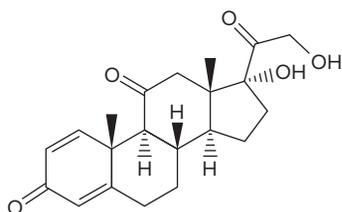
- 113. Uece 2016** Os neurônios, células do sistema nervoso, têm a função de conduzir impulsos nervosos para o corpo. Para isso, tais células produzem os neurotransmissores, substâncias químicas responsáveis pelo envio de informações às demais células do organismo. Nesse conjunto de substâncias, está a dopamina, que atua, especialmente, no controle do movimento, da memória e da sensação de prazer.



De acordo com a estrutura da dopamina, assinale a afirmação verdadeira.

- a) Mesmo com a presença de oxidrila em sua estrutura, a dopamina não é um álcool.
- b) É um composto cíclico alicíclico.
- c) A dopamina apresenta em sua estrutura o grupo das aminas secundárias.
- d) Esse composto pertence à função aminoálcool.

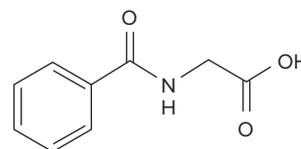
- 114. Udesc 2015** A prednisona, cuja estrutura é mostrada abaixo, é um anti-inflamatório amplamente empregado. É um composto de origem sintética e pertence à classe dos esteroides.



Com relação à estrutura da prednisona, analise as proposições.

- I. Apresenta a fórmula molecular $C_{21}H_{22}O_5$.
 - II. Possui apenas sete carbonos com configuração sp.
 - III. Realiza ligação de hidrogênio entre suas moléculas.
 - IV. Apresenta em sua estrutura a função cetona e a função ácido carboxílico.
- Assinale a alternativa correta.
- a) Somente a afirmativa I é verdadeira.
 - b) Somente a afirmativa II é verdadeira.
 - c) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
 - d) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
 - e) Somente a afirmativa III é verdadeira.

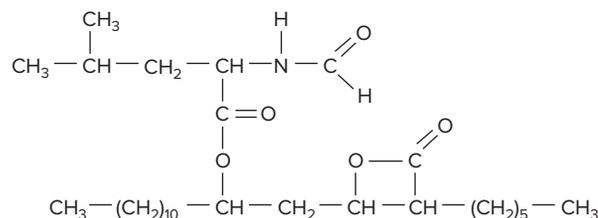
- 115. Unioeste-PR 2017** O ácido hipúrico, cuja fórmula estrutural está representada abaixo, é um bioindicador da exposição do trabalhador ao tolueno – um solvente aromático muito utilizado em tintas e colas. A biossíntese do ácido hipúrico no organismo ocorre pela reação do tolueno com o aminoácido glicina e, no laboratório, ele pode ser obtido pela reação do cloreto de benzoíla com a glicina em meio alcalino.



Na estrutura do ácido hipúrico, além do grupo ácido carboxílico, pode-se identificar a função oxigenada:

- a) cetona.
- b) amida.
- c) amina.
- d) aldeído.
- e) álcool.

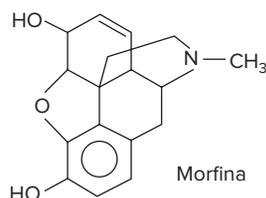
- 116. Uerj** O principal componente do medicamento Xenical, para controle da obesidade, possui a fórmula estrutural condensada conforme se representa a seguir.



Podemos identificar, nesta estrutura, a presença de, pelo menos, um grupo funcional característico da seguinte função orgânica:

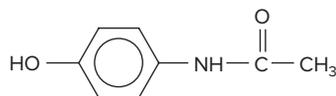
- a) éter.
- b) éster.
- c) amina.
- d) cetona.

- 117. UFSCar-SP** A morfina é um alcaloide que constitui 10% da composição química do ópio, responsável pelos efeitos narcóticos dessa droga. A morfina é eficaz contra dores muito fortes, utilizada em pacientes com doenças terminais muito dolorosas.



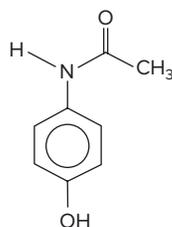
Algumas das funções orgânicas existentes na estrutura da morfina são:

- a) álcool, amida e éster. d) amina, éter e fenol.
 b) álcool, amida e éter. e) amina, aldeído e amida.
 c) álcool, aldeído e fenol.
- 118. UFRN** Em pacientes com suspeita de dengue, não é recomendada a utilização de antitérmicos e analgésicos à base de ácido acetilsalicílico (aspirina), por causar aumento do risco de hemorragia. Um medicamento substituto é o paracetamol, um composto polifuncional, cuja fórmula é:



Nessa estrutura, podem-se identificar os grupos funcionais:

- a) álcool e amida. c) álcool, amina e cetona.
 b) fenol, amina e cetona. d) fenol e amida.
- 119. UFMG** O paracetamol, empregado na fabricação de antitérmicos e analgésicos, tem esta estrutura:



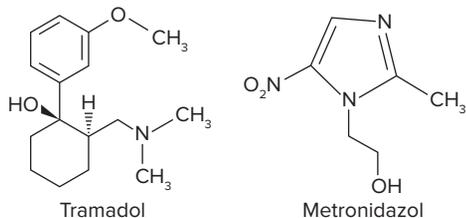
É incorreto afirmar que, entre os grupamentos moleculares presentes nessa estrutura, inclui-se o grupo:

- a) amino. c) hidroxila.
 b) carbonila. d) metila.
- 120. Uerj 2018** A dopamina e a adrenalina são neurotransmissores que, apesar da semelhança em sua composição química, geram sensações diferentes nos seres humanos. Observe as informações da tabela:

Neurotransmissor	Fórmula estrutural	Sensação produzida
dopamina		felicidade
adrenalina		medo

Indique a função química que difere a dopamina da adrenalina e nomeie a sensação gerada pelo neurotransmissor que apresenta menor massa molecular.

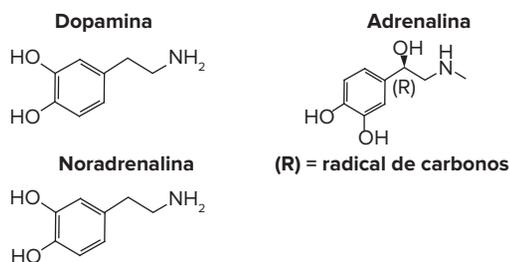
121. FMP-RJ 2018 Tramadol é um opiáceo usado como analgésico para o tratamento de dores de intensidade moderada a severa, atuando sobre células nervosas específicas da medula espinhal e do cérebro. O metronidazol possui atividade antiprotozoária e antibacteriana contra os bacilos gram-negativos anaeróbios, contra os bacilos gram-positivos esporulados e os cocos anaeróbios, presentes na cavidade oral.



O tramadol e o metronidazol apresentam em comum as funções orgânicas

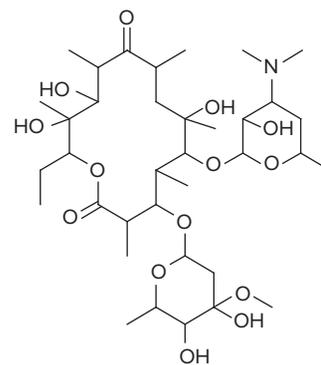
- amina e nitroderivado.
- fenol e nitrila.
- álcool e éter.
- álcool e amina.
- fenol e nitroderivado.

122. IFMT-MG 2019 O amor ocorre à base de compostos químicos, você sabia? A atuação de neurotransmissores permite sensações tais como confiança, crença e prazer, deixando as pessoas apaixonadas. Por exemplo, a substância dopamina produz a sensação de felicidade; a adrenalina causa aceleração do coração e a excitação. Já a noradrenalina é responsável pelo desejo sexual entre um casal. Observando, a seguir, as fórmulas dessas substâncias, é possível considerar que:



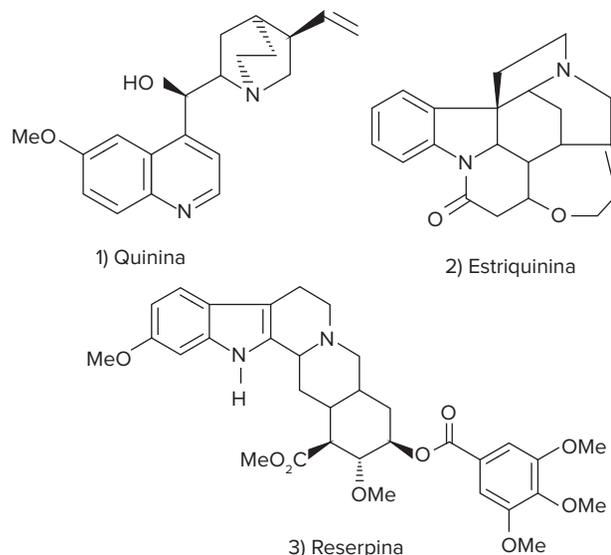
- apenas a dopamina e a noradrenalina têm o grupo funcional das aminas.
- a função álcool está presente apenas na noradrenalina.
- todos os átomos de carbono da noradrenalina fazem entre si ligações duplas.
- a adrenalina é a única que não apresenta cadeia carbônica heterogênea.
- todas apresentam a função fenol em sua estrutura.

123. IME-RJ 2015 A eritromicina é uma substância antibacteriana do grupo dos macrolídeos muito utilizada no tratamento de diversas infecções. Dada a estrutura da eritromicina abaixo, assinale a alternativa que corresponde às funções orgânicas presentes.



- Álcool, nitrila, amida, ácido carboxílico.
- Álcool, cetona, éter, aldeído, amina.
- Amina, éter, éster, ácido carboxílico, álcool.
- Éter, éster, cetona, amina, álcool.
- Aldeído, éster, cetona, amida, éter.

124. UPF-RS 2015 O químico Woodward, no período de 1945 a 1958, sintetizou os alcaloides quinina (1), estriquinina (2) e reserpina (3). Alcaloides são compostos orgânicos nitrogenados que possuem um ou mais átomos de nitrogênio em seu esqueleto carbônico, de estrutura complexa e de caráter básico. Observe a fórmula estrutural dos alcaloides.



Sobre as estruturas das substâncias químicas descritas acima, assinale a alternativa **incorreta**.

- As estruturas 1, 2 e 3 apresentam pelo menos um anel aromático.
- Na estrutura 1, há uma hidroxila caracterizando a função álcool, ligada a um átomo de carbono secundário.
- Na estrutura 3, existem átomos de oxigênio entre átomos de carbonos, como heteroátomos, relativos à função éter e à função éster.
- A estrutura 2 é uma função mista, na qual existem os grupos funcionais relativos à amida, ao éter e à amina.
- Na estrutura 3, tem-se um sal orgânico formado pela substituição da hidroxila do grupo carboxila de um ácido orgânico por um grupo alcóxila proveniente de um álcool.

125. UEPG-PR 2019 Dentre as moléculas apresentadas abaixo, identifique aquelas que são corretamente classificadas como aminas secundárias e assinale o que for correto.

01 dimetilamina

02 metil-propilamina

04 fenilamina

08 metil-fenilamina

Soma:



Leia o texto e as informações adicionais que o seguem para responder à questão **126**.

O incêndio na boate Kiss, em Santa Maria (RS), ocorrido no início deste ano [2013], trouxe à tona uma série de questões sobre a segurança dos estabelecimentos e também sobre o atendimento a vítimas de grandes incêndios. Uma delas é por que foi preciso trazer dos Estados Unidos uma substância tão simples – uma vitamina B injetável – para atender os pacientes que, segundo exames, foram intoxicados com cianeto?



O gás cianídrico liberado na queima da espuma, utilizada para melhorar a acústica da casa noturna, intoxicou a maior parte das vítimas, segundo perícia.

“É descaso e ignorância”, resume o toxicologista Anthony Wong, diretor do Ceatox (Centro de Assistência Toxicológica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo). Segundo ele, é inadmissível que o país não tenha a substância e que seu uso não seja difundido entre médicos e socorristas, como acontece em outras partes do mundo.

A hidroxocobalamina, que faz parte do complexo B, é usada em altas concentrações como antídoto para o cianeto. O gás, o mesmo que já foi usado no extermínio de judeus nos campos de concentração nazistas, é subproduto da queima de diversos componentes usados na indústria, como o plástico, o acrílico e a espuma de poliuretano. Segundo os peritos que investigam o incêndio em Santa Maria, essa última foi usada no isolamento acústico da boate.

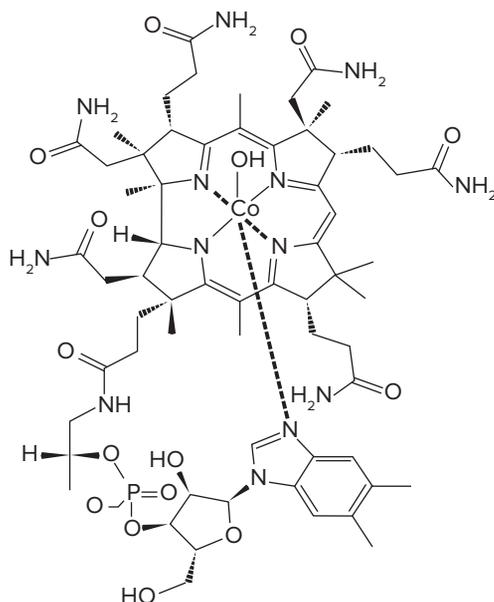
Capaz de matar em poucos minutos, o cianeto bloqueia a cadeia respiratória das células, impedindo que o oxigênio chegue aos órgãos e tecidos. Quando usada logo após a exposição, a hidroxocobalamina salva vidas. “O efeito é tão rápido que parece até milagroso”, conta Wong. Mas isso não é algo que os médicos aprendem na escola: “São poucas as faculdades que oferecem curso de toxicologia e, nas que têm, a matéria é opcional”.

Disponível em: <http://noticias.uol.com.br>. (Adapt.)

Informações adicionais:

– O gás cianídrico é o cianeto de hidrogênio (HCN) no estado gasoso.

– A fórmula estrutural da hidroxocobalamina é:

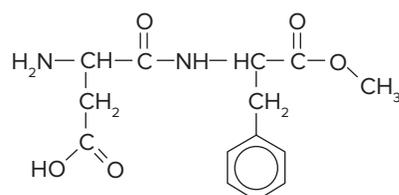


– A massa molar da hidroxocobalamina é aproximadamente igual a $1,3 \cdot 10^3$ g/mol.

126. UFTM-MG 2013 Entre as funções orgânicas presentes na hidroxocobalamina, encontram-se

- amida e fenol.
- álcool e ácido carboxílico.
- amida e álcool.
- amida e ácido carboxílico.
- álcool e fenol.

127. PUC-SP Considere na resolução deste exercício que cada 1 g de carboidrato ou de dipeptídeo metabolizado fornece 4 kcal de energia. O aspartame é um adoçante sintético (edulcorante artificial) muito utilizado atualmente por pessoas diabéticas e por aqueles que desejam ter uma dieta menos calórica. A fórmula estrutural do aspartame está representada a seguir.



Sobre o aspartame e o seu uso como adoçante, foram feitas algumas afirmações.

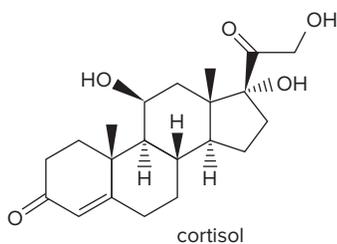
- O aspartame apresenta as funções amina, amida e ácido carboxílico.
- O aspartame é praticamente insolúvel em etanol.
- O aspartame não é metabolizado pelo organismo e, por isso, as dietas que substituem o açúcar pelo aspartame são menos caloríficas.
- Uma certa massa de aspartame fornece muito menos energia do que a mesma massa de açúcar.
- O poder edulcorante do aspartame é muito maior do que o açúcar. Então, para o mesmo efeito, utiliza-se uma quantidade muito menor de aspartame, reduzindo-se o poder calorífico da dieta.

Estão corretas apenas as afirmações:

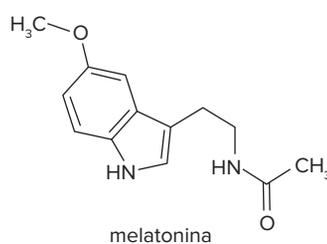
- II e IV.
- I, II e V.
- I e V.
- I, III e IV.
- III e V.

128. EBMS-BA 2016 Apesar das mudanças ocorridas na sociedade, os adultos, em geral, ainda têm muita dificuldade de compreender o comportamento dos adolescentes. Estudos recentes demonstram que, além das mudanças hormonais, algumas regiões do cérebro ainda estão em desenvolvimento, nessa fase da vida, o que leva às oscilações de humor e ao comportamento reativo. Além disso, é o cérebro que comanda a produção dos hormônios. Especialistas explicam que, entre os 11 e os 13 anos e até os 18 ou 19 anos, os níveis de testosterona, um hormônio sexual, serão os mais altos e mais baixos de toda a vida, e a melatonina, hormônio que induz ao sono, é secretada nos adolescentes mais tarde que em crianças e adultos, o que atrasa a sonolência. É comum que os adolescentes sintam sono só depois da meia-noite e que tenham dificuldade em acordar, para realizar atividades no início da manhã, devido à secreção do adrenocorticotrófico – hormônio que estimula a produção de cortisol, substância que nos permite ficar alertas – que ocorre um pouco mais tarde pela manhã. As novas descobertas sobre essa fase da vida ajudam a reconhecer o adolescente como um indivíduo que não está pronto e, por isso, precisa ser acolhido e orientado.

STAM, Gilberto. O cérebro adolescente, neuroeducação. São Paulo: Segmento, n.4, 2015, p.40–43. Adaptado



cortisol



melatonina

Com base na análise das estruturas do cortisol e da melatonina:

- classifique a cadeia carbônica da melatonina, de acordo com dois critérios diferentes.
- escreva o nome da classe funcional formada pela carbonila, em cada uma das estruturas apresentadas.

BNCC em foco

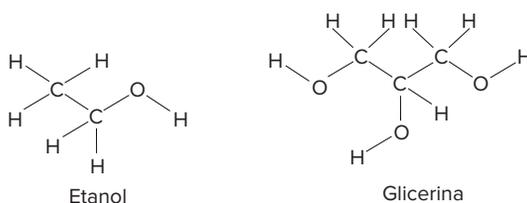
EM13CNT301

1. O refino do petróleo é um dos mais importantes avanços tecnológicos da humanidade, sendo possível separar os diversos hidrocarbonetos presentes na mistura, que serão usados em diferentes aplicações. A destilação fracionada utiliza aquecimento como forma de separação dos diferentes compostos orgânicos, e isso só é possível devido às características dos hidrocarbonetos. Com base nessa afirmação, assinale a alternativa correta.
- Alcanos com alta massa molar, comumente acima de 144 g/mol, são os mais voláteis da mistura, principalmente quando não há ramificações na molécula.
 - Alcanos com cadeias ramificadas são os mais difíceis de serem separados, pois a temperatura de ebulição cresce com o aumento do número de ramificações.
 - O aquecimento do petróleo cru converte totalmente a massa em alcanos leves, por meio da sublimação, pois o petróleo é uma mistura formada essencialmente por pentanos e propanos.
 - A temperatura aplicada para evaporar os alcanos com baixo número de átomos de carbono em sua estrutura deve ser sempre alta, para evitar que se formem torrões de compostos como metano e butano.
 - Moléculas com menor número de átomos de carbono são removidas com maior facilidade porque suas temperaturas de ebulição são mais baixas se comparadas a alcanos com mais de 10 átomos de carbono.

EM13CNT307

2. No ano de 2020, no início da pandemia de covid-19, a demanda por álcool em gel foi suficiente para esgotar o produto industrializado dos mercados de vários países. Por causa desse fato, a OMS divulgou uma forma caseira de fazer álcool em gel, denominado gel antisséptico, auxiliando os profissionais da saúde a prepará-lo de maneira rápida e fácil. Nessa receita caseira, são utilizados essencialmente três compostos para a produção de gel antisséptico: etanol, glicerina e peróxido de hidrogênio.

Observe as fórmulas estruturais abaixo e responda:



- O que as moléculas orgânicas têm em comum?
- Por que não se usou apenas a glicerina para o combate contra o vírus causador da doença, considerando que ela tem mais regiões com a mesma função orgânica presente no etanol?

EM13CNT303

3. Algumas moléculas orgânicas apresentam massa molar próxima ou idêntica, porém apresentam propriedades diferentes. Observe a tabela a seguir.

Nome	Fórmula estrutural	Massa molar (g/mol)	Temperatura de ebulição (°C)
propan-1-ol		60	97
propan-2-ol		60	82,3
ácido etanoico		60	118,1
propanona		58	56

Explique por que as temperaturas de ebulição são diferentes, considerando que as massas molares são tão próximas.



Egor Podynchenko/Shutterstock.com



Gummy Bear/Shutterstock.com

A carvona é uma substância cujos isômeros conferem o aroma característico do cominho e de hortelã.

FRENTE 1

CAPÍTULO

7

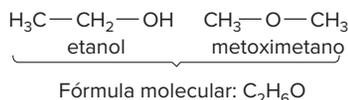
Isomeria

O cominho é uma planta nativa da região do Egito, e suas sementes são utilizadas como tempero em diversas culinárias. Seu aroma característico (forte e apimentado) se deve à presença da carvona. O aroma de hortelã também se deve à presença dessa substância. Esse fenômeno acontece em razão da isomeria existente entre as moléculas de carvona, que constituem tanto o aroma de hortelã quanto o de cominho.

Introdução

Isômeros são compostos diferentes que têm a mesma fórmula molecular, mas diferem no arranjo dos átomos na estrutura das moléculas; ou seja, são substâncias diferentes, mas com a mesma fórmula molecular.

Observe as fórmulas estruturais do etanol e do metoximetano.



Essas duas substâncias são claramente diferentes, mas suas fórmulas moleculares são iguais. A esse fenômeno atribui-se o nome **isomeria**, e a essas substâncias, **isômeros**. O termo "isomeria" é derivado do grego e significa partes iguais (*iso* = igual e *mero* = parte).

O número de isômeros aumenta com o aumento da quantidade de átomos de carbono presentes na molécula. Observe a tabela a seguir, que mostra o número de isômeros possíveis para alguns alcanos.

Fórmula molecular	Número de isômeros
C ₃ H ₈	1
C ₄ H ₁₀	2
C ₅ H ₁₂	3
C ₆ H ₁₄	5
C ₇ H ₁₆	9
C ₈ H ₁₈	18
C ₉ H ₂₀	35
C ₁₀ H ₂₂	75
C ₁₂ H ₂₆	355
C ₁₅ H ₃₂	4347
C ₂₀ H ₄₂	366 319
C ₃₀ H ₆₂	4 118 46 763
C ₄₀ H ₈₂	62 481 801 147 341

KLEIN, D. *Química orgânica*. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v. 1-2. p. 151.

Número de isômeros possíveis de alguns alcanos.

O fenômeno da isomeria pode ser dividido em duas partes: **isomeria plana** ou **constitucional** e **isomeria espacial** ou **estereoisomeria**.

Isomeria plana ou constitucional

Na isomeria plana, os isômeros podem ser facilmente diferenciados pela observação de suas fórmulas estruturais planas, pois diferem na conectividade dos átomos que formam as moléculas isômeras.

Essa isomeria é dividida em cinco classes, que são nomeadas de acordo com sua principal diferença:

- isomeria de função;
- isomeria dinâmica ou tautomeria;
- isomeria de cadeia ou de núcleo;
- isomeria de compensação ou metameria;
- isomeria de posição.

Isomeria de função

Compostos que apresentam a mesma fórmula molecular, mas pertencem a funções orgânicas diferentes.

Observe alguns exemplos:

Exemplo 1

Fórmula molecular	Isômeros	
	Álcool	Éter
C ₂ H ₆ O	H ₃ C-CH ₂ -OH	CH ₃ -O-CH ₃

Exemplo 2

Fórmula molecular	Isômeros	
	Aldeído	Cetona
C ₃ H ₆ O		

Exemplo 3

Fórmula molecular	Isômeros	
	Ácido carboxílico	Éster
C ₃ H ₆ O ₂		

Exemplo 4

Fórmula molecular	Isômeros		
	Álcool aromático	Éter aromático	Fenol
C ₇ H ₈ O			

Exemplo 5

Fórmula molecular	Isômeros	
	Éter	Aldeído
C ₂ H ₄ O		

Exemplo 6

Fórmula molecular	Isômeros	
	Cetona	Álcool
C_4H_8O	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 \end{array} $

Isomeria dinâmica ou tautomeria

É um caso particular de isomeria de função em que os isômeros coexistem em um equilíbrio dinâmico. Os casos mais comuns acontecem nos equilíbrios aldoenólico, cetoenólico e amida-hidroxi-imina.

Exemplo 1

Equilíbrio	Isômeros	
	Aldeído	Enol
Aldoenólico	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{H} \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}=\text{CH} \end{array} $	

Exemplo 2

Equilíbrio	Isômeros	
	Cetona	Enol
Cetoenólico	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{CH}_3 \end{array} $	

Exemplo 3

Equilíbrio	Isômeros	
	Amida	Hidroxi-imina
Amida-hidroxi-imina	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}=\text{NH} \end{array} $	

Normalmente o equilíbrio é muito deslocado no sentido do composto carbonílico. A concentração de enol presente em um equilíbrio aldoenólico ou cetoenólico é menor do que 0,01% e um pouco maior no equilíbrio amida-hidroxi-imina, em razão da maior eletronegatividade do nitrogênio em relação ao carbono.

Atenção

Esse tipo de isomeria pode acontecer em qualquer composto carbonílico que tiver hidrogênio no átomo vizinho à carbonila. Em todos os casos de tautomeria, o hidrogênio do átomo vizinho se ligará ao oxigênio, e a ligação dupla passará a ser entre o carbono da carbonila e o átomo vizinho.



Isomeria de cadeia ou de núcleo

Compostos que apresentam a mesma fórmula molecular pertencem à mesma função orgânica, mas diferem no tipo de cadeia carbônica.

Observe alguns exemplos:

Exemplo 1

Fórmula molecular	Isômeros	
	Cadeia aberta e insaturada	Cadeia fechada e saturada
C_4H_8	$ \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 $	$ \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \end{array} $

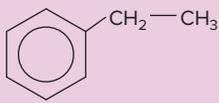
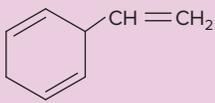
Exemplo 2

Fórmula molecular	Isômeros	
	Cadeia normal	Cadeia ramificada
C_5H_{12}	$ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 $	$ \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $

Exemplo 3

Fórmula molecular	Isômeros	
	Cadeia homogênea	Cadeia heterogênea
C_2H_7N	$ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{NH}_2 $	$ \text{H}_3\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_3 $

Exemplo 4

Fórmula molecular	Isômeros	
	Cadeia aromática	Cadeia alicíclica
C_8H_{10}		

! Atenção

Também são classificadas em isomeria de cadeia as cadeias ramificadas que apresentam diferenças no tipo de ramificação ou na quantidade de ramificações, cadeias insaturadas com diferentes tipos de instauração e cadeias cíclicas com diferentes tipos de ciclo.

Exemplo 5

Fórmula molecular	Isômeros	
C_6H_{14}	Cadeia com uma ramificação	Cadeia com duas ramificações

Exemplo 6

Fórmula molecular	Isômeros	
$C_6H_{12}O$	Cadeia ramificada com um grupo metil	Cadeia ramificada com um grupo etil

Exemplo 7

Fórmula molecular	Isômeros	
C_4H_6	Cadeia insaturada com duas ligações duplas	Cadeia insaturada com uma ligação tripla
	$H_2C=CH-CH=CH_2$	$HC\equiv C-CH_2-CH_3$

Exemplo 8

Fórmula molecular	Isômeros	
C_8H_{14}	Cadeias bicíclicas com diferentes tipos de ciclo	

Isomeria de posição

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

Exemplo 1

Fórmula molecular	Isômeros	
C_4H_8	Diferença na posição da insaturação	
	$H_2C=CH-CH_2-CH_3$	$H_3C-CH=CH-CH_3$

Exemplo 2

Fórmula molecular	Isômeros	
$C_4H_{10}O$	Diferença na posição do grupo funcional	

Exemplo 3

Fórmula molecular	Isômeros		
C_7H_8O	Diferença na posição da ramificação		

Isomeria de compensação ou metameria

Caso particular de isomeria de posição em que os isômeros diferem na posição do heteroátomo.

Exemplo 1

Fórmula molecular	Isômeros	
$C_4H_{10}O$	Metameria entre éteres	
	$H_3C-CH_2-O-CH_2-CH_3$	$H_3C-O-CH_2-CH_2-CH_3$

Exemplo 2

Fórmula molecular	Isômeros	
$C_4H_{11}N$	Metameria entre aminas	
	$H_3C-NH-CH_2-CH_2-CH_3$	$H_3C-CH_2-NH-CH_2-CH_3$

Exemplo 3

Fórmula molecular	Isômeros
$C_3H_6O_2$	Metameria entre ésteres
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$ </div> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ \backslash \\ \text{O}-\text{CH}_3 \end{array}$ </div> </div>

Exercício resolvido

1. **Cesgranrio-RJ** Assinale a alternativa que indica um par de isômeros:

- a) CH_3-CH_3 e $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
- b) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$ e $\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$
- c) $\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{OH}$ e $\text{HOCH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$
- d) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ e $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
- e) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ e $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{N}$

Resolução:

Isômeros são substâncias diferentes que apresentam a mesma fórmula molecular, portanto basta verificar qual par de substâncias apresenta a mesma fórmula molecular.

- a) C_2H_6 e $\text{C}_3\text{H}_8 \rightarrow$ não são isômeros
- b) $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ e $\text{C}_3\text{H}_6\text{O} \rightarrow$ são isômeros de função
- c) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ e $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2 \rightarrow$ não são isômeros
- d) $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ e $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O} \rightarrow$ não são isômeros
- e) $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$ e $\text{C}_2\text{H}_3\text{N} \rightarrow$ não são isômeros

Resposta: alternativa B.

Isomeria espacial ou estereoisomeria

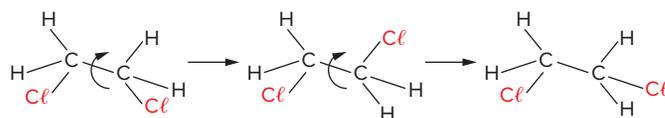
Isômeros espaciais ou estereoisômeros são os que apresentam a mesma conectividade entre os átomos, mas diferem na disposição espacial dos átomos na molécula.

Nesses casos, para perceber a diferença entre os isômeros, é necessário analisar a estrutura espacial (geometria) das moléculas.

Existem dois tipos de isomeria espacial, a isomeria **geométrica** e a isomeria **óptica**.

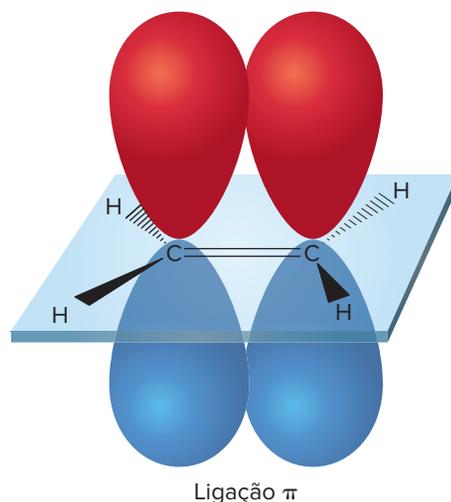
Isomeria geométrica

Em um composto como o 1,2-dicloroetano, a ligação simples (σ) entre átomos de carbono permite que eles rocionem livremente em relação aos outros.



Nesse caso, a relação entre as posições, no espaço, que os ligantes dos átomos de carbono ocupam é irrelevante, pois se trata da mesma substância.

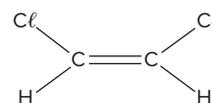
Entretanto, quando dois átomos de carbono estão unidos por uma ligação dupla, a presença da ligação π (π) entre carbonos impede a livre rotação entre eles.



Fórmula estrutural da molécula do eteno.

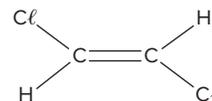
Em um composto como o 1,2-dicloroeteno, a ligação π entre os átomos de carbono impede a rotação entre eles. Portanto, a relação entre as posições, no espaço, que os ligantes dos átomos de carbono assumem passa a ser relevante, pois se formam substâncias diferentes.

Estrutura 1



Temperatura de fusão = -80°C
 Temperatura de ebulição = 60°C
 Densidade (20°C) = $1,284\text{ g/cm}^3$

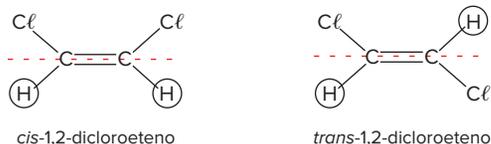
Estrutura 2



Temperatura de fusão = -50°C
 Temperatura de ebulição = 48°C
 Densidade (20°C) = $1,257\text{ g/cm}^3$

Nas estruturas 1 e 2, percebemos que, apesar de constituídas pelos mesmos átomos, as propriedades físicas dos compostos que representam são bem diferentes.

Esses compostos são denominados isômeros geométricos, pois a diferença entre eles está na disposição geométrica dos grupos ligados aos carbonos da ligação dupla. Para diferenciar um composto do outro, usamos os prefixos **cis** e **trans**.

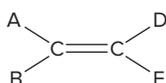


Quando dois grupos iguais estão do mesmo lado de uma linha imaginária que passa pela ligação dupla, utilizamos o prefixo **cis** precedendo o nome do composto; quando dois grupos iguais estão em lados opostos a essa linha imaginária, utilizamos o prefixo **trans**.

Condições para isomeria geométrica

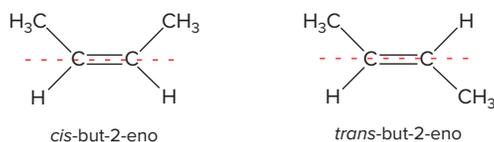
A isomeria geométrica pode acontecer em compostos de cadeia aberta e de cadeia fechada.

- **Compostos de cadeia aberta:** devem apresentar pelo menos uma ligação dupla entre carbonos, cujos ligantes de cada carbono tenham as seguintes características:

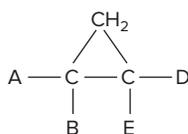


- A e B devem ser diferentes entre si, mas podem ser iguais a D e E;
- D e E devem ser diferentes entre si, mas podem ser iguais a A e B.

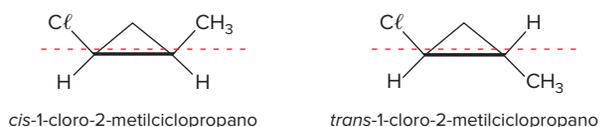
Observe o exemplo do composto but-2-eno:



- **Compostos de cadeia fechada:** assim como na ligação dupla, o ciclo não permite a livre rotação entre os átomos de carbono. Portanto, a relação entre a posição dos ligantes torna-se importante, porque há a formação de substâncias diferentes. As condições dos ligantes para que ocorra a isomeria geométrica em moléculas de cadeia fechada são as mesmas dos alcenos de cadeia aberta.



Observe o exemplo do composto 1-cloro-2-metilciclopropano:



Exercício resolvido

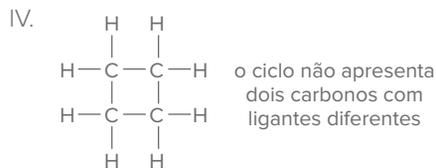
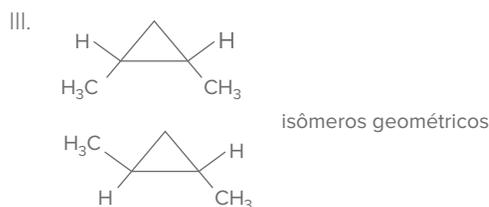
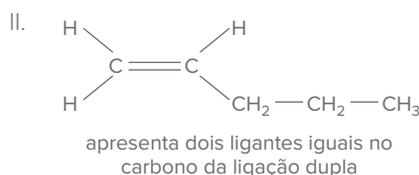
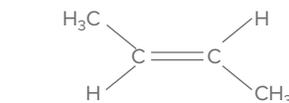
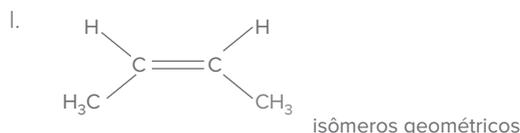
2. **Cesgranrio-RJ** Considere os compostos:

- I. But-2-eno
- II. Pent-1-eno
- III. 1,2-dimetilciclopropano
- IV. Ciclobutano

Em relação à possibilidade de isomeria *cis-trans*, pode-se afirmar que:

- a) aparece apenas no composto I.
- b) ocorre em todos.
- c) ocorre somente nos compostos II e IV.
- d) aparece somente nos compostos I e III.
- e) só não ocorre no composto I.

Resolução:

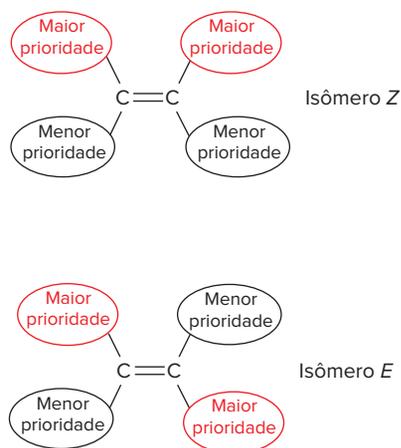


Atenção

Quando todos os grupos ligados aos carbonos envolvidos na isomeria geométrica são diferentes entre si, a nomenclatura *cis-trans* não é recomendada. Nesses casos, para identificar os isômeros geométricos, a IUPAC recomenda usar o sistema de **nomenclatura E-Z**, proposto pelos químicos Cahn-Ingold-Prelog.

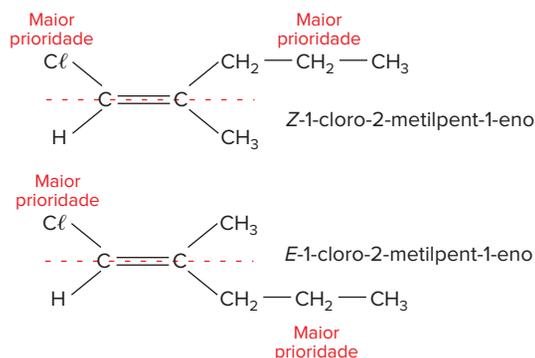
Nesse sistema, a letra *E* vem da palavra alemã *entgegen*, que significa “opostos” (parecido com o *trans*), e a letra *Z* vem da palavra alemã *zusammen*, que significa “juntos” (parecido com o *cis*).

Para tanto, devemos determinar os grupos de maior prioridade em cada um dos carbonos envolvidos na isomeria geométrica. Se esses grupos estiverem do mesmo lado do plano, atribuímos o termo *Z*; se estiverem em lados opostos, *E*.



O grupo de maior prioridade será o ligante cujo átomo ligado imediatamente ao carbono da ligação dupla tiver o maior número atômico. Se o número atômico dos dois ligantes for igual, deve-se optar pelo isótopo de maior massa. Em caso de empate, aplicamos essas regras aos átomos subsequentes.

Observe o exemplo do 1-cloro-2-metilpent-1-eno:



Entre o hidrogênio e o cloro, a maior prioridade é do cloro, pois seu número atômico é 17 e o do hidrogênio é 1. Entre os grupos metil e propil, a maior prioridade é do grupo propil. Nesse caso, houve empate nos números atômicos dos átomos de carbono imediatamente ligados ao carbono da ligação dupla. Analisando os átomos subsequentes, observa-se que, no grupo metil, existem três hidrogênios (H, H, H) e, no grupo propil, dois hidrogênios e um carbono (C, H, H). Dessa forma, a maior prioridade deve ser do propil, pois o número atômico do carbono é maior que o número atômico do hidrogênio.

Isomeria óptica

Tipo de isomeria espacial que acontece em **moléculas assimétricas** nas quais os isômeros diferem no desvio da luz polarizada.

Simetria e assimetria

Um objeto é **simétrico** quando tem um plano de simetria, ou seja, pode ser dividido em duas partes iguais. Observe alguns exemplos a seguir.

©Tracy0703 | Dreamstime



Uma esfera tem infinitos planos de simetria, ou seja, qualquer corte imaginário feito no meio da esfera gerará duas faces idênticas.

©M30 | Dreamstime



Ao traçar uma linha imaginária na vertical no centro do vaso, é possível perceber duas metades idênticas.

Um objeto **assimétrico** não tem plano de simetria, ou seja, não pode ser dividido em duas partes iguais. Observe os exemplos a seguir.



A mão é uma das partes do corpo humano que não apresentam simetria, pois, mesmo que uma linha imaginária seja traçada vertical ou horizontalmente, não será possível obter duas metades idênticas. Isso também acontece com o sapato.

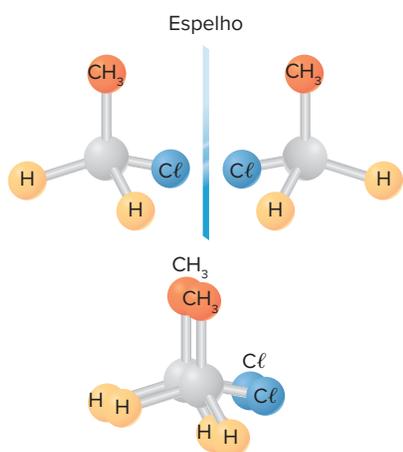
A principal diferença entre objetos simétricos e assimétricos é o fato de a imagem, no espelho, de um objeto simétrico ser igual a ele mesmo. No entanto, a de um objeto assimétrico é diferente (invertida) dele mesmo.



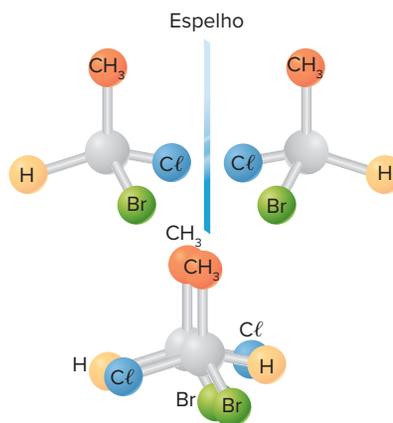
Representação da assimetria da mão.

Esse fenômeno acontece também com moléculas, ou seja, existem moléculas simétricas e moléculas assimétricas.

Quando uma molécula é simétrica, sua imagem no espelho é igual a ela mesma, mas, se for assimétrica, sua imagem no espelho será uma molécula diferente.



Representação de uma molécula simétrica. As duas representações são iguais, portanto sobreponíveis.



Representação de uma molécula assimétrica. As duas representações são diferentes, portanto não sobreponíveis.

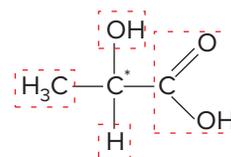
As duas moléculas representadas são isômeras, pois têm disposição espacial diferente, mas com a mesma fórmula molecular.

O carbono quiral

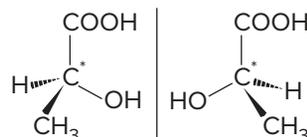
O caso mais importante de moléculas assimétricas se dá quando elas têm, em sua estrutura, pelo menos um átomo de carbono **quiral** ou **assimétrico**.

Carbono quiral ou assimétrico é um carbono que apresenta quatro ligantes diferentes entre si. Para facilitar sua visualização, costuma-se assinalar esse carbono com um asterisco.

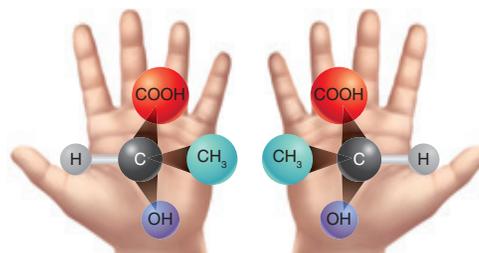
Observe a molécula do ácido láctico:



É visível a presença de um carbono quiral nessa molécula, isso significa que é assimétrica e existem duas moléculas diferentes.



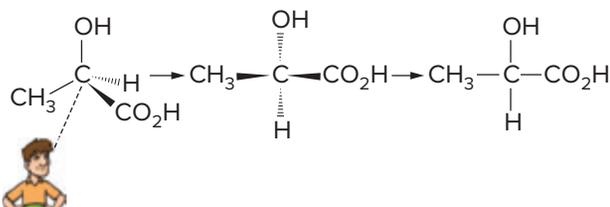
Observe que as duas moléculas não são sobreponíveis, são, na verdade, **antípodos ópticos** (isômeros ópticos), que recebem o nome de **enantiômeros** (do grego: *enantio*, "oposto"; *meros*, "partes") ou **enantiomorfos** (do grego: *morphos*, "formas").



Assim como as mãos, as moléculas não são sobreponíveis.

Atenção

Para facilitar a representação dos isômeros ópticos, o químico alemão Hermann Emil Fischer (1852-1919) sugeriu um modo simplificado, bidimensional, de representar uma molécula tridimensional por projeção. Observe o esquema a seguir.

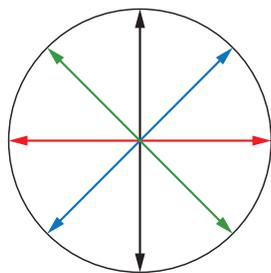
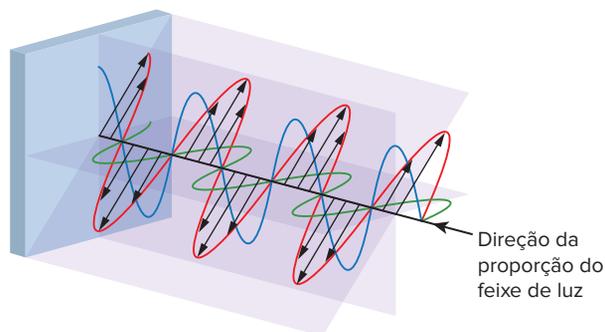


Uma pessoa que observa uma molécula na perspectiva mostrada na imagem a vê com dois ligantes à frente e dois ligantes atrás do átomo de carbono. A projeção de Fischer propõe que essa molécula seja representada no plano em que as linhas horizontais são os ligantes à frente do átomo de carbono e as linhas verticais, atrás do átomo de carbono.

Essa proposta foi feita por Fischer, originalmente, para descrever moléculas bioquímicas, como carboidratos. Ela não é recomendada para representar outras moléculas orgânicas, já que pode causar confusão no momento da leitura.

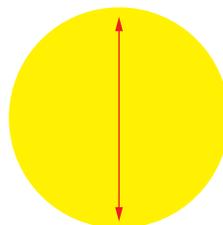
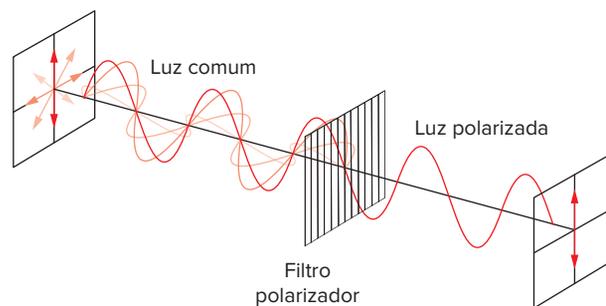
A luz polarizada

As fontes luminosas, como o Sol ou as lâmpadas, emitem luz na forma de ondas eletromagnéticas, que vibram em diversas direções. Essa luz é chamada **não polarizada**, pois seus raios vibram em diversos planos perpendicularmente ao sentido da propagação do feixe de luz.



Na ilustração de cima, temos a representação da propagação das ondas eletromagnéticas da luz. Na ilustração de baixo, como ela é visualizada no plano perpendicular à direção em que se propaga.

A luz polarizada é um conjunto de ondas eletromagnéticas que, depois de atravessar um filtro polarizador, vibra em um único plano.

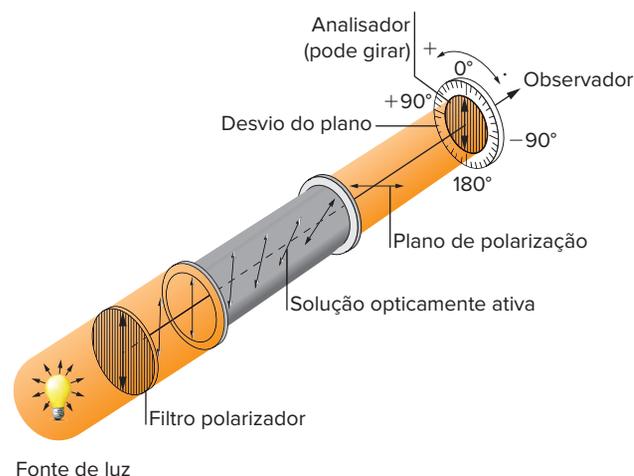


Representação da polarização da luz.

A presença de um carbono quiral na molécula faz com que existam duas estruturas não sobreponíveis, ou seja, dois isômeros ópticos. Experimentalmente, verifica-se que o plano de luz polarizada sofre um desvio ao atravessar um frasco com uma solução aquosa contendo uma substância cujas moléculas são assimétricas.

Um dos isômeros ópticos apresenta a capacidade de desviar o plano de luz polarizada para a direita (sentido horário), e o outro, para a esquerda (sentido anti-horário). Esses isômeros são denominados **opticamente ativos**.

Esse desvio é determinado experimentalmente por meio de um aparelho chamado **polarímetro**, conforme representado a seguir.

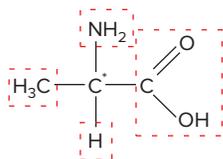


Representação esquemática de um polarímetro.

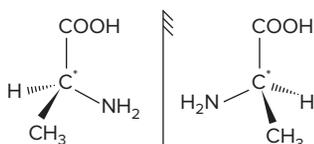
O isômero responsável pelo desvio para a direita é chamado **dextrogiro** ou **dextrorrotatório**, e o responsável pelo desvio para a esquerda é o **levogiro** ou **levorrotatório**.

Moléculas com um carbono quiral

Observe a fórmula estrutural do aminoácido alanina:



A presença de um carbono quiral em sua estrutura faz com que existam dois isômeros opticamente ativos, um dextrogiro e um levogiro.



Esses dois isômeros desviam o mesmo ângulo da luz polarizada, porém em sentidos opostos, por isso são chamados **enantiômeros** ou **enantiomorfos**. Esses compostos são quimicamente iguais e a única diferença física entre eles é no desvio da luz polarizada, conforme indicado na tabela a seguir.

Características	(+) –Alanina	(–) –Alanina
Fórmula molecular	C ₃ H ₇ NO ₂	C ₃ H ₇ NO ₂
Massa molar	89 g/mol	89 g/mol
Temperatura de fusão	258 °C	258 °C
Densidade (20 °C)	1,424 g/cm ³	1,424 g/cm ³
Desvio da luz polarizada	+14,5°	–14,5°

Características das formas levogira e dextrogiro do aminoácido alanina.

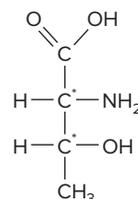
A mistura formada por quantidades iguais (equimolar) dos dois isômeros (dextrogiro e levogiro) é chamada **mistura racêmica** e não tem atividade óptica (**opticamente inativa**), pois existe compensação externa do desvio da luz polarizada, ou seja, como essas moléculas provocam desvios contrários na luz polarizada e estão em quantidades iguais, o desvio final será nulo, já que uma molécula compensa o desvio da outra.

! Atenção

Além de interações diferentes com a luz plano-polarizada, os enantiômeros geralmente têm **propriedades biológicas distintas**. Por exemplo, um enantiômero de uma molécula pode se comportar como um medicamento terapêutico no corpo humano, ao passo que outro enantiômero pode ser tóxico.

Moléculas com dois ou mais carbonos quirais diferentes

Considere a fórmula estrutural do aminoácido treonina a seguir.



Observe que, nesse composto, há dois carbonos quirais diferentes (os carbonos quirais apresentam ligantes diferentes). Como esse composto é assimétrico, existe um isômero equivalente a sua imagem no espelho.

Par de enantiômeros		
Tipo	dextrogiro	levogiro
Valor do desvio	+9°	–9°

Características dos isômeros dextrogiro e levogiro da treonina.

Existe ainda a possibilidade de inverter a configuração de dois ligantes de apenas um dos dois carbonos quirais, formando, assim, mais dois enantiômeros apresentando desvio do plano da luz polarizada com ângulos diferentes dos dois primeiros isômeros.

Par de enantiômeros		
Tipo	dextrogiro	levogiro
Valor do desvio	+27°	–27°

Características dos isômeros dextrogiro e levogiro da treonina.

Concluimos que moléculas com dois carbonos quirais diferentes têm, no total, quatro isômeros opticamente ativos (dois pares de enantiômeros), e são possíveis duas misturas racêmicas: uma formada pelo primeiro par de enantiômeros (+9° e –9°) e outra, pelo segundo par de enantiômeros (+27° e –27°).

Quaisquer outros pares (+9° e –27°; +9° e +27°; –9° e –27°; –9° e +27°) não formam misturas racêmicas e são denominados **diastereoisômeros**, pois são isômeros espaciais entre si, mas não são imagens espelhadas um do outro.

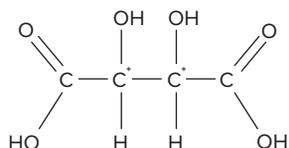
Quando uma molécula tem vários carbonos quirais diferentes, podemos calcular o número de isômeros ópticos ativos pela regra de Van't Hoff.

Número de isômeros opticamente ativos = 2^n (em que n é o número de carbonos quirais diferentes).

O número de misturas racêmicas é sempre a metade do número de isômeros ópticos ativos, que pode ser calculado pela seguinte fórmula: $\frac{2^n}{2}$ ou 2^{n-1} .

Atenção

Existem moléculas com dois carbonos quirais iguais. Observe o exemplo do ácido tartárico.



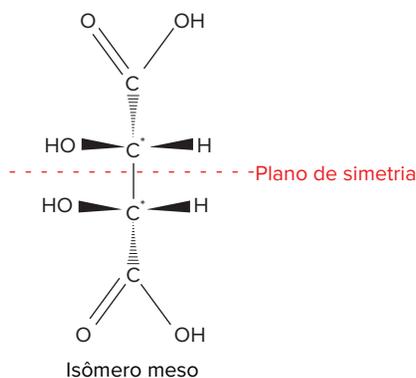
Como os dois carbonos quirais são iguais (apresentam os mesmos ligantes), o ângulo de desvio provocado por esses carbonos será o mesmo. Dessa forma, não podemos utilizar a fórmula de Van't Hoff para determinar o número de isômeros opticamente ativos, pois um dos isômeros espaciais será inativo, em razão de uma compensação interna (um carbono quiral compensa o desvio do outro).

Logo, o ácido tartárico apresenta apenas dois isômeros opticamente ativos (par de enantiômeros) e uma mistura racêmica, conforme representado na tabela a seguir.

Par de enantiômeros		
	dextrogiro	levogiro
Tipo	dextrogiro	levogiro
Valor do desvio	+12°	-12°

Características dos isômeros dextrogiro e levogiro do ácido tartárico.

O outro isômero espacial possível é inativo (não desvia o plano de luz polarizada), em virtude do plano de simetria da molécula, e é chamado isômero meso.



Exercícios resolvidos

3. Unesp

Observe as relações a seguir:

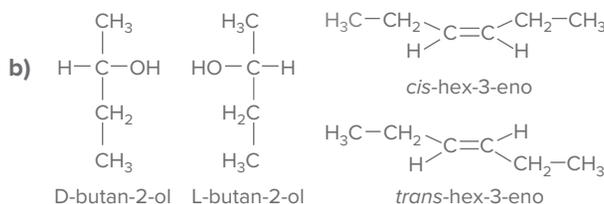
COMPOSTOS: butan-2-ol; hex-3-eno

TIPO DE ISOMERIA: geométrica; óptica

- Associe cada composto ao respectivo tipo de isomeria.
- Escreva as fórmulas estruturais e dê os nomes dos respectivos isômeros.

Resolução:

- Butan-2-ol apresenta isomeria óptica, pois tem carbono quiral.
- Hex-3-eno apresenta isomeria geométrica, pois os carbonos da ligação dupla têm ligantes diferentes.



4. Cesgranrio-RJ

Em 1848, Louis Pasteur estudou os sais de potássio e amônio obtidos do ácido racêmico (do latim *racemus*, que significa cacho de uva), o qual se depositava nos tonéis de vinho durante a sua fermentação. Após observar que esse ácido era uma mistura de dois outros com a mesma fórmula molecular do ácido tartárico, que, separados, desviavam a luz plano-polarizada e juntos, em quantidades iguais, perdiam essa propriedade, nasceu o conceito de mistura racêmica. De acordo com o exposto, assinale a opção correta, com relação aos conceitos de isomeria espacial.

- Uma mistura racêmica é uma mistura equimolecular de dois compostos enantiomorfos entre si.
- O butan-1-ol, por ser um álcool opticamente ativo, pode originar uma mistura racêmica.
- O but-2-eno apresenta dois isômeros ópticos, *cis*-but-2-eno e *trans*-but-2-eno.
- O butan-2-ol apresenta três isômeros ópticos ativos denominados dextrogiro, levogiro e racêmico.
- Quando um composto desvia a luz plano-polarizada para a direita é chamado de levogiro.

Resolução:

Alternativa A: correta. Apresenta carbono quiral.

Alternativa B: incorreta. O butan-1-ol não é opticamente ativo, pois não apresenta carbono quiral.

Alternativa C: incorreta. O but-2-eno apresenta dois isômeros geométricos, *cis*-but-2-eno e *trans*-but-2-eno.

Alternativa D: incorreta. O butan-2-ol apresenta dois isômeros ópticos ativos, denominados dextrogiro e levogiro, e uma mistura racêmica inativa.

Alternativa E: incorreta. Quando um composto desvia a luz plano-polarizada para a direita, é chamado dextrogiro.

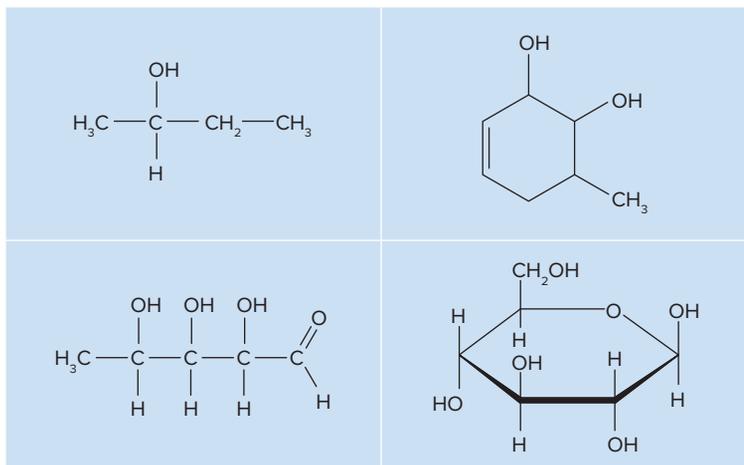
Resposta: alternativa A.

Revisando

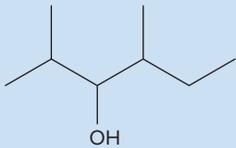
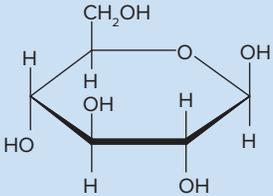
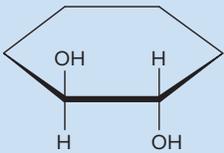
1. O que são isômeros?
2. Quais são os tipos de isomeria?
3. Dos compostos relacionados a seguir, quais formam pares de isômeros?
 - a) Éter dimetílico
 - b) Álcool etílico
 - c) Metilbuteno
 - d) Propanal
 - e) Ácido propanoico
 - f) Butanona
 - g) Ciclobutanol
 - h) Ciclopentano
4. Indique o tipo de isomeria que ocorre em cada caso.

Substâncias	Isomeria
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} \\ \mid \\ \text{H} \end{array}$ e $\text{CH}_2 = \text{CHOH}$	
$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ e $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	
$\text{CH}_3 - \text{OCH}_3$ e $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	
$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$ e $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$	

5. Existem cinco isômeros planos possíveis com a fórmula C_4H_6 .
 - a) Desenhe as fórmulas estruturais de todos eles.
 - b) Escreva os nomes de todos os cinco compostos.
6. Considere o composto 3,4-dimetil-hex-3-eno.
 - a) Que tipo de isomeria ocorre nesse composto?
 - b) Escreva as fórmulas estruturais dos isômeros do item anterior. Identifique-os.
7. Existem seis compostos diferentes possíveis com a fórmula C_4H_8 . Desenhe a estrutura de todos eles.
8. O que é um carbono assimétrico?
9. Nos compostos a seguir, assinale a presença de carbonos quirais.



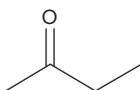
10. Calcule o número de isômeros ópticos ativos e o número de misturas racêmicas para cada um dos compostos a seguir.

Composto	Número de isômeros ativos	Número de misturas racêmicas
		
		
		

Exercícios propostos

Isomeria plana

1. **Unesp 2018** A fórmula representa a estrutura da butanona, também conhecida como metiletilcetona (MEK), importante solvente industrial usado em tintas e resinas.



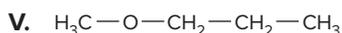
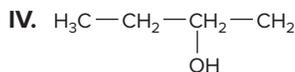
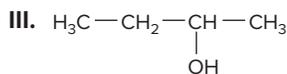
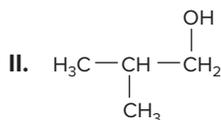
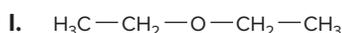
Um isômero da butanona é o

- a) propano-2-ol. d) butan-2-ol.
 b) butanal. e) ácido butanoico.
 c) metoxipropano.
2. **UEPG/PSS-PR 2022** Sobre Isomeria, assinale o que for correto.
- 01 Isômeros de cadeia são compostos que apresentam a mesma fórmula molecular e a mesma função, mas diferem no tipo de cadeia carbônica.
- 02 Isômeros de posição são compostos que apresentam a mesma fórmula molecular e a mesma função, mas diferem na posição de um átomo (ou grupo de átomos), ou ainda na posição da insaturação.
- 04 Isômeros de função são compostos que apresentam a mesma fórmula molecular, mas apresentam funções químicas diferentes.
- 08 Tautômeros são isômeros de função que coexistem em equilíbrio numa solução, transformando-se um no outro através de rearranjo molecular.

Soma:

3. **Uece 2017** Isomeria é o fenômeno pelo qual duas substâncias compartilham a mesma fórmula molecular, mas apresentam estruturas diferentes, ou seja, o rearranjo dos átomos difere em cada caso.

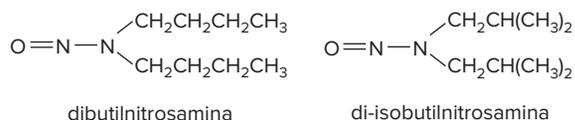
Observe as estruturas apresentadas a seguir, com a mesma fórmula molecular $C_4H_{10}O$:



Assinale a opção em que as estruturas estão corretamente associadas ao tipo de isomeria.

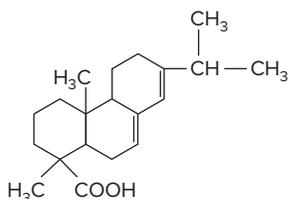
- a) Isomeria de função – II e III.
 b) Isomeria de cadeia – III e IV.
 c) Isomeria de compensação – I e V.
 d) Isomeria de posição – II e IV.

4. **IFSU-RS 2017** Os nitritos são usados como conservantes químicos em alimentos enlatados e em presuntos, salsichas, salames, linguiças e frios em geral. Servem para manter a cor desses alimentos e proteger contra a contaminação bacteriana. Seu uso é discutido, pois essas substâncias, no organismo, podem converter-se em perigosos agentes cancerígenos, as nitrosaminas. Abaixo temos a representação de duas nitrosaminas:



Essas nitrosaminas são isômeras de

- a) cadeia.
b) função.
c) posição.
d) tautomeria.
5. **Uece 2021** Dentre os biocombustíveis, o etanol, que já está sendo usado comercialmente, é uma alternativa sustentável para substituir os combustíveis fósseis. Substância que pode ser produzida a partir da palha e do bagaço da cana-de-açúcar, bem como de resíduos de beterraba, trigo ou milho, o etanol é isômero de um(a)
- a) éster.
b) cetona.
c) aldeído.
d) éter.
6. **FMP-RJ 2016** Quando um talho é feito na casca de uma árvore, algumas plantas produzem uma secreção chamada resina, que é de muita importância para a cicatrização das feridas da planta, para matar insetos e fungos, permitindo a eliminação de acetatos desnecessários. Um dos exemplos mais importantes de resina é o ácido abiético, cuja fórmula estrutural é apresentada a seguir.



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

- a) amina
b) éster
c) aldeído
- d) éter
e) cetona
7. **Uece 2015** O 1,4-dimetoxi-benzeno é um sólido branco com um odor floral doce intenso. É usado principalmente em perfumes e sabonetes. O número de isômeros de posição deste composto, contando com ele, é
- a) 2.
b) 3.
c) 5.
d) 4.

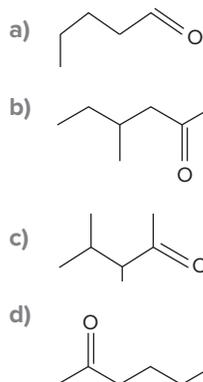
8. **UEPG-PR 2015** Com respeito aos compostos aromáticos citados abaixo, identifique quais apresentam isomeria de posição (*orto*, *meta* ou *para*) e assinale o que for correto.

- 01 Etilbenzeno.
02 Ácido benzoico.
04 Dibromobenzeno.
08 Tolueno.
16 Xileno.

Soma:

9. **Cefet-MG 2015** O ácido butanoico é um composto orgânico que apresenta vários isômeros, entre eles substâncias de funções orgânicas diferentes. Considerando ésteres e ácidos carboxílicos, o número de isômeros que esse ácido possui é
- a) 3.
b) 4.
c) 5.
d) 7.
e) 8.

10. **Uece 2014** As cetonas, amplamente usadas na indústria alimentícia para a extração de óleos e gorduras de sementes de plantas, e os aldeídos, utilizados como produtos intermediários na obtenção de resinas sintéticas, solventes, corantes, perfumes e curtimento de peles, podem ser isômeros. Assinale a opção que apresenta a estrutura do isômero do hexanal.



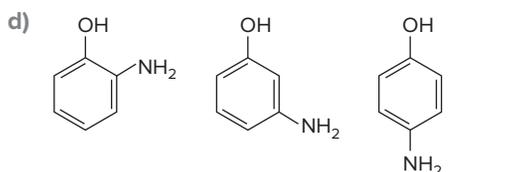
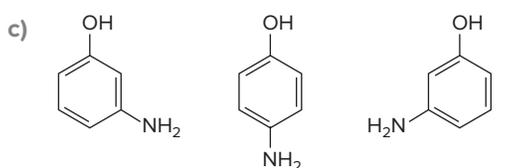
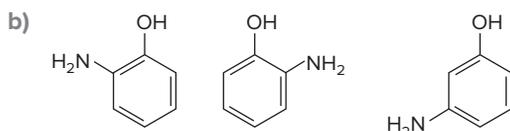
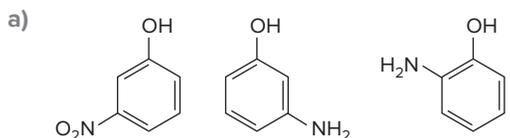
11. **Mackenzie-SP 2014** Considere a nomenclatura IUPAC dos seguintes hidrocarbonetos.

- I. metil-ciclobutano.
II. 3-metil-pentano.
III. pentano.
IV. ciclo-hexano.
V. pent-2-eno.

A alternativa que relaciona corretamente compostos isoméricos é

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

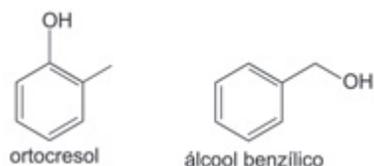
- 12. Uerj 2013** Aminofenóis são compostos formados pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio ligados aos carbonos do fenol por grupamentos NH_2 . Com a substituição de apenas um átomo de hidrogênio, são formados três aminofenóis distintos. As fórmulas estruturais desses compostos estão representadas em:



- 13. Uece 2018** O éter dietílico (etoxietano) é uma substância líquida volátil e altamente inflamável. Utilizado inicialmente como anestésico, seu uso foi descontinuado pelo risco de explosão. Atualmente serve como ótimo solvente para experiências químicas em laboratórios. Este composto orgânico é isômero de um álcool primário de cadeia não ramificada, cujo nome é

- butan-2-ol
- metil-propan-2-ol
- butan-1-ol
- pentan-1-ol.

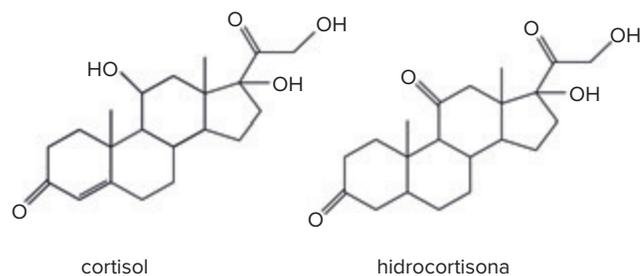
- 14. Unesp 2018** Examine as estruturas do ortocresol e do álcool benzílico.



O ortocresol e o álcool benzílico

- apresentam a mesma função orgânica.
- são isômeros.
- são compostos alifáticos.
- apresentam heteroátomo.
- apresentam carbono quiral.

- 15. Fatec-SP 2019** O estresse está se tornando um problema cada vez maior no mundo do trabalho. Situações e estímulos do ambiente de trabalho que pressionam o trabalhador, em diferentes contextos, provocam a produção de diversos hormônios em seu organismo como, por exemplo, o cortisol. O cortisol é responsável pela regulação de diversos processos metabólicos humanos. Sua forma sintética, a hidrocortisona, é usada no combate a inflamações e alergias.

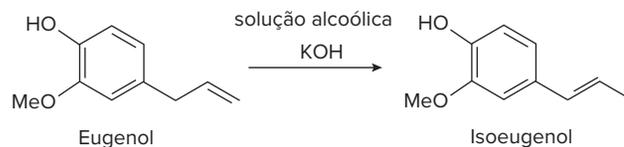


Em química, isomeria é um fenômeno que ocorre quando duas ou mais moléculas apresentam a mesma fórmula molecular.

Observando as fórmulas estruturais do cortisol e da hidrocortisona, pode-se concluir corretamente que estes compostos

- são isômeros de fórmula molecular $\text{C}_{21}\text{H}_{30}\text{O}_5$.
- são isômeros de fórmula molecular $\text{C}_{21}\text{H}_{29}\text{O}_5$.
- são isômeros de fórmula molecular $\text{C}_{21}\text{H}_6\text{O}_5$.
- não são isômeros pois suas fórmulas moleculares são diferentes.
- não são isômeros pois suas fórmulas estruturais são diferentes.

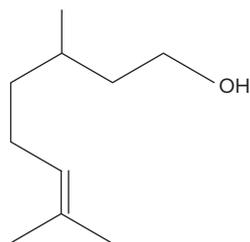
- 16. Unioeste-PR 2019** O eugenol e isoeugenol são isômeros que apresentam fórmula molecular $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$. O eugenol é um óleo essencial extraído do cravo-da-índia, apresenta propriedades anestésicas e pode ser convertido em seu isômero isoeugenol a partir da reação apresentada abaixo. Considerando as estruturas do eugenol e isoeugenol, é CORRETO afirmar.



- São isômeros funcionais.
- São isômeros de cadeia.
- São isômeros ópticos.
- São isômeros de posição.
- São formas tautoméricas.

Isomeria geométrica

17. UEMG 2017 Observe o composto orgânico abaixo e as afirmações a seu respeito.



- I. É um álcool insaturado.
- II. É um isômero *cis-trans*.
- III. Apresenta 18 hidrogênios.
- IV. Apresenta 3 ramificações.

O número de afirmação(ões) correta(s) é igual a

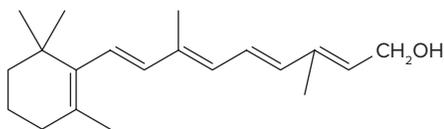
- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.
- d) 4.

18. FCMMG 2022 Leia o texto abaixo.

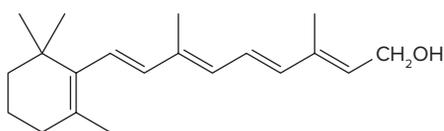
A vitamina A (Retinol) totalmente *trans* é um fator nutricional importante na visão. Ela é convertida em *trans*-retinal que, antes de cumprir sua função biológica, é isomerizada em *cis*-retinal.

(VOLLHARDT, K. P. C.; SCHORE, N. E. Química Orgânica – Estrutura e função – 4a. Ed. Porto Alegre – Bookman, 2004. p.v 513-683.)

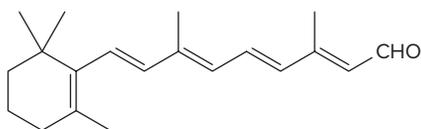
Observe as estruturas a seguir.



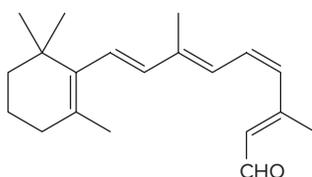
I



II



III

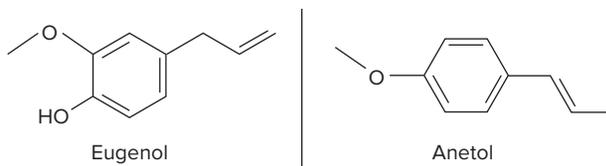


IV

É CORRETO afirmar que as estruturas da vitamina A, do *trans*-retinal e do *cis*-retinal são, respectivamente:

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

19. PUC-SP 2016 O eugenol e o anetol são substâncias aromáticas presentes em óleos essenciais, com aplicações nas indústrias de cosméticos e farmacêutica. O eugenol está presente principalmente nos óleos de cravo, canela e sassafrás, já o anetol é encontrado nos óleos essenciais de anis e anis-estrelado.



Sobre esses compostos foram feitas as seguintes afirmações.

- I. Ambos apresentam isomeria geométrica.
- II. O eugenol apresenta funções fenol e éter, enquanto o anetol apresenta função éter.
- III. A fórmula molecular do eugenol é $C_{10}H_{12}O_2$, enquanto o anetol apresenta fórmula molecular $C_{10}H_{12}O$.
- IV. O anetol apresenta temperatura de ebulição maior do que o eugenol.

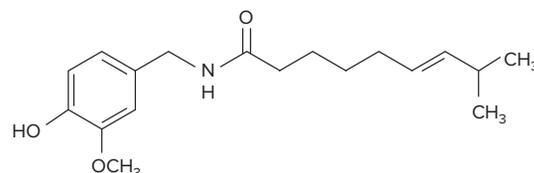
Estão corretas **apenas** as afirmações:

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

20. PUC-PR 2015 A capsaicina tem sido utilizada na medicina há muitos séculos. A pimenta vermelha foi uma das primeiras plantas cultivadas nas Américas. As tribos indígenas brasileiras cultivam e usam pimentas desde o descobrimento do Brasil, e os historiadores acreditam que a população do México come pimenta vermelha desde 7000 a.C. A capsaicina já era utilizada pelos nossos ancestrais para aliviar as dores nas juntas e tem sido usada, também, na forma de creme ou pomada na medicina esportiva, para tratamento de lesões, torções e nevralgias. Funciona bem para aliviar a coceira da pele e acalmar a dor provocada por herpes.

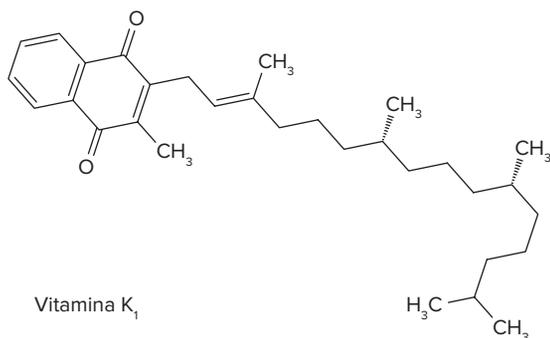
Fonte: http://www.crq4.org.br/quimica_viva_capsaicina.

Analisando a fórmula da capsaicina, dada abaixo, assinale a alternativa **correta**.



- a) Sua fórmula molecular é: $C_{17}H_{24}NO_3$.
- b) Há nesta fórmula as funções orgânicas fenol, éter e amida.
- c) Temos a seguinte fórmula mínima: $C_9H_{13}NO_3$.
- d) O composto não faz isomeria *cis-trans*.
- e) Temos no composto hibridação sp.

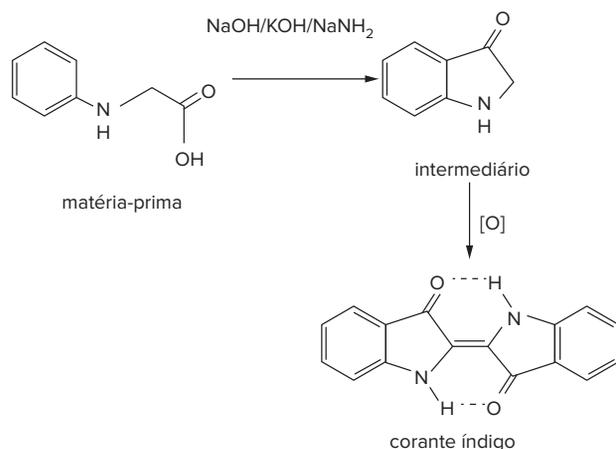
21. Unesp 2022 Considere a estrutura da vitamina K₁.



Analisando-se a fórmula estrutural da vitamina K₁, nota-se que essa vitamina é _____, apresenta cadeia carbônica _____, átomo de carbono _____ e apresenta isômeros _____. As lacunas do texto são preenchidas respectivamente por:

- hidrossolúvel – saturada – terciário – geométricos.
- lipossolúvel – insaturada – quaternário – ópticos.
- lipossolúvel – insaturada – terciário – geométricos.
- lipossolúvel – saturada – terciário – ópticos.
- hidrossolúvel – insaturada – quaternário – geométricos.

22. FGV-SP 2013 O corante índigo é usado mundialmente na indústria têxtil no tingimento de denim, tecido dos artigos de *jeans*, e é preparado sinteticamente a partir da seguinte reação.



No produto final da reação, prepondera o isômero representado, que tem maior estabilidade devido às interações intramoleculares representadas na figura. A função orgânica em comum aos três compostos representados na equação de reação, a classificação do isômero e o tipo de interação intramolecular da molécula do corante índigo são, respectivamente:

- amina, isômero *cis*, força de London.
- amina, isômero *trans*, força de London.
- amina, isômero *trans*, ligação de hidrogênio.
- amida, isômero *cis*, força de London.
- amida, isômero *trans*, ligação de hidrogênio.

23. UFRGS 2022 Considerando a existência de isômeros geométricos, o número possível de alcenos com fórmula molecular C₁₁H₁₄, que, por reação de hidrogenação catalítica, levam à formação do *n*-pentilbenzeno, é de

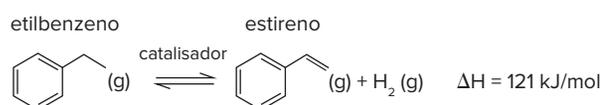
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.

24. UEPG/PSS-PR 2019 Com respeito aos compostos *cis*-2-penteno e *trans*-2-penteno, assinale o que for correto:

- São isômeros geométricos.
- Apresentam pontos de fusão diferentes.
- Não apresentam carbono quiral.
- São hidrocarbonetos.

Soma: _____

25. Unesp 2017 O estireno, matéria-prima indispensável para a produção do poliestireno, é obtido industrialmente pela desidrogenação catalítica do etilbenzeno, que se dá por meio do seguinte equilíbrio químico:



O etilbenzeno e o estireno:

- são hidrocarbonetos aromáticos.
- apresentam átomos de carbono quaternário.
- são isômeros funcionais.
- apresentam átomos de carbono assimétrico.
- são isômeros de cadeia.

26. Unitau-SP 2019 Considere os isômeros a seguir e os relacione com seus respectivos tipos.

- Propanona e prop-1-en-2-ol
 - 1,4-dimetilbenzeno e 1,2-dimetilbenzeno
 - Ácido hexanoico e butanoato de etila
 - cis*-pent-2-eno e *trans*-pent-2-eno
- Isomeria de posição
 - Isomeria funcional
 - Isomeria geométrica
 - Tautomeria

Assinale a alternativa que apresenta as relações CORRETAS.

- I/A; II/B; III/C; IV/D
- II/A; IV/B; III/C; I/D
- III/A; II/B; IV/C; I/D
- II/A; III/B; I/C; IV/D
- II/A; III/B; IV/C; I/D

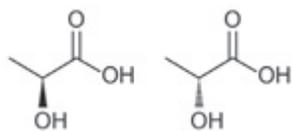
Isomeria óptica

27. UEPG/PSS-PR 2018 Sobre o carbono assimétrico e isomeria óptica, assinale o que for correto.

- Carbono assimétrico é o átomo de carbono com quatro substituintes diferentes.
- Não existem moléculas com mais de um carbono assimétrico.
- Uma mistura racêmica é opticamente ativa.
- Se a molécula possuir um carbono assimétrico, apresentará atividade óptica.

Soma: _____

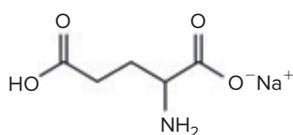
28. Enem PPL 2018 Várias características e propriedades de moléculas orgânicas podem ser inferidas analisando sua fórmula estrutural. Na natureza, alguns compostos apresentam a mesma fórmula molecular e diferentes fórmulas estruturais. São os chamados isômeros, como ilustrado nas estruturas.



Entre as moléculas apresentadas, observa-se a ocorrência de isomeria

- ótica.
- de função.
- de cadeia.
- geométrica.
- de compensação.

29. FICSAE-SP 2019 Examine a estrutura do glutamato monossódico, composto utilizado para realçar o sabor de alimentos.

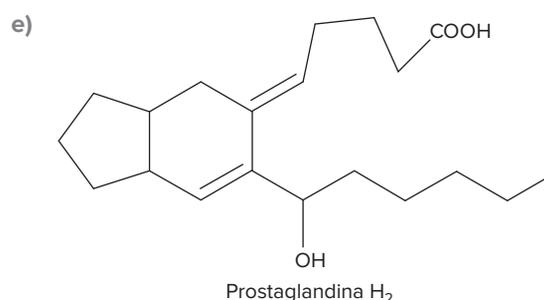
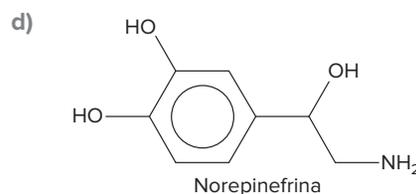
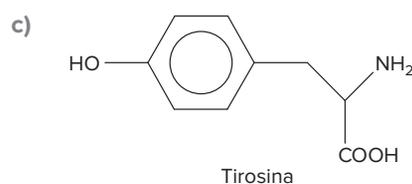
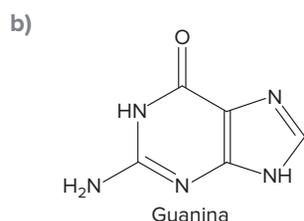
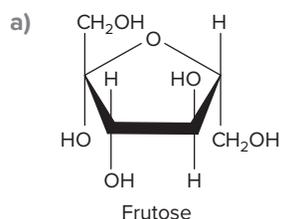


glutamato monossódico

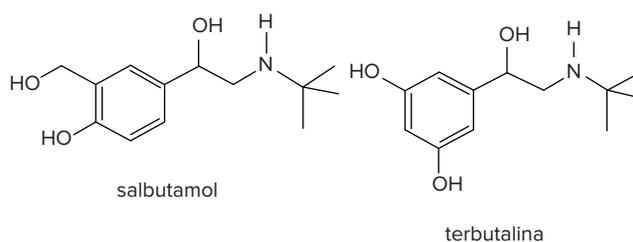
O número de átomos de carbono quiral presente na estrutura do glutamato monossódico é

- 3.
- 2.
- 4.
- 5.
- 1.

30. UFPE A origem da homoquiralidade da nossa biota é um dos grandes mistérios da ciência moderna. Das moléculas a seguir, de ocorrência comum nos seres vivos, qual não apresenta centro quiral (centro assimétrico ou centro estereogênico)?

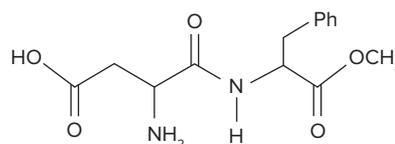


31. Uerj 2020 Dois anabolizantes comumente encontrados em casos de *doping* em atletas são o salbutamol e a terbutalina. Ao comparar suas fórmulas estruturais, identificam-se funções orgânicas comuns a ambas as moléculas. Observe:



Considere os grupamentos funcionais que estabelecem ligação direta com os carbonos alifáticos em cada molécula. Nomeie suas funções correspondentes. Em seguida, indique o número de átomos de carbonos terciários presentes no salbutamol e calcule o número de isômeros ópticos ativos da terbutalina.

32. UPF-RS 2018 A seguir, está representada a fórmula estrutural do aspartame, substância utilizada como adoçante.



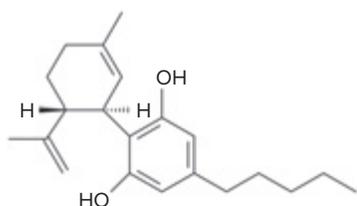
Sobre essa fórmula e sua estrutura química, são feitas as seguintes afirmações:

- I. Apresenta um anel aromático.
- II. Apresenta dois carbonos assimétricos.
- III. Apresenta as funções éter e amina, entre outras.
- IV. Apresenta nove carbonos com hibridização sp^2 .

Está correto o que se afirma em:

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

- 33. UEM-PR 2018** A Anvisa liberou a comercialização de medicamentos contendo o canabidiol, um composto extraído da maconha. Com base na estrutura do canabidiol, assinale o que for correto.



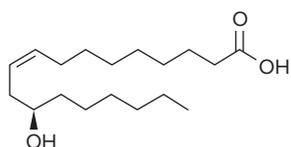
- 01** É um poliálcool, pois possui mais de um grupo $-OH$.
- 02** Possui um grupo n -pentila ligado ao anel aromático.
- 04** Apresenta atividade óptica, pois possui dois carbonos quirais.
- 08** Tem um grupo metila e um grupo isoprenila ligados à cadeia cíclica.
- 16** Sua fórmula molecular é $C_{21}H_{30}O_2$.

Soma:

- 34. Unisc-RS 2017** Em relação à molécula do ácido 2-amino 3-hidróxi propanoico, conhecido também por serina, pode-se afirmar que

- a) apresenta um carbono assimétrico.
- b) constitui-se numa proteína essencial para o organismo humano.
- c) contém 1 carbono hibridizado sp^2 e 2 carbonos hibridizados sp .
- d) apresenta isomeria espacial geométrica.
- e) tem fórmula molecular $C_3H_6NO_3$ e 3 carbonos primários.

- 35. UFRGS 2020** O óleo de rícino ou óleo de mamona é extraído das sementes da planta *Ricinus communis* e é constituído por, aproximadamente, 90% de triglicérides do ácido ricinoleico, cuja fórmula é representada na molécula abaixo.



Sobre essa molécula, é correto afirmar que:

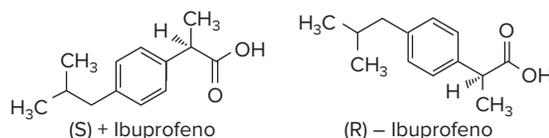
- a) é totalmente solúvel em meio aquoso.
- b) possui somente carbonos secundários.
- c) é o ácido 12-hidróxi-9-trans-octadecenoico, de acordo com a nomenclatura da IUPAC.
- d) possui fórmula molecular $C_{18}H_{33}O_3$.
- e) apresenta isomeria ótica.

- 36. UEL-PR 2017** Leia a charge a seguir.



Disponível em: portaldoprofessor.mec.gov.br. Acesso em: 15 jun. 2016.

A charge evidencia uma situação cotidiana relacionada à compra de medicamentos, na qual ocorrem dúvidas por parte da consumidora, tendo em vista os diferentes medicamentos comercializados: os de marca, os similares e os genéricos. Essa dúvida, no entanto, não deveria existir, pois os diferentes tipos de medicamentos devem apresentar o mesmo efeito terapêutico. O que não se sabe, por parte da população em geral, é que muitos medicamentos são vendidos na forma de dois isômeros ópticos em quantidades iguais, mas apenas um deles possui atividade terapêutica. Por exemplo, o ibuprofeno é um anti-inflamatório que é comercializado na sua forma (S)+ (ativa) e (R)- (inativa), conforme mostram as figuras a seguir.



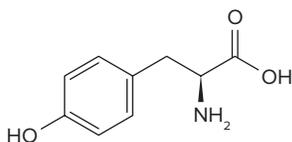
Com base nessas informações, considere as afirmativas a seguir.

- I. O ibuprofeno é comercializado na forma de racemato.
- II. Os dois isômeros são diastereoisômeros.
- III. Os dois isômeros apresentam isomeria de posição.
- IV. Os dois isômeros possuem pontos de fusão iguais.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- b) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

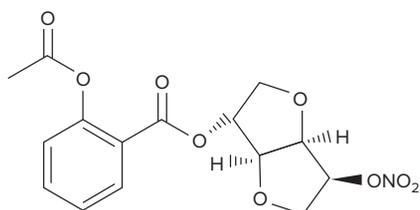
37. **UEPG-PR 2022** A respeito da estrutura do aminoácido tirosina, representada a seguir, assinale o que for correto.



- 01 O anel benzênico apresenta dois substituintes com orientação *meta*.
 02 Observa-se a presença da função orgânica fenol.
 04 Apresenta carbono quiral.
 08 Observa-se a presença da função orgânica amida.

Soma:

38. **USF-SP 2016** O remédio conhecido como Isordil® é de uso contínuo para os pacientes que possuem algum tipo de doença coronariana. Esse medicamento tem seu uso relacionado a ataques cardíacos e é indicado no tratamento posterior ao infarto. Seu efeito ativo é derivado do nitrato de isosorbida, cuja fórmula estrutural é apresentada a seguir.



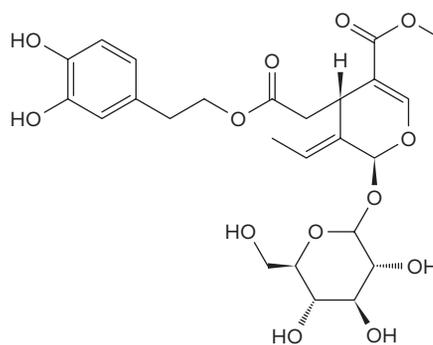
A respeito da estrutura de tal substância, são realizadas as seguintes afirmações:

- I. Nessa substância, é possível encontrar a função orgânica amina.
 II. Há quatro átomos de carbonos quirais em sua estrutura.
 III. Dentre outras funções oxigenadas, uma das encontradas é a função cetona.
 IV. O composto apresenta dois grupos funcionais dos ésteres.
 V. Há um único átomo de carbono hibridizado em sp^2 que também é carbono terciário.

Das afirmações realizadas, são corretas

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

39. **PUC-Rio 2022** A oleuropeína, cuja fórmula estrutural é apresentada abaixo, é um fenilpropanoide encontrado no azeite de oliva, que apresenta diversas propriedades farmacológicas, incluindo a anti-inflamatória, a antiviral e a antienvelhecimento.



Oleuropeína

A oleuropeína apresenta, em sua estrutura,

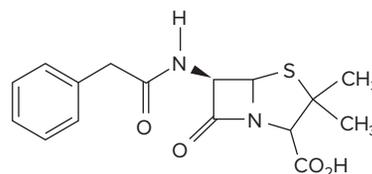
- a) as funções orgânicas éster, fenol, álcool e éter.
 b) cinco carbonos quirais.
 c) dois anéis aromáticos.
 d) as funções orgânicas ácido carboxílico, álcool, éster e fenol.

40. **Fepar-PR 2016** A penicilina benzatina, muito conhecida pelo nome comercial Benzetacil, antibiótico usado para tratar sífilis e outras infecções, está em falta no Brasil tanto no setor público como no privado. A crise de abastecimento, que segundo o Ministério da Saúde é provocada por escassez de matéria-prima, tem preocupado os médicos.

A febre reumática, por exemplo, é uma doença autoimune que, para ser controlada, necessita do uso regular desse tipo de penicilina, e a diminuição da oferta do remédio traz muitas dificuldades para quem precisa do tratamento.



Representação da estrutura da penicilina benzatina



Sobre a estrutura acima, julgue as afirmativas que seguem.

- A estrutura apresenta 6 carbonos sp^2 e 12 carbonos sp^3 .
 Apresenta isomeria óptica, possuindo apenas um carbono quiral.
 Possui as funções amida, ácido carboxílico e um anel aromático.
 O número total de átomos de hidrogênio presentes nessa estrutura é 18.
 Apresenta 6 ligações π .

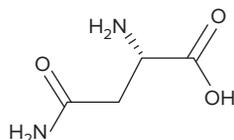
41. **PUC-PR 2016** Os alimentos ricos em asparagina são, principalmente, alimentos ricos em proteína. A asparagina é um aminoácido não essencial porque independe da ingestão de alimentos ricos em nutrientes, pois o

organismo consegue produzi-lo quando necessário. Uma das funções da asparagina é manter as células do sistema nervoso saudáveis e contribuir para a formação e manutenção de ossos, pele, unhas e cabelos, por exemplo. A asparagina serve para formar dentro do organismo novas proteínas de acordo com a necessidade do organismo em cada momento.

Disponível em: <http://www.tuasaude.com>.

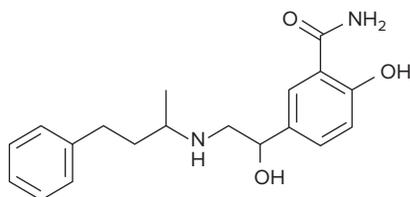
Analisando o texto e a fórmula da asparagina apresentada a seguir.

► **Dado:** número atômico: H = 1, C = 6, N = 7, O = 8



Assinale a alternativa **correta**.

- Podemos encontrá-la em alimentos como carne e leite apenas.
 - Possui dois isômeros ópticos ativos, sendo possível a obtenção de uma mistura racêmica, a qual é opticamente ativa, ou seja, desvia o plano de luz polarizado.
 - Possui um isômero dextrógiro e dois isômeros levógiros.
 - Possui as seguintes funções orgânicas: amina, amida e ácido carboxílico.
 - Possui a função amina, a qual caracteriza o seu caráter ácido.
- 42. UFPA 2016** O anti-hipertensivo labetalol, fórmula estrutural plana dada abaixo, é exemplo de um fármaco que apresenta vantagens ao ser administrado como racemato.

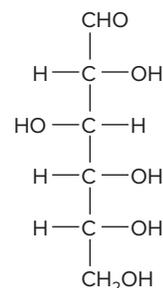


Como no processo de síntese todos os estereoisômeros são produzidos, o número de estereoisômeros na mistura será

- | | | |
|-------|-------|-------|
| a) 1. | c) 3. | e) 5. |
| b) 2. | d) 4. | |
- 43. UEPG-PR 2022** Sobre a isomeria geométrica, assinale o que for correto.
- 1-cloro-2-bromociclopropano apresenta isomeria *cis/trans*.
 - Ácido butenodioico apresenta isomeria *cis/trans*.
 - 2-penteno apresenta isomeria *cis/trans*.
 - 1,1-dietilciclobutano apresenta isomeria *cis/trans*.
 - 2-metilpropeno apresenta isomeria *cis/trans*.

Soma:

- 44. Uece 2016** A glicose é uma das principais fontes de energia para o ser humano, sendo também conhecida como “açúcar do sangue”. Atente à estrutura da glicose:

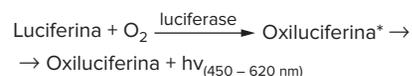


No que diz respeito à isomeria óptica que ocorre com a estrutura da glicose, assinale a afirmação verdadeira.

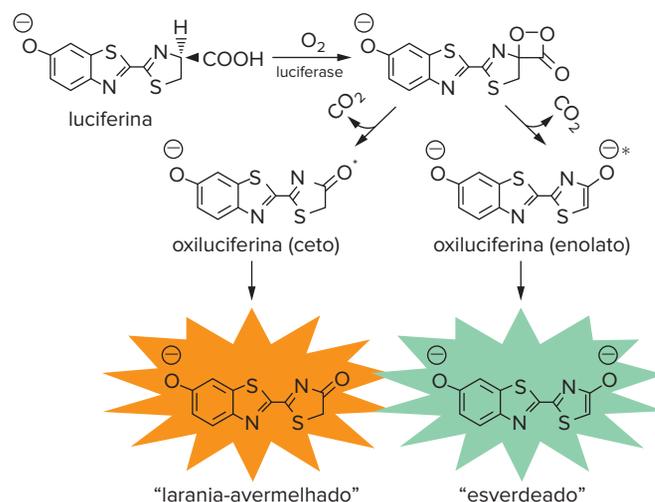
- Na estrutura existem dois átomos de carbono assimétricos.
- O total de isômeros ópticos ativos gerados por essa estrutura é 16.
- Essa estrutura representa a glicose levógiro.
- Na estrutura existem três átomos de carbono simétricos.

✎ Texto para a questão **45**.

A bioluminescência é o fenômeno de emissão de luz visível por certos organismos vivos, resultante de uma reação química entre uma substância sintetizada pelo próprio organismo (luciferina) e oxigênio molecular, na presença de uma enzima (luciferase). Como resultado dessa reação bioquímica é gerado um produto em um estado eletronicamente excitado (oxiluciferina*). Este produto, por sua vez, desativa-se por meio da emissão de luz visível, formando o produto no estado normal ou fundamental (oxiluciferina). Ao final, a concentração de luciferase permanece constante.



O esquema ilustra o mecanismo geral da reação de bioluminescência de vagalumes, no qual são formados dois produtos diferentes em estados eletronicamente excitados, responsáveis pela emissão de luz na cor verde ou na cor vermelha.

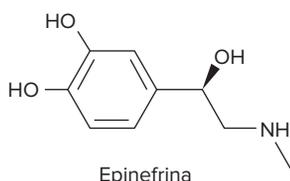


45. **Unesp 2016** De acordo com o texto e utilizando a classificação periódica dos elementos, assinale a alternativa que apresenta a massa molar, em $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, e o tipo de isomeria presente na luciferina do vagalume.
- a) 274,3 e óptica. d) 274,3 e geométrica.
 b) 279,3 e óptica. e) 279,3 e tautomeria.
 c) 279,3 e geométrica.



Texto para a questão 46.

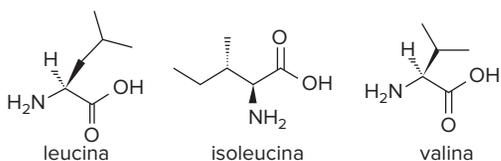
A molécula de epinefrina foi primeiramente isolada em sua forma pura em 1897 e sua estrutura foi determinada em 1901. Ela é produzida na glândula adrenal (daí vem o seu nome usual, adrenalina) como um único enantiômero.



46. **Udesc 2016** Analise as proposições em relação à molécula de epinefrina.
- I. Possui seis carbonos com a configuração sp e três com configuração sp^3 .
 - II. A fórmula molecular é $\text{C}_9\text{H}_{13}\text{NO}_3$.
 - III. Apresenta somente um carbono assimétrico.
 - IV. Apresenta as funções amida, álcool e fenol.

Assinale a alternativa **correta**.

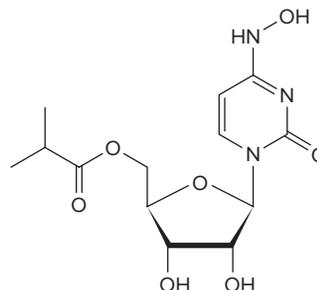
- a) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
 b) Somente a afirmativa II é verdadeira.
 c) Somente a afirmativa III é verdadeira.
 d) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
 e) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
47. **UEM-PR 2015** Isoleucina, Leucina e Valina são aminoácidos essenciais, ou seja, aminoácidos que não são produzidos pelo nosso organismo. Assim, nós precisamos ingeri-los por meio de alimentação ou por suplemento alimentar. Com base na estrutura química dos aminoácidos, assinale o que for correto.



- 01 A carbonila é um grupo funcional presente nas estruturas dos aminoácidos.
- 02 A leucina possui um substituinte isobutil e a valina um substituinte isopropil.
- 04 Cada um dos aminoácidos citados possui em sua estrutura um centro quiral.
- 08 A molécula da isoleucina pode existir sob a forma de dois isômeros ópticos.
- 16 A leucina e a isoleucina são isômeros constitucionais de posição.

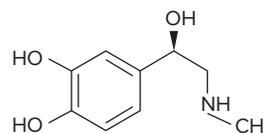
Soma:

48. **UFRGS 2022** Molnupiravir (molécula apresentada abaixo) é uma droga sintética, que interfere na ação das enzimas que fazem parte do processo de replicação do vírus Sars-CoV-2. Em um estudo ainda em andamento, o molnupiravir reduziu em aproximadamente 50% o risco de hospitalização ou morte, quando administrado até o quinto dia de sintomas da doença.



Sobre essa molécula, é correto afirmar que apresenta

- a) as funções orgânicas éter e cetona.
 b) três carbonos terciários, três secundários e dois primários.
 c) quatro carbonos assimétricos.
 d) fórmula molecular $\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{O}_7$.
 e) cadeia acíclica, insaturada e heterogênea.
49. **IFSul-RS 2015** A adrenalina, hormônio natural elaborada pelas glândulas suprarrenais e potente estimulante cardíaco e hipertensor, é um composto orgânico que apresenta a seguinte fórmula estrutural, representada abaixo:

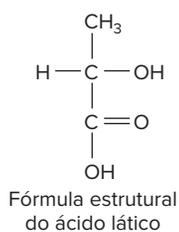


Quantos isômeros opticamente ativos apresenta esse hormônio?

- a) 2 b) 4 c) 6 d) 8
50. **UEL-PR 2015** Leia o texto a seguir.

A atividade óptica foi um mistério fundamental da matéria durante a maior parte do século XIX. O físico francês Jean Baptist Biot, em 1815, descobriu que certos minerais eram opticamente ativos, ou seja, desviavam o plano de luz polarizada. Em 1848, Louis Pasteur foi além e, usando um polarímetro, percebeu que o fenômeno está associado à presença de dois tipos de substâncias opticamente ativas: as dextrógiras (desvio do plano de luz para a direita) e as levógiras (desvio do plano de luz para a esquerda). As observações de Pasteur começaram a se conectar com outras anteriores, como as de Schelle, que, em 1770, isolou o ácido láctico (Figura 4) opticamente inativo do leite fermentado, e Berzelius, que, em 1807, isolou a mesma substância de músculos, porém com atividade óptica.

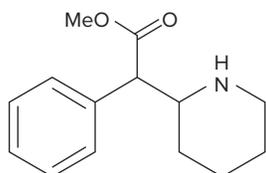
GREENBERD, A. *Uma breve história da química da alquimia às ciências moleculares modernas*. Trad. Henrique Eisi Toma; Paola Corio e Viktoria Klara Lakatos Osório. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. p. 297-299 (Adapt.)



Com base no texto e nos conhecimentos sobre isomeria óptica, assinale a alternativa correta.

- Os isômeros ópticos do ácido láctico possuem propriedades físico-químicas diferentes, como pontos de fusão e ebulição.
- O ácido láctico isolado do músculo por Berzelius era opticamente ativo porque possuía plano de simetria.
- O ácido láctico possui dois carbonos quirais e dois isômeros ópticos que são diastereoisômeros.
- O ácido láctico, do leite fermentado, isolado por Schelle, pode formar até duas misturas racêmicas.
- O ácido láctico, do leite fermentado, isolado por Schelle, tinha os dois enantiômeros em quantidades iguais, a mistura racêmica.

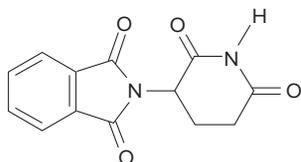
- 51. Unisc-RS 2015** A Ritalina[®], medicamento largamente utilizado para atenuar sintomas de inquietação e hiperatividade, principalmente por jovens e estudantes, apresenta a seguinte estrutura molecular



Em relação à estrutura da Ritalina[®] é incorreto afirmar que

- apresenta as funcionalidades éster e amina secundária.
- possui fórmula molecular $\text{C}_{14}\text{H}_{19}\text{NO}_2$.
- apresenta 3 carbonos assimétricos.
- possui 7 carbonos com hibridização sp^2 .
- possui 2 carbonos terciários.

- 52. UCS-RS 2015** A talidomida, cuja estrutura química encontra-se representada abaixo, foi comercializada pela primeira vez na Alemanha em 1957. A indústria farmacêutica que a desenvolveu acreditou que a mesma era tão segura que a prescreveu para mulheres grávidas para combater enjoos matinais. Infelizmente, várias gestantes que a utilizaram tiveram bebês com mãos, braços, pés e pernas atrofiados (efeito teratogênico). Posteriormente, verificou-se que a talidomida apresentava quiralidade e que apenas a (-)talidomida era teratogênica, enquanto a (+)talidomida é que minimizava o enjoo matinal.

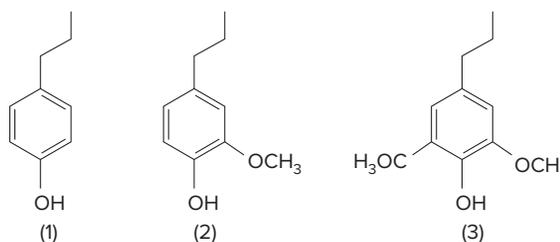


A (-)talidomida e a (+)talidomida são

- isômeros de cadeia.
- tautômeros.
- isômeros de função.
- enantiômeros.
- isômeros de compensação.

Texto para a questão **53**.

A lignina é um polímero de constituição difícil de ser estabelecida, por causa não somente da complexidade de sua formação, baseada em unidades fenilpropanoides (figura abaixo), como também, porque sofre modificações estruturais durante seu isolamento das paredes celulares das plantas. Eles são altamente condensados e muito resistentes à degradação. A sequência em que as unidades p-hidroxifenila (1), guaiacila (2) e siringila (3), em proporções diferentes são condensadas, é o que define a origem da lignina, ou seja, a planta de origem.



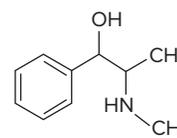
- 53. Uepa 2015** Sobre os compostos fenilpropanoides, analise as afirmativas abaixo.

- Os compostos 1 e 2 são isômeros de função.
- Os compostos 2 e 3 são isômeros de posição.
- O composto 3 não possui carbono quiral.
- O composto 1 possui isomeria *cis* e *trans*.
- Os compostos 2 e 3 não são isômeros.

A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

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

- 54. Unioeste-PR 2020** A Efedrina é uma droga sintética comumente utilizada como estimulante, auxiliar na concentração mental, descongestionante e inibidor de apetite. A efedrina promove uma modesta perda de peso a curto prazo, especificamente perda de gordura, e é usada por alguns fisiculturistas para reduzir a gordura corporal antes de uma competição. No entanto, provoca alguns efeitos colaterais tais como ansiedade, inquietação, nervosismo e taquicardia. A respeito da molécula da Efedrina **mostrada abaixo**, são feitas algumas afirmações. Assinale a alternativa que apresenta a afirmativa **CORRETA**.



- A estrutura da efedrina apresenta as funções orgânicas éter e amina, e contém apenas um carbono quiral.

- b) A estrutura da efedrina apresenta as funções orgânicas álcool e amida, e contém dois carbonos quirais.
- c) A estrutura da efedrina apresenta as funções orgânicas fenol e amida, e contém apenas um carbono quiral.
- d) A estrutura da efedrina apresenta as funções orgânicas álcool e amina, e contém dois carbonos quirais.
- e) A estrutura da efedrina apresenta uma amina primária e não contém carbono quiral.

 Texto para a questão 55.

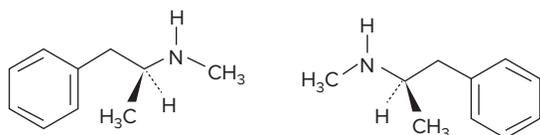
A história do seriado **Breaking Bad** gira em torno de um professor de Química do ensino médio, com uma esposa grávida e um filho adolescente que sofre de paralisia cerebral. Quando é diagnosticado com câncer, ele abraça uma vida de crimes, produzindo e vendendo metanfetaminas.

O uso de drogas pode desestabilizar totalmente a vida de uma pessoa, gerando consequências devastadoras e permanentes. Muitas vezes, toda a família é afetada.

As metanfetaminas são substâncias relacionadas quimicamente com as anfetaminas e são um potente estimulante que afeta o sistema nervoso central.

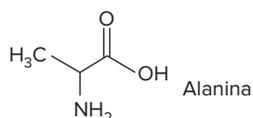
Disponível em: <http://tinyurl.com/pffwfe6>.
Acesso em: 13 jul. 2014. (Adapt.)

55. **Fatec-SP 2015** A metanfetamina, N-metil-1-fenilpropano-2-amina, fórmula $C_{10}H_{15}N$, apresenta os isômeros representados pelas fórmulas estruturais:



A análise das estruturas nos permite concluir, corretamente, que os compostos são isômeros

- a) de cadeia.
- b) de posição.
- c) de função.
- d) geométricos.
- e) ópticos.
56. **Unifor-CE 2014** A alanina (ácido 2-amino-propanoico) é um aminoácido que faz parte da estrutura das proteínas. Em relação à ocorrência de estereoisomeria, pode-se afirmar que alanina apresenta um número de estereoisômeros igual a:



- a) 0 c) 4 e) 8
- b) 2 d) 6

57. **UFPEL-RS** A proteína do leite apresenta uma composição variada em aminoácidos essenciais, isto é, aminoácidos de que o organismo necessita na sua dieta, por não ter capacidade de sintetizar a partir de

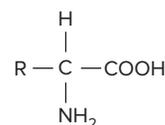
outras estruturas orgânicas. A tabela a seguir apresenta a composição em aminoácidos essenciais no leite de vaca.

Conteúdo de aminoácidos essenciais no leite da vaca	
Aminoácidos	mg/g de proteínas
Lisina	8,22
Treolina	3,97
Valina	5,29
Isoleucina	4,50
Leucina	8,84
Tirosina	4,44
Fenilalanina	4,25

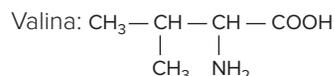
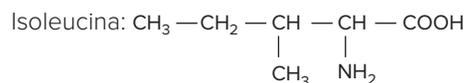
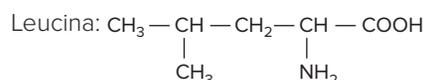
*Quantidades menores dos aminoácidos triptofano, cistina e metionina foram detectadas no leite.

Os aminoácidos constituintes das proteínas apresentam características estruturais semelhantes, diferindo quanto à estrutura do substituinte (R), conforme exemplificado a seguir.

Estrutura geral de um aminoácido:



Dos aminoácidos essenciais presentes na proteína do leite, podemos citar as seguintes estruturas:



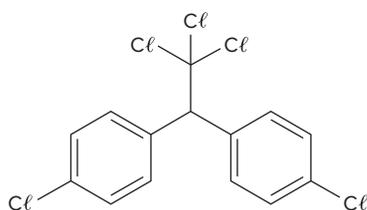
Dos aminoácidos relacionados, podemos afirmar que:

- a) isoleucina e valina são isômeros de cadeia e, por apresentarem carbono assimétrico, ambos são opticamente ativos.
- b) leucina e isoleucina são isômeros de posição e, por terem carbono assimétrico, apresentam isomeria óptica.
- c) leucina e valina são isômeros de função e, por apresentarem carbono assimétrico, ambos têm um par de enantiômeros.
- d) leucina e isoleucina são isômeros de função e não são opticamente ativos.
- e) valina e isoleucina são isômeros de cadeia, porém somente a valina é opticamente ativa.

58. UFGD-MS 2020 O diclorodifenilnitrocloroetano (DDT) é o mais conhecido entre os inseticidas do grupo dos organoclorados. Ele foi usado na Segunda Guerra Mundial, para prevenção do tifo em soldados, que o utilizavam na pele para combater os piolhos; posteriormente, seu uso passou a ser agropecuário. Esse tipo de inseticida atua sobre o sistema nervoso central, ocasionando distúrbios sensoriais e problemas relacionados à respiração. Segundo notícia veiculada na Revista Exame, 1 em cada 4 cidades está com sua água contaminada pelo DDT.

Disponível em: <https://exame.abril.com.br/brasil/1-em-4-municipios-tem-coquetel-com-agrotoxicos-na-agua-consulte-o-seu/>. Acesso em: 19 set. 2019. (Adaptado).

Observe, a seguir, a figura da estrutura do DDT.

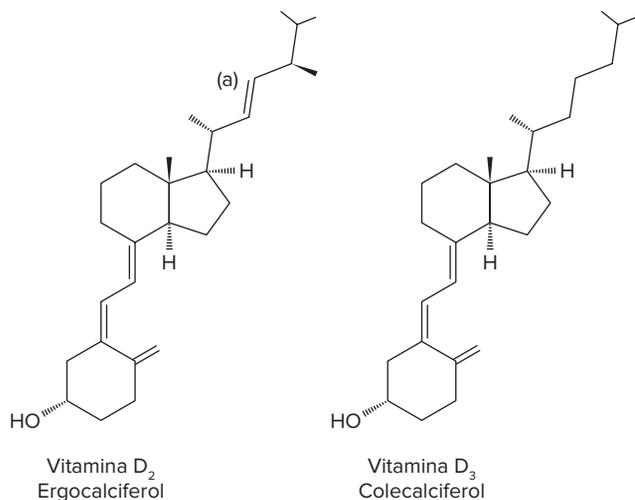


Disponível em: <https://i.stack.imgur.com/yWmDB.png>. Acesso em: 19 set. 2019.

Sobre o DDT, é correto afirmar que:

- é um composto de cadeia aberta.
- este apresenta 10 insaturações em sua cadeia carbônica.
- a sua fórmula molecular é $C_{13}H_9Cl_5$.
- este apresenta dois centros quirais.
- o seu composto pertence à classe dos haletos orgânicos.

59. PUC-RS 2022 Algumas doenças físicas e psiquiátricas estão relacionadas à falta de vitamina D no corpo. Essa vitamina é um nutriente com função de hormônio e pode ajudar a melhorar o sistema imunológico. Vitamina D é o nome geral de dois compostos, o ergocalciferol (D_2) e o colecalciferol (D_3), cujas fórmulas são dadas a seguir.



Fonte: <https://www.news-medical.net/health/Vitamin-D-Biochemistry.aspx>

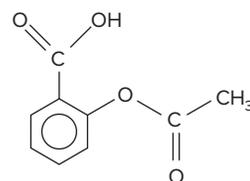
Com base nas fórmulas, são feitas as seguintes afirmações:

- Na vitamina D_2 , o átomo de carbono identificado com a letra (a) é classificado como carbono terciário.
- A vitamina D_2 e a D_3 são opticamente ativas.
- As vitaminas D_2 e D_3 são solúveis em água e em benzeno.

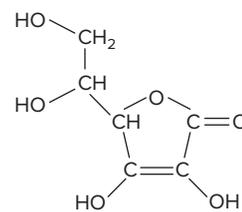
Está/Estão correta(s) apenas a(s) afirmativa(s)

- II.
- I e II.
- I e III.
- II e III.

60. Unesp Dentre os inúmeros preparados farmacêuticos para o combate à dor, alguns contêm em suas formulações a “aspirina” – um analgésico e antitérmico, muito utilizado no combate à dor de cabeça –, outros são misturas de vitamina C e aspirina, tendo como finalidade combater os sintomas da gripe. As fórmulas estruturais para esses compostos são apresentadas a seguir.



aspirina



vitamina C

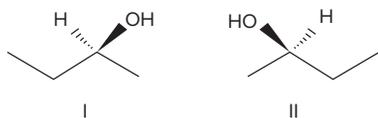
Com relação a esses compostos, é correto afirmar que há quiralidade:

- apenas na aspirina, pois na sua molécula há seis átomos de carbono do anel benzênico.
- apenas na aspirina, pois na sua molécula há dois átomos de carbono ligados, simultaneamente, a dois átomos de oxigênio.
- apenas na vitamina C, pois na sua molécula há dois átomos de carbono unidos por dupla ligação e que constituem o heterociclo.
- apenas na vitamina C, pois na sua molécula há dois átomos de carbono ligados, cada um deles, a quatro grupos distintos.
- nos dois casos, pois as moléculas de ambos apresentam átomos de carbono unidos por ligações duplas constituindo um ciclo.

Textos complementares

Nomenclatura de enantiômeros: o sistema R,S

Os dois enantiômeros do butan-2-ol são os seguintes:



Se dermos nome a esses dois enantiômeros utilizando apenas o sistema IUPAC de nomenclatura que aprendemos até aqui, os dois enantiômeros terão o mesmo nome: butan-2-ol (ou álcool sec-butilico). Isso é indesejável, porque cada composto deve ter seu nome próprio diferente. Além do mais, o nome dado a um composto deve permitir que um químico acostumado com as regras de nomenclatura escreva a estrutura do composto a partir apenas do seu nome. Dado o nome 2-butanol, um químico poderia escrever a estrutura **I** ou a estrutura **II**.

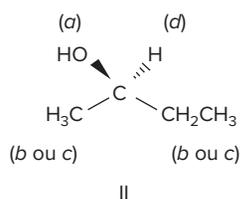
Três químicos, R. S. Cahn (Inglaterra), C. K. Ingold (Inglaterra) e V. Prelog (Suíça), desenvolveram um sistema de nomenclatura que, quando adicionado ao sistema IUPAC, resolve esses dois problemas. Esse sistema, chamado **sistema R,S** ou sistema Cahn-Ingold-Prelog, é agora amplamente utilizado, constituindo parte das regras da IUPAC.

De acordo com esse sistema, um enantiômero do 2-butanol deve ser denominado (R)-butan-2-ol e o outro enantiômero deve ser denominado (S)-butan-2-ol. [(R) e (S) vêm das palavras em latim *rectus* e *sinister*, significando direita e esquerda, respectivamente]. Diz-se que essas moléculas têm configurações opostas no C2.

As configurações (R) e (S) são assinaladas com base no seguinte procedimento.

- Em cada um dos quatro grupos ligados ao centro de quiralidade é assinalada uma prioridade ou preferência *a*, *b*, *c* ou *d*. A prioridade é primeiramente atribuída com base no número atômico do átomo que está diretamente ligado ao centro de quiralidade. Ao grupo com o menor número atômico é dada a menor prioridade, *d*; ao grupo com o próximo número atômico mais alto é dada a próxima mais alta prioridade, *c*; e assim por diante. (No caso de isótopos, o isótopo de maior massa atômica tem a maior prioridade.)

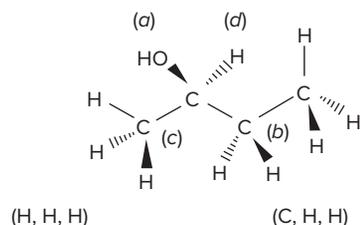
Podemos ilustrar a aplicação da regra com o enantiômero do butan-2-ol, II:



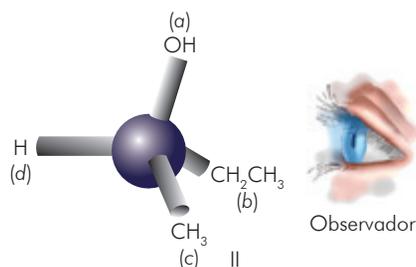
O oxigênio tem o maior número atômico dos quatro átomos ligados ao centro de quiralidade, e a ele é atribuída a maior prioridade, *a*. O hidrogênio tem o menor número atômico e a ele é atribuída a prioridade mais baixa, *d*. Uma prioridade não pode ser atribuída para o grupo metila e para o grupo etila, utilizando-se essa abordagem, porque o átomo que está diretamente ligado ao centro de quiralidade é um átomo de carbono em ambos os grupos.

- Quando uma prioridade não pode ser atribuída com base no número atômico dos átomos que estão diretamente ligados ao centro de quiralidade, então o próximo conjunto de átomos nos grupos não atribuídos é examinado. Esse processo continua até que uma decisão possa ser tomada.

Quando examinamos o grupo metila do enantiômero II, descobrimos que o próximo conjunto de átomos consiste em três átomos de hidrogênio (H, H, H). No grupo etila de II, o próximo conjunto de átomos consiste em um átomo de carbono e dois átomos de hidrogênio (C, H, H). O carbono tem um número atômico maior do que o do hidrogênio. Assim, atribuímos ao grupo etila a maior prioridade, *b*, e ao grupo metila a menor prioridade, *c*, já que (C, H, H) > (H, H, H):

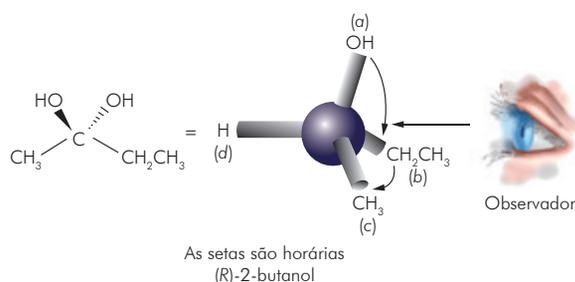


- Agora giramos a fórmula (ou o modelo) de tal forma que o grupo com a menor prioridade (*d*) esteja apontando para longe de nós:



Então traçamos um caminho a partir de *a* para *b* para *c*. Se, à medida que fazemos isso, o sentido de nossos dedos (ou lápis) é horário, o enantiômero é denominado (R). Se o sentido é anti-horário, o enantiômero é denominado (S).

Baseado nisso, o enantiômero butan-2-ol II é o (R)-butan-2-ol:



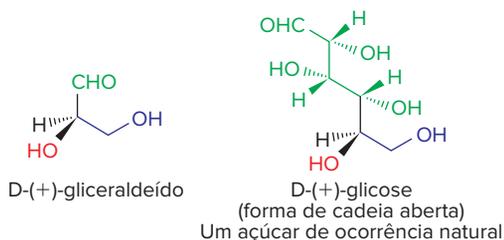
SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. *Química Orgânica*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. v. 1. p. 184-185.

A nomenclatura D e L

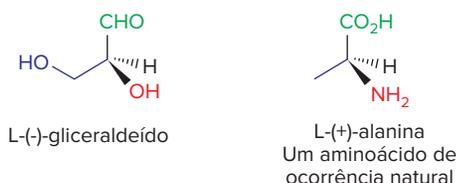
A nomenclatura D e L é um sistema para designar a configuração de compostos quirais que era utilizado antes de o sistema CIP ter sido introduzido. Ela continua sendo útil para algumas moléculas biologicamente importantes, principalmente aminoácidos e açúcares. Nesse sistema, o gliceraldeído (2,3-di-hidroxiopropanal), um composto quiral simples, é utilizado como padrão para a comparação com a configuração de outros centros quirais.

O (1)-enantiômero do gliceraldeído é identificado como D (dextrorrotatório), e o (2)-enantiômero do gliceraldeído é identificado como L (levorrotatório). Qualquer enantiômero puro de um composto que é preparado a partir de o-gliceraldeído é identificado como D. Qualquer enantiômero único de um composto que pode ser convertido em D-gliceraldeído também é identificado como D.

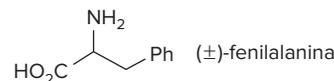
Por exemplo, a glicose que ocorre na natureza é denominada D-glicose (às vezes chamada dextrose). Semelhantemente, os enantiômeros únicos relacionados ao L-gliceraldeído dessas maneiras são identificados por L.



A relação estrutural do gliceraldeído com açúcares é relativamente fácil de ser vista, e, assim, os arranjos dos átomos nos centros de quiralidade do gliceraldeído e do açúcar podem ser facilmente comparados. É por isso que o uso de D e L é tão útil para esses compostos. De modo semelhante, as estruturas dos aminoácidos podem ser facilmente relacionadas com as estruturas dos gliceraldeídos.



Os aminoácidos que ocorrem na natureza são em sua maioria L-aminoácidos, e os açúcares que ocorrem na natureza são em sua maioria D-açúcares. Observe que a designação de D ou L a uma estrutura não está relacionada ao sinal (+) ou (-) da rotação óptica. Por exemplo, um D-aminoácido pode ser um (+)-enantiômero ou um (-)-enantiômero.



PILLING, G. *et al. Química 3: introdução à Química Inorgânica, Orgânica e Físico-Química*. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 2. p. 72-73.

Resumindo

Isomeria

Isômeros são compostos diferentes que têm a mesma fórmula molecular, mas diferem no arranjo dos átomos na estrutura das moléculas.

Isomeria plana ou constitucional

Na isomeria plana, os isômeros podem ser facilmente diferenciados pela observação de suas fórmulas estruturais planas, pois diferem na conectividade dos átomos que formam as moléculas isômeras.

Esse tipo de isomeria é dividido em cinco classes, que são nomeadas de acordo com sua principal diferença:

- Isomeria de função: compostos apresentam funções orgânicas diferentes.
- Isomeria dinâmica ou tautomeria: corresponde a um caso particular de isomeria de função, em que os compostos coexistem em equilíbrio químico.
- Isomeria de cadeia ou de núcleo: compostos apresentam a mesma função orgânica e diferentes cadeias carbônicas.
- Isomeria de posição: compostos apresentam a mesma função orgânica, a mesma cadeia e diferença na posição de um radical, insaturação ou um grupo funcional.
- Isomeria de compensação ou metameria: corresponde a um caso particular de isomeria de posição; envolve a diferença na posição de um heteroátomo.

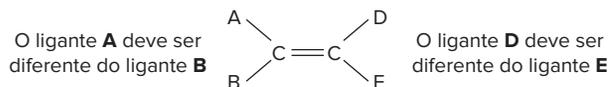
Isomeria espacial ou estereoisomeria

Isômeros espaciais ou estereoisômeros são isômeros que apresentam a mesma conectividade entre os átomos, mas diferem na disposição espacial dos átomos na molécula.

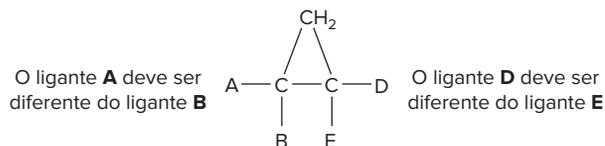
Isomeria geométrica

Esse tipo de isomeria pode acontecer tanto em compostos de cadeia aberta quanto de cadeia fechada.

- Compostos de cadeia aberta: devem apresentar pelo menos uma ligação dupla entre carbonos, e os ligantes de cada carbono dessa ligação devem ser diferentes entre si.



- Compostos de cadeia fechada: como na ligação dupla, o ciclo não permite livre rotação entre os carbonos. Para que aconteça a isomeria geométrica, o ciclo deve apresentar pelo menos dois carbonos com ligantes diferentes entre si.



Isomeria óptica

Tipo de isomeria espacial que acontece em **moléculas assimétricas** nas quais os isômeros diferem no desvio da **luz polarizada**.

- O caso mais importante de moléculas assimétricas acontece quando elas têm, em sua estrutura, pelo menos um átomo de carbono **quiral** ou **assimétrico**.
- Carbono quiral ou assimétrico é aquele que apresenta quatro ligantes diferentes entre si. Para facilitar a visualização do carbono quiral, ele costuma ser assinalado com um asterisco.
- Luz polarizada é um conjunto de ondas eletromagnéticas que, depois de atravessar um filtro polarizador, vibra em um único plano de vibração.
- Quando um isômero é equivalente à imagem especular do outro, eles desviam a luz polarizada de um mesmo ângulo, porém em sentidos opostos, por isso são chamados **enantiômeros** ou **enantiomorfos**.
- O isômero responsável pelo desvio para a direita é chamado **dextrógiro** ou **dextrorrotatório**, e o responsável pelo desvio para a esquerda, **levogiro** ou **levorrotatório**.

- A mistura formada por quantidades iguais (equimolar) dos dois isômeros (dextrogiro e levogiro) é chamada **mistura racêmica**. A mistura racêmica não tem atividade óptica (**opticamente inativa**).
- Quando uma molécula tem vários carbonos quirais diferentes, podemos calcular o número de isômeros ópticos ativos pela regra de Van't Hoff.

- Número de isômeros opticamente ativos = 2^n (em que n é o número de carbonos quirais diferentes).
- O número de misturas racêmicas é sempre a metade do número de isômeros ópticos ativos. Dessa forma, pode ser calculado pela seguinte fórmula: $\frac{2^n}{2}$ ou 2^{n-1} .

Quer saber mais?



Livro Química Orgânica

Livro de T. W. G. Solomons e C. B. Fryhle, nona edição publicada pela LTC no Rio de Janeiro em 2011.



Site <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc21/v21a07.pdf>

O artigo aborda a rotação da luz polarizada por moléculas quirais. Acesso em: 30 jun. 2022.

Exercícios complementares

Isomeria plana

1. **ITA-SP 2019** Assinale a opção que apresenta o número total de isômeros estruturais de aminas fórmula molecular $C_4H_{11}N$.

- a) 3 c) 7 e) 9
b) 4 d) 8

2. **UEL-PR 2016** A gasolina é constituída por uma mistura de compostos de carbono, predominantemente por alcanos. O ponto de ebulição desses compostos aumenta, proporcionalmente, com o aumento do número de átomos de carbono presentes nas respectivas estruturas. Entretanto, a presença de ramificações em estruturas de alcanos contendo o mesmo número de átomos de carbono promove diminuição do ponto de ebulição.

De acordo com essas considerações, responda aos itens a seguir.

- a) Disponha os alcanos a seguir em ordem crescente de ponto de ebulição, usando os números de I a V.

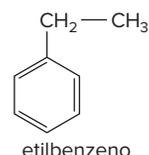
- I. 2-metil-hexano
II. heptano
III. 3,3-dimetilpentano
IV. hexano
V. 2-metilpentano

- b) Quantos isômeros estruturais possui o hexano? Represente a fórmula estrutural completa para cada isômero estrutural.

3. **USCS-SP 2016** Vazamentos de tanques subterrâneos de combustíveis podem contaminar os solos com os chamados BTEX (sigla para os contaminantes benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno). Para remediar o problema, utiliza-se a atenuação natural, que inclui processos como a biodegradação, a volatilização, a dispersão, a diluição e a adsorção dos contaminantes.

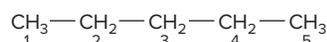
- a) Dentre os processos de atenuação natural citados, qual deles constitui um fenômeno químico? Justifique sua resposta.

- b) Analise a fórmula do etilbenzeno.



Dentre os BTEX, os compostos aromáticos etilbenzeno e xileno são isômeros entre si. Considerando a fórmula estrutural do etilbenzeno e que existem diferentes tipos de xileno, escreva a fórmula estrutural e dê o nome oficial (IUPAC) de dois xilenos isômeros entre si.

4. **UFG-GO 2013** A estrutura apresentada a seguir ilustra a molécula do *n*-pentano.

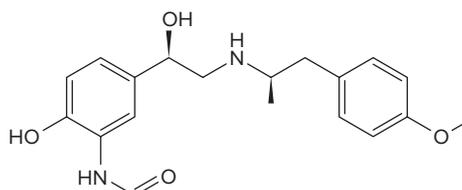


Quando essa molécula é exposta a uma radiação ionizante, as ligações carbono-carbono são rompidas, gerando fragmentos de hidrocarbonetos.

Com base no exposto, responda:

- a) Considerando-se o rompimento das ligações entre os carbonos 1 e 2 e entre os carbonos 2 e 3, escreva os fragmentos gerados e suas respectivas massas.
b) Escreva as fórmulas estruturais planas de dois isômeros da molécula do *n*-pentano.

5. **FCMSCSP 2022** A molécula representada na figura é uma substância empregada em medicamentos para tratamento de asma.

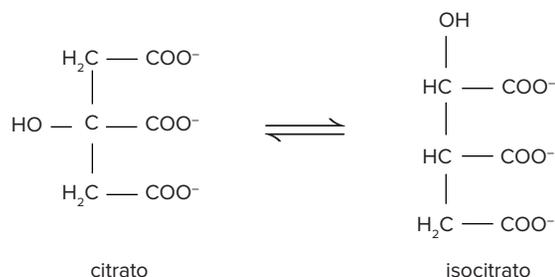


(www.lgcstandards.com)

Essa molécula apresenta átomos de carbono _____, que dão origem a isômeros _____. Um desses átomos de carbono está ligado a um grupo funcional que pertence à função _____. As lacunas são preenchidas, respectivamente, por

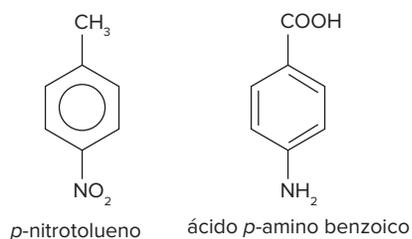
- assimétricos – *cis-trans* – álcool.
- insaturados – ópticos – éter.
- assimétricos – ópticos – amida.
- assimétricos – ópticos – amina.
- insaturados – *cis-trans* – amida.

6. **Uerj 2014** Em uma das etapas do ciclo de Krebs, a enzima aconitase catalisa a isomerização de citrato em isocitrato, de acordo com a seguinte equação química:



A isomeria plana que ocorre entre o citrato e o isocitrato é denominada de:

- cadeia
 - função
 - posição
 - compensação
7. **Uespi** Os compostos *p*-nitrotolueno e ácido *p*-amino benzoico (também conhecido como PABA) possuem a mesma fórmula molecular, $\text{C}_7\text{H}_7\text{NO}_2$, porém apresentam fórmulas estruturais muito diferentes:



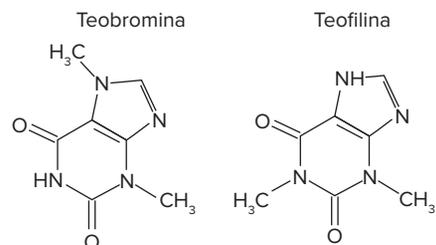
Suas propriedades também diferem bastante. Enquanto o *p*-nitrotolueno é um composto explosivo, o PABA é o ingrediente ativo de muitos protetores solares. Compostos como o PABA absorvem luz ultravioleta exatamente nos comprimentos de onda mais nocivos às células da pele. Esses compostos apresentam isomeria de:

- metameria.
 - posição.
 - função.
 - tautomeria.
 - cadeia.
8. **UFU-MG 2018** “Dentre os estimulantes do chá, a teofilina e a teobromina pertencem a uma classe de compostos orgânicos, chamada xantina. Ambas têm vários efeitos fisiológicos no corpo. A teofilina relaxa a musculatura lisa das vias aéreas, tornando a respiração mais fácil. Já

a teobromina pode estimular o coração e tem um leve efeito diurético, melhorando o fluxo sanguíneo ao redor do corpo.”

Disponível em: <https://www.dicasnutricao.com.br/estimulantes-do-cha/>. Acesso em 25/03/2018.

As substâncias citadas possuem as seguintes fórmulas moleculares



Disponível em: http://4.bp.blogspot.com/Captura_de_tela-13.png. Acesso em 25/03/2018.

Essas substâncias são:

- alótropos com fórmulas e com massas moleculares diferentes.
- alcaloides de massa molecular diferentes e fórmula estrutural distintas.
- amidas de mesma fórmula molecular e massas molares iguais.
- isômeros ($\text{C}_7\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_2$) e possuem a mesma massa molecular.

9. **Ufla-MG**

- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{Cl})\text{CH}_3$

A partir da análise dos compostos acima, pode-se afirmar que:

- I é isômero funcional de V.
- I e II são isômeros de cadeia.
- III e IV são isômeros de posição.
- V e VI são isômeros funcionais.
- III e IV são isômeros de cadeia.

10. **Fuvest-SP** Palíndromo – Diz-se da frase ou palavra que, ou se leia da esquerda para a direita, ou da direita para a esquerda, tem o mesmo sentido.

Aurélio. *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*. 2. ed. 40. imp. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986. p. 1251.

“Roma me tem amor” e “a nonanona” são exemplos de palíndromo.

A nonanona é um composto de cadeia linear. Existem quatro nonanonas isômeras.

- Escreva a fórmula estrutural de cada uma dessas nonanonas.
- Dentre as fórmulas do item a, assinale aquela que poderia ser considerada um palíndromo.
- De acordo com a nomenclatura química, pode-se dar dois nomes para o isômero do item b. Quais são esses nomes?

11. Uerj 2020 Em uma unidade industrial, emprega-se uma mistura líquida formada por solventes orgânicos que apresentam a fórmula molecular C_2H_6O . Entre os componentes da mistura, ocorre isomeria plana do seguinte tipo:

- a) cadeia c) posição
b) função d) compensação

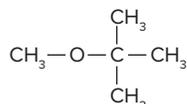
12. EsPCEX-SP 2020 Um aluno, durante uma aula de química orgânica, apresentou um relatório em que indicava e associava alguns compostos orgânicos com o tipo de isomeria plana correspondente que eles apresentam. Ele fez as seguintes afirmativas acerca desses compostos e da isomeria correspondente.

- I. os compostos butan-1-ol e butan-2-ol apresentam entre si isomeria de posição.
- II. os compostos pent-2-eno e 2-metil-but-2-eno apresentam entre si isomeria de cadeia.
- III. os compostos propanal e propanona apresentam entre si isomeria de compensação (metameria).
- IV. os compostos etanoato de metila e metanoato de etila apresentam entre si isomeria de função.

Das afirmativas feitas pelo aluno, as que apresentam a correta relação química dos compostos orgânicos citados e o tipo de isomeria plana correspondente são apenas

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

13. FAG-PR 2016 Para que os carros tenham melhor desempenho, adiciona-se um antidetonante na gasolina e, atualmente, usa-se um composto, cuja fórmula estrutural é:



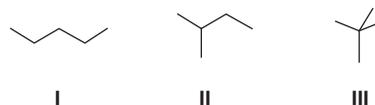
Com essa mesma fórmula molecular são representados os seguintes pares:

- I. metóxi-butano e etóxi-propano.
 - II. 3-metil-butano-2-ol e etóxi-isopropano.
- Os pares I e II são, respectivamente:
- a) isômeros de cadeia e tautômeros.
b) tautômeros e isômeros funcionais.
c) isômeros de posição e isômeros de compensação (ou metâmeros).
d) isômeros de compensação (ou metâmeros) e isômeros funcionais.
e) Nenhuma das alternativas anteriores.

14. UFRRJ As substâncias A, B e C têm a mesma fórmula molecular (C_3H_6O). O componente A tem apenas um hidrogênio ligado a um carbono secundário e é isômero de posição de C. Tanto A quanto C são isômeros de função de B. As substâncias A, B e C são, respectivamente:

- a) 1-propanol, 2-propanol e metoxietano.
b) etoxietano, 2-propanol e metoxietano.
c) isopropanol, 1-propanol e metoxietano.
d) metoxietano, isopropanol e 1-propanol.
e) 2-propanol, metoxietano e 1-propanol.

15. UEG-GO 2020 Isômeros são compostos com a mesma composição química, mas diferentes estruturas. Essas diferenças provocam alterações significativas nas propriedades químicas e físicas desses compostos. As figuras a seguir representam três isômeros do pentano (C_5H_{12}).

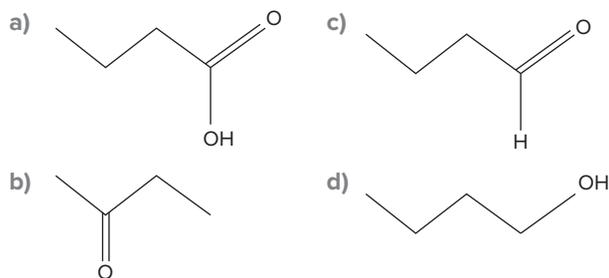


Sabendo-se que a temperatura de ebulição depende da intensidade das forças intermoleculares, a qual depende da geometria molecular, a ordem crescente de temperatura de ebulição dos três isômeros do pentano apresentados é, respectivamente:

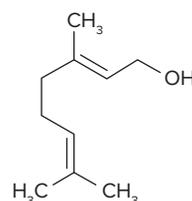
- a) I, III e II. d) II, I e III.
b) III, II e I. e) II, III e I.
c) I, II e III.

16. Uerj O programa brasileiro de produção de etanol já despertou o interesse de várias nações. O etanol, além de ser uma ótima alternativa de combustível, também é utilizado em várias aplicações industriais, por exemplo, a produção do etanoato de etila, um flavorizante de larga aplicação.

A fórmula estrutural plana de uma substância que possui a mesma fórmula molecular do éster citado no texto é:



17. UFSJ-MG Os terpenos formam uma classe de compostos naturais de origem vegetal e estão presentes em sementes, flores, folhas, caules e raízes. Um exemplo é o geraniol, encontrado nos óleos essenciais de citronela, gerânio, limão, rosas e outros. Ele apresenta um agradável odor de rosas, o que justifica seu vasto emprego pelas indústrias de cosméticos e perfumaria. A estrutura do geraniol é apresentada a seguir:

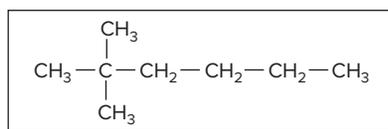
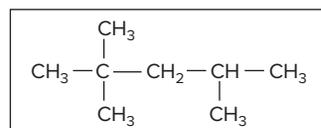
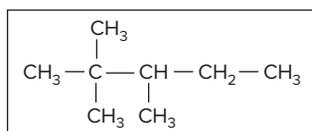


Considerando-se a estrutura desse composto, é **INCORRETO** afirmar que:

- sua temperatura de ebulição é maior que a do seu isômero não ramificado.
 - sua fórmula química é $C_{10}H_{18}O$, que também pode ser a fórmula de uma cetona.
 - apresenta isomeria do tipo *cis-trans*.
 - tem massa molar igual à do 4-decenal.
- 18. Ufes** Dois líquidos incolores têm a fórmula molecular $C_4H_{10}O$, porém apresentam pontos de ebulição bastante diferentes (117,7 °C e 34,6 °C).

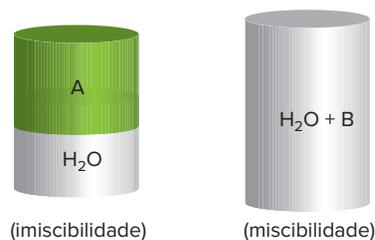
Esses líquidos podem ser:

- um aldeído e uma cetona.
 - um álcool e um éter.
 - dois éteres isoméricos.
 - duas cetonas isoméricas.
 - dois aldeídos isoméricos.
- 19. Uerj** A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos diversos que apresenta, dentre outros, os seguintes componentes:



Os pares de componentes I-II e I-III apresentam isomeria plana, respectivamente, do tipo:

- cadeia e cadeia.
 - cadeia e posição.
 - posição e cadeia.
 - posição e posição.
- 20. UFRJ** As substâncias puras tetracloreto de carbono, n-octano, n-hexano e isopropanol encontram-se em frascos identificados apenas pelas letras A, B, C e D. Para descobrir as substâncias contidas nos frascos, foram realizados dois experimentos:
- No primeiro experimento, foi adicionada uma certa quantidade de água nos frascos A e B, observando-se o comportamento a seguir:



– No segundo experimento, determinou-se que a substância do frasco C foi aquela que apresentou a menor pressão de vapor à temperatura ambiente (25 °C).

► **Dados:** tabela de propriedades.

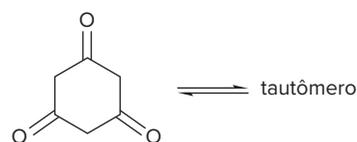
Substância	Temperatura normal de ebulição (°C)	Densidade (g/mL)
tetracloreto de carbono	77	1,6
isopropanol	82	0,8
n-octano	126	0,70
n-hexano	69	0,66

Nomeie e represente as estruturas em bastão dos isômeros de posição e de função do isopropanol.

Isomeria geométrica

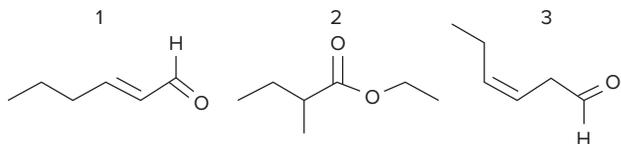
21. UFPR 2017 Isomeria é o fenômeno associado quando mais de uma substância apresenta a mesma fórmula molecular, mas difere estruturalmente quanto à disposição dos átomos na molécula. Entre as possibilidades de ocorrência desse fenômeno, as isomerias de função e geométrica são muito importantes na química orgânica. A tautomeria é um caso particular de isomeria de função, envolvendo um enol ($R-CH=C(OH)-R$) que se encontra em equilíbrio com seu tautômero carbonilado ($R-CH_2-C(O)-R$). A isomeria geométrica, por sua vez, depende da disposição espacial dos átomos, como é o caso da posição relativa dos átomos ligados aos carbonos de uma ligação dupla carbono-carbono, conhecido como isomeria *cis-trans*.

- A ciclo-hexan-1,3,5-triona, mostrada a seguir, possui um tautômero. Apresente a estrutura do composto presente em equilíbrio.



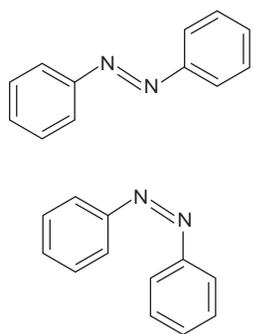
- Os ácidos fumárico e maleico são isômeros geométricos que possuem fórmula molecular $HO_2C-CH=CH-CO_2H$. O ácido fumárico é o isômero *trans*. Apresente as fórmulas estruturais espaciais (notação em bastão) dos ácidos fumárico e maleico. Indique claramente a geometria e identifique as moléculas do ácido fumárico e do maleico.

22. Uninove-SP 2016 As fórmulas estruturais de alguns componentes do aroma do azeite de oliva estão representadas a seguir.



- Classifique as substâncias 1, 2 e 3 segundo os radicais funcionais que possuem.
- Indique qual das fórmulas estruturais corresponde a um isômero geométrico do tipo *cis*. Escreva a estrutura completa desse isômero, com todos os átomos representados, com a sua indicação *cis*.

23. PUC-Rio 2015 Na representação abaixo, encontram-se as estruturas de duas substâncias com as mesmas fórmulas moleculares.



Essas substâncias guardam uma relação de isomeria:

- de cadeia.
- de posição.
- de função.
- geométrica.
- óptica.

24. Uema 2014 A canela (*Cinnamomum zeylanicum*) é uma especiaria muito utilizada em pratos típicos do período junino, tais como a canjica e o mingau de milho, por ter um sabor picante e adocicado e aroma peculiar. Essas características organolépticas são provenientes do aldeído cinâmico (3-fenilpropenal), que apresenta duas estruturas distintas em razão de sua isomeria geométrica, uma *cis* e a outra *trans*.

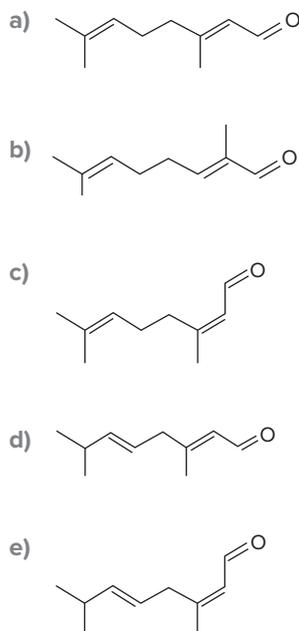
A partir da nomenclatura oficial desse aldeído, desenhe as duas estruturas isoméricas. A seguir, identifique as estruturas *cis* e *trans*, respectivamente. Justifique sua resposta.

25. Fuvest-SP 2013 A reação do tetracloretoetano ($C_2H_2Cl_4$) com zinco metálico produz cloreto de zinco e duas substâncias orgânicas isoméricas, em cujas moléculas há dupla ligação e dois átomos de cloro. Nessas moléculas, cada átomo de carbono está ligado a um único átomo de cloro.

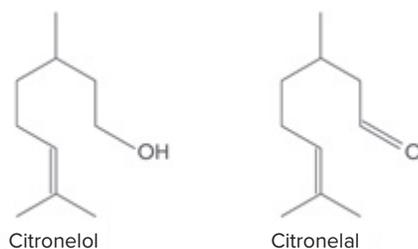
- Utilizando fórmulas estruturais, mostre a diferença na geometria molecular dos dois compostos orgânicos isoméricos formados na reação.
- Os produtos da reação podem ser separados por destilação fracionada. Qual dos dois isômeros tem maior ponto de ebulição? Justifique.

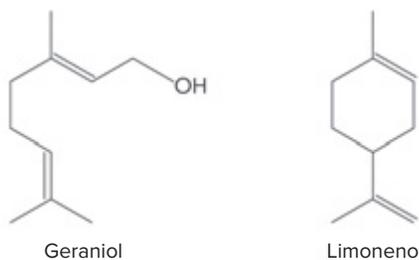
26. Enem 2013 O citral, substância de odor fortemente cítrico, é obtido a partir de algumas plantas, como o capim-limão, cujo óleo essencial possui aproximadamente 80%, em massa, da substância. Uma de suas aplicações é na fabricação de produtos que atraem abelhas, especialmente do gênero *Apis*, pois seu cheiro é semelhante a um dos feromônios liberados por elas. Sua fórmula molecular é $C_{10}H_{16}O$, com uma cadeia alifática de oito carbonos, duas insaturações, nos carbonos 2 e 6; e dois grupos substituintes metila, nos carbonos 3 e 7. O citral possui dois isômeros geométricos, sendo o *trans* o que mais contribui para o forte odor.

Para que se consiga atrair um maior número de abelhas para uma determinada região, a molécula que deve estar presente em alta concentração no produto a ser utilizado é:



27. Uerj 2019 Observe abaixo as fórmulas estruturais espaciais dos principais compostos do óleo de citronela, produto empregado como repelente de mosquitos.

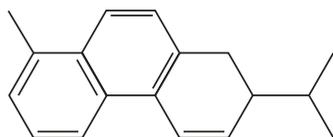




Considerando essas fórmulas estruturais, a quantidade de compostos que apresentam isômeros espaciais geométricos é igual a:

- a) 1 c) 3
b) 2 d) 4

28. Mackenzie-SP 2020 Na segunda-feira (19/08/2019) por volta das 15 horas, a cidade de São Paulo experimentou algumas horas de escuridão no meio da tarde. O fenômeno ocorreu pela chegada de uma frente fria, vinda do litoral, e também pela presença de uma névoa seca com partículas de detritos em suspensão. Essa camada densa impedia a chegada de luz do Sol e prejudicou a visibilidade na capital paulista. Análises realizadas com a água da chuva, desse dia, identificaram a presença da substância química reteno, poluente encontrado na fumaça de queimadas.



De acordo com a fórmula estrutural do reteno, representada acima, são feitas as seguintes afirmações:

- I. Trata-se de um hidrocarboneto com núcleos aromáticos condensados, apresentando os grupos substituintes metil e isopropil.
- II. Possui fórmula molecular $C_{18}H_{18}$ com 6 carbonos terciários sp^2 .
- III. Apresenta isômeros geométricos *cis/trans*.
- IV. É um composto de alta polaridade, por isso, foi detectado na água da chuva.

Estão corretas somente as afirmações:

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

29. UFPE Um determinado jornal noticiou que "... a explosão foi causada pela substituição accidental do solvente *trans*-1,2-dicloroeteno pelo *cis*-1,2-dicloroeteno, que possui ponto de ebulição menor...". Sobre essa notícia, podemos afirmar que:

- a) é incorreta, pois estes dois compostos são isômeros, portanto possuem as mesmas propriedades físicas.
b) é correta, pois o *trans*-1,2-dicloroeteno é polar, portanto deve ter ponto de ebulição maior que o do *cis*-1,2-dicloroeteno, que é apolar.

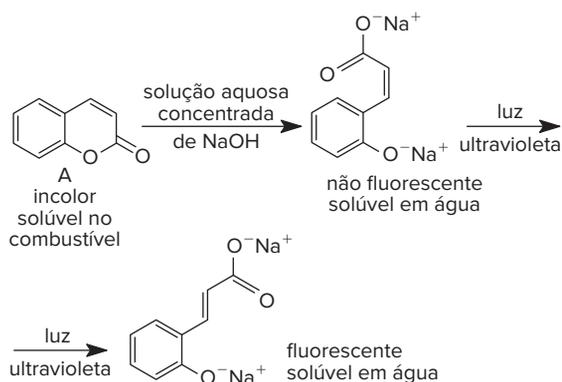
- c) é incorreta, pois o *trans*-1,2-dicloroeteno é apolar, portanto deve ter ponto de ebulição menor que o do *cis*-1,2-dicloroeteno, que é polar.
d) é correta, pois o *trans*-1,2-dicloroeteno é apolar, portanto deve ter ponto de ebulição maior que o do *cis*-1,2-dicloroeteno, que é polar.
e) é incorreta, pois estes dois compostos são tautômeros e possuem o mesmo momento dipolar, portanto possuem o mesmo ponto de ebulição.

30. UEM-PR 2017 Sobre os hidrocarbonetos, assinale o que for correto.

- 01** O ciclo-hexa-1,3-dieno é um composto aromático.
02 O ciclo-hexano apresenta uma conformação não planar estável conhecida como cadeira.
04 O 2,3-dimetil-but-2-eno apresenta isomerismo *cis-trans*.
08 No but-1-eno todos os átomos de carbono estão no mesmo plano.
16 O 2,3-dimetilbutano é isômero de cadeia do hexano.

Soma:

31. Fuvest-SP Na Inglaterra, não é permitido adicionar querosene (livre de imposto) ao óleo diesel ou à gasolina. Para evitar adulteração desses combustíveis, o querosene é "marcado", na sua origem, com o composto A, que revelará sua presença na mistura após sofrer as seguintes transformações químicas:



Um técnico tratou uma determinada amostra de combustível com solução aquosa concentrada de hidróxido de sódio e, em seguida, iluminou a mistura com luz ultravioleta. Se no combustível houver querosene (marcado):

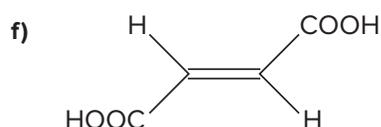
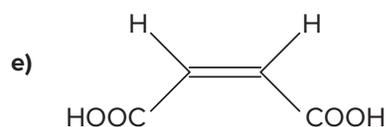
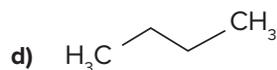
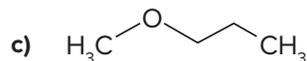
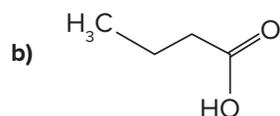
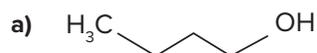
- I. no ensaio, formar-se-ão duas camadas, sendo uma delas aquosa e fluorescente.
- II. o marcador A transformar-se-á em um sal de sódio, que é solúvel em água.
- III. a luz ultravioleta transformará um isômero *cis* em um isômero *trans*.

Obs.: Fluorescente = que emite luz

Dessas afirmações:

- a) apenas I é correta. d) apenas I e II são corretas.
b) apenas II é correta. e) I, II e III são corretas.
c) apenas III é correta.

32. Mackenzie-SP 2018 Dados os seguintes compostos orgânicos:



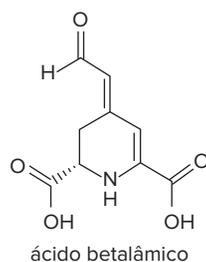
A respeito das propriedades físico-químicas e isomeria, dos compostos acima, sob as mesmas condições de temperatura e pressão, são feitas as seguintes afirmações:

- I. A e B são isômeros funcionais e B possui ponto de ebulição maior do que A.
- II. D não possui isômeros funcionais e apresenta pressão de vapor maior do que B.
- III. E e F são isômeros geométricos, onde E é polar e F é apolar.
- IV. A e C são isômeros constitucionais, sendo C mais volátil do que A.
- V. D possui um isômero de cadeia e é líquido à temperatura ambiente devido às suas ligações de hidrogênio intermoleculares.

Sendo assim, estão corretas somente as afirmações

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

33. FMJ-SP 2021 Uma pesquisa desenvolvida pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo está utilizando o ácido betalâmico, um derivado da betanina, corante extraído da beterraba, para produzir um pigmento de cor azul chamado *BeetBlue*. A figura apresenta a fórmula estrutural do ácido betalâmico e o corante *BeetBlue*.



corante BeetBlue

(revistapesquisa.fapesp.br)

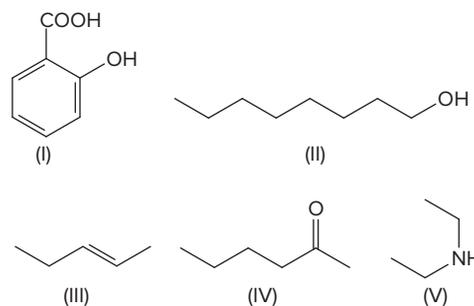
- a) Cite o nome das funções oxigenadas existentes em uma molécula de ácido betalâmico.
- b) Assinale, na estrutura, o carbono assimétrico presente na molécula do ácido betalâmico. Escreva a fórmula estrutural do isômero geométrico do ácido betalâmico.

34. UEPG/PSS-MG 2021 Sobre o ácido láctico (ácido 2-hidroxi-propanoico), assinale o que for correto.

- 01 Existe a forma levorrotatória e dextrorrotatória para esse composto.
- 02 Sua fórmula molecular é $C_3H_6O_3$.
- 04 O isômero D-ácido láctico é opticamente ativo.
- 08 A mistura racêmica de seus isômeros, D e L, é opticamente inativa.

Soma:

35. UFV-MG Devido ao grande número de compostos orgânicos existentes, a Comissão Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) tem estabelecido regras, que são periodicamente revisadas, para nomear de forma sistemática estes compostos:

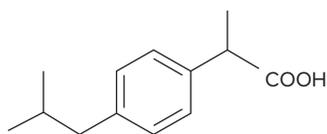


Considerando as regras de nomenclatura recomendadas pela IUPAC, os nomes dos compostos de (I) a (V) são, respectivamente:

- a) ácido *orto*-hidroxibenzoico; octan-1-ol; *cis*-pent-2-eno; hexan-2-ona; dietilamida.
- b) ácido *orto*-hidroxibenzoico; octan-1-ol; *trans*-pent-2-eno; hexan-2-ona; dietilamina.
- c) ácido 2-hidroxibenzoico; octan-1-ol; *cis*-pent-3-eno; hexan-2-ona; dietilamina.
- d) ácido *para*-hidroxibenzoico; octan-1-ol; *trans*-pent-2-eno; hexan-5-ona; dietilamina.
- e) ácido 2-hidroxibenzoico; octan-1-ol; *trans*-pent-3-eno; hexan-5-ona; dietilamida.

Isomeria óptica

36. **Uece 2014** O ibuprofeno é um fármaco do grupo dos anti-inflamatórios não esteroides, que funciona como analgésico e antipirético; é utilizado frequentemente para o alívio sintomático de dor de cabeça, dor dentária, dor muscular, moléstias da menstruação, febre e dor pós-cirúrgica. Comercialmente é vendido como Advil.

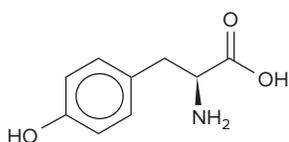


Ibuprofeno

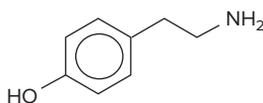
Com relação à estrutura do ibuprofeno, assinale a afirmação correta.

- a) Devido à ausência de carbono assimétrico, a molécula desse composto não apresenta isomeria óptica.
b) Sua molécula apresenta dois isômeros ópticos, com propriedades físicas diferentes, exceto o desvio da luz polarizada, de mesma intensidade e direção.
c) O carbono vizinho ao grupo —COOH é assimétrico.
d) Os dois enantiômeros desse composto apresentam as mesmas atividades fisiológicas.

37. **PUC-Rio 2014** Abaixo estão representadas as estruturas da tirosina e da tiramina.



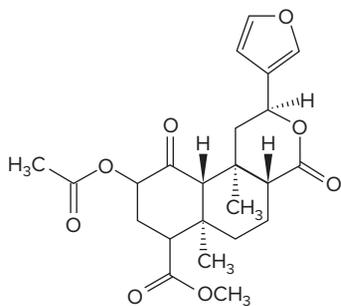
Tirosina



Tiramina

Considerando essas substâncias, pode-se afirmar que:

- a) são tautômeros.
b) são opticamente ativas.
c) são isômeros funcionais.
d) a tirosina possui um carbono assimétrico.
e) a tiramina possui um carbono assimétrico.
38. **UFRGS 2013** Salvinorina A, cuja estrutura é mostrada abaixo, é um dos mais potentes alucinógenos naturais que se conhece. Esse composto é encontrado na *Salvia divinorum*, uma planta rara do México.



A respeito da estrutura da Salvinorina A, considere as seguintes afirmações.

- I. Contém anéis heterocíclicos.
II. Contém carbonos assimétricos.
III. Não apresenta carbonos terciários.

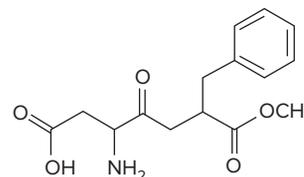
Quais estão corretas?

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

39. **Udesc 2013** Assinale a alternativa **correta** em relação à molécula de 2-bromo-3-cloro-4-metilpentano.

- a) Possui seis carbonos com hibridização sp.
b) Possui seis carbonos com hibridização sp².
c) Apresenta em sua estrutura dois carbonos assimétricos.
d) Apresenta em sua estrutura três carbonos assimétricos.
e) É um hidrocarboneto de cadeia aberta, ramificado e insaturado.

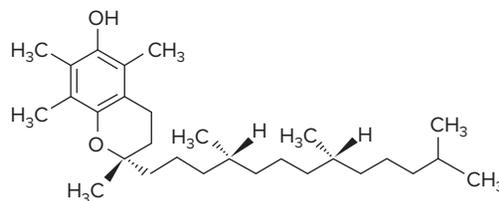
40. **PUC-Rio 2013** Substâncias que possuem isomeria óptica apresentam a mesma fórmula molecular, contudo diferem entre si no arranjo espacial dos átomos.



De acordo com a estrutura representada, é possível prever que esta substância possui no máximo quantos isômeros ópticos?

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

41. **Cefet-MG 2013** Alguns protetores solares possuem vitamina E (*alfa-tocopherol*) na sua formulação, substância conhecida pela ação antioxidante. Ao neutralizar os radicais livres, responsáveis pelos fenômenos degenerativos, essa vitamina, cuja estrutura molecular está representada abaixo, confere uma proteção adicional para evitar danos causados pela radiação.



Com base nessa estrutura molecular, é correto afirmar que o *alfa-tocopherol*

- a) reage com ácidos.
b) desvia a luz plano-polarizada.
c) tem fórmula mínima C₂₉H₂₇O₂.
d) possui as funções de álcool e éter.
e) apresenta cadeia normal e insaturada.

42. UFRN 2013 A anfetamina, de fórmula $C_6H_5-CH_2-CH(NH_2)-CH_3$, é um fármaco com ação estimulante sobre o sistema nervoso central. Esse fármaco pode ser representado por dois compostos que apresentam a mesma fórmula estrutural, mas só um deles tem efeito fisiológico. A obtenção de medicamentos que tenham esse comportamento constitui um desafio para os químicos. O Prêmio Nobel de Química, em 2001, foi outorgado aos químicos William S. Knowles (EUA), K. Barry Sharpless (EUA) e Ryoji Noyori (Japão) por desenvolverem métodos de sínteses com catalisadores assimétricos que permitem obter o enantiômero que interessa. O comportamento da anfetamina e os trabalhos dos químicos laureados com o Nobel dizem respeito

- à isomeria de função em compostos com a mesma composição e com estruturas diferentes.
- à isomeria óptica em compostos que têm, pelo menos, um carbono assimétrico.
- à isomeria plana em compostos com a mesma composição e com estruturas diferentes.
- à isomeria geométrica em compostos que têm, pelo menos, um carbono assimétrico.

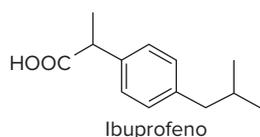
43. Uern 2013 A isomeria é o fenômeno pelo qual duas substâncias compartilham a mesma fórmula molecular, mas apresentam estruturas diferentes, ou seja, o rearranjo dos átomos difere em cada caso. O fenômeno ocorre principalmente em compostos de carbono, considerando a variedade de substâncias orgânicas presentes na natureza. A tetravalência do carbono permite formar longas cadeias estáveis e com múltiplas combinações. Eis aí a questão-chave da isomeria – o estudo das diferentes probabilidades de existência de compostos com mesma fórmula molecular.

Disponível em: brasilecola.com/quimica/isomeria.htm.

A isomeria pode ser geométrica e óptica. Qual das afirmativas a seguir apresenta uma substância que corresponde tanto a uma isomeria geométrica quanto à isomeria óptica ao mesmo tempo?

- 2-metil-pent-3-en-2-ol
- 3-metil-pent-3-en-2-ol
- 4-metil-pent-3-en-2-ol
- 5-metil-pent-3-en-2-ol

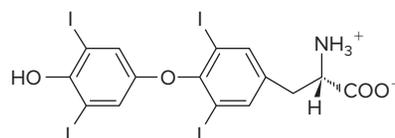
44. Udesc A molécula de ibuprofeno é conhecida por seu efeito analgésico no organismo humano. No entanto, somente um de seus isômeros apresenta esse efeito.



Com relação à molécula de ibuprofeno, é correto afirmar que:

- apresenta em sua estrutura dois carbonos assimétricos.
- possui seis carbonos com hibridização sp^2 .
- sua fórmula molecular é $C_{13}H_{24}O_2$.
- apresenta em sua estrutura somente um carbono assimétrico.
- é um hidrocarboneto cíclico, ramificado e saturado.

45. UCS-RS A glândula tireoide produz a tiroxina, cuja fórmula estrutural está representada abaixo, a partir do iodo e da tirosina. A tiroxina é um dos principais hormônios envolvidos no controle da velocidade metabólica. Baixos níveis de tiroxina (hipotireoidismo) podem levar à obesidade e à letargia, enquanto altos níveis (hipertireoidismo) podem causar efeitos opostos.



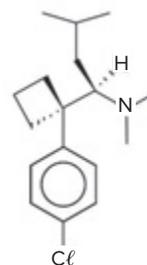
Analise a veracidade (V) ou a falsidade (F) das proposições abaixo sobre a tiroxina.

- É um composto aromático que apresenta isomeria óptica.
- Apresenta somente carbonos hibridizados na forma sp^2 .
- Apresenta fórmula mínima $C_{13}H_5O_4NI_4$.

Assinale a alternativa que preenche corretamente os parênteses de cima para baixo.

- V – F – V
- V – V – V
- F – F – F
- F – V – F
- V – F – F

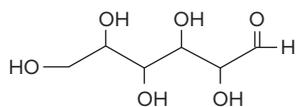
46. UEPG-PR 2019 A respeito do composto orgânico abaixo representado, assinale o que for correto.



- 01** É um composto opticamente ativo.
- 02** Caracteriza-se como uma substância halogenada.
- 04** O anel aromático presente na estrutura é um benzeno dissubstituído com orientação *para*.
- 08** Apresenta uma amina terciária em sua estrutura.
- 16** Apresenta dois carbonos quirais.

Soma:

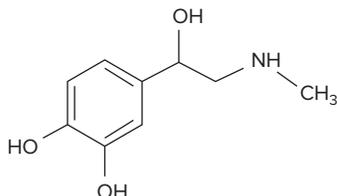
47. UnB-DF A quantidade de carbonos quirais na molécula de glicose mostrada na figura abaixo é igual a



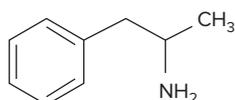
- a) 3. c) 5.
b) 4. d) 6.

48. UPF-RS 2014

Estrutura da adrenalina



Estrutura da amfetamina



A partir da análise das representações estruturais das substâncias adrenalina e amfetamina e das propriedades relacionadas às aminas, analise as afirmações a seguir e marque **V** para **verdadeiro** e **F** para **falso**:

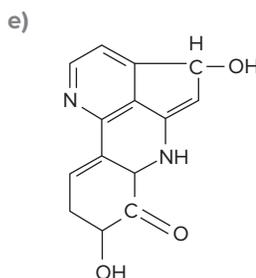
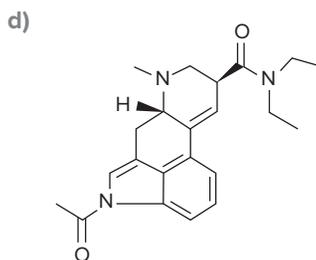
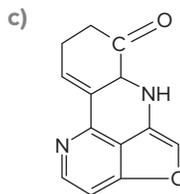
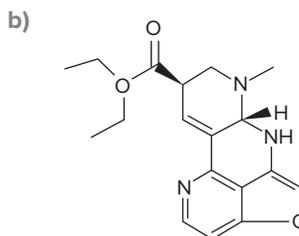
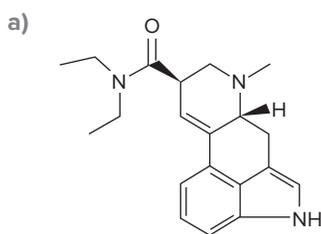
- Em ambas as estruturas existem os grupamentos relativos às funções orgânicas álcool e amina, mas apenas na estrutura da amfetamina existe o grupamento relativo à função orgânica fenol.
- De acordo com a classificação das aminas pelo número de hidrogênios substituídos, tem-se, na estrutura da adrenalina, uma amina primária, e, na amfetamina, uma amina secundária.
- As aminas apresentam caráter básico mais acentuado do que álcoois, ésteres e éteres, uma vez que o nitrogênio é menos eletronegativo do que o oxigênio.
- Ambas as estruturas, da adrenalina e da amfetamina, podem ser consideradas aminas aromáticas, pois apresentam anel aromático.
- As duas substâncias químicas, adrenalina e amfetamina, apresentam átomo de carbono assimétrico e, portanto, possuem atividade óptica.

A sequência **correta** de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

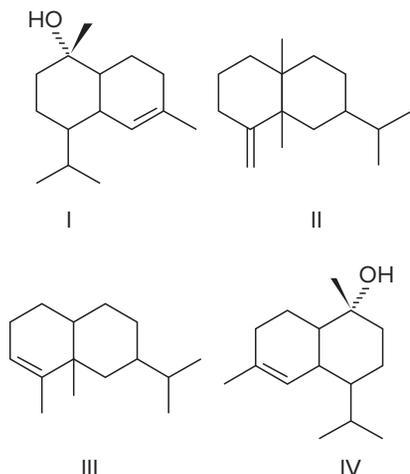
- a) F – F – V – F – V.
b) V – F – V – F – V.
c) V – V – V – F – V.
d) F – V – V – V – F.
e) V – F – F – F – V.

49. UPE 2016 O uso de drogas tem gerado sérios problemas de saúde e sociais, em muitos casos resultando na morte dos usuários. Esse é o caso do LSD-25, sigla alemã referente à dietilamida do ácido lisérgico, uma das mais potentes substâncias alucinógenas de que se tem conhecimento. A atividade dessa droga está relacionada a sua estrutura, na qual existem dois carbonos esterogênicos, um grupo funcional amina, dois grupos amida. Essa molécula interfere no mecanismo de ação da serotonina, um neurotransmissor do cérebro, causando os efeitos alucinógenos e outras complicações.

Qual das estruturas representadas abaixo corresponde ao LSD-25?



50. PUC-Rio 2014



Sobre as substâncias I, II, III e IV, tem-se que:

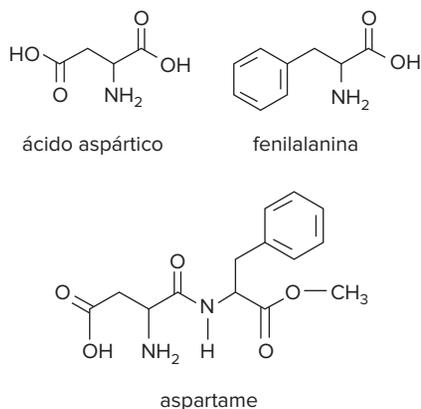
- I e IV são substâncias iguais.
- I e IV são isômeros espaciais.
- II e III são substâncias iguais.
- II e III são isômeros geométricos.
- II e IV são isômeros funcionais.

51. UFSC 2016

Adoçantes fazem realmente mal à saúde?

O aspartame é provavelmente o adoçante artificial mais conhecido e também o mais criticado mundialmente. É produzido a partir dos aminoácidos ácido aspártico e fenilalanina. Alguns estudos científicos recentes sugerem que o aumento de alguns tipos de câncer pode estar associado ao consumo excessivo deste adoçante. Por outro lado, pesquisas realizadas pelo Instituto Nacional do Câncer dos Estados Unidos e pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos concluíram que o consumo de aspartame na quantidade de 40 mg por cada quilograma de massa corporal do indivíduo é seguro.

Disponível em: http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/02/150204_vert_fut_adocante_ml.shtml. Acesso em: 18 ago. 2015. (Adapt.)



Informações adicionais:

No Brasil, sugere-se que a ingestão diária máxima de aspartame seja de 10 gotas/kg de massa corporal para

os produtos comercializados na forma líquida, de modo a não ultrapassar a ingestão diária aceitável de 40 mg/kg de massa corporal.

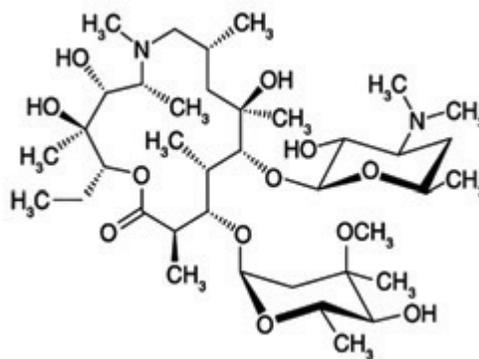
Considere que cada gota de adoçante contém 4,0 mg de aspartame e que para adoçar uma xícara de café seja necessário adicionar 21 gotas de adoçante.

Sobre o assunto tratado acima, é correto afirmar que:

- a nomenclatura IUPAC do ácido aspártico é ácido 3-amino propanoico.
- a nomenclatura IUPAC da fenilalanina é ácido 2-amino-3-fenilpropanoico.
- um indivíduo de 50 kg que ingerir, em um dia, quinze xícaras de café com adoçante contendo aspartame nas condições descritas no enunciado terá ingerido uma quantidade maior do adoçante artificial do que a aceitável.
- as moléculas de ácido aspártico e de fenilalanina apresentam as funções orgânicas amida e ácido carboxílico.
- a molécula de aspartame apresenta dois átomos de carbono assimétricos.
- a molécula de fenilalanina apresenta um par de enantiômeros.
- a molécula de ácido aspártico possui dois pares de diastereoisômeros.

Soma:

52. IME-RJ 2020 A azitromicina é um potente antibiótico comercial. Sua estrutura molecular está mostrada a seguir:



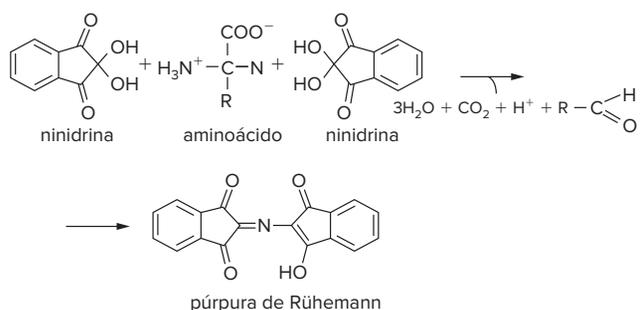
Considerando a estrutura acima, são feitas as seguintes afirmações:

- Existem 2 átomos com hibridização sp^2 .
- A molécula possui 18 carbonos quirais.
- Éster, amina e éter são funções orgânicas encontradas na molécula.

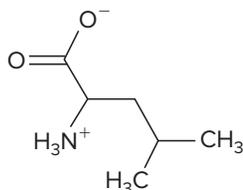
Com base na análise das afirmações acima, assinale a opção correta:

- Há apenas uma afirmação verdadeira.
- Apenas as afirmações I e II são verdadeiras.
- Apenas as afirmações I e III são verdadeiras.
- Apenas as afirmações II e III são verdadeiras.
- Todas as afirmações são verdadeiras.

53. Unisa-SP 2017 A revelação de impressões digitais é uma prática fundamental na ciência forense, sendo utilizada na identificação de pessoas indiciadas em inquéritos ou acusadas em processos. Uma das técnicas utilizadas para esse fim é a da aplicação da ninidrina, uma substância que reage com aminoácidos produzindo uma coloração púrpura que evidencia as linhas presentes na impressão digital. A reação da ninidrina com aminoácidos está representada na figura.

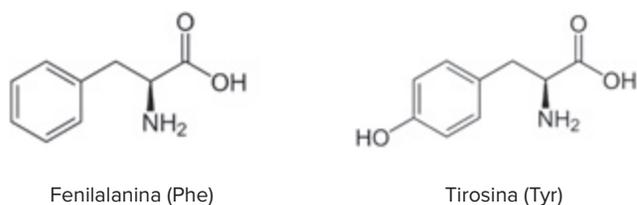


- Identifique as funções orgânicas presentes na molécula de ninidrina.
- Considere que a ninidrina entre em contato com a secreção de um indivíduo e que nela exista o aminoácido leucina, cuja fórmula estrutural é mostrada na figura.



Dê o nome do composto orgânico que é formado na reação da leucina com a ninidrina, além da púrpura de Ruhemann, e indique, justificando sua resposta, se ele apresenta isomeria óptica.

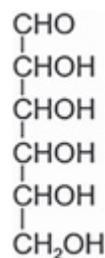
54. Mackenzie-SP 2018 A doença genética fenilcetonúria é caracterizada pela deficiência do fígado em converter o aminoácido fenilalanina (Phe) em tirosina (Tyr). Por isso, há uma elevação do nível de fenilalanina no sangue, provocando desordens no organismo, dentre essas o atraso no desenvolvimento mental de crianças. Isso ocorre, pois em nível molecular, os portadores da doença não apresentam a enzima fenilalanina hidroxilase que é a responsável pela hidroxilação da fenilalanina. Abaixo estão representadas as fórmulas estruturais da fenilalanina e da tirosina.



A respeito dessas moléculas, é correto afirmar que:

- ambas possuem carbono quiral, mas somente a Tyr possui grupo funcional álcool.
- a hidroxilação da Phe ocorre na posição meta do anel aromático.
- a Tyr forma maior número de ligações de hidrogênio intermolecular do que a Phe.
- a Tyr possui 4 isômeros ópticos e a Phe apresenta isômeros geométricos.
- ambas possuem 7 átomos de carbono com geometria linear.

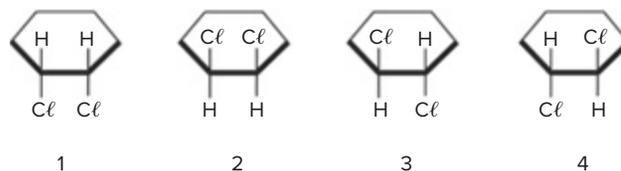
55. Unioeste-PR 2018 Os açúcares pertencentes à família dos carboidratos são polidroxialdeídos ou polidroxicetonas, como ilustrado na figura abaixo. Estas estruturas apresentam carbonos quirais e podem ser encontradas na natureza nas mais diferentes formas isoméricas.



Considerando-se um açúcar com seis carbonos, ou seja, uma hexose, como representado na figura acima, o número máximo de estruturas estereoisoméricas possíveis de serem encontradas será de

- 2
- 4
- 6
- 8
- 16

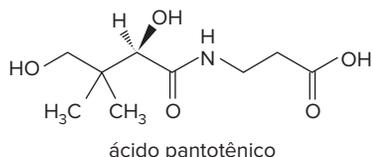
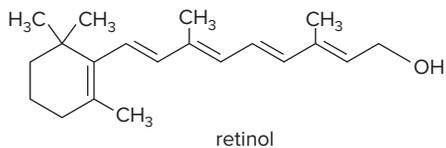
56. UFPR 2020 Ao tentar identificar todas as possibilidades de fórmulas estruturais do composto 1,2-diclorociclo-hexano, um estudante propôs as quatro estruturas mostradas na figura abaixo. Entretanto, seu professor apontou que havia um engano, porque apenas três estruturas distintas são possíveis.



O estudante propôs uma estrutura a mais porque considerou em sua resposta que:

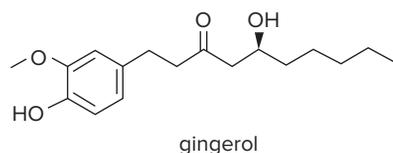
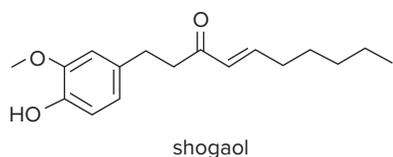
- 1 e 2 são moléculas diferentes.
- 1 e 3 são diastereoisômeros.
- 1 e 4 não são sobreponíveis.
- 2 e 3 são isômeros constitucionais.
- 3 e 4 são enantiômeros.

57. **Unesp 2016** Analise as fórmulas que representam as estruturas do retinol (vitamina A), lipossolúvel, e do ácido pantotênico (vitamina B5), hidrossolúvel.



Com base na análise das fórmulas, identifique as funções orgânicas presentes em cada vitamina e justifique por que a vitamina B5 é hidrossolúvel e a vitamina A é lipossolúvel. Qual dessas vitaminas apresenta isomeria óptica? Justifique sua resposta.

58. **Uerj 2016** Duas das moléculas presentes no gengibre são benéficas à saúde: shogaol e gingerol. Observe suas fórmulas estruturais:

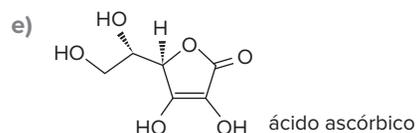
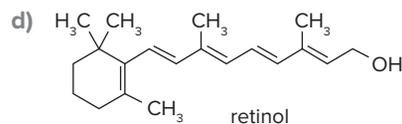
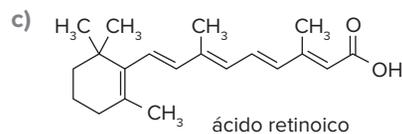
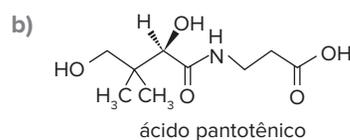
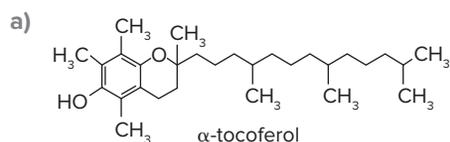


Aponte o tipo de isomeria espacial presente, respectivamente, em cada uma das estruturas. Nomeie, ainda, as funções orgânicas correspondentes aos grupos oxigenados ligados diretamente aos núcleos aromáticos de ambas as moléculas.

59. **Unesp 2021** Certa vitamina apresenta as seguintes características:

- hidrossolubilidade;
- insaturação entre átomos de carbono;
- presença da função álcool;
- presença de átomo de carbono quiral.

Essa vitamina é:



60. **Uema 2015** Deu no noticiário do Bom Dia Brasil:

“A polícia civil de São Paulo está à procura de seis mulheres suspeitas de aplicar um golpe conhecido como boa noite, Cinderela”.

Boa noite, Cinderela refere-se a um crime que consiste em drogar uma vítima para roubá-la ou estuprá-la. As drogas que costumam ser usadas nessa prática são GHB (**ácido 4-hidroxi-butanoico**), Ketamina, rohypnol e **clorofórmio (triclorometano)**. Em comum essas drogas apresentam um efeito depressor sobre o sistema nervoso central.

Fonte: Telejornal Bom dia Brasil. São Paulo. TV Globo, 15 set. 2014.

Para as duas substâncias destacadas em negrito, demonstre se ambas apresentam carbonos quirais. Justifique sua resposta.

61. **UEM-PR 2019** Assinale a(s) alternativa(s) que apresenta(m) correta descrição de cadeias carbônicas e suas isomerias.

- 01 A propanona e o propanal não apresentam heteroátomo e são isômeros de função.
- 02 O 3,4-dietil-hexano é isômero de posição do 3-etil-heptano.
- 04 Os compostos 1-penteno, ciclopentano e metilciclobutano são isômeros de cadeia.
- 08 Os dois isômeros ópticos do ácido-2-hidróxi-propanoico apresentam temperaturas de fusão diferentes.

- 16 O benzeno apresenta cadeia saturada.

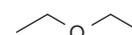
Soma:

62. **Unifesp 2014** Os compostos 1 e 2, representados nas figuras, são compostos orgânicos utilizados como solventes na indústria química e farmacêutica.

Composto 1



Composto 2

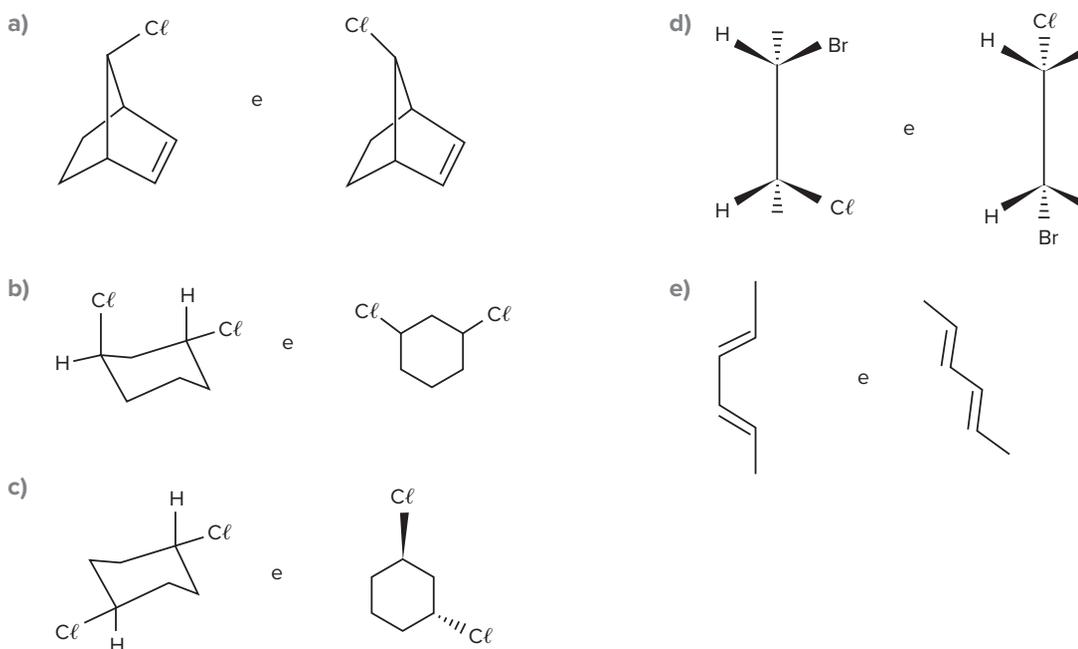


Na tabela, cada letra (x, y, z, w) pode representar somente o composto 1 ou o composto 2.

Composto	Pressão de vapor (20° C)
x	1,67 kPa
y	58,6 kPa
Composto	Solubilidade em água
z	69 g/L
w	290 g/L

- a) Identifique os compostos x, y, z e w.
 b) Que tipo de isomeria ocorre entre os compostos 1 e 2? Escreva o nome oficial do composto que apresenta atividade óptica.

63. IME-RJ 2021 Estabeleça a relação entre as estruturas de cada par abaixo, identificando-as como enantiômeros, diastereoisômeros, isômeros constitucionais ou representações diferentes de um mesmo composto.



64. IME-RJ 2021 Determine o número de pares de enantiômeros para um composto de estrutura molecular octaédrica, cujo átomo central X esteja ligado a seis ligantes distintos (A, B, C, D, E e F) e que não possuam estereocentros. Justifique

65. UEM-PR 2022 Assinale o que for correto.

- 01** Os isômeros são compostos com a mesma fórmula molecular, podendo apresentar propriedades físicas e/ou químicas distintas.
02 A substância trimetilamina possui menor ponto de ebulição em relação à substância dimetilamina.
04 Entre os isômeros butan-2-ol e o éter dietílico apenas o butan-2-ol apresenta carbono assimétrico.
08 Quando o benzeno reage com uma solução que contém Br_2 em condições ambientes, ocorre uma reação de adição do tipo halogenação.
16 A partir da fórmula molecular C_4H_8 obtêm-se seis isômeros.

Soma:

BNCC em foco

EM13CNT301

1. Durante uma atividade em uma aula experimental foi fornecido para os estudantes um frasco em que a única informação no rótulo é a fórmula molecular: C_2H_6O . Utilizando os conhecimentos sobre compostos orgânicos, responda às questões.

- Quais compostos orgânicos podem estar no frasco?
- Considerando as interações intermoleculares, coloque os compostos citados no item anterior em ordem crescente de temperatura de ebulição.

EM13CNT303

2. Leia o texto a seguir para responder às questões.

Até então, as tentativas de fazer borracha sintética a partir da polimerização do isopreno haviam malogrado. O problema eram as ligações duplas *cis* da borracha. Quando a borracha natural é produzida, enzimas controlam o processo de polimerização para que as ligações duplas sejam *cis*. Como não se dispunha de nenhum controle semelhante para o processo sintético, o resultado era um produto em que as ligações duplas eram uma mistura aleatoriamente arranjada de ambas as formas, *cis* e *trans*.

[...]

Em 1953, Karl Ziegler, na Alemanha, e Giulio Natta, na Itália, aperfeiçoaram ainda mais a produção de borracha sintética. Ziegler e Natta desenvolveram, de modo independente, sistemas que produziam ligações duplas *cis* ou *trans* de acordo com o catalisador particular utilizado. Tornou-se então possível fazer borracha natural sinteticamente. Os chamados catalisadores Ziegler-Natta, que valeram a seus descobridores o Prêmio Nobel de Química de 1963, revolucionaram a indústria química ao permitir a síntese de polímeros cujas propriedades podiam ser precisamente controladas. [...]

LE COUTEUR, Penny; BURRESON, Jay. *Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história*. Rio de Janeiro: Zahar, 2006. p. 144 e 147.

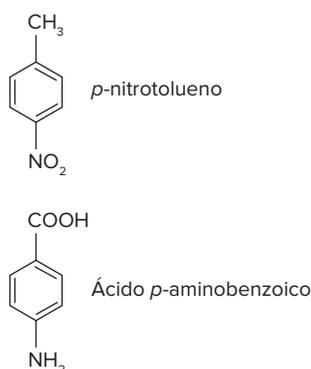
- A dificuldade relatada no texto para obter borracha sintética está ligada a que tipo de isomeria?
- Se a borracha tem uma fonte natural, por que existia o interesse em obter borracha sintética? Quais seriam as vantagens?

EM13CNT303

3. Leia o texto a seguir e faça o que se pede.

Afora a produção de calor e de gases, uma terceira propriedade importante das reações explosivas é a rapidez com que devem se efetuar. [...] O oxigênio necessário para uma reação como esta tem de vir da molécula que está explodindo. Não pode vir do ar, porque o oxigênio da atmosfera não se torna disponível com a rapidez suficiente. Os compostos nitrados em que o nitrogênio e o oxigênio estão ligados entre si são muitas vezes explosivos, ao passo que outros compostos, em que tanto o nitrogênio quanto o oxigênio estão presentes, mas não ligados um ao outro, não são.

[...]

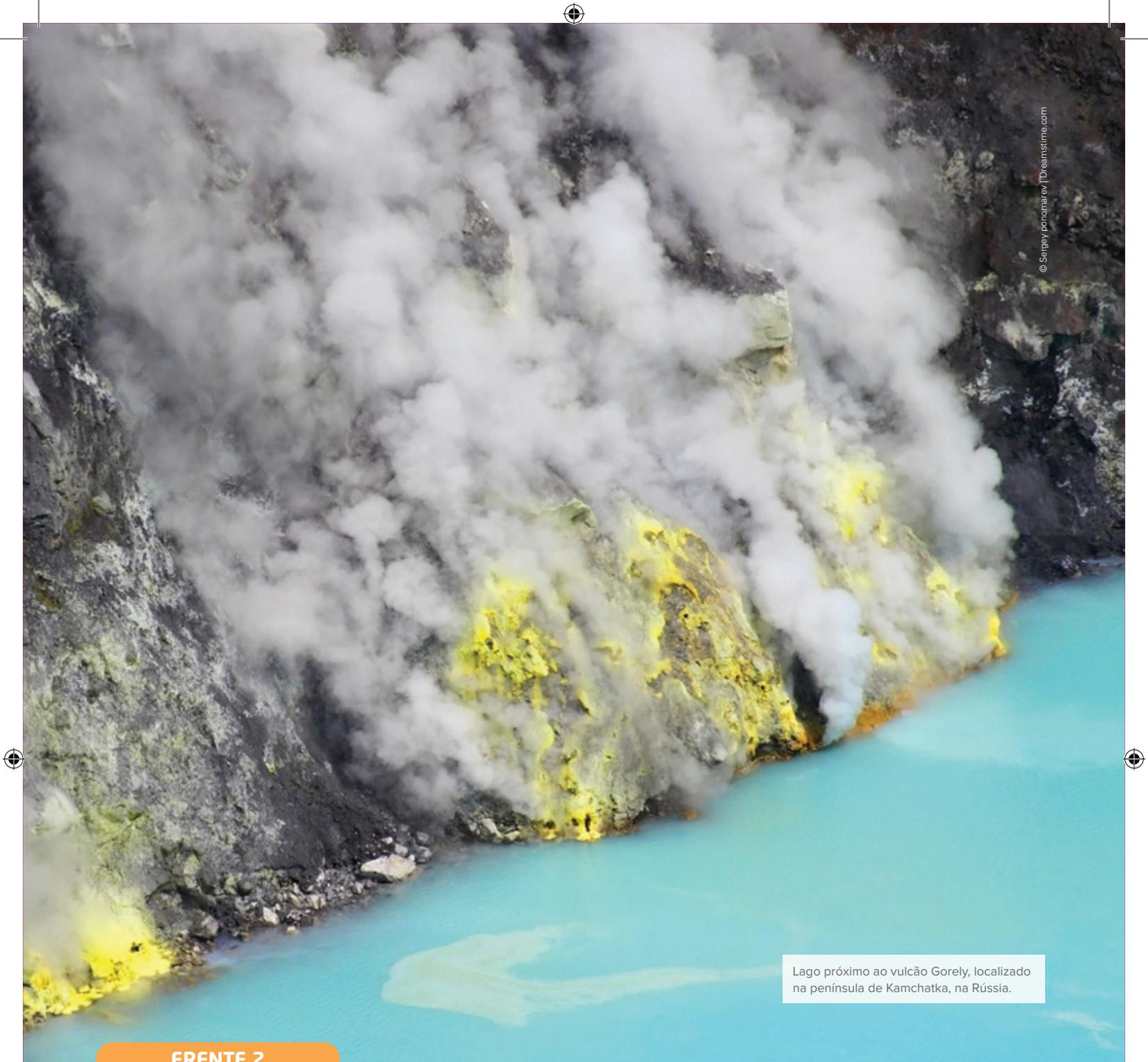


O *para*- ou *p*-nitrotolueno [...] pode ser explosivo, ao passo que o ácido *p*-aminobenzoico não o é absolutamente. Na verdade, provavelmente você já o esfregou no rosto durante o verão: trata-se do PABA, o ingrediente ativo de muitos protetores solares.

[...]

LE COUTEUR, Penny; BURRESON, Jay. *Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história*. Rio de Janeiro: Zahar, 2006. p. 87.

- Qual é a fórmula molecular dos compostos mostrados no texto?
- Descreva o tipo de isomeria que ocorre entre o *p*-nitrotolueno e o ácido *p*-aminobenzoico.



© Sergey ponomarev | Dreamstime.com

Lago próximo ao vulcão Gorely, localizado na península de Kamchatka, na Rússia.

FRENTE 2

CAPÍTULO

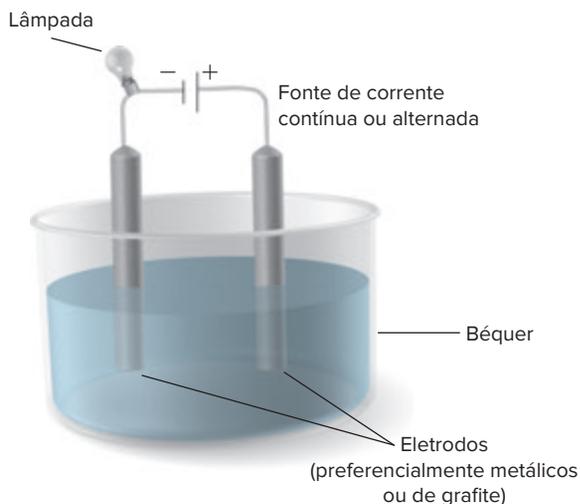
4

Ácidos e bases

A foto mostra um lago que fica próximo a um vulcão em atividade e uma concentração elevada de ácido sulfúrico. Neste capítulo, estudaremos esse ácido, seus semelhantes químicos e os compostos antagônicos, as bases. A importância dessas substâncias é enorme para a humanidade.

Teoria de Arrhenius

A teoria de Arrhenius foi baseada em dados experimentais obtidos por Svante Arrhenius (1859-1927), que também contribuiu com seus estudos nas definições de ácidos e bases e na cinética química. Para entender como o cientista chegou a essas importantes conclusões, é preciso imaginarmos a seguinte montagem experimental:



Montagem experimental para verificação da teoria de Arrhenius.

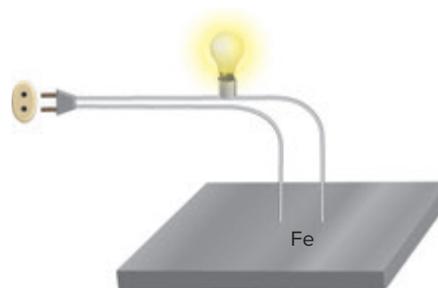
! Atenção

A fonte representada é de corrente contínua, pois apresenta polos. Nesse caso, o fluxo de elétrons ocorre em um único sentido, do polo positivo para o polo negativo. Na corrente alternada, o fluxo de elétrons é invertido a cada intervalo de tempo, que no Brasil é de 60 vezes por segundo. Dessa maneira, não há polos fixos na corrente alternada.

É importante salientar que a lâmpada só serve para indicar se há passagem de corrente ou não. Além disso, os eletrodos são preferencialmente metálicos. Nesse caso, o ideal é serem de platina, por se tratar de um material inerte, que não interfere no processo.

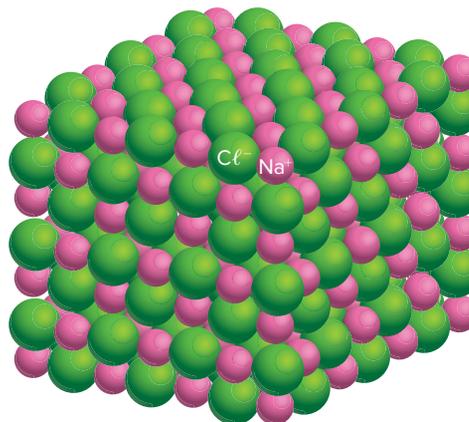
A corrente elétrica é aquela que circula pelos fios e pelos eletrodos metálicos, uma vez que circulam apenas elétrons. No entanto, essa mesma corrente só circulará se o circuito estiver fechado. Para isso, o sistema entre os eletrodos deve ser condutor de corrente elétrica (que possibilita a movimentação de elétrons) ou corrente eletrolítica (que possibilita a movimentação de íons).

Primeiro, testaremos qualquer metal sólido ou líquido. Colocamos o material entre os eletrodos, com a fonte sempre ligada, e, então, a lâmpada acende. Isso indica a passagem de corrente, que, nesse caso, é elétrica, visto que os metais têm elétrons livres. Podemos verificar melhor esse fato estudando a "teoria da nuvem eletrônica". Sempre que há elétrons livres, há condução de corrente elétrica. Veja como fica a montagem experimental na figura a seguir.



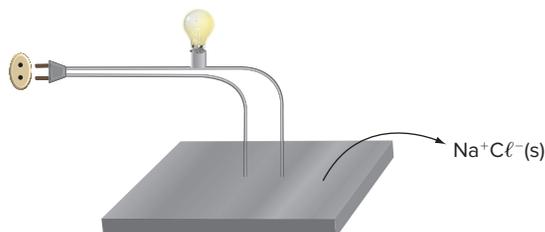
Montagem experimental que verifica a condução de corrente elétrica através do metal.

Continuando as verificações experimentais, vejamos agora o que ocorre se, no lugar do ferro, por exemplo, colocarmos cloreto de sódio (NaCl , principal componente do sal de cozinha) no estado sólido. Nesse caso, a lâmpada não acende, indicando que o circuito está aberto justamente entre os eletrodos. É bom lembrar que, para que haja condução de corrente, é preciso ter elétrons livres ou íons livres. No caso do sal de cozinha no estado sólido, os íons existem, porém estão presos. Portanto, não há liberdade de locomoção. Para entender o porquê desse fenômeno, lembre-se de que a ligação química que ocorre entre Na e Cl (que são, respectivamente, metal e ametal) é do tipo iônica ou eletrovalente; logo, há transferência do elétron do elemento mais eletropositivo (Na) para o mais eletronegativo (Cl). Com isso, formam-se os íons Na^+ e Cl^- , que estão fortemente unidos pela ligação que se estabeleceu entre eles. Desse modo, forma-se uma estrutura cristalina, mostrada na figura a seguir.



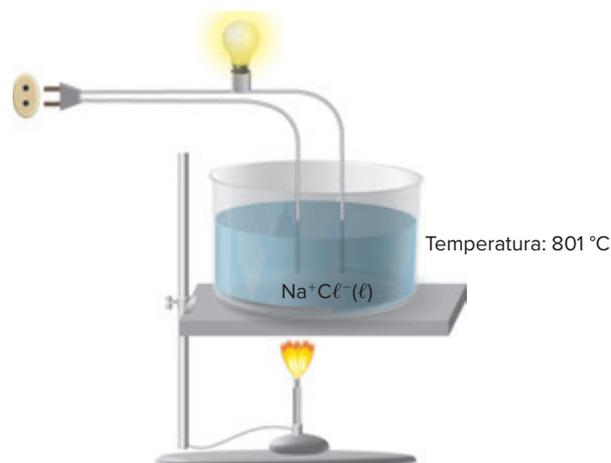
Estrutura cristalina de NaCl .

Portanto, a simples existência de íons não garante a passagem de corrente. Note o resultado experimental do procedimento na figura a seguir.



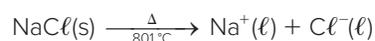
Montagem experimental mostrando que os íons presos do $\text{Na}^+\text{Cl}^-(\text{s})$ não conduzem corrente.

Como já mencionamos, as ligações iônicas entre os íons Na^+ e Cl^- são muito fortes, o que explica o fato de, nas condições ambientes, o cloreto de sódio se apresentar no estado sólido. Contudo, se o aquecermos, essas ligações vão se enfraquecendo, até a fusão. Quando isso ocorre (mais precisamente à temperatura de $801\text{ }^\circ\text{C}$), ele passa para o estado líquido. Nesse estado, os íons “libertam-se” uns dos outros, e o sistema entre os eletrodos possibilita que a lâmpada acenda, uma vez que íons livres são condutores. Essa é a condução por **corrente eletrolítica**. Veja na figura a seguir.

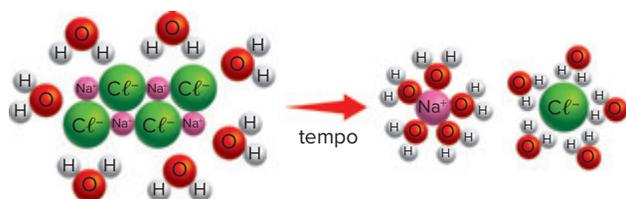


Montagem experimental mostrando que os íons livres do $\text{Na}^+\text{Cl}^-(\ell)$ conduzem corrente.

Esse fenômeno de fusão com liberação de íons pode ser equacionado da seguinte forma:



Analisando o caso anterior com cuidado, percebemos que $801\text{ }^\circ\text{C}$ não é uma temperatura fácil de se atingir. Será que é possível liberar os íons de substâncias iônicas sem passá-las para o estado líquido? A resposta é sim. Para tanto, basta adicionar essa substância iônica à água. O fenômeno que se segue é a quebra das ligações iônicas entre cátions e ânions, para a formação de novas ligações entre cátions e ânions com a água. Esquemáticamente, temos:



Separação dos íons $\text{Na}^+\text{Cl}^-(\ell)$ quando colocados em água.

Esse fenômeno que analisamos pode ser equacionado como mostrado a seguir. Ao que ocorreu damos o nome de **dissociação**.



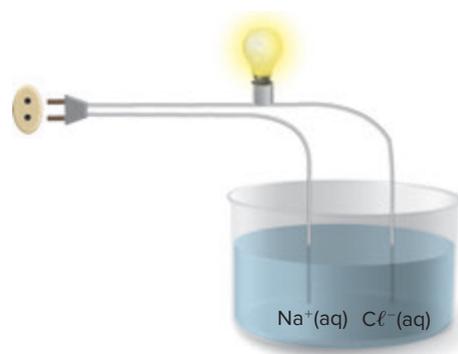
! Atenção

Dissociação iônica é o fenômeno pelo qual íons presos tornam-se íons livres e, portanto, condutores de corrente.

Note que o oxigênio da água, que tem δ^- (efeito indutivo negativo), liga-se facilmente ao íon positivo, enquanto o hidrogênio da água, que tem δ^+ (efeito indutivo positivo), liga-se facilmente ao íon negativo.

As soluções iônicas que passam pelo processo de dissociação, quando da adição de uma substância iônica, são chamadas de soluções eletrolíticas.

A montagem experimental é mostrada a seguir.



Montagem experimental mostrando que a água libera os íons presos de uma substância iônica, pelo processo da dissociação.

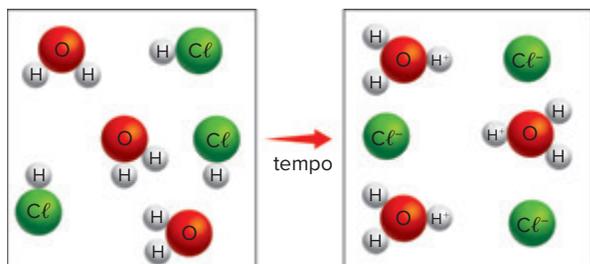
Tomando outra substância, como o açúcar comum ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, sacarose), e procedendo da mesma forma que na experiência anterior, notamos que esse tipo de composto é incapaz de conduzir corrente mesmo em água ou fundido. Isso ocorre porque na molécula de sacarose só existem ligações entre C e H, O e H e C e O, que são ligações predominantemente covalentes. Tal fato significa que não há íons, como no caso do Na^+Cl^- . Com a inexistência de íons, não há condução de corrente. Veja:



Montagem experimental mostrando que o açúcar comum não conduz corrente.

Em razão de tudo o que foi exposto, é possível que você intua que substâncias iônicas dissolvidas em água conduzem corrente, e as covalentes, não. Todavia, isso não é verdade absoluta, visto que existe um tipo muito especial de substâncias moleculares (formadas por ligações covalentes) que, quando em solução aquosa, são capazes de conduzir corrente. Essas substâncias são chamadas de ácidos.

Façamos agora a mesma análise experimental para o ácido muriático (HCl , ácido clorídrico). Em condições ambientes, ele é gasoso, mas, mesmo líquido, seria incapaz de conduzir corrente, uma vez que não há íons. Contudo, quando o dissolvemos em água, ele sofre uma reação química muito diferente da dissociação, chamada **ionização**. Veja o fenômeno no esquema a seguir.



Esquema mostrando o processo de ionização do HCl .

O fenômeno descrito pode ser equacionado da seguinte forma:

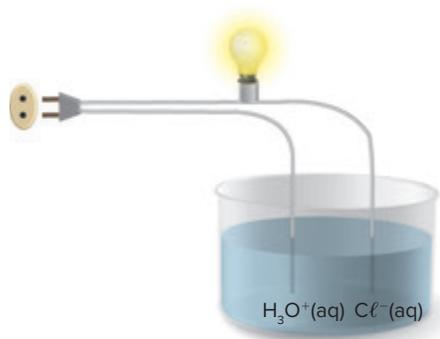


É importante salientar que é justamente a presença de íons livres que garante a condução de corrente. Note que, na ionização, os íons não existiam e formaram-se por uma reação química, o que é bem distinto do processo de dissociação.

! Atenção

Não confunda dissociação com ionização!

A montagem que comprova esses resultados é mostrada a seguir.



Montagem experimental mostrando o HCl ionizado, produzindo íons livres, que conduzem corrente.

! Atenção

Conduzem corrente:

- 1º Metais no estado sólido ou líquido.
- 2º Substâncias iônicas em solução aquosa ou fundidas.
- 3º Ácidos em solução aquosa.

Não conduzem corrente:

- 1º Gases em condições ambientes.
- 2º Substâncias iônicas no estado sólido.
- 3º Ácidos puros.
- 4º Demais substâncias covalentes.

Funções químicas

O ser humano sempre sentiu a necessidade de classificar coisas, dos mais variados tipos. Esse procedimento, embora trabalhoso, tem sido benéfico para o desenvolvimento científico e tecnológico da humanidade, visto que sistematiza e facilita o estudo e o entendimento de certos assuntos. Na Química, um dos melhores exemplos dessa necessidade foi alocar todos os elementos químicos em uma tabela, com o cuidado de inserir aqueles com propriedades químicas semelhantes nas mesmas colunas. No entanto, esse não é o único exemplo.

Apesar de as substâncias químicas terem propriedades específicas, como temperatura de fusão, temperatura de ebulição e densidade (já estudadas no capítulo 1 desta frente), que designam inequivocamente de qual substância se trata, existem também propriedades mais gerais, que podem ser semelhantes a um grupo de substâncias. Por exemplo: suco de limão, suco de laranja, vinagre, tomate, maçã verde, entre outras, são misturas com gosto azedo. Já banana verde e caqui têm gosto que amarra a língua, chamado de adstringente. Essas características são comuns a um grupo de substâncias. Com isso, não seria difícil distribuí-las pelo gosto.

Contudo, quando analisamos outras propriedades que não o gosto, percebemos que essas substâncias estariam distribuídas praticamente nos mesmos grupos.

Observação: Ao conjunto de substâncias com propriedades químicas gerais semelhantes damos o nome de função química.

! Atenção

Na Química Inorgânica, são quatro as principais funções a serem estudadas:

- Ácidos;
- Bases ou hidróxidos;
- Sais;
- Óxidos.

Também existem outras funções menores, como hidretos, carbetos etc. Além disso, na Química Orgânica existem, pelo menos, 15 funções químicas de grande importância. Neste capítulo, serão estudados os ácidos e as bases e, no capítulo seguinte, as demais funções inorgânicas.

Entretanto, existe uma importante propriedade geral de cada um desses grupos de substâncias que é colorir, da mesma forma, outra substância.

Observação: Substâncias que adquirem determinada coloração na presença de um ácido ou uma base são chamadas de indicadores ácido-base.

Existe um grande número de indicadores ácido-base, uns bastante precisos (costumam ser os indicadores laboratoriais) e outros que tem menor precisão (são os indicadores caseiros).

Atenção

Os indicadores mais utilizados em laboratório são:

- Tornassol;
- Alaranjado de metila (metil *orange*);
- Azul de bromotimol;
- Fenolftaleína.

O tornassol é um líquido que vem embebido em tiras de papel. Em meio ácido, adquire coloração vermelha e, em meio básico, coloração azul. O papel de tornassol é comercialmente vendido nas duas cores.

Conheça, na tabela a seguir, a cor dos indicadores laboratoriais em cada meio.

Indicador	Ácido	Básico
Tornassol	vermelho	azul
Alaranjado de metila	vermelho	amarelo
Azul de bromotimol	amarelo	azul
Fenolftaleína	incolor	rosa

Cores características apresentadas por indicadores ácido-base em diferentes meios.

É importante salientar que, quando um meio não é ácido nem básico (chamado de meio neutro), o indicador adquire coloração intermediária entre as cores de seus extremos. Nesse caso:

Indicador	Coloração em meio neutro
Tornassol	roxo claro
Alaranjado de metila	laranja
Azul de bromotimol	verde
Fenolftaleína	rosa claro

Cores características apresentadas por indicadores ácido-base em meios neutros.

Entretanto, existem vários indicadores caseiros, como pétalas de algumas flores (rosas, por exemplo), extrato de repolho roxo e até mesmo vinho tinto.

No caso das pétalas de flores, sua coloração é capaz de indicar se o tipo de solo onde elas estão plantadas é ácido ou básico, porém isso varia de solo para solo.

Já o extrato de repolho roxo fica vermelho em meio ácido e verde em meio básico. Para o vinho tinto, a cor em meio ácido também é vermelha, mas em meio básico é azul. Você também pode tentar, em casa, descobrir outros indicadores naturais, utilizando o vinagre como meio ácido e produtos de limpeza (como desentupidor de ralo) como meio básico.

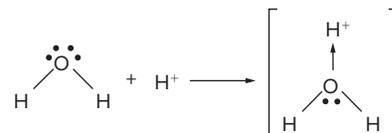
Ácidos

Definição segundo Arrhenius

Ácidos são compostos moleculares que, em solução aquosa, ionizam-se, liberando o cátion H^+ para a formação do íon oxônio, também chamado de hidrônio ou hidroxônio (H_3O^+).

A definição de Arrhenius para ácidos e bases não é a única que existe. Posteriormente, também analisaremos as definições de Brønsted-Lowry e de Lewis.

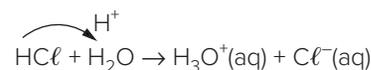
Na definição apresentada agora, há menção a um íon que até este momento não havia sido analisado. É o íon oxônio (também chamado de hidroxônio ou hidroxônio), de fórmula H_3O^+ . Ele é formado porque o H^+ liberado pelo ácido faz uma ligação covalente dativa com a água, da seguinte forma:



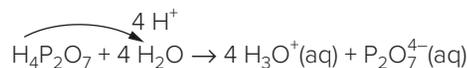
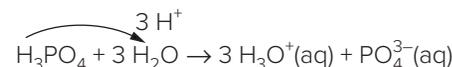
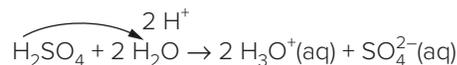
Contudo, muitos autores desprezam essa reação e se limitam a mencionar a existência do H^+ .

Pela definição de Arrhenius, podemos equacionar as reações de ionização total e parcial dos ácidos.

Ionizações totais

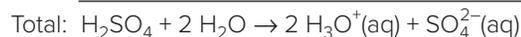
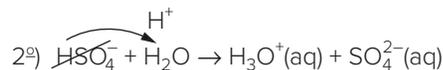
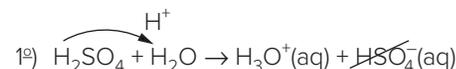


Note que, para cada H^+ liberado, é preciso uma molécula de água para formar um hidrônio (H_3O^+). Como o HCl perdeu um hidrogênio sem o seu elétron, sobrou um cloro com um elétron a mais (Cl^-).

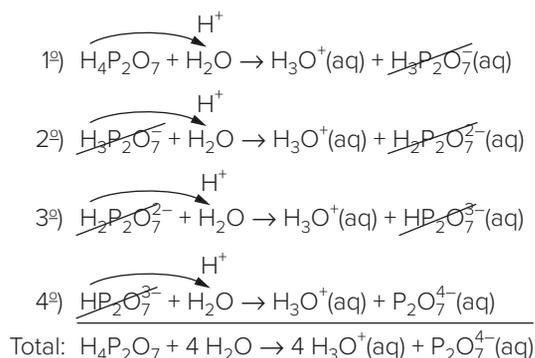
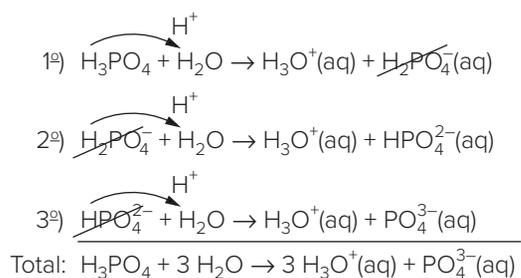


No caso das ionizações parciais, um hidrogênio será ionizado em cada etapa.

Ionizações parciais



Como você pode observar, a soma de todas as ionizações parciais deve resultar na ionização total. Além disso, a primeira ionização de um ácido é sempre mais fácil que a segunda, que, por sua vez, é mais fácil que a terceira, e assim por diante. Isso ocorre porque, a cada H^+ que se retira de um ácido, fica mais difícil ionizar o H^+ seguinte.



Classificação

QUANTO À PRESENÇA DE OXIGÊNIO

- Hidrácidos: ácidos que não possuem oxigênio.
Exemplos: HCl, HBr, HI, H₂S, HCN.
- Oxiácidos: ácidos que possuem oxigênio.
Exemplos: HNO₃, H₂SO₄, H₃PO₄, HClO₄, H₃BO₃.

QUANTO À VOLATILIDADE

Podemos definir volatilidade como a capacidade que uma substância tem de evaporar. As substâncias mais voláteis são aquelas que têm maior pressão máxima de vapor e menor temperatura de ebulição. A maioria dos ácidos inorgânicos é volátil, e alguns chegam a ser gasosos em temperatura e pressão ambientes. Existem ácidos líquidos voláteis e outros fixos (que têm baixa pressão máxima de vapor e alta temperatura de ebulição). A seguir, uma pequena lista de volatilidade dos ácidos mais importantes.

Voláteis

São os ácidos que possuem baixa temperatura de ebulição.

- Gasosos (P = 1 atm e T = 25 °C):
HF, HCl, HBr, HI, HCN, H₂S.
- Líquidos: (P = 1 atm e T = 25 °C):
CH₃COOH, HNO₃.

Fixos

São os ácidos que possuem alta temperatura de ebulição.

- Líquidos (P = 1 atm e T = 25 °C):
H₂SO₄ (T.E. = 338 °C).
- Sólidos: H₃PO₄ (T.F. = 42 °C), H₃BO₃, C₂H₂O₄.

QUANTO AO NÚMERO DE HIDROGÊNIOS IONIZÁVEIS (H⁺)

Hidrogênios ionizáveis (H⁺) são aqueles que sofrem ionização, segundo a definição de ácidos de Arrhenius, para formar, com a água, os íons hidrônio ou hidroxônio (H₃O⁺). Na maioria das vezes, todos os hidrogênios de um ácido são ionizáveis, mas há exceções importantes que só podem ser visualizadas por meio das fórmulas estruturais dos ácidos. Para os hidrácidos e os oxiácidos, há regras práticas diferentes do que é ou não um hidrogênio ionizável. Veja:

- nos hidrácidos**, todos os hidrogênios são ionizáveis.
- nos oxiácidos**, são ionizáveis apenas os átomos de hidrogênio ligados aos de oxigênio. Isso ocorre na maioria das vezes, mas há exceções. Para visualizar caso a caso, é preciso montar a fórmula estrutural dos ácidos.

Para isso, aqui vão algumas regras práticas.

Regra 1:

Escreva o elemento químico central do ácido, que na fórmula molecular vem escrito entre o hidrogênio e o oxigênio.

HClO₄ (elemento central: Cl)

H₂SO₄ (elemento central: S)

H₃PO₄ (elemento central: P)

H₂CO₃ (elemento central: C)

H₃BO₃ (elemento central: B)

Regra 2:

Verifique a que família da tabela periódica pertence o elemento químico central e, de acordo com os conhecimentos de ligações químicas, verifique quantas e quais ligações serão realizadas.

Família	4A	5A	6A	7A
Covalente normal	4	3	2	1
Covalente dativa (não obrigatória)	0	1	2	3

Ligações realizadas conforme a família do átomo central.

Regra 3:

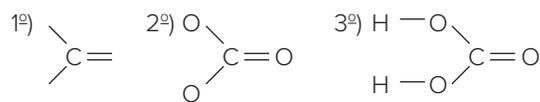
Complete as ligações com oxigênios.

Regra 4:

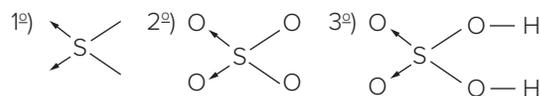
Os oxigênios que recebem ligações do tipo covalente dativa estão "satisfeitos"; portanto, não precisam de mais ligações. Já os oxigênios que recebem ligações covalentes normais precisam de mais uma ligação, que será realizada com o hidrogênio.

Vejamos como atuar nesses casos nos exemplos a seguir.

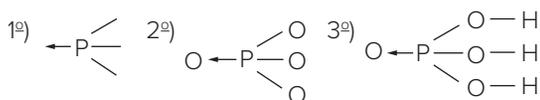
a) H₂CO₃



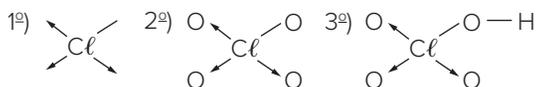
b) H₂SO₄



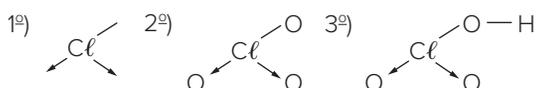
c) **H₃PO₄**



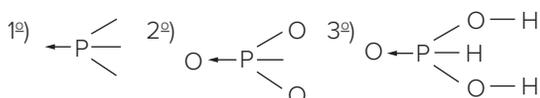
d) **HClO₄**



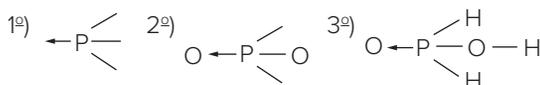
e) **HClO₃**



f) **H₃PO₃**



g) **H₃PO₂**



Observe que apenas nos exemplos *f* e *g* alguns dos hidrogênios não são ionizáveis, pois não estão ligados diretamente ao átomo de oxigênio.

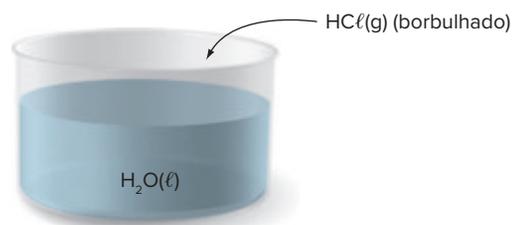
Com isso, podemos proceder à classificação dos ácidos quanto ao número de hidrogênios ionizáveis.

- Monoácidos: possuem 1 H⁺.
HCl, HBr, HI, HNO₃, HNO₂, H₃PO₂.
- Diácidos: possuem 2 H⁺.
H₂SO₄, H₂SO₃, H₂S, H₃PO₃.
- Triácidos: possuem 3 H⁺.
H₃BO₃, H₃PO₄.
- Tetrácidos: possuem 4 H⁺.
H₄P₂O₇, H₄As₂O₇.

QUANTO À FORÇA

Não se deve confundir força com periculosidade. A maioria das pessoas entende que um ácido forte deva ser extremamente corrosivo, reativo e tóxico, mas isso nem sempre é verdade. Afinal, o ácido mais fraco de toda a química, o ácido cianídrico (HCN), é também o mais tóxico. A força está relacionada à capacidade de ionização do ácido, ou seja, à porcentagem com que ele obedece à definição de Arrhenius. É que, apesar de o ácido ionizar-se (e todo ácido faz isso, senão não seria classificado como tal), ele nunca o faz 100% em condições-padrão. Imaginemos, por exemplo, o ácido clorídrico (HCl) em água:

De cada 100 moléculas dissolvidas em água, 92 moléculas se ionizam. Como a porcentagem de ionização é alta, diz-se que o HCl é um ácido forte.



Verificação da força de um ácido.

Assim, podemos definir uma grandeza chamada grau de ionização (α), que é o número de moléculas ionizadas a cada 100 colocadas em água. Portanto:

$$\alpha = \frac{\text{número de moléculas ionizadas}}{\text{número total de moléculas}} \cdot 100\%$$

Cada ácido tem um valor de α , que é uma propriedade específica de cada uma dessas substâncias. Esses valores não precisam ser memorizados, mas é bom que se tenha uma noção de que eles podem variar em toda a faixa de 0% a 100%. Veja:

- a) $\alpha_{\text{HClO}_4} = 97\%$
- b) $\alpha_{\text{HCl}} = 92\%$
- c) $\alpha_{\text{HNO}_3} = 92\%$
- d) $\alpha_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 61\%$
- e) $\alpha_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 28\%$
- f) $\alpha_{\text{HF}} = 9\%$
- g) $\alpha_{\text{HCN}} = 0,008\%$

Contudo, mesmo sem memorizar os valores de α , alguns vestibulares costumam pedir a classificação dos ácidos quanto à força, e você deve saber como proceder. Para tal, valem algumas regras práticas:

- **Para os hidrácidos:**

Fortes: HCl, HBr, HI.

Semifortes ou moderados: HF.

Fracos: todos os demais hidrácidos.

Para os hidrácidos, em que o ânion é um halogênio, a força dos ácidos cresce da seguinte maneira:



Isso ocorre porque o flúor é o elemento mais eletronegativo de todos, o que fortalece a ligação H – F, fazendo que a ruptura dessa ligação seja extremamente dificultada. Devido a isso, apenas poucos hidrogênios do HF podem se ionizar. Já no caso do ácido formado pelo iodo (I), é bom lembrar que, entre esses elementos, ele é o menos eletro-negativo, portanto faz com o hidrogênio a ligação mais fraca e mais facilmente rompível. Isso torna esse ácido mais forte que os demais.

- **Para os oxiácidos:** existe uma regra prática e facilmente memorizável.

Passo 1:

Calcula-se um número *x*, dado por:

$$x = \text{número de O} - \text{número de H}^+$$

Passo 2:

$$x = \begin{cases} 3, \text{ o ácido é muito forte.} \\ 2, \text{ o ácido é forte.} \\ 1, \text{ o ácido é semiforte ou moderado.} \\ 0, \text{ o ácido é fraco.} \end{cases}$$

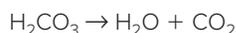
Aplicando a regra, temos:

- HBrO_4 ($x = 4 - 1 \Rightarrow x = 3$): ácido muito forte.
- HClO_4 ($x = 4 - 1 \Rightarrow x = 3$): ácido muito forte.
- H_2SO_4 ($x = 4 - 2 \Rightarrow x = 2$): ácido forte.
- HNO_3 ($x = 3 - 1 \Rightarrow x = 2$): ácido forte.
- H_3PO_4 ($x = 4 - 3 \Rightarrow x = 1$): ácido semiforte ou moderado.
- HClO_2 ($x = 2 - 1 \Rightarrow x = 1$): ácido semiforte ou moderado.
- H_3BO_3 ($x = 3 - 3 \Rightarrow x = 0$): ácido fraco.
- HClO ($x = 1 - 1 \Rightarrow x = 0$): ácido fraco.

Como se pode observar, a regra é prática e funciona bem. No entanto, não é sempre assim. Existem dois casos excepcionais, a saber:

- H_2CO_3 ($x = 3 - 2 \Rightarrow x = 1$): ácido fraco.

O ácido carbônico (H_2CO_3) é um composto extremamente instável e, por isso, sofre uma reação de decomposição dada pela seguinte equação:



Com essa reação, o ácido se transforma em água e gás carbônico ao invés de se ionizar; portanto, o ácido é fraco.

- H_2SO_3 ($x = 3 - 2 \Rightarrow x = 1$): ácido fraco.

Ocorre com esse composto exatamente o mesmo que com o anterior. A sua reação de decomposição é mostrada a seguir.



E agora vem a pergunta: ionizar-se muito e ser um ácido forte vale até qual valor de α ? A resposta é:

$$\begin{cases} \alpha \geq 50\%: \text{ ácido forte.} \\ 5\% \leq \alpha < 50\%: \text{ ácido semiforte ou moderado.} \\ \alpha < 5\%: \text{ ácido fraco.} \end{cases}$$

Nomenclatura

A nomenclatura dos ácidos possui regras bem definidas, a saber:

- Para os hidrácidos:**

ácido + nome do elemento ou radical + ídrico

HF – ácido fluorídrico
HCl – ácido clorídrico
HBr – ácido bromídrico

HI – ácido iodídrico

H_2S – ácido sulfídrico (o nome do enxofre, em latim, é sulfúrio)

HCN – ácido cianídrico (o nome do radical CN– é cianeto)

- Para os oxiácidos:**

Nesse caso, a regra apresenta algumas subdivisões:

- Famílias 3A, 4A, 5A, 6A:**

$$\text{ácido} + \text{nome do elemento} + \begin{cases} \text{ico} \\ \text{oso} \\ \text{hipo} \dots \text{oso} \end{cases}$$

A escolha do sufixo e eventual colocação do prefixo é a parte mais importante do problema. Para resolvê-lo, é preciso calcular o nox do elemento químico central e compará-lo com o número da família desse elemento. Entretanto, o cálculo do nox é objeto de estudo de capítulos futuros. Por agora, para calculá-lo no caso dos ácidos, basta duplicar o número de oxigênios e subtrair o número de hidrogênios, como mostra a fórmula a seguir.

$$\text{Nox} = 2 \cdot (\text{número de O}) - \text{número de H}$$

Se o nox do elemento químico central coincidir com o número de sua família na tabela periódica, a terminação será *-ico*. Se o nox for duas unidades menor, será *-oso*. Se for quatro unidades menor, será também *-oso*, mas acompanhado do prefixo *hipo-*, que significa abaixo.

Com isso, vamos dar nomes aos seguintes ácidos:

H_3BO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 3 \Rightarrow x = 3$; B = 3A): ácido bórico.

H_2CO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 2 \Rightarrow x = 4$; B = 4A): ácido carbônico.

H_2SO_4 ($x = 2 \cdot 4 - 2 \Rightarrow x = 6$; B = 6A): ácido sulfúrico.

H_2SO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 2 \Rightarrow x = 4$; B = 6A): ácido sulfuroso.

HNO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 1 \Rightarrow x = 5$; B = 5A): ácido nítrico.

HNO_2 ($x = 2 \cdot 2 - 1 \Rightarrow x = 3$; B = 5A): ácido nitroso.

H_3PO_4 ($x = 2 \cdot 4 - 3 \Rightarrow x = 5$; B = 3A): ácido fosfórico.

H_3PO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 3 \Rightarrow x = 3$; B = 3A): ácido fosforoso.

H_3PO_2 ($x = 2 \cdot 2 - 3 \Rightarrow x = 1$; P = 5A): ácido hipofosforoso.

(o valor de x representa o nox do elemento central)

- Família 7A:**

per... ico (nox = 7+)

ácido + nome do elemento + ico (nox = 5+)

oso (nox = 3+)

hipo... oso (nox = 1+)

No caso da família 7A, os elementos podem apresentar 4 nox diferentes, por isso a necessidade de um novo prefixo: *per-*. Sua origem pode ser facilmente explicável: quando queremos nos referir a abaixo de *-oso*, utilizamos o prefixo *hipo-*. Logo, parece lógico que, quando queremos nos referir a acima de *-ico*, utilizemos o prefixo *hiper-*. Contudo, por questão de eufonia, utilizamos somente *per*, omitindo o *hi-*.

HClO_4 ($x = 2 \cdot 4 - 1 \Rightarrow x = 7$): ácido perclórico.

HClO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 1 \Rightarrow x = 5$): ácido clórico.

HClO_2 ($x = 2 \cdot 2 - 1 \Rightarrow x = 3$): ácido cloroso.

HClO ($x = 2 \cdot 1 - 1 \Rightarrow x = 1$): ácido hipocloroso.

HIO_4 ($x = 2 \cdot 4 - 1 \Rightarrow x = 7$): ácido periódico.

HIO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 1 \Rightarrow x = 5$): ácido iódico.

HIO_2 ($x = 2 \cdot 2 - 1 \Rightarrow x = 3$): ácido iodoso.

HIO ($x = 2 \cdot 1 - 1 \Rightarrow x = 1$): ácido hipiodoso.

Há também o caso a seguir.

H_3PO_4 ($x = 2 \cdot 4 - 3 \Rightarrow x = 5$)

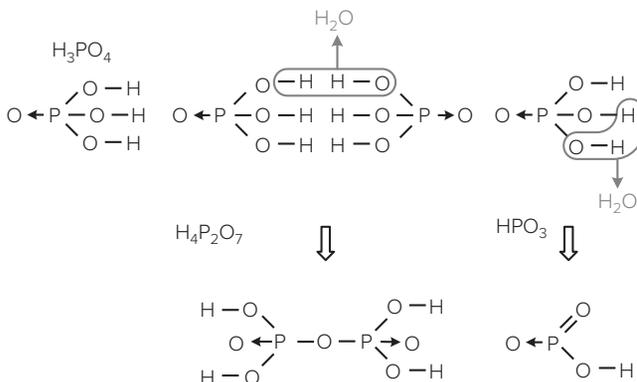
$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ($x = 2 \cdot 7 - 4 \Rightarrow x = 10$)

HPO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 1 \Rightarrow x = 5$)

Observação: Como temos 2 P em $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$, cada P apresenta $x = 5$.

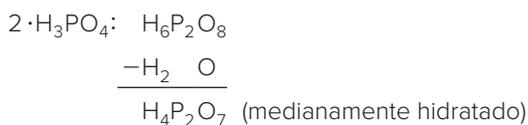
Nesse caso, o fósforo é elemento da família 5A da tabela periódica, e todos os nox relativos a ele são 5+.

Pela lógica, os três ácidos são fosfóricos. Todavia, como são ácidos diferentes, devem ter nomes diferentes. E a principal diferença entre esses ácidos é a quantidade de água contida em cada um, ou seja, esses compostos têm diferentes graus de hidratação. Veja:

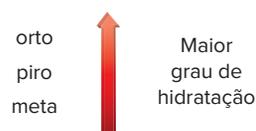


O primeiro ácido é o mais hidratado. O segundo é medianamente hidratado, visto que foi retirada uma molécula de água de dois ácidos mais hidratados. O terceiro é o menos hidratado, pois foi retirada a mesma quantidade de uma molécula de água de apenas um ácido mais hidratado. É possível perceber isso de outra forma:

H_3PO_4 : ácido mais hidratado



Para diferenciar esses graus de hidratação, utiliza-se a seguinte regra:



Portanto:

H_3PO_4 – ácido (orto) fosfórico (o prefixo *orto-* pode ser omitido)

$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ – ácido pirofosfórico

HPO_3 – ácido metafosfórico

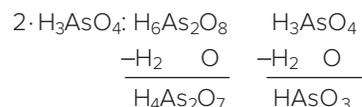
Isso também ocorre para o elemento arsênio (As):

H_3AsO_4 ($x = 2 \cdot 4 - 3 \Rightarrow x = 5$)

$\text{H}_4\text{As}_2\text{O}_7$ ($x = 2 \cdot 7 - 4 \Rightarrow x = 10$)

HAsO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 1 \Rightarrow x = 5$)

Observação: Para cada arsênio, o nox é de 5+.



Logo:

H_3AsO_4 – ácido (orto) arsênico

$\text{H}_4\text{As}_2\text{O}_7$ – ácido piroarsênico

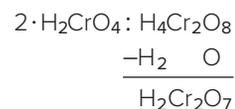
HAsO_3 – ácido metaarsênico

Isso também é aplicável ao elemento cromo (Cr):

H_2CrO_4 ($x = 2 \cdot 4 - 2 \Rightarrow x = 6$)

$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($x = 2 \cdot 7 - 2 \Rightarrow x = 2$)

Observação: Cada cromo tem nox 6+.



Logo:

H_2CrO_4 – ácido (orto) crômico

$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – ácido pirocrômico (chamado comumente de dicrômico)

Nesse caso, não existe o ácido metacrômico, uma vez que, no lugar dele, há a formação de um óxido (leia mais sobre óxidos no próximo capítulo).

Ainda, como casos especiais, podemos citar quatro outros ácidos:

HMnO_4 – ácido permangânico

H_2MnO_4 – ácido mangânico

* CH_3COOH – ácido acético

* $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ – ácido oxálico

*Esses dois serão estudados com mais detalhes em Química Orgânica.

Características dos principais ácidos

Observe a tabela ilustrativa com os principais ácidos da Química.

Fórmula	Nome	Principais utilizações
HF	Ácido fluorídrico	É o único ácido que reage com vidro e por isso deve ser guardado em frascos de plástico. Devido à sua reatividade, serve para fazer gravações em vidro. Reage com sílica (SiO ₂), produzindo SiF ₄ (g).
HCl	Ácido clorídrico (ácido muriático)	É um dos ácidos mais importantes e tem inúmeros usos. É o ácido que auxilia na digestão estomacal e na limpeza de objetos metálicos, calçadas e pisos muito porosos.
HCN	Ácido cianídrico (gás da morte)	Descoberto por Carl Wilhelm Scheele, vitimou quase imediatamente seu descobridor. É um ácido que pode matar um ser humano em até oito segundos de exposição. Por sua toxicidade, foi usado nos campos de extermínio durante o Holocausto. Mata por asfixia e possui cheiro de amêndoas. É a matéria-prima de venenos à base de cianureto.
H ₂ S	Ácido sulfídrico	Substância tóxica de odor nauseante e irritante; é o cheiro exalado por alimentos, como ovos, repolhos, cebola e alho ao apodrecerem.
H ₃ BO ₃	Ácido bórico	Durante anos, foi utilizado como rejuvenescedor da pele. Estudos recentes, entretanto, mostram que é uma substância tóxica, que pode ser letal se utilizada em médio e longo prazos. Hoje, sabe-se que os benefícios à pele são mínimos.
H ₂ CO ₃	Ácido carbônico	Ácido extremamente instável, só pode ser encontrado associado à água. É utilizado em refrigerantes (para gaseificá-los) e é o principal componente da chuva ácida natural, pela dissolução do gás carbônico (CO ₂) em água (H ₂ O).
HNO ₃	Ácido nítrico	Poderoso agente oxidante, é capaz de oxidar metais como cobre e prata. Associado ao HCl, em proporções adequadas, é chamado de água-régia e oxida até o ouro. Matéria-prima na confecção de explosivos de alto desempenho, como TNT e nitroglicerina. Componente das chuvas ácidas. Composto extremamente tóxico e agressivo. Líquido bastante volátil.
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico	É o composto industrial mais produzido do mundo. Grande parte da produção de ácido sulfúrico é empregada na indústria de fertilizantes. Também é muito utilizado na produção de detergentes e seus derivados, corantes, tintas etc. É um líquido extremamente fixo que, quando puro, tem elevada ação desidratante. À medida que vai ficando mais diluído em água, a característica ácida vai se acentuando, e a característica desidratante vai diminuindo.
H ₃ PO ₄	Ácido fosfórico	É um ácido sólido (T.F. = 42 °C) e importante como adubo na forma de fosfatos. Além disso, é um ótimo estabilizante de alimentos e bebidas como refrigerantes.
CH ₃ COOH	Ácido etanoico (ácido acético)	Composto volátil e orgânico que, misturado à água, tem um sabor acentuadamente azedo e é chamado comercialmente de vinagre, oriundo do azedamento do vinho.
C ₂ H ₂ O ₄	Ácido oxálico	Ácido sólido, componente ativo de antimicóticos e remédios usados no tratamento para acne.

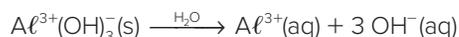
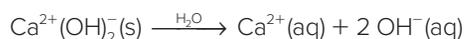
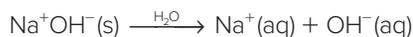
Descrição dos principais ácidos.

Bases ou hidróxidos

Definição segundo Arrhenius

São compostos iônicos que, em solução aquosa, dissociam-se, liberando o ânion hidroxila ou oxidrila (OH⁻).

Por meio da dissociação iônica das bases, é possível visualizar melhor essa definição. Veja alguns exemplos:



Como as soluções básicas têm íons livres, são soluções eletrolíticas.

Classificação

QUANTO AO NÚMERO DE HIDROXILAS (OH⁻)

No caso das bases, todas as hidroxilas são dissociáveis, o que elimina o incômodo problema das exceções, como ocorria no caso dos ácidos. Veja:

- Monobases: bases com 1 OH⁻.
NaOH, KOH, LiOH.
- Dibases: bases com 2 OH⁻.
Mg(OH)₂, Ca(OH)₂, Ba(OH)₂.
- Tribases: bases com 3 OH⁻.
Al(OH)₃, Bi(OH)₃, Fe(OH)₃.
- Tetrabases: bases com 4 OH⁻.
Pb(OH)₄, Sn(OH)₄.

QUANTO À SOLUBILIDADE EM ÁGUA

As bases podem ser:

- Solúveis: bases da família 1A e NH_4OH .
- Parcialmente solúveis: bases da família 2A (exceto o $\text{Mg}(\text{OH})_2$, que é praticamente insolúvel em água).
- Praticamente insolúveis: todas as demais.

QUANTO À FORÇA

Assim como no caso dos ácidos, a força das bases não está associada à sua periculosidade, e sim à sua capacidade de dissociação, que pode ser medida por:

$$\alpha = \frac{\text{número de espécies dissociadas}}{\text{número total de espécies}}$$

As bases podem ser:

- Fortes: ($\alpha \approx 100\%$) bases das famílias 1A e 2A (exceto o $\text{Mg}(\text{OH})_2$, que é uma base fraca).
- Fracas: ($\alpha \approx 0\%$) todas as demais bases (inclusive o NH_4OH).

! Atenção

Muitos autores e vestibulares se equivocam nessa classificação. Na realidade, força e solubilidade em água são fenômenos distintos e independentes. Quando temos $\text{C}(\text{OH})_y(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{C}(\text{OH})_y(\text{aq})$, a base é solúvel em água. Quando temos $\text{C}(\text{OH})_y(\text{aq}) \rightarrow \text{C}^{y+}(\text{aq}) + y\text{OH}^-(\text{aq})$, a base é forte porque o que solubilizou, dissociou. Nesse caso, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ é uma base forte, mas pouco solúvel. Entretanto, a maioria dos vestibulares considera a força das bases tendo em vista o fenômeno $\text{C}(\text{OH})_y(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{C}^{y+}(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$. Com isso, toda base insolúvel torna-se também fraca. Contudo, fraca é a base em que o que dissolve se dissocia mal. Todavia, como a maioria dos exames comete esse equívoco, consideremos o $\text{Mg}(\text{OH})_2$ base fraca.

Note que o NH_4OH é a única base solúvel em água e é fraca.

Além disso, é a única base molecular, portanto ioniza-se e não se dissocia por meio da equação:



Nomenclatura

A regra é simples:

Hidróxido de + nome do elemento

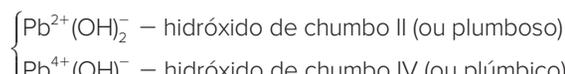
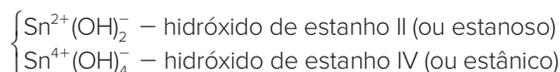
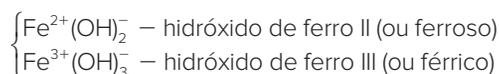
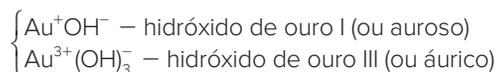
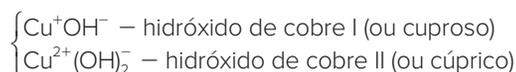
Veja alguns exemplos:

- LiOH – hidróxido de lítio.
- NaOH – hidróxido de sódio.
- KOH – hidróxido de potássio.
- CsOH – hidróxido de céscio.
- $\text{Be}(\text{OH})_2$ – hidróxido de berílio.
- $\text{Mg}(\text{OH})_2$ – hidróxido de magnésio.
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – hidróxido de cálcio.
- $\text{Sr}(\text{OH})_2$ – hidróxido de estrôncio.
- $\text{Ba}(\text{OH})_2$ – hidróxido de bário.
- $\text{Al}(\text{OH})_3$ – hidróxido de alumínio.
- $\text{Zn}(\text{OH})_2$ – hidróxido de zinco.

$\text{Ag}(\text{OH})$ – hidróxido de prata.

NH_4OH – hidróxido de amônio (não confunda com amônia, cuja fórmula é NH_3).

No entanto, existem metais que podem possuir dois nox diferentes. Nesse caso, procede-se da mesma forma que nos casos anteriores, acrescentando o nox em algarismos romanos. Ainda, como nomenclatura alternativa, podemos ter o nox maior com a terminação *-ico* e o nox menor com a terminação *-oso*. Veja os casos mais importantes:



Características das principais bases

Veja, na tabela a seguir, algumas características das principais bases.

Fórmula	Nome	Características
NaOH	Hidróxido de sódio (soda cáustica)	É uma das bases mais utilizadas. Serve para desentupir pias e vasos sanitários, limpar calçadas e como matéria-prima para a fabricação de água sanitária, desinfetantes e sabões.
KOH	Hidróxido de potássio (potassa cáustica)	Pode ser usado na fabricação de sabão, como intermediário de reações, na síntese de medicamentos e para ajuste de pH em laboratório.
$\text{Mg}(\text{OH})_2$	Hidróxido de magnésio (leite de magnésia)	É uma base fraca e praticamente insolúvel em água. É utilizada principalmente como antiácido estomacal, evitando a azia, sensação de queimação no esôfago.
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	Hidróxido de cálcio (cal apagada, cal extinta e cal hidratada)	É utilizado principalmente como argamassa na construção civil e para correção da acidez do solo. É utilizado também na caiação de paredes e troncos de árvores.
$\text{Al}(\text{OH})_3$	Hidróxido de alumínio	Nas estações de tratamento de água, o $\text{Al}(\text{OH})_3$ é usado como floculador, pois, como é uma base praticamente insolúvel em água, adquire uma consistência gelatinosa e, na sua sedimentação, carrega mecanicamente a sujeira para o fundo, em pequenos flocos mais densos que a água. Também serve de antiácido estomacal.
NH_4OH	Hidróxido de amônio	Essa base só coexiste em presença de água, visto que isoladamente existe na forma de NH_3 (amônia). É utilizada principalmente como fertilizante e em desinfetantes.

Características das principais bases.

Principais cátions e ânions

Veja, nas tabelas a seguir, alguns exemplos de cátions e ânions e suas respectivas nomenclaturas.

Cátions			
	Monovalentes: 1+	Bivalentes: 2+	Trivalentes: 3+
Possuem uma única valência	H ₃ O ¹⁺ hidrônio NH ₄ ¹⁺ amônio Li ¹⁺ lítio Na ¹⁺ sódio K ¹⁺ potássio Rb ¹⁺ rubídio Cs ¹⁺ céσιο Ag ¹⁺ prata	Be ²⁺ berílio Mg ²⁺ magnésio Ca ²⁺ cálcio Sr ²⁺ estrôncio Ba ²⁺ bário Ra ²⁺ rádio Zn ²⁺ zinco Cd ²⁺ cádmio	Al ³⁺ alumínio Bi ³⁺ bismuto
	Possuem mais de uma valência	Cu ¹⁺ cuproso Hg ₂ ²⁺ mercuroso Au ¹⁺ auroso	Cu ²⁺ cúprico Hg ²⁺ mercúrico Cr ²⁺ cromoso Fe ²⁺ ferroso Co ²⁺ cobaltoso Ni ²⁺ niqueloso Sn ²⁺ estanoso Pb ²⁺ plumboso Mn ²⁺ manganoso Pt ²⁺ platinoso Ti ²⁺ titanoso
Observação: Em certos casos, os elementos arsênio (As) e antimônio (Sb) podem formar cátions pentavalentes: 5+.			Trivalentes: 3+
			Pentavalentes: 5+
			As ³⁺ arsenioso Sb ³⁺ antimonioso
			As ⁵⁺ arsênico Sb ⁵⁺ antimônico

Tabela de cátions.

Ânions monovalentes: 1-		
Dos halogênios	Do nitrogênio	Dos metais de transição
F ¹⁻ fluoreto	N ₃ ¹⁻ azoteto	CrO ₂ ¹⁻ cromito
Cl ¹⁻ cloreto	NO ₂ ¹⁻ nitrito	MnO ₄ ¹⁻ permanganato
ClO ¹⁻ hipoclorito	NO ₃ ¹⁻ nitrato	FeO ₂ ¹⁻ ferrito
ClO ₂ ¹⁻ clorito	NH ₂ ¹⁻ amideto	AuCl ₄ ¹⁻ cloroaurato
ClO ₃ ¹⁻ clorato	Do fósforo	
ClO ₄ ¹⁻ perclorato	PO ₃ ¹⁻ metafosfato	Outros
Br ¹⁻ brometo	H ₂ PO ₂ ¹⁻ hipofosfito	
BrO ¹⁻ hipobromito	H ₂ PO ₄ ¹⁻ di-hidrogenofosfato	AlO ₂ ¹⁻ aluminato
BrO ₂ ¹⁻ bromito	Do carbono	
BrO ₃ ¹⁻ bromato	CN ¹⁻ cianeto	AsO ₂ ¹⁻ metarsenito
BrO ₄ ¹⁻ perbromato	NC ¹⁻ isocianeto	SbO ₂ ¹⁻ metantimonito
I ¹⁻ iodeto	OCN ¹⁻ cianato	BiO ₃ ¹⁻ bismutato
IO ¹⁻ hipiodito	NCO ¹⁻ isocianato	H ¹⁻ hidreto
IO ₂ ¹⁻ iodito	ONC ¹⁻ fulminato	OH ¹⁻ hidróxido
IO ₃ ¹⁻ iodato	SNC ¹⁻ tiocianato	BO ₂ ¹⁻ metaborato
IO ₄ ¹⁻ periodato	HCO ₃ ¹⁻ bicarbonato	BF ₄ ¹⁻ fluorborato
Do enxofre		
HS ¹⁻ bissulfeto	CHO ₂ ¹⁻ formiato	
HSO ₃ ¹⁻ bissulfito	C ₂ H ₃ O ₂ ¹⁻ acetato	
HSO ₄ ¹⁻ bissulfato		

Tabela de ânions monovalentes.

Ânions bivalentes: 2-		
Do oxigênio	Do nitrogênio	Outros
O ²⁻ óxido O ₂ ²⁻ peróxido O ₄ ²⁻ superóxido	N ₂ O ₂ ²⁻ hiponitrito	BeO ₂ ²⁻ berilato B ₄ O ₇ ²⁻ tetraborato SiO ₃ ²⁻ metassilicato SiF ₆ ²⁻ fluorsilicato SnO ₂ ²⁻ estanita SnO ₃ ²⁻ estanato PbO ₂ ²⁻ plumbito PbO ₃ ²⁻ plumbato Se ²⁻ seleneto SeO ₃ ²⁻ selenito SeO ₄ ²⁻ selenato Te ²⁻ telureto TeO ₃ ²⁻ telurito TeO ₄ ²⁻ telurato
Do enxofre	Do fósforo	
S ²⁻ sulfeto SO ₃ ²⁻ sulfito SO ₄ ²⁻ sulfato S ₂ O ₃ ²⁻ tiosulfato S ₂ O ₄ ²⁻ hipossulfato S ₂ O ₅ ²⁻ pirossulfato S ₂ O ₆ ²⁻ peroxidissulfato S ₂ O ₇ ²⁻ tetrationato S _n O ₆ ²⁻ politionato (n = 2, 3, 4, 5, 6)	HPO ₃ ²⁻ fosfito HPO ₄ ²⁻ mono-hidrogenofosfato	
	Do carbono	
	C ₂ ²⁻ carbeto CO ₃ ²⁻ carbonato C ₂ O ₄ ²⁻ oxalato	
	Dos metais de transição	
	CrO ₄ ²⁻ (orto) cromato Cr ₂ O ₇ ²⁻ dicromato MnO ₃ ²⁻ manganito MnO ₄ ²⁻ manganato FeO ₄ ²⁻ ferrato PtCl ₆ ²⁻ hexacloroplatinato ZnO ₂ ²⁻ zincato MoO ₄ ²⁻ molibdato WO ₄ ²⁻ tungstato	

Tabela de ânions bivalentes.

Ânions trivalentes: 3-		
Do nitrogênio	Dos metais de transição	Outros
N ³⁻ nitreto		BO ₃ ³⁻ (orto) borato AsO ₃ ³⁻ arsenito AsO ₄ ³⁻ (orto) arsenato SbO ₃ ³⁻ antimonito SbO ₄ ³⁻ (orto) antimonato
Do fósforo	[Fe(CN) ₆] ³⁻ ferricianeto	
P ³⁻ fosfeto PO ₄ ³⁻ (orto) fosfato		

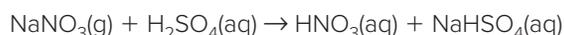
Tabela de ânions trivalentes.

Ânions tetravalentes: 4-		
Do fósforo	Do carbono	Outros
P ₂ O ₆ ⁴⁻ hipofosfato P ₂ O ₇ ⁴⁻ pirofosfato	C ⁴⁻ carbeto (metaneto)	SiO ₄ ⁴⁻ (orto) silicato AsO ₄ ⁴⁻ piroarsenato Sb ₂ O ₇ ⁴⁻ piroantimonato
	Dos metais de transição	
	[Fe(CN) ₆] ⁴⁻ ferrocianeto	

Tabela de ânions tetravalentes.

Revisando

- 1. Uerj (Adapt.)** Na atmosfera artificial do interior das cápsulas espaciais, o oxigênio consumido pelos astronautas é renovado a partir de reservas de O_2 . Para manter a concentração do gás produzido pelo metabolismo energético dos tripulantes em níveis não tóxicos, o ar artificial dessas cápsulas precisa, ainda, ser continuamente purificado. Mencione uma das substâncias que pode ser utilizada na purificação do ar com esse objetivo.
- 2. PUC-Minas (Adapt.)** Completar as reações e indicar qual delas não é de neutralização.
 - a) $KOH(aq) + HCl(aq)$
 - b) $Ca(OH)_2(aq) + 2 HF(aq)$
 - c) $CH_4(g) + 2 O_2(g)$
- 3. Uerj (Adapt.)** O ácido nítrico é um composto muito empregado em indústrias químicas, principalmente para a produção de corantes, fertilizantes, explosivos e *nylon*. Um processo industrial de obtenção do ácido nítrico consiste na seguinte reação:



Apresente a fórmula estrutural plana do ácido nítrico.

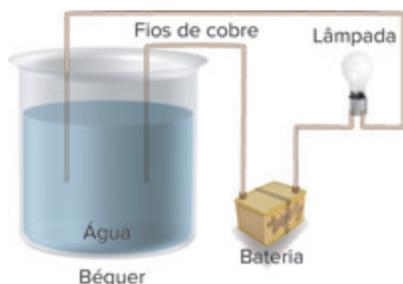
Exercícios propostos

Teoria de Arrhenius

- 1. UFMG** Observe o desenho a seguir. Esse desenho representa um circuito elétrico. O béquer contém água pura, à qual adiciona-se uma das seguintes substâncias:



Após essa adição, a lâmpada pode ou não acender. Indique quantas dessas substâncias fariam a lâmpada acender.



- a) 5
 - b) 4
 - c) 3
 - d) 2
 - e) 1
- 2. UFMG** A condução de eletricidade através de uma solução aquosa de cloreto de sódio é realizada pelo movimento de:
 - a) elétrons.
 - b) íons cloreto e sódio.
 - c) moléculas de água.
 - d) moléculas de cloreto de sódio.
 - e) prótons.
 - 3. UFJF/Pism-MG 2020** O cloreto de hidrogênio é um gás em temperatura ambiente, bastante solúvel em água, mas que pode ser liquefeito quando puro, se resfriado abaixo de $-85^\circ C$. Sobre este composto e suas soluções aquosas, assinale a alternativa CORRETA:

- a) O cloreto de hidrogênio puro, no estado líquido, é um bom condutor de eletricidade, pois contém íons H^+ e Cl^- .
 - b) O cloreto de hidrogênio puro, no estado líquido, conduz a eletricidade devido à baixa temperatura.
 - c) Em uma solução aquosa de cloreto de hidrogênio a água age como uma base, e a solução resultante conduz eletricidade.
 - d) A solução aquosa de cloreto de hidrogênio contém números iguais de íons H^+ e Cl^- sendo, portanto, eletricamente neutra e não condutora de eletricidade.
 - e) Em uma solução aquosa de cloreto de hidrogênio a água age como uma base, o que neutraliza a solução, tornando-a não condutora de eletricidade.
- 4. UFJF-MG 2016** Um estudante foi ao laboratório e realizou uma série de experimentos para identificar um determinado composto químico. As observações sobre esse composto estão descritas a seguir:

Observação 1	Possuía propriedades corrosivas.
Observação 2	Possuía alta solubilidade em água.
Observação 3	O papel de tornassol ficou vermelho em contato com ele.
Observação 4	Apresentou condução de corrente elétrica quando dissolvido em água.

Baseado nas observações feitas pelo estudante, pode-se afirmar que o composto analisado é:

- a) HCl
- b) $NaOH$
- c) $NaCl$
- d) I_2
- e) CH_4

5. **Famerp-SP 2019** A combinação dos elementos Ca e Br forma uma substância solúvel em água, e fórmula _____. Uma solução aquosa dessa substância é classificada como _____ de eletricidade. As lacunas do texto devem ser preenchidas por:

- Ca_2Br – condutora.
- CaBr_2 – condutora.
- Ca_2Br – não condutora.
- CaBr_2 – não condutora.
- CaBr – condutora.

6. **Udesc 2015** A condutividade elétrica de um material depende muito do tipo de ligação química da qual o material é formado e do estado físico em que este se encontra. Sendo assim, materiais como prata, açúcar de cana (sacarose) e sal de cozinha (cloreto de sódio) apresentam comportamentos distintos quanto à condutividade elétrica. Em relação à condutividade elétrica, assinale a alternativa correta.

- O açúcar é uma substância iônica que não conduz bem a eletricidade.
- O açúcar é um bom condutor de corrente elétrica porque possui cargas livres em seu retículo cristalino molecular.
- O cloreto de sódio fundido não conduz corrente elétrica.
- Um objeto de prata é bom condutor de corrente elétrica porque apresenta elétrons livres em seu retículo cristalino metálico.
- O cloreto de sódio é um bom condutor de corrente elétrica em temperaturas inferiores ao seu ponto de fusão.

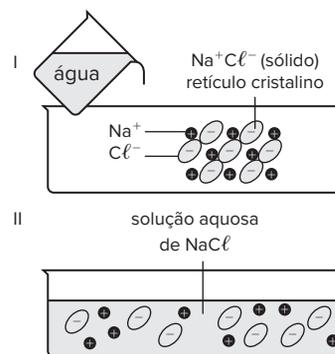
7. **UFMG** A água é um dos solventes mais usuais. Com relação à água e às soluções aquosas, a afirmativa falsa é:

- a formação de ligações de hidrogênio explica a alta solubilidade de amônia gasosa, $\text{NH}_3(\text{g})$, em água.
- ligações de hidrogênio constituem a principal interação intermolecular existente numa solução aquosa de etanol.
- moléculas de cloreto de hidrogênio gasoso, $\text{HCl}(\text{g})$, quando dissolvidas em água, originam os íons H_3O^+ e Cl^- .
- os íons H_3O^+ e OH^- são responsáveis pela condutividade elétrica da água pura.
- uma solução de oxigênio, $\text{O}_2(\text{g})$, em água, apresenta interações dipolo-dipolo entre o soluto e o solvente.

8. **Unicamp-SP** À temperatura ambiente o cloreto de sódio, NaCl , é sólido e o cloreto de hidrogênio, HCl , é um gás. Estas duas substâncias podem ser líquidas em temperaturas adequadas.

- Por que, no estado líquido, o NaCl é um bom condutor de eletricidade, enquanto no estado sólido não é?
- Por que, no estado líquido, o HCl é um mau condutor de eletricidade?
- Por que, em solução aquosa, ambos são bons condutores de eletricidade?

9. **Col. Naval-RJ 2019** Considere as figuras I e II abaixo.



O fenômeno ocorrido na sequência I – II é denominado:

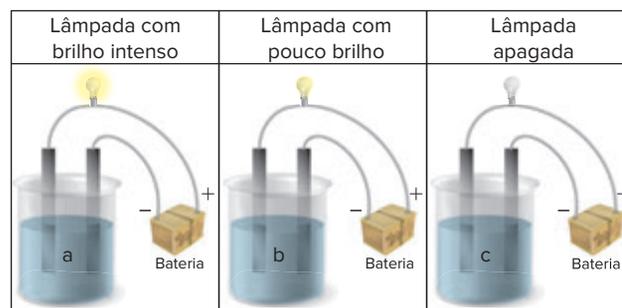
- ionização.
- solubilização molecular.
- hidratação.
- dissociação iônica.
- separação molecular.

10. **Vunesp** Verifica-se experimentalmente que tanto a água quanto o ácido nítrico puro são maus condutores de eletricidade. Observa-se também que uma solução de ácido nítrico em água é boa condutora de eletricidade. Explique essas observações experimentais.

11. **UFMG** Todas as alternativas apresentam exemplos de partículas carregadas, responsáveis pela condução de eletricidade, exceto:

- elétrons ao longo dos planos de átomos de carbono na grafita.
- elétrons de valência num metal.
- íons alumínio e fluoreto no fluoreto de alumínio fundido.
- íons sódio e cloreto num cristal de cloreto de sódio.
- íons sulfato e cobre numa solução de sulfato de cobre.

12. **UFF-RJ** Observe as situações representadas a seguir nas quais os eletrodos estão mergulhados em soluções aquosas indicadas por a, b e c.



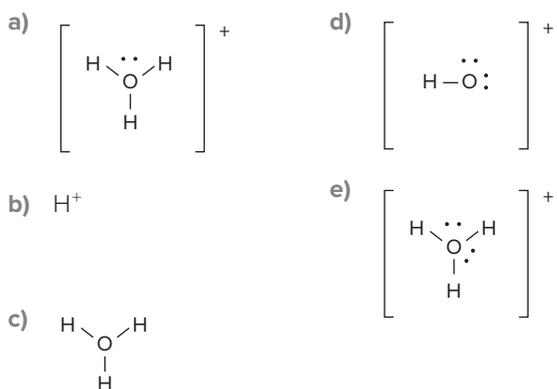
As soluções aquosas 0,10 M de a, b e c são, respectivamente:

- CO_2 ; CH_3COOH ; HCl
- HNO_3 ; NaCl ; Glicose
- KOH ; H_2SO_4 ; HCl
- HCl ; Glicose; Na_2CO_3
- HCl ; CH_3COOH ; $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

Classificação e nomenclatura dos ácidos

13. O que é função química?
14. Quais são as principais funções químicas?
15. O que é a função ácido?
16. Em que íons se ioniza o ácido clorídrico?
17. **Fuvest-SP** Responda:
- Qual o produto de uso doméstico que contém ácido acético?
 - Indique quatro espécies químicas (íons, moléculas) que existem em uma solução aquosa de ácido acético.
18. **UEPG-PR 2022** Identifique as alternativas que trazem exemplos de um hidrácido e de um oxiácido, respectivamente, e assinale o que for correto.
- 01 H_2S e H_3PO_4
 02 HClO e H_2CO_3
 04 H_2SO_3 e HCN
 08 HCl e HNO_2
- Soma:

19. **Fuvest-SP 2019** A reação de água com ácido clorídrico produz o ânion cloreto e o cátion hidrônio. A estrutura que representa corretamente o cátion hidrônio é



20. **Uerj 2018** No século XIX, o cientista Svante Arrhenius definiu ácidos como sendo as espécies químicas que, ao se ionizarem em solução aquosa, liberam como cátion apenas o íon H^+ . Considere as seguintes substâncias, que apresentam hidrogênio em sua composição: C_2H_6 , H_2SO_4 , NaOH , NH_4Cl . Dentre elas, aquela classificada como ácido, segundo a definição de Arrhenius, é:
- C_2H_6
 - H_2SO_4
 - NaOH
 - NH_4Cl

21. Escreva as ionizações totais dos seguintes ácidos:
- HCl
 - H_2SO_3
 - H_3PO_4
 - $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$
 - H_3PO_3
 - H_3PO_2

22. Escreva todas as ionizações parciais dos seguintes ácidos:
- HCN
 - H_2S
 - H_3BO_3
 - $\text{H}_4\text{As}_2\text{O}_7$
 - H_3PO_3
23. Considere as afirmações a seguir sobre os ácidos e as suas propriedades e marque a alternativa incorreta.
- O ácido sulfídrico (H_2S) é um hidrácido fraco e sua solução aquosa conduz o suficiente para acender uma lâmpada com brilho fraco.
 - Sendo a fórmula do ácido crômico H_2CrO_4 , a fórmula do ácido pirocrômico é $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (também chamado de ácido dicrômico).
 - Os ácidos perclórico, sulfúrico e nítrico são oxiácidos fortes.
 - O ácido sulfúrico é um forte agente desidratante, sendo também um ácido fixo, com elevado ponto de ebulição.
 - O ácido fluorídrico, por ser extremamente venenoso, é um dos ácidos mais fortes entre os hidrácidos.

24. **UPF-RS 2022** De acordo com imagens do Inpe (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), a fumaça das queimadas que devastam a Amazônia e o Pantanal começou a chegar em meados de setembro de 2021 às regiões Sul e Sudeste do país. Dados do instituto indicam que entre janeiro e agosto deste ano foram registrados 10 153 focos de incêndio no Pantanal – número superior ao total registrado entre 2014 e 2019 (10 048).

O fenômeno da chuva com comportamento ácido é causado por reações químicas que ocorrem entre alguns gases liberados na atmosfera de forma antrópica ou natural e o vapor d'água. Como consequência, há a formação de algumas substâncias de comportamento ácido, como por exemplo: **ácido carbônico**, **ácido sulfúrico**, **ácido sulfuroso**, dentre outros, que conferem pH abaixo de 7,0 à água da chuva.

(Fonte: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/chuva-escura-chamata-tencao-no-rs-queimada-no-pantanal-pode-ter-causado-fenomeno>).

As fórmulas moleculares dos ácidos citados no texto são, respectivamente:

- HCO_3 ; H_2SO_3 ; HSO_2
 - H_2CO_4 ; H_2SO_3 ; H_2SO_3
 - H_2CO_3 ; H_2SO_3 ; H_2SO_4
 - H_2CO_3 ; H_2SO_4 ; H_2SO_3
 - H_2CO_4 ; H_2SO_4 ; H_2S
25. **Unesp** A água destilada (pH = 7,0) em contato com o ar dissolve o dióxido de carbono (CO_2) levando à formação de um composto que a deixa levemente ácida (pH \approx 6,0). Nas grandes cidades, a queima de combustíveis fósseis produz gases, como os óxidos de nitrogênio e de enxofre, que reagem com a água produzindo compostos ainda mais ácidos. À precipitação dessas soluções aquosas denomina-se chuva ácida. Os gases como o dióxido de carbono, os óxidos de nitrogênio e o trióxido de enxofre, presentes no ar das

grandes cidades, reagem com a água podendo formar, respectivamente, os ácidos:

- a) carboxílico, nítrico e sulfídrico.
- b) acético, muriático e nítrico.
- c) carbônico, nítrico e sulfúrico.
- d) carbônico, sulfúrico e nítrico.
- e) clorídrico, nítrico e sulfúrico.

- 26. CPS-SP 2015** Na BR-381, na região central de Minas Gerais, houve um acidente com uma carreta que transportava H_2SO_4 . Devido ao acidente, ocorreu o vazamento do material transportado atingindo o Rio Piracicaba.

<http://tinyurl.com/lo3qqc>. Acesso em: 20.03.2015. Adaptado.

A água desse rio, na região do acidente, apresentou-se

- a) neutra, pela ionização do ácido na água.
- b) ácida, pela ionização do ácido na água.
- c) ácida, pela neutralização da água.
- d) básica, pela neutralização da água.
- e) básica, pela dissociação da base na água.

- 27. UEPG-PR 2019** Com base no número de hidrogênios ionizáveis em cada ácido apresentado, assinale o que for correto.

- 01 H_2SO_4 é um diácido.
- 02 $HClO_4$ é um monoácido.
- 04 H_2CO_3 é um monoácido.
- 08 H_3PO_3 é um triácido.
- 16 H_3PO_2 é um monoácido.

Soma:

- 28. FGV-SP** Considere as seguintes afirmações.

- I. o HCl é um ácido mais forte que o HBr .
- II. a ligação $H-Cl$ é mais forte que a ligação $H-Br$.
- III. a dissolução do HBr na água é um processo exotérmico.
- IV. durante a dissolução do HBr em água, verifica-se que há um aumento da temperatura da água.

São corretas as afirmações:

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

- 29. ITA-SP** Qual dos ácidos a seguir é o menos volátil?

- a) HCl
- b) HI
- c) H_2SO_3
- d) H_2SO_4
- e) CH_3CH_2COOH

- 30. Cefet-MG 2015** Em uma aula prática, foram preparadas cinco soluções aquosas, de mesma concentração, de alguns ácidos inorgânicos: sulfídrico, nítrico, carbônico, bórico e fosfórico. Com o objetivo de testar a força desses ácidos, verificou-se a condutibilidade elétrica, através de um circuito acoplado a uma lâmpada. A solução ácida que acendeu a lâmpada com maior intensidade foi a de

- a) H_2S
- b) HNO_3
- c) H_2CO_3
- d) H_3BO_3
- e) H_3PO_3

- 31. Cotil/Unicamp-SP 2020** Leia o trecho abaixo sobre o processo de *desvenenamento* da mandioca, produzido por povos indígenas da região da Amazônia, para responder à questão:

Inicialmente, a raiz da planta é colocada durante a noite ou por alguns dias em um riacho, até que começa uma leve fermentação ácida. Essa fermentação tem diversos efeitos: os micro-organismos ou os produtos de seu metabolismo atacam as paredes dos vacúolos das células em que estão depositados os glicosídeos cianogênicos e possibilitam, assim, que a linamarina entre em contato com a linamarase, de modo que mais ácido cianídrico (HCN) é liberado. Além disso, por causa dos micro-organismos gerados na fermentação, também se produz linamarase, que decompõe a linamarina, e, além disso, em função do baixo valor do pH, cria-se o ambiente que intensifica a atividade da enzima já existente na planta. Com a diminuição do valor do pH, o equilíbrio dissociativo do ácido cianídrico é deslocado na direção do ácido cianídrico, e o ácido cianídrico indissociado é removido do líquido. Após a exposição à água, as cascas do tubérculo devem ser removidas, já que nelas encontra-se uma concentração particularmente elevada dos glicosídeos cianídricos.

Jens Soentgen; Klaus Hilbert. Quím. Nova, vol. 39, nº 9, 2016.

De acordo com o texto, no processo de fermentação, ocorre a liberação da substância responsável pela toxicidade da mandioca, a qual faz parte de um grupo estudado em química inorgânica. Identifique abaixo a alternativa que apresenta uma outra substância que faz parte do mesmo grupo do “veneno” que a mandioca possui.

- a) NH_3
- b) H_2O
- c) H_2CO_3
- d) CO_2

- 32. UEPG-PR 2019** Dentre as afirmativas apresentadas abaixo, identifique aquelas que trazem as nomenclaturas corretas para os ácidos oxigenados apresentados.

- 01 H_2SO_4 é o ácido sulfúrico.
- 02 $HClO_3$ é o ácido hipocloroso.
- 04 $HClO$ é o ácido cloroso.
- 08 H_3PO_4 é o ácido fosfórico.
- 16 HNO_2 é o ácido nítrico.

Soma:

- 33. UEM-PR 2016** Assinale o que for correto.

- 01 Segundo Arrhenius, uma substância molecular dissolvida em água não pode conduzir corrente elétrica.
- 02 Substâncias ácidas geralmente possuem sabor adstringente (amarram a boca) enquanto que as bases possuem sabor azedo.
- 04 O ácido fosforoso tem a fórmula H_3PO_3 .
- 08 O ácido ortocrômico tem a fórmula $H_2Cr_2O_7$.
- 16 O ácido fluorídrico tem a propriedade de corroer o vidro.

Soma:

34. Uece 2020 Atente para as seguintes afirmações relacionadas com estudo da estrutura, ocorrência, propriedades e usos de compostos inorgânicos no dia a dia:

- I. O ácido clorídrico é usado em muitos processos industriais, dentre os quais no refino de metais.
- II. A amônia é um gás incolor, bastante tóxico, que, em meio aquoso, forma o hidróxido de amônio (NH_2OH).
- III. A autoionização da água é uma reação química em que duas moléculas de água reagem para produzir um hidrônio (H_3O^+) e um hidróxido (OH^-).

É correto o que se afirma em

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

Bases ou hidróxidos

35. Em quais íons se dissocia o hidróxido de sódio?

36. Dê o nome das bases a seguir.

- a) NaOH
- b) $\text{Al}(\text{OH})_3$
- c) $\text{Fe}(\text{OH})_3$

37. UEPG-PR 2022 Entre as alternativas que trazem reações de dissociação iônica dos hidróxidos de metais, assinale o que for correto.

- 01 $\text{NaOH}(\text{s}) \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
- 02 $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$
- 04 $\text{Sr}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightarrow \text{Sr}^{2+}(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
- 08 $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) \rightarrow \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$
- 16 $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s}) \rightarrow \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{OH}^-(\text{aq})$

Soma:

38. As bases são também conhecidas como _____.

Como procedemos para dar nomes às bases? Dê também o nome das bases a seguir.

- a) $\text{Cr}(\text{OH})_3$
- b) $\text{Sn}(\text{OH})_2$
- c) $\text{Pt}(\text{OH})_4$
- d) $\text{Hg}(\text{OH})_2$

39. Assinale o item que contém apenas bases.

- a) H_2S , NaCl, KOH.
- b) HBiO, H_2O , CaBr_2 .
- c) HNO_2 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, KCl.
- d) HCl, NH_4OH , BaS.
- e) NaOH, LiOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

40. Assinale a alternativa que completa corretamente o texto a seguir.

“Definem-se ácidos e bases como substâncias que ao se dissolverem em água fornecem, respectivamente, cátions I e ânions II”.

- a) I – H^+ e II – O^{2-} .
- b) I – H_3^+ e II – O^{2-} .
- c) I – H^+ e II – O_2^- .
- d) I – H_3^+ e II – OH^- .
- e) I – H^+ e II – OH^- .

41. Uma base tem fórmula $\text{M}(\text{OH})_3$. O elemento M pode ser:

- a) enxofre.
- b) alumínio.
- c) sódio.
- d) cálcio.
- e) chumbo.

42. Uma base tem fórmula MOH. O elemento M pode ser:

- a) enxofre.
- b) alumínio.
- c) sódio.
- d) cálcio.
- e) chumbo.

43. UFJF-MG 2018 As reações ácido-base são reações importantes pelas suas inúmeras aplicações. Por exemplo, pessoas que sofrem com acidez estomacal são beneficiadas diariamente por este tipo de reação química. Evidentemente, excessos podem ser prejudiciais. Várias preparações farmacêuticas de antiácidos incluem as bases hidróxido de magnésio e hidróxido de alumínio para diminuir o excesso de ácido clorídrico do estômago. Baseado neste texto, responda:

- a) Dê a fórmula química de todos os compostos inorgânicos citados no texto.
- b) Soluções aquosas destes compostos conduzem eletricidade? Justifique.

44. UFRGS 2019 Na coluna da direita abaixo, estão listados compostos inorgânicos; na da esquerda, sua classificação. Associe adequadamente a coluna da esquerda à da direita.

- | | |
|--|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oxiácido forte | 1. Óxido de zinco |
| <input type="checkbox"/> Hidrácido fraco | 2. Hidróxido de alumínio |
| <input type="checkbox"/> Base forte | 3. Ácido cianídrico |
| <input type="checkbox"/> Base fraca | 4. Hidróxido de potássio |
| | 5. Ácido sulfúrico |

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- a) 1 – 2 – 3 – 4.
- b) 1 – 3 – 5 – 2.
- c) 3 – 4 – 2 – 5.
- d) 5 – 2 – 4 – 1.
- e) 5 – 3 – 4 – 2.

45. Mackenzie-SP Na decomposição térmica do calcário (CaCO_3), obtêm-se um gás e um sólido branco chamado de cal viva ou virgem, que, por sua vez, ao reagir com água, forma a cal extinta, cuja fórmula é:

- a) CaC_2
- b) $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- c) CaO
- d) CO_2
- e) H_2CO_3

46. Mackenzie-SP O suco gástrico necessário à digestão contém ácido clorídrico que, em excesso, pode provocar “dor de estômago”. Neutraliza-se esse ácido, sem risco, ingerindo-se:

- a) solução aquosa de base forte (NaOH).
- b) solução aquosa de cloreto de sódio.
- c) suspensão de base fraca ($\text{Al}(\text{OH})_3$).
- d) somente água.
- e) solução concentrada de ácido sulfúrico.

A chuva ácida

Introdução

A chuva ácida é um problema ambiental que pode surgir devido ao aumento da liberação de gases de resíduos industriais para a atmosfera. Neste texto, analisaremos os diferentes tipos de chuva ácida e suas implicações.

Tipos de chuva ácida

Existem basicamente três tipos de chuva ácida, sendo cada um deles um problema diferente que necessita de solução distinta.

Os tipos diferentes são:

a) H_2CO_3

Esse tipo de chuva ácida é natural, portanto não apresenta danos para o ambiente, uma vez que o ácido formado é um ácido fraco. Todavia, é contínua e pode castigar os solos com o passar do tempo. Daí a razão de corrigir a acidez excessiva dos solos ano a ano com calcário. Essa chuva se forma pela simples dissolução do CO_2 em água, que pode ser representada pela seguinte equação:



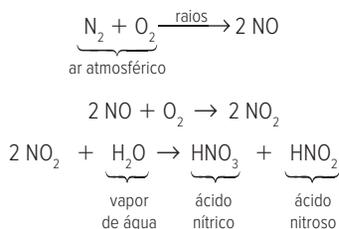
Para tentar minimizar esse tipo de chuva ácida, seria necessário remover parte do CO_2 do ar atmosférico. Mesmo que possível, isso prejudicaria o processo de fotossíntese das plantas, que necessitam de CO_2 . Portanto, não é viável que o ar atmosférico seja livre de CO_2 e, conseqüentemente, que esse tipo de chuva ácida seja eliminado.

É por essa razão que toda chuva é ácida, porém levemente, com o pH apresentando valores superiores a 5,6, muito próximos do neutro, que é sete.

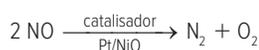
b) HNO_3

A chuva com ácido nítrico provém de duas fontes pelo mesmo processo. Uma das fontes é natural, provocada por relâmpagos. Eles desencadeiam uma seqüência de reações que culminam na formação do HNO_3 .

Observe a seqüência a seguir.



Todavia, a quantidade de ácido nítrico produzido por esse processo natural não é capaz de causar desequilíbrios ambientais. É com o aumento da frota de carros (outra fonte de produção desse ácido) que a chuva ácida provocada pelo HNO_3 tem causado preocupação, já que o número de carros em circulação tende a aumentar. A diferença entre as duas fontes é que, no motor do carro, os relâmpagos são substituídos pelas faíscas elétricas produzidas nele, para que se realize a combustão dos combustíveis (chamadas tecnicamente de centelhas). Com isso, os gases que produzem HNO_3 passam a ser lançados para a atmosfera por todos os canos de escapamento de veículos. Foi devido a isso que surgiu a ideia do catalisador nos veículos. Feitos de um material poroso embebido de platina e óxido de níquel, instalados no final dos canos de escapamento dos carros, além de completar a combustão da gasolina, têm como finalidade reverter o processo de formação de chuva ácida logo em sua primeira etapa, como equacionado a seguir.

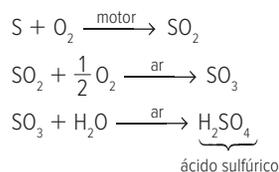


Essa não é uma solução totalmente eficaz, mas ajuda a minimizar o problema de chuva ácida provocada pelo ácido nítrico (HNO_3).

c) H_2SO_4

Este é o pior e mais agressivo tipo de chuva ácida. Também possui duas fontes, só que ambas artificiais.

A primeira fonte são, novamente, os veículos automotores. Os derivados de petróleo, como gasolina, querosene e principalmente o diesel, têm como impureza o elemento químico enxofre, e em grande quantidade. No motor do carro, ele é queimado e produz o dióxido de enxofre (SO_2), que é lançado na atmosfera pelos canos de escapamento (o catalisador não atua nesse caso). O dióxido se transforma em trióxido (SO_3), que, em contato com o vapor de água do ar atmosférico, forma o H_2SO_4 . A seqüência de reações é mostrada pelas equações abaixo.



A outra fonte, chaminés de indústrias químicas, petroquímicas e siderúrgicas, forma o H_2SO_4 da mesma forma. Pelo fato de o ácido sulfúrico ser forte, a chuva ácida pode chegar a $\text{pH} = 2$. Devido à sua enorme produção em regiões populosas e industrializadas, alguns lagos próximos chegaram ao valor de $\text{pH} = 3$ (acidez equivalente à do suco de limão). Isso ocorreu principalmente na região nordeste dos Estados Unidos. Evidentemente, o ecossistema desses lagos foi bastante prejudicado, mas existem tentativas de solucionar esse quadro por meio da aplicação de calcário. Ainda assim, trata-se de uma tentativa de remediar o problema, o que não é tão eficaz quanto eliminar as causas. Em Cubatão, considerada na década de 1980 a cidade mais poluída do mundo, a refinaria Presidente Bernardes (petroquímica) e a Cosipa (siderúrgica) despejavam toneladas de SO_2 todos os dias pelas suas chaminés. A chuva ácida caía na encosta da Serra do Mar. Contudo, o ácido libera o alumínio do solo, que bloqueia a coifa das raízes, provocando a mortandade das árvores. Por sua vez, a falta de árvores torna as encostas mais suscetíveis aos desmoronamentos. A solução aplicada a Cubatão foi colocar filtros para o SO_2 nas chaminés e replantar toda a encosta da serra. Além disso, o alumínio livre em lagos age diretamente nas guelras dos peixes, matando-os. Nos Estados Unidos, a solução para as chaminés industriais foi a mesma aplicada em Cubatão, e o problema foi minimizado. Quanto aos carros, a solução possível seria minimizar o uso de combustíveis derivados do petróleo e aumentar o uso de outras fontes de energia menos poluentes.

Texto elaborado para fins didáticos.

Os efeitos do isolamento social durante a pandemia de covid-19 sobre o meio ambiente

[...]

Impactos ambientais positivos

A redução da emissão de gases poluentes para a atmosfera durante o isolamento social foi observada na China, em vários países da Europa, na Índia, na Coreia do Sul e também no Brasil. [...]

Em 23 de janeiro de 2020, as autoridades chinesas decretaram o *lockdown* em 31 províncias chinesas para conter a disseminação do vírus (SU, 2021). Nesse período foi registrada uma queda significativa nas concentrações atmosféricas de NO_2 (dióxido de nitrogênio) em várias cidades chinesas (LIU et al., 2020). O NO_2 é emitido principalmente por veículos,

indústrias e usinas de geração de energia. É extremamente prejudicial para a nossa saúde, causando doenças respiratórias, e para o meio ambiente, sendo um dos principais gases envolvidos no *smog* fotoquímico responsável também pela chuva ácida (WHO, 2000a; PEEL *et al.*, 2012; DUTTA; SINGH, 2021). A restrição da circulação de veículos e a redução das atividades industriais nesse período resultaram, portanto, na diminuição da poluição atmosférica observada.

Um estudo baseado nos dados da Agência Ambiental Europeia (EEA <https://www.eea.europa.eu/>) englobando 27 países europeus durante o mês de março de 2020, quando foi decretado o *lockdown*, demonstrou redução das concentrações atmosféricas de NO₂ e de material particulado (MP) em todos os países testados, tanto nas áreas urbanas quanto nas áreas rurais (MENUT *et al.*, 2020). [...]

Na Índia também foi observada drástica redução nas emissões de MP, NO₂, SO₂ (dióxido de enxofre). Um estudo realizado no período de 1^o de março a 15 de abril de 2020 demonstrou reduções de 60% e 78% nas concentrações de NO₂ nas cidades de Nova Delhi e Mumbai após a imposição do *lockdown* em 25 de março de 2020 (KUMARI; TOSHNIWAL, 2020). As concentrações de SO₂ também sofreram reduções de 19% e 39% nessas duas cidades, o mesmo sendo observado para as concentrações de MP, com reduções que chegaram a 60%. O SO₂ é emitido principalmente por indústrias que usam combustíveis fósseis, mas também podem ser emitidos por veículos como navios e locomotivas. Além de extremamente prejudicial à saúde, o SO₂ também é um dos gases responsáveis pela chuva ácida, ao reagir com o vapor de água da atmosfera produzindo ácido sulfúrico –H₂SO₄ (WHO, 2020b; DUTTA; SINGH, 2021). [...]

No Brasil, apesar de não termos tido restrições efetivas de circulação, como em outros países, a redução das atividades comerciais também levou a decréscimos nas concentrações atmosféricas

de gases poluentes em cidades como Rio de Janeiro e São Paulo (DANTAS *et al.*, 2020; NAKADA; URBAN, 2020). Um estudo realizado entre 2 de março e 16 de abril de 2020 na cidade do Rio de Janeiro demonstrou uma queda acentuada nas concentrações de NO₂ (33-53%) e CO (41-49%) na semana do dia 23 de março, quando o isolamento social foi implementado (DANTAS *et al.*, 2020). Os autores também compararam esses dados aos medidos na mesma época em 2019 para descontar possíveis efeitos meteorológicos ou climáticos não relacionados ao isolamento social e observaram a mesma redução tanto nos valores de NO₂ (24 a 33% mais baixos em 2020) e CO (37 a 43% mais baixos em 2020). Reduções ainda mais acentuadas foram observadas na mesma época na cidade de São Paulo. Um estudo comparativo entre as concentrações de gases atmosféricos poluentes durante o período de 25 de fevereiro a 19 de abril de 2020 e as concentrações médias no mesmo período nos últimos cinco anos (2015–2019) demonstrou drásticas reduções nas concentrações de NO – óxido nítrico (até 77% de redução), NO₂ (54%) e CO (65%) durante a restrição da circulação de veículos na cidade (NAKADA; URBAN, 2020). [...]

O isolamento social imposto para a contenção da transmissão da covid-19 e a consequente restrição da circulação de pessoas e veículos nas grandes cidades resultou em uma queda drástica na poluição atmosférica e sonora, e, em menor grau, na poluição aquática. Essa redução, apesar de temporária, nos mostrou a intensidade do impacto humano sobre o ambiente, e nos trouxe um exemplo de como podemos ter uma vida mais saudável com menos poluição e com menos ruído. [...]

GUENTHER, M.; SALES, L.; ACIOLI, G. Os efeitos do isolamento social durante a pandemia de Covid-19 sobre o meio ambiente. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*. São Paulo, v. 17, n. 3, p. 498-511, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/13314/9748>. Acesso em: 23 jun. 2022.

Resumindo

Teoria de Arrhenius

- Sistemas que conduzem ou não eletricidade.
- Conduzem corrente:
 - Metais no estado sólido ou líquido.
 - Substâncias iônicas em solução aquosa ou fundidas.
 - Ácidos em solução aquosa.
- Não conduzem corrente:
 - Gases em condições ambientes.
 - Substâncias iônicas no estado sólido.
 - Ácidos puros.
 - Demais substâncias covalentes.

Ácidos

- Definição, segundo Arrhenius: ácidos são compostos moleculares que, em solução aquosa, ionizam-se, liberando o cátion H⁺ para a formação do íon hidrônio ou hidroxônio (H₃O⁺).

- Classificação dos ácidos:
 - Quanto à presença de oxigênio: hidrácidos e oxiácidos.
 - Quanto à volatilidade: voláteis e fixos.
 - Quanto ao número de hidrogênios ionizáveis.
 - Quanto à força: fortes, semifortes ou moderados, fracos.

Bases ou hidróxidos

- Definição, segundo Arrhenius: são compostos iônicos que, em solução aquosa, dissociam-se, liberando o ânion hidroxila ou oxidrila (OH⁻).
- Classificação das bases:
 - Quanto ao número de hidroxilas: monobases, dibases, tribases e tetrabases.
 - Quanto à solubilidade em água: solúveis, parcialmente solúveis e praticamente insolúveis.
 - Quanto à força: fortes e fracas.

Quer saber mais?



Site

www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/6/6-236-463.htm

O site apresenta um procedimento experimental para simulação de chuva ácida. Acesso em: 25 ago. 2022.

6. **Famerp-SP 2021** Amostras das substâncias cloreto de potássio (KCl), cloreto de amônio (NH_4Cl), clorofórmio ($CHCl_3$) e sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) foram colocadas, separadamente e não necessariamente nessa ordem, em quatro tubos de ensaio contendo água, identificados de 1 a 4. Cada sistema formado foi submetido a testes de condutividade elétrica e pH. Os resultados foram reunidos na tabela a seguir.

Tubo	Classificação do sistema	O sistema é condutor de corrente elétrica?	pH
1	homogêneo	sim	4,5
2	heterogêneo	não	—
3	homogêneo	sim	7,0
4	homogêneo	não	7,0

As substâncias adicionadas aos tubos 1, 2, 3 e 4 foram, respectivamente,

- NH_4Cl , $CHCl_3$, KCl , $C_{12}H_{22}O_{11}$
 - KCl , NH_4Cl , $CHCl_3$, $C_{12}H_{22}O_{11}$
 - KCl , $CHCl_3$, NH_4Cl , $C_{12}H_{22}O_{11}$
 - NH_4Cl , $C_{12}H_{22}O_{11}$, KCl , $CHCl_3$
 - NH_4Cl , KCl , $C_{12}H_{22}O_{11}$, $CHCl_3$
7. **UEL-PR** A condutibilidade elétrica de uma solução aquosa depende:
- do volume da solução.
 - da concentração de íons hidratados.
 - da natureza do soluto.
- Dessas afirmações, apenas:
- I é correta.
 - II é correta.
 - III é correta.
 - I e II são corretas.
 - II e III são corretas.
8. **UEPG-PR 2019** Na temperatura de $25\text{ }^\circ\text{C}$, o cloreto de sódio ($NaCl$) é um sólido, enquanto o cloreto de hidrogênio (HCl) é um gás. Sobre as propriedades destes compostos, assinale o que for correto.
- 01 O $NaCl$, quando fundido, é um bom condutor de eletricidade devido à formação dos íons livres Na^+ e Cl^- .
 - 02 O HCl é formado por ligações covalentes, no entanto, em solução aquosa, ioniza e forma íons H^+ e Cl^- .
 - 04 O $NaCl$ é bastante solúvel em meio aquoso, pois apresenta interações intermoleculares do tipo íon-dipolo com as moléculas de H_2O .
 - 08 Em solução aquosa, tanto o $NaCl$ como o HCl são bons condutores de eletricidade devido à liberação de íons (dissociação do $NaCl$) ou à formação de íons (ionização do HCl).
 - 16 O cloreto de hidrogênio, na fase líquida, é um bom condutor de eletricidade.

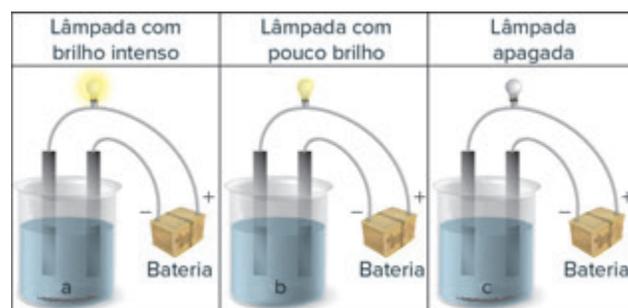
Soma:

9. **UFRGS** O quadro a seguir apresenta propriedades de três substâncias designadas genericamente por A, B e C.

Substância	Condução de corrente elétrica			Ponto de fusão ($^\circ\text{C}$)	Ponto de ebulição ($^\circ\text{C}$)
	no estado sólido	no estado líquido	em solução aquosa		
A	não	não	insolúvel em água	80,2	217,9
B	sim	sim	insolúvel em água	1260	1900
C	não	sim	sim	712	1412

As substâncias A, B e C podem ser, respectivamente:

- dióxido de enxofre, sulfeto de cálcio e metano.
 - benzeno, cloreto de sódio e ferro metálico.
 - sulfato de alumínio, cobre metálico e hexano.
 - alumínio, tetracloreto de carbono e nitrato de sódio.
 - naftaleno, manganês metálico e cloreto de magnésio.
10. **UFRGS** Os sistemas:
- fio de cobre metálico: $Cu(s)$;
 - solução aquosa de sulfato de cobre: $CuSO_4(aq)$;
 - cloreto de sódio fundido: $NaCl(l)$;
- são condutores de eletricidade. As partículas responsáveis pela condução da corrente elétrica, em cada sistema, são, respectivamente:
- elétrons, íons e íons.
 - elétrons, elétrons e elétrons.
 - átomos, íons e moléculas.
 - cátions, ânions e elétrons.
 - átomos, cátions e ânions.
11. **Vunesp** Qual das substâncias a seguir não conduz corrente elétrica em solução aquosa?
- Brometo de hidrogênio.
 - Ácido fórmico.
 - Cloreto de potássio.
 - Bicarbonato de sódio.
 - Propanona.
12. **UFRJ** Durante um experimento, seu professor de Química pediu que você identificasse as soluções aquosas presentes em cada um dos béqueres (A, B, C) apresentados na figura a seguir.



Dois béqueres do experimento contêm soluções aquosas salinas, de sais desconhecidos.

- O ânion do sal presente na solução salina saturada pertence à família dos halogênios e é isoeletrônico ao sulfeto. Escreva o nome do ânion e identifique o béquer que contém essa solução.
- Sabe-se que o sal da solução não saturada é um nitrato cujo cátion pertence ao 3^o período da família dos metais alcalinos terrosos. Escreva a fórmula química desse sal.

Classificação e nomenclatura dos ácidos

- 13. Cefet-MG 2014** Para determinar se uma solução ou uma substância pura tem caráter ácido ou básico pode-se utilizar uma solução contendo extrato de repolho roxo, em substituição à fenolftaleína. A tabela seguinte mostra a relação entre a solução/substância analisada e a cor da solução indicadora.

Solução/Substância	Cores
Limão(aq)	Rosa
Água	Roxo
Cal virgem(aq)	Verde

O indicador contendo extrato de repolho roxo torna-se verde na presença de

- ácido sulfúrico.
 - cloreto de sódio.
 - dióxido de carbono.
 - hidróxido de cálcio.
- 14. UPE 2016** Na série *Prison Break* (FOX), Michael Scofield utiliza um composto chamado Kesslivil para corroer o aço e destruir a cerca de proteção da prisão SONA, no Panamá. Na verdade, o Kesslivil não existe, mas o aço pode ser corroído pela ação de um ácido forte e oxidante. Qual dos ácidos abaixo Scofield poderia usar para fugir da prisão?
- H_3BO_3
 - HCl
 - HCN
 - HNO_3
 - CH_3COOH
- 15. IFSul-RS 2017** Recentemente as denúncias das Operações da Polícia Federal contra as fraudes em frigoríficos reacenderam os debates sobre o uso de aditivos alimentares e segurança alimentar. Dentre os diversos grupos de aditivos alimentares, estão os acidulantes, definidos pela ANVISA como “substância que aumenta a acidez ou confere um sabor ácido aos alimentos” (ANVISA, Portaria 540/1997). São exemplos de acidulantes o ácido fosfórico, o ácido cítrico e o ácido acético.

Além do ácido fosfórico, o elemento fósforo forma outros ácidos, tais como o H_3PO_3 e o H_3PO_2 . Estes ácidos são classificados, respectivamente, como

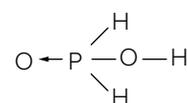
- diácido e diácido.
- triácido e triácido.
- triácido e diácido.
- diácido e monoácido.

- 16. UEPG/PSS-PR 2019** Com relação às alternativas abaixo, assinale o que for correto.

- $HClO_4$ é o ácido perclórico.
- H_3PO_3 é o ácido fosfórico.
- H_3BO_3 é o ácido bórico.
- H_2CO_3 é o ácido carbônico.

Soma:

- 17. UFRJ** Os ácidos podem ser classificados quanto ao número de hidrogênios ionizáveis. O ácido hipofosforoso, H_3PO_2 , utilizado na fabricação de medicamentos, apresenta fórmula estrutural:



Quantos hidrogênios são ionizáveis no ácido hipofosforoso? Justifique sua resposta.

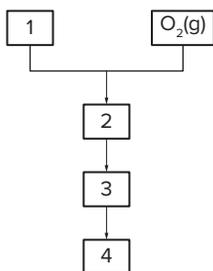
- 18. UFJF-MG 2016** O H_2S é encontrado tanto em solução aquosa (solúvel em água) quanto na forma gasosa. É altamente tóxico, inflamável, irritante, além de apresentar odor característico semelhante ao de ovos podres. Com base nas características do H_2S responda os itens abaixo.
- Qual a função inorgânica do H_2S ?
 - Escreva a estrutura de Lewis para o H_2S . Qual o tipo de geometria molecular existente?
 - Com base nas forças intermoleculares, justifique o fato do H_2S também ser encontrado na forma gasosa, a partir da decomposição de matéria orgânica.
 - O H_2S conduz corrente elétrica quando dissolvido em água? Justifique.
- 19. Cesgranrio-RJ** Com base na tabela de graus de ionização apresentada a seguir:

Ácido	Grau de ionização
HF	8%
HCl	92%
HCN	0,008%
H_2SO_4	61%
H_3PO_4	27%

Podemos concluir que o ácido mais forte é:

- HF
- HCl
- HCN
- H_2SO_4
- H_3PO_4

20. **FCMMG 2022** Este esquema apresenta diversas reações, omitindo alguns reagentes, para a formação de uma substância (4) responsável pela “chuva ácida” de pH próximo a 4, principalmente em regiões industriais.



É **CORRETO** afirmar que as espécies químicas presentes em 1, 2, 3 e 4 são, respectivamente:

- a) $Cl_2(g) - Cl_2O - Cl_2O_3 - HClO_2(l)$. c) $S(s) - SO_2(g) - SO_3(g) - H_2SO_4(aq)$.
b) $N_2(g) - NO(g) - NO_2(g) - HNO_3(l)$. d) $C(s) - O_2(g) - CO_2(g) - H_2CO_3(aq)$.
21. **Uece** Considere os seguintes ácidos, com seus respectivos graus de ionização (a 18 °C) e usos:
 H_3PO_4 ($\alpha = 27\%$), usado na preparação de fertilizantes e como acidulante em bebidas refrigerantes.
 H_2S ($\alpha = 7,6 \cdot 10^{-2}\%$), usado como redutor.
 $HClO_4$ ($\alpha = 97\%$), usado na medicina, em análises químicas e como catalisador em explosivos.
 HCN ($\alpha = 8,0 \cdot 10^{-3}\%$), usado na fabricação de plásticos, corantes e fumigantes para orquídeas e poda de árvores.
Podemos afirmar que:
- a) $HClO_4$ e HCN são triácidos. c) H_3PO_4 é considerado um ácido semiforte.
b) H_3PO_4 e H_2S são hidrácidos. d) H_2S é um ácido ternário.

22. **UEPG-PR 2019** Sobre os ácidos apresentados, assinale o que for correto.

- 01 O $HClO$ é o ácido hipocloroso.
02 O H_2SO_3 é o ácido sulfúrico.
04 O HNO_2 é o ácido nítrico.
08 O H_2S é o ácido sulfídrico.
16 O H_3BO_3 é o ácido bórico.

Soma:

23. Faça a fórmula estrutural dos seguintes ácidos:

- a) HCl f) H_3PO_3 k) $HClO_3$
b) H_2S g) H_3PO_2 l) $HClO_2$
c) H_2SO_4 h) $H_4P_2O_7$ m) $HClO$
d) H_2SO_3 i) HPO_3 n) H_2CO_3
e) H_3PO_4 j) $HClO_4$

24. **Mauá-SP** Têm-se os três ácidos e os valores da tabela, que foram obtidos dissolvendo-se em água à temperatura constante.

	Número de mols dissolvido	Número de mols ionizado
H_2S	10	1
H_2SO_4	3	2
HNO_3	10	8

Calcule o grau de ionização para cada ácido e coloque-os em ordem crescente de sua força de ionização.

25. **PUC-PR** Da série de ácidos abaixo representada, qual apresenta a mesma classificação, dentro do critério de número de hidrogênios ionizáveis?
- a) $HNO_3, HNO_2, H_2S, H_2SO_3$ d) $H_3CrO_4, H_3AsO_4, HIO_3, HBr$
b) $H_3PO_4, H_3AsO_3, H_3BO_3, H_3PO_3$ e) $H_3PO_3, H_2Cr_2O_7, H_2SnO_3, H_2SO_4$
c) $H_2SO_4, H_2S_2O_8, H_2CO_3, HMnO_4$

► **Dica:** H_3PO_3 é um diácido.

26. Col. Naval-RJ 2020 A chuva ácida é causada por reações químicas que acontecem entre os gases poluentes, sobretudo SO_2 e SO_3 , liberados na atmosfera, e o vapor d'água. Como consequência, há a formação de ácidos, conforme as seguintes reações:

- I. $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$
- II. $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

Os nomes dos ácidos formados nas reações I e II, respectivamente, são:

- a) ácido sulfuroso e ácido sulfúrico.
- b) ácido sulfúrico e ácido sulfuroso.
- c) ácido sulfúrico e ácido sulfídrico.
- d) ácido sulfídrico e ácido sulfúrico.
- e) ácido sulfuroso e ácido sulfídrico.

27. UFU-MG Entre os oxiácidos H_2SO_3 , H_3BO_3 , HClO_3 e HMnO_4 , a ordem crescente de força ácida para esses compostos é:

- a) H_2SO_3 , HClO_3 , H_3BO_3 , HMnO_4
- b) HClO_3 , HMnO_4 , H_2SO_3 , H_3BO_3
- c) H_3BO_3 , HClO_3 , H_2SO_3 , HMnO_4
- d) H_3BO_3 , H_2SO_3 , HClO_3 , HMnO_4
- e) HMnO_4 , HClO_3 , H_3BO_3 , H_2SO_3

28. UFRGS Admitindo-se 100% de ionização para o ácido clorídrico em solução diluída, pode-se afirmar que essa solução não contém a espécie:

- a) HCl
- b) OH^-
- c) H_3O^+
- d) H_2O
- e) Cl^-

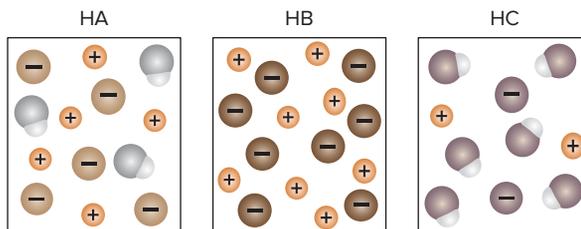
► **Dica:** Mesmo em meios fortemente ácidos, há a presença de OH^- , devido ao equilíbrio iônico da água dado por $\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$.

29. Uespi Sejam os seguintes ácidos, com seus respectivos graus de ionização (α): HClO_4 ($\alpha = 97\%$); H_2SO_4 ($\alpha = 61\%$); H_3BO_3 ($\alpha = 0,025\%$); H_3PO_4 ($\alpha = 27\%$); HNO_3 ($\alpha = 92\%$).

Assinale a afirmativa correta.

- a) H_3PO_4 é mais forte que H_2SO_4 .
- b) HNO_3 é um ácido moderado.
- c) HClO_4 é mais fraco que HNO_3 .
- d) H_3PO_4 é um ácido forte.
- e) H_3BO_3 é um ácido fraco.

30. Fuvest-SP As figuras a seguir representam, de maneira simplificada, as soluções aquosas de três ácidos, HA, HB e HC, de mesmas concentrações. As moléculas de água não estão representadas.



Considerando essas representações, foram feitas as seguintes afirmações sobre os ácidos.

- I. HB é um ácido mais forte do que HA e HC.
 - II. Uma solução aquosa de HA deve apresentar maior condutibilidade elétrica do que uma solução aquosa de mesma concentração de HC.
 - III. Uma solução aquosa de HC deve apresentar pH maior do que uma solução aquosa de mesma concentração de HB.
- Está correto o que se afirma em:

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

31. **Col. Naval-RJ 2019** A chuva ácida ocorre quando há uma alta concentração de agentes poluentes na atmosfera, como SO_2 e NO_2 , que ao reagirem com vapor d'água também presente formam:

- a) sais ácidos.
- b) anidridos.
- c) oxiácidos.
- d) hidrácidos.
- e) sais básicos.

Bases ou hidróxidos

32. **UFRGS 2017** Os compostos inorgânicos encontram amplo emprego nas mais diversas aplicações. Na coluna da esquerda abaixo, estão listados cinco compostos inorgânicos; na da direita, diferentes possibilidades de aplicação.

- 1 - $\text{Mg}(\text{OH})_2$ Usado em baterias
- 2 - HClO Antiácido
- 3 - H_2SO_4 Usado em refrigerantes
- 4 - NaOH Usado em produtos de limpeza
- 5 - H_3PO_4 Usado em produtos de limpeza

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- a) 5 – 1 – 3 – 4.
- b) 1 – 2 – 3 – 5.
- c) 3 – 4 – 1 – 2.
- d) 4 – 1 – 5 – 4.
- e) 3 – 1 – 5 – 2.

33. **IFSul-RS 2018** Um certo indicador ácido-base apresenta as seguintes cores, dependendo do meio em que se encontra:

Meio	Ácido	Básico
Cor do indicador	Azul	Amarelo

Ao adicioná-lo em amostra de vinagre, suco de limão e soda cáustica, obtêm-se, respectivamente, as cores

- a) amarelo, amarelo, azul.
- b) azul, azul, amarelo.
- c) amarelo, azul, azul.
- d) azul, amarelo, azul.

34. **Udesc 2015** Um estudante de química obteve uma solução indicadora ácido-base, triturando no liquidificador algumas folhas de repolho roxo com água. Em seguida, ele dividiu a solução obtida em três tubos de ensaio (A, B e C) e no primeiro tubo adicionou uma pequena quantidade de vinagre (solução de ácido acético); no segundo alguns cristais de soda cáustica (NaOH), e no terceiro alguns cristais de sal para churrasco (NaCl), obtendo o resultado conforme mostra o quadro:

Tubo de ensaio	Substância adicionada	Coloração inicial	Coloração final
A	Vinagre	Roxa	Vermelha
B	Soda cáustica	Roxa	Verde
C	Sal para churrasco	Roxa	Roxa

Se o estudante realizar outro experimento adicionando no tubo A KOH , no B HNO_3 e no C KNO_3 , contendo a solução inicial extraída do repolho roxo, a coloração final, respectivamente, será:

- a) roxa, verde, roxa.
- b) roxa, vermelha, verde.
- c) verde, roxa, vermelha.
- d) vermelha, verde, roxa.
- e) verde, vermelha, roxa.

- 35. FEI-SP** Num recipiente contendo uma substância A, foram adicionadas gotas de fenolftaleína dando uma coloração rósea. Adicionando-se uma substância B em A, a solução apresenta-se incolor. Com base nessas informações podemos afirmar que:
- a) A e B são bases.
 - b) A é um ácido e B é uma base.
 - c) A é uma base e B é um ácido.
 - d) A e B são ácidos.
 - e) A e B são sais neutros.

- 36. Ulbra-RS 2016** No capítulo Recreações Químicas, Sacks descreve suas primeiras incursões na experimentação química, como no texto abaixo.

O livro começava com Experimentos Elementares, usando tintas vegetais para vermos como mudavam de cor na presença de ácidos e álcalis. A tinta vegetal mais comum era o tornassol, retirado de um líquen [...]. Usei papéis de tornassol que meu pai tinha em sua farmácia, e vi que se tornavam vermelhos com diferentes ácidos e azuis com amônia alcalina.

O uso de tornassol ainda é bastante comum nas aulas de Química. Testando os seguintes sistemas:

- I. solução aquosa de CH_3COOH
- II. solução aquosa de CH_3NH_2
- III. solução aquosa de NaOH
- IV. solução aquosa contendo CO_2 dissolvido
- V. solução aquosa de H_2SO_4

A cor resultante do papel tornassol será, respectivamente:

- a) Azul; azul; vermelho; vermelho; azul.
 - b) Vermelho; vermelho; azul; vermelho; azul.
 - c) Vermelho; vermelho; vermelho; azul; vermelho.
 - d) Azul; azul; azul; vermelho; vermelho.
 - e) Vermelho; azul; azul; vermelho; vermelho.
- 37. Vunesp** Uma dona de casa fez a seguinte sequência de operações: 1ª) colocou, em água, folhas de repolho roxo picado; 2ª) depois de algum tempo, despejou a água, que apresentava cor roxa, em dois copos; 3ª) adicionou vinagre a um copo, e a cor não se modificou; 4ª) adicionou leite de magnésia a outro copo, e a cor tornou-se verde. Os nomes dos processos de separação empregados nas operações 1ª e 2ª, e o nome da substância que dá a coloração ao repolho e à água são, respectivamente:
- a) filtração, catação e corante.
 - b) evaporação, decantação e titulante.
 - c) extração, decantação e indicador ácido-base.
 - d) solubilização, filtração e indicador ácido-base.
 - e) destilação, decantação e corante.
- 38. Unisinos-RS** Um aluno, trabalhando no laboratório de sua escola, deixou cair uma quantidade de solução alcoólica de fenolftaleína sobre um balcão que estava sendo limpo com sapólio. O local onde caiu a fenolftaleína adquiriu, quase que imediatamente, uma coloração violácea. Esse aluno, observando a mancha violácea, concluiu que:
- a) o sapólio deve ser um meio ácido.
 - b) o sapólio deve ser um meio alcalino.
 - c) o sapólio deve ser um meio neutro.
 - d) o sapólio tem características de um sal.
 - e) a fenolftaleína removeu o sapólio do local.
- 39. Cefet-MG 2020** Em um frasco contendo água, foi colocada, cuidadosamente, uma pequena porção de sódio (Na) metálico. Durante a reação, observou-se a liberação de um gás inflamável e a formação de uma substância que coloriu uma solução de fenolftaleína. Sobre o experimento, é INCORRETO afirmar que
- a) o gás liberado foi o O_2 .
 - b) a substância produzida é iônica.
 - c) a solução final pode ser neutralizada com um ácido.
 - d) a solução adquiriu coloração rósea após adição de fenolftaleína.
- 40. UFScar-SP** No dia a dia, estamos em contato com diferentes tipos de substâncias químicas como vinagre, produtos de limpeza pesada à base de amoníaco, água sanitária, lava-louças. Esses produtos são exemplos, respectivamente, de:
- a) base, ácido, oxidante (desinfetante) e detergente.
 - b) ácido, base, oxidante (desinfetante) e detergente.
 - c) detergente, ácido, base e oxidante (desinfetante).
 - d) ácido, base, detergente e oxidante (desinfetante).
 - e) oxidante (desinfetante), ácido, base e detergente.

41. **UFJF/Pism-MG 2016** Uma das consequências de certos exageros na alimentação é a chamada azia. As membranas das células estomacais permitem a passagem de água e de outras moléculas neutras e bloqueiam, em geral, a passagem de alguns íons como H^+ , Na^+ , K^+ e Cl^- . O excesso de íons H^+ pode causar dor, inchaço, e conseqüentemente, a azia.

- Qual o tratamento mais adequado para diminuir a sensação de azia?
- Um dos antiácidos comerciais mais comuns é o leite de magnésia (hidróxido de magnésio). Escreva a equação química balanceada entre o ácido clorídrico presente no estômago e este agente antiácido.
- A azia pode ser tratada também com o bicarbonato de sódio, que é uma base fraca. Nesse caso, ao reagir com o ácido clorídrico do estômago, ocorre a liberação de um gás manifestado através de uma eructação (aroto). Escreva a equação química correspondente e indique o nome do gás que está sendo liberado.
- Baseado no item anterior, qual o volume de gás liberado (em mL) nas CNTP, sabendo-se que 0,42 g de bicarbonato de sódio reagiram completamente com o ácido clorídrico presente no suco gástrico?

BNCC em foco

EM13CNT303

1. No texto a seguir há algumas descobertas e avanços científicos atribuídos ao cientista irlandês Robert Boyle (1627-1691).

Ele examinou cristais e sua estrutura, e foi o primeiro a descobrir seus planos de clivagem. Estudou as cores e escreveu sobre o tema um livro que influenciou Newton. Inventou o primeiro indicador químico, um papel embebido em xarope de violetas que se tornava vermelho na presença de fluidos ácidos e verde em contato com fluidos alcalinos. Escreveu o primeiro livro em inglês sobre eletricidade. Inadvertidamente, preparou hidrogênio colocando pregos de ferro em ácido sulfúrico. Descobriu que, embora a maioria dos fluidos se contraísse quando congelados, a água expandia-se. [...]

SACKS, Oliver W. *Tio Tungstênio: memórias de uma infância química*. São Paulo: Companhia das Letras, 2002. p. 107.

Um desses estudos se refere a um indicador químico natural, muito semelhante a outros conhecidos atualmente. Cite dois exemplos de substâncias que deixariam o indicador avermelhado, e dois exemplos que o deixariam esverdeado.

EM13CNT305

2. Um dos maiores horrores da história recente da humanidade foi o Holocausto, que culminou em milhões de pessoas mortas em campos de concentração e extermínio ao longo da Segunda Guerra Mundial. Um dos protocolos de extermínio era a utilização de câmaras de gás, que eram essencialmente de dois tipos: as que utilizavam óxidos de carbono e as que utilizavam ácido cianídrico.

- Por que o gás cianídrico era utilizado?
- Se, por um lado, as épocas de guerra são momentos de grande desenvolvimento da Ciência, por outro, são também momentos em que seus frutos são utilizados para a violação de direitos humanos. Pense em um exemplo de inovação científico-tecnológica que foi utilizada com finalidade de violar direitos humanos básicos (como à vida e à liberdade) e discorra sobre ela.

EM13CNT307

3. Uma famosa brincadeira envolve jogar uma solução conhecida como “sangue do diabo” em um tecido branco. Essa solução deixa o tecido vermelho durante um curto período, mas logo ele retorna à cor original. A composição do sangue do diabo é:

- hidróxido de amônio;
- fenolftaleína;
- álcool etílico;
- água.

Essa pegadinha só é possível porque o hidróxido de amônio, quando sofre _____ em meio aquoso, deixa esse meio _____. Dessa maneira, sua presença na solução com fenolftaleína deixa o tecido molhado com a cor vermelha. Como o produto formado é muito volátil, evapora rapidamente do tecido. Assim, após alguns instantes, o líquido fica incolor e a mancha do tecido não é mais visível.

Assinale a alternativa que contém as palavras que completam corretamente o texto acima.

- fundição, covalente.
- ionização, ácido.
- dissociação, básico.
- fundição, iônico.
- ionização, básico.

FRENTE 2

CAPÍTULO

5

Sais e óxidos

A imagem mostra um trecho do Mar Morto. Suas águas apresentam grande concentração de sais, que podem ser vistos cristalizados nas margens. Ainda na imagem, é possível observar parte do deserto ao redor, onde há grande quantidade de areia, que é formada majoritariamente por óxidos. Esses dois tipos de compostos, sais e óxidos, serão estudados neste capítulo.

Trecho do Mar Morto, localizado entre Israel e Jordânia.

Sais

Definição

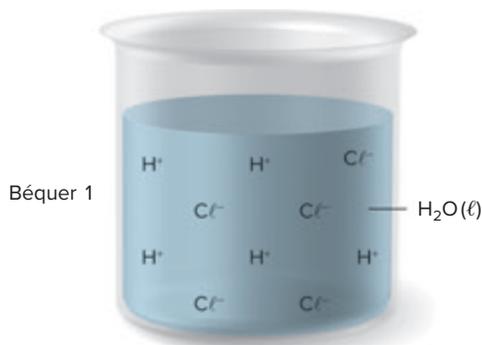
Sais são compostos iônicos provenientes da reação de neutralização total ou parcial entre um ácido e uma base de Arrhenius, no mínimo.

Alguns autores costumam estender essa definição da seguinte forma:

São compostos iônicos, em que um dos cátions não é o H^+ e um dos ânions não é o OH^- , pelo menos.

Entretanto, pode parecer, em princípio, que essa definição está correta, o que não é verdade. Existem compostos descritos por essa definição que não são sais, mas podem ser óxidos iônicos, como exemplificado a seguir. Por isso, a primeira definição é que deve ser utilizada, pois está estritamente correta. Todas as reações entre ácidos e bases de Arrhenius baseiam-se em um fenômeno único. Veja:

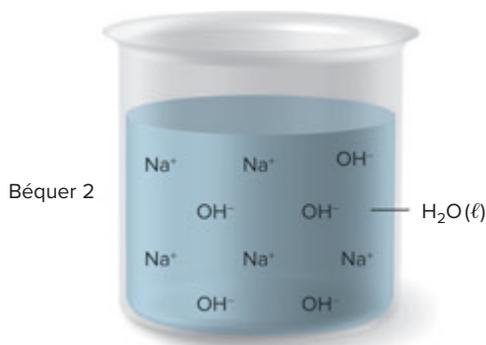
I. Vamos supor um béquer com uma solução aquosa de HCl .



Béquer contendo $HCl(aq)$.

Note que há dois tipos de íons: o cátion H^+ (ou H_3O^+) e o ânion Cl^- . Como já vimos no capítulo anterior, quem dá a característica ácida a essa solução não é o ânion (que pode ser Br^- , I^- , S^{2-} etc.), mas o cátion H^+ (H_3O^+). É ele quem confere a essa solução o gosto azedo; a capacidade de reagir com metais comuns; a capacidade de modificar a coloração de certas substâncias, chamadas de indicadores ácido-base; e assim por diante.

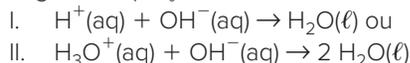
II. Vamos supor um outro béquer com uma solução aquosa de $NaOH$.



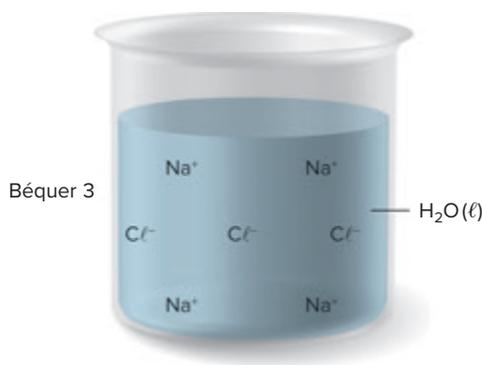
Béquer contendo $NaOH(aq)$.

Nesse caso, também há dois tipos de íons: o cátion Na^+ e o ânion OH^- . As características básicas dessa solução independem do cátion (que poderia ser K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} etc.) e têm como responsável o ânion OH^- . É ele quem confere a essa solução o gosto adstringente e tantas outras características básicas.

Se jogarmos o conteúdo dos dois béqueres em um terceiro béquer, veremos as propriedades ácidas e básicas pondo-se fora de ação, neutralizando-se, através da seguinte equação:



Veja:

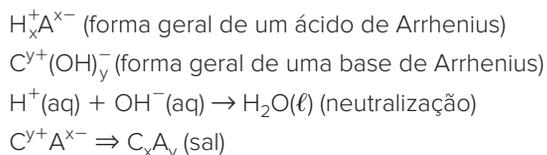


Béquer após a neutralização entre um ácido e uma base de Arrhenius. Note que o $H^+(aq)$ foi neutralizado e neutralizou o $OH^-(aq)$.

Observação: Na figura anterior desconsideramos a ionização do H_2O , por ser praticamente desprezível.

O que temos agora é $H_2O(l)$, $Na^+(aq)$ e $Cl^-(aq)$. Se aquecermos esse béquer ou deixarmos em ambiente aberto, a água evaporará, sobrando o $NaCl(s)$, substância iônica que, na pressão e temperatura ambientes (1 atm e 25 °C) é sólida. Pois essa substância é um sal.

Tudo que vimos se refere a um caso particular, o do $NaCl(s)$, mas podemos generalizar as neutralizações da seguinte forma:



As cargas invertidas que se transformam em índices podem ser explicadas pelas ligações químicas.

Essa é a formulação geral de um sal.

Contudo, é preciso dar nomes aos sais. A regra da IUPAC é mostrada na tabela a seguir.

Nome do ácido (terminação)	Nome do ânion (terminação)
ídrico	eto
ico	ato
oso	ito

Terminação do nome dos ânions a partir da terminação de seus ácidos geradores.

Atenção

Nome do sal = nome do ânion + nome do cátion.
O nome do cátion é o próprio nome do metal que o gera.

Antes de começarmos a analisar as reações de neutralização, é importante salientar que não só o H^+ é neutralizado pelo OH^- , mas também são neutralizadas todas as características ácidas, como gosto, poder corrosivo etc. Da mesma forma, isso ocorre com as bases e suas propriedades.

Com essas informações iniciais, já é possível estudarmos, por completo, as reações de neutralização total.

Neutralização total

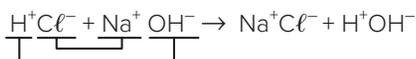
São reações entre ácidos e bases de Arrhenius em que não há sobra de H^+ ou de OH^- . Vamos começar com um exemplo bem conhecido, explicitando passo a passo os procedimentos adotados.



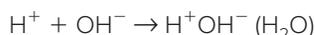
Primeiramente, devemos determinar as cargas de todos os cátions e ânions dos reagentes. Para tanto, lembremos algumas regras práticas.

1. O hidrogênio dos ácidos é sempre H^+ .
2. A hidroxila das bases é sempre OH^- .
3. A fórmula geral de um ácido é H_xA , em que A é um ânion de carga $-x$.
4. A fórmula geral de uma base é $C(OH)_y$, em que C é um cátion de carga $+y$.
5. Nas reações de neutralização, sejam totais ou parciais, não há variação de cargas.

Com isso:



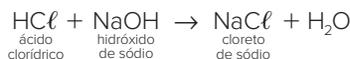
Perceba que sempre ocorrerá a junção entre H^+ e OH^- , já que esse é o princípio básico da neutralização, que pode ser equacionado por:



Além disso, o cátion da base une-se ao ânion do ácido para formar o sal. Da teoria de ligações químicas, temos como regra que o cátion vem antecedendo o ânion. Logo:



Portanto, a reação completa, com balanceamento e nomenclatura, pode ser equacionada da forma a seguir.

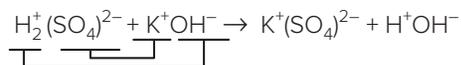


Note que, nesse caso, a equação já está balanceada, ou seja, o número de átomos nos reagentes é igual ao número de átomos dos produtos.

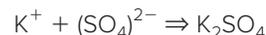
Vejamos agora outro exemplo.



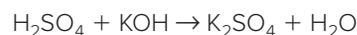
Primeiramente, determinemos as cargas:



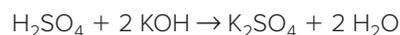
Determinemos a fórmula do sal formado:



Com isso:

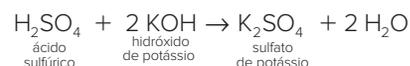


Para balancearmos essa equação (e todas as outras neutralizações totais), o segredo está sempre em olhar, primeiramente, para o sal, que tem 2 K^+ e 1 SO_4^{2-} . Logo:



Observe que 1 SO_4^{2-} nos produtos necessita de 1 SO_4^{2-} nos reagentes e que 2 K^+ nos produtos necessita de 2 K^+ nos reagentes. Por isso, os dois primeiros coeficientes são 1 e 2, respectivamente. Sobre o número de H_2O , é fácil: na grande maioria das vezes, o coeficiente do ácido vezes o da base é o valor procurado. (Logo adiante, saberemos em que situação isso não ocorre.)

Completando, temos:

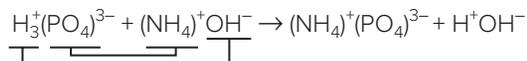


Observação: O coeficiente 1 pode ser omitido.

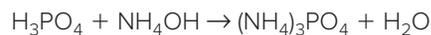
Vamos a outros casos, de maneira mais direta:



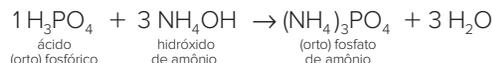
Determinando as cargas, temos:



Logo:

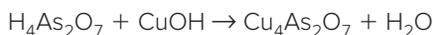
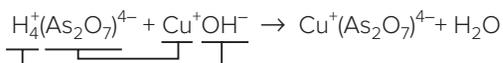


Com o balanceamento, temos:

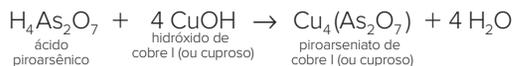


Observação: Note que, quando o índice de um radical é 1, não há necessidade de parênteses.

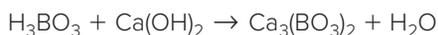
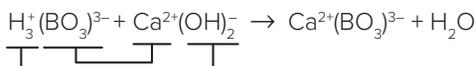
Seguindo o mesmo caminho, analise estas outras:



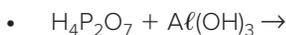
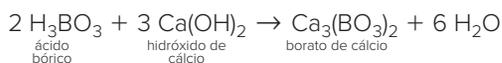
Balanceando (olhe primeiramente para o sal):



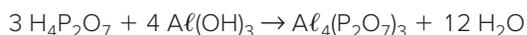
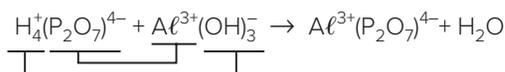
Determinando as cargas, temos:



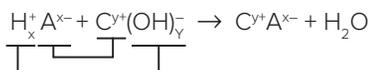
Balanceando, temos:



Agora, de maneira mais direta:



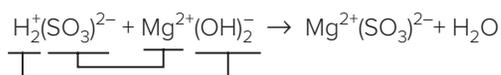
Note que, genericamente, podemos escrever:



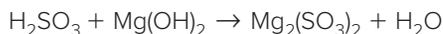
! Atenção

$yH_xA + xC(OH)_y \rightarrow C_xA_y + xy H_2O$
 Forma geral da neutralização total entre um ácido e uma base de Arrhenius.

Porém, em alguns casos, os números x e y são simplificáveis. Veja:



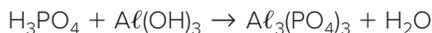
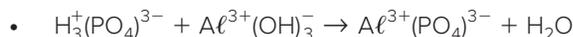
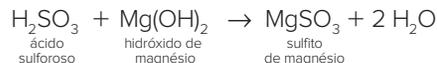
Note que podemos simplificar os índices do sal por 2:



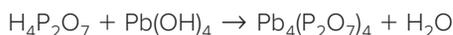
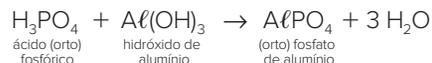
Com isso, o balanceamento pelo método já visto sofre algumas modificações:

- olhe, primeiramente, para o sal e ajuste os coeficientes do ácido e da base;

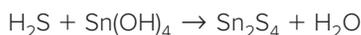
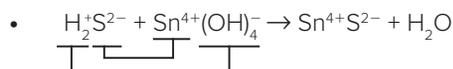
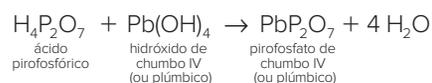
- o coeficiente da água não é mais xy. Se você simplificou por 2, multiplique xy por 2. Se você simplificou por 3, multiplique xy por 3, e assim por diante. Com isso, a equação anterior fica:



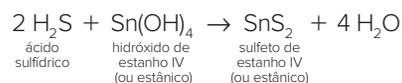
Com o balanceamento:



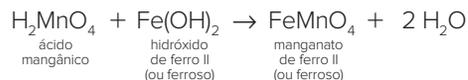
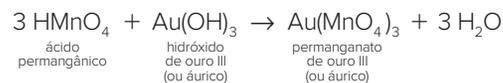
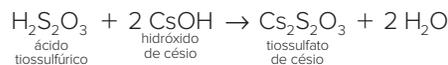
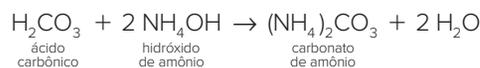
Balanceando:



Balanceando:



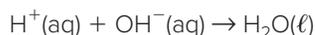
Observe mais estes exemplos (feitos de forma direta):



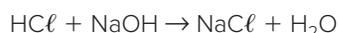
É importante salientar, ainda, que os sais não vêm exclusivamente das reações de neutralização (como sugere a definição), mas que todos podem ser obtidos a partir desses fenômenos.

Dois cuidados ainda devem ser tomados com relação aos sais e às reações de neutralização.

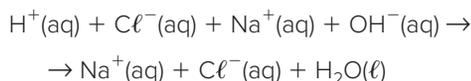
- I. No caso dos ácidos e das bases, existiam características peculiares desses compostos, como gosto, propriedades corrosivas etc. No caso dos sais, não existem grupos funcionais típicos, como H^+ (ou H_3O^+) e OH^- . Talvez, a única característica mais geral dos sais seja o gosto salgado e, embora exista muitos sais amargos, a grande maioria é constituída de compostos tóxicos.
- II. Na realidade, a única reação química que ocorre, e é comum a todas as neutralizações, é:



Tomemos o fenômeno:



Essa reação só ocorre em solução aquosa. Nesse caso, lembre-se de que o ácido se ioniza; a base e o sal, por serem compostos iônicos, dissociam-se. Assim, temos:



Não há problema algum em tratar equações químicas como se fossem equações matemáticas. Com isso, podemos cancelar o $Na^+(aq)$ e o $Cl^-(aq)$, sobrando $H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l)$.

Quimicamente, H^+ reagiu com OH^- , e o Na^+ e o Cl^- estavam no sistema, mas não tiveram participação no fenômeno. Tente você mesmo verificar isso com outras reações de neutralização.

Neutralização parcial

São reações químicas entre ácidos e bases de Arrhenius, em que há sobra de H^+ ou de OH^- , que ficará incorporada à estrutura do sal, tornando-o um sal ácido ou básico, respectivamente.

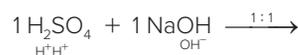
O princípio básico das reações de neutralização parcial é o mesmo das reações de neutralização total: cada H^+ reage com um OH^- para formar uma água.

Começemos pelas reações de neutralização parcial que dão origem aos sais ácidos (ou hidrogeno-sais):

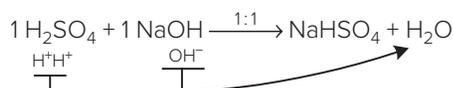


Em cima da seta que indica reação química, existe a simbologia que indica 1 : 1. Isso significa que ácido e base, respectivamente, estão reagindo na proporção de 1 para 1.

Na verdade, esses números indicam os coeficientes dos reagentes, nessa mesma ordem. Então, temos:



Note que o ácido tem 2 H^+ e a base tem 1 OH^- . Cada H^+ reage com 1 OH^- . Com isso:

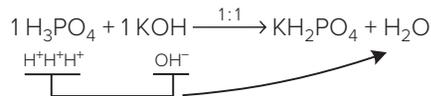


A reação de 1 H_2SO_4 e de 1 $NaOH$ forma 1 H_2O . Para escrever a fórmula do sal, basta alocar o cátion da base primeiramente, e o ânion do ácido por último. Entre um e outro, coloque as sobras de H^+ ou de OH^- , conforme o caso. No caso do $NaHSO_4$, este é um sal ácido ou um hidrogenossal.

Para dar nome a ele, existem duas possibilidades:

$NaHSO_4$ – hidrogenossulfato de sódio ou sulfato ácido de sódio.

Vejamos outros exemplos:



Agora são 3 H^+ reagindo com 1 OH^- formando 1 H_2O . Os dois H^+ que sobraram incorporam-se à estrutura do sal, que sempre respeita a ordem de cátion primeiro, ânion por último e a sobra no meio.

O nome do sal é:

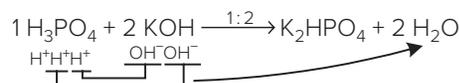
KH_2PO_4 – di-hidrogeno (orto) fosfato de potássio ou (orto) fosfato diácido de potássio.

! Atenção

Quando a proporção indicar 2 K^+ nos reagentes, é obrigatório ter 2 K^+ depois.

Os prefixos *mono*, *di*, *tri* só são válidos para indicar as sobras de H^+ ou de OH^- nos sais, ou seja, não valem para o resto.

Todavia, essa não é a única reação de neutralização parcial entre esses compostos. Veja que, na proporção de 1 para 2, respectivamente, ainda há a sobra de 1 H^+ . Equacionando:

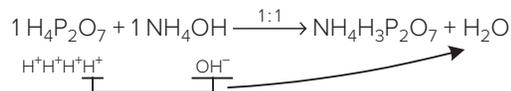


Observe que, agora, existem 3 H^+ para cada 2 OH^- e isso irá formar 2 H_2O . A sobra de 1 H^+ é alocada entre os dois potássios (cátions) e o (orto) fosfato (ânion).

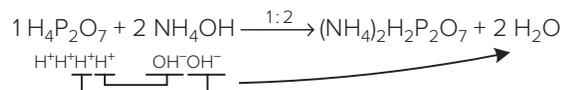
O nome do sal é:

K_2HPO_4 – (orto) fosfato ácido de potássio ou hidrogeno (orto) fosfato de potássio.

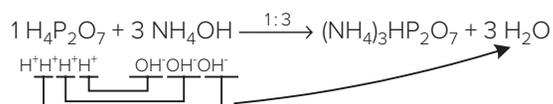
Agora, de maneira mais direta:



$NH_4H_3P_2O_7$ – tri-hidrogeno pirofosfato de amônio ou pirofosfato triácido de amônio.



$(NH_4)_2H_2P_2O_7$ – di-hidrogeno pirofosfato de amônio ou pirofosfato diácido de amônio.

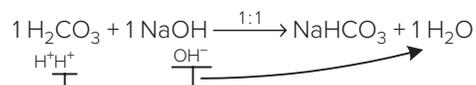


$(\text{NH}_4)_3\text{HP}_2\text{O}_7$ – hidrogeno pirofosfato de amônio ou pirofosfato ácido de amônio.

Atenção

Não una os hidrogênios no NH_4^+ às sobras de H^+ . Estes são hidrogênios ionizáveis, e aqueles, não.

Existe uma reação de neutralização parcial que mostra a formação de um dos principais sais ácidos do uso cotidiano, como mostrado na equação a seguir:



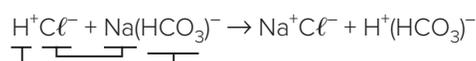
NaHCO_3 – hidrogeno-carbonato de sódio ou carbonato ácido de sódio.

Esse sal pode ainda receber um 3º nome: bicarbonato de sódio. Isso se deve ao fato de, genericamente, chamar-se o carbonato ácido de bicarbonato e o sulfato ácido de bissulfato. Essa regra não vale somente para quando o cátion é o Na^+ , mas também para todos os outros cátions.

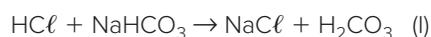
As aplicações do bicarbonato de sódio no cotidiano são inúmeras:

- Como antiácido efervescente:

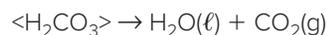
Apesar do bicarbonato de sódio ser classificado como sal ácido, ele é um composto que apresenta características tipicamente básicas, principalmente no que se refere à neutralização de ácidos, como mostra a equação abaixo.



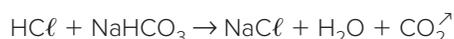
Continuando o mesmo raciocínio de equações anteriores, temos:



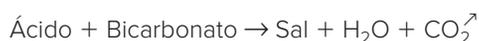
Porém, lembre-se: o ácido carbônico é muito instável e decompõe-se em água e gás carbônico com muita facilidade, de acordo com a equação:



Logo, a equação I pode ser escrita definitivamente como:

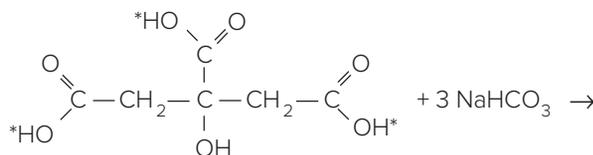


Genericamente, a equação entre um ácido e um bicarbonato pode ser escrita como:

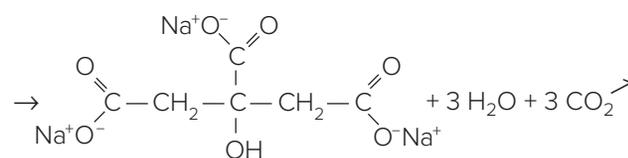


Pensemos então em um sal de frutas. Sua composição principal é bicarbonato de sódio e ácido cítrico, um ácido que vem de frutas cítricas como laranja e limão.

Observação: Os H^* são os hidrogênios ionizáveis.



(ácido cítrico, substância orgânica)

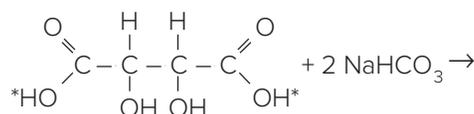


(citrato de sódio, sal de frutas)

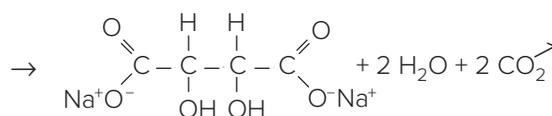
Agora, o nome “sal de frutas” deve parecer óbvio, já que o citrato de sódio formado é de fato um sal, proveniente de um ácido que, por sua vez, é proveniente de frutas. O poder antiácido dessa combinação de substâncias deve-se ao fato do bicarbonato de sódio neutralizar, além do ácido cítrico, o excesso de suco gástrico (HCl) que vem do estômago e vai para o esôfago. A efervescência é decorrência do gás carbônico formado quando a reação se inicia em solução aquosa.

- Como fermento:

O princípio básico é o mesmo da aplicação anterior, mas o ácido utilizado é um outro composto chamado ácido tartárico. Veja:



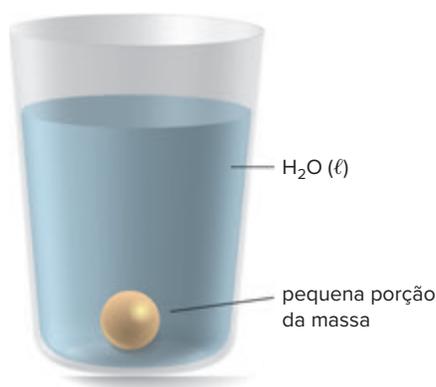
(ácido tartárico)



(tartarato de sódio)

Aqui, o sal formado não é o princípio ativo do fermento, e sim o gás carbônico liberado durante a reação (mesmo fora do forno), que tem a capacidade de afofar e estufar a massa do pão ou do bolo. Para saber se já estufou o suficiente fora do forno, adota-se o seguinte procedimento:

1. Pegue uma pequena porção de massa e faça uma bolinha, em seguida, jogue-a em um copo com água. A pequena bola afunda, pois tem densidade maior que 1g/cm^3 (densidade da água).

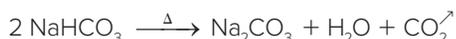


Porção de massa de pão submersa em água.

II. A mesma reação que ocorre na massa do pão também ocorre na pequena porção de massa. Com a liberação de $\text{CO}_2(\text{g})$ dentro da porção, a sua massa permanece a mesma, o volume aumenta e, então, a densidade da massa diminui, fazendo com que fique menor que a da água. Com isso, a pequena bola sobe e é hora de colocar o pão para assar.

Porém, mesmo dentro do forno, o pão continua crescendo. Por quê?

Neste caso, o fenômeno é outro. Com o aquecimento, a sobra de bicarbonato de sódio no fermento sofre uma outra reação química, chamada de reação de decomposição, segundo a seguinte equação:



Com essa liberação extra de $\text{CO}_2(\text{g})$, a massa tende a crescer ainda mais no forno.

Observação: O símbolo Δ acima da seta indica que a reação química ocorre com aquecimento.

- Como extintor de incêndio:

Existem alguns tipos de extintores de incêndio, mas um deles é à base de CO_2 . Um extintor desse tipo pode ser esquematizado da seguinte forma:



Configuração simplificada de um extintor de incêndio.

Note que, no caso dos extintores, ácido e bicarbonato de sódio estão em compartimentos separados. Isso ocorre

para que a reação só se processe no momento certo. Em caso de incêndio, o usuário deve virar o extintor de cabeça para baixo e, em seguida, endireitá-lo, para que ocorra a reação representada pela seguinte equação:

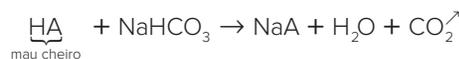


Uma espuma de CO_2 irá apagar o fogo, como mostra a equação anterior. Mas cuidado! As precauções escritas no extintor atentam para o fato de não se poder usá-lo na rede elétrica. Isso porque há também a formação do sal, que em solução aquosa se dissocia da seguinte forma:



Com isso, a solução é eletrolítica e, portanto, capaz de conduzir corrente elétrica.

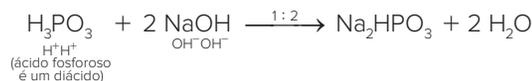
- Como desodorante:
O bicarbonato de sódio é usado como desodorante, principalmente em talcos.
O mau cheiro produzido nas axilas é decorrente da exalação de um ácido orgânico razoavelmente volátil, que, por simplicidade, representaremos por HA. Com isso:



É importante lembrar, também, que as pessoas que optam por fazer molho de tomate caseiro costumam disfarçar o gosto excessivamente ácido dos tomates adicionando açúcar. Entretanto, o açúcar apenas disfarça o gosto azedo, mas não o neutraliza. Para neutralizar o excesso de ácido, basta adicionar bicarbonato de sódio.

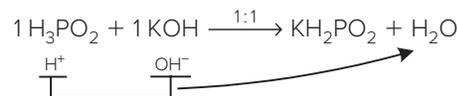
! Atenção

Há casos que podem confundir-lo!



O sal Na_2HPO_3 não é um sal ácido, pois o hidrogênio não é ionizável. Por isso, o nome dele não apresenta as palavras hidrogeno ou ácido. O nome do sal é fosfito de sódio.

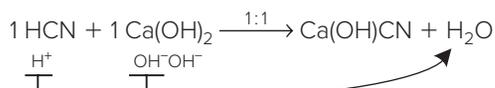
O mesmo ocorre com o H_3PO_2 , que é um monoácido. Veja:



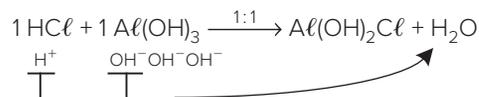
O sal formado é neutro, e não ácido, pois seus hidrogênios não são ionizáveis, e é chamado hipofosfito de potássio.

Entretanto, além de sobrar H^+ em um sal, também pode sobrar OH^- e o sal poderá ser chamado sal básico ou de hidroxissal.

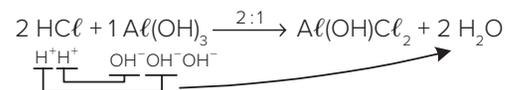
Observe os exemplos abaixo:



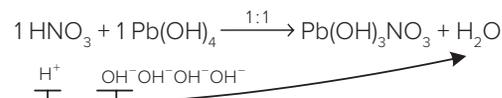
Ca(OH)CN – cianeto básico de cálcio
ou hidroxicianeto de cálcio.



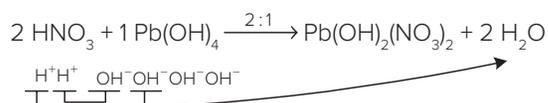
Al(OH)₂Cl – cloreto di-básico de alumínio
ou di-hidroxicloreto de alumínio.



Al(OH)Cl₂ – cloreto básico de alumínio
ou hidroxicloreto de alumínio.



Pb(OH)₃NO₃ – nitrato tri-básico de chumbo IV
(ou plúmbico) ou tri-hidroxinitrato de
chumbo IV (ou plúmbico).

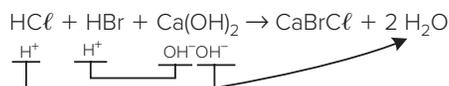


Pb(OH)₂(NO₃)₂ – nitrato di-básico de chumbo IV
(ou plúmbico) ou di-hidroxinitrato
de chumbo IV (ou plúmbico).

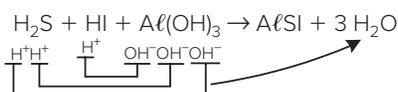
Sais duplos ou mistos

São sais provenientes da reação de neutralização entre dois ácidos e uma base ou um ácido e duas bases.

Com isso, um sal duplo ou misto tem, pelo menos, dois cátions ou dois ânions. Suponha que, em um béquer, em vez de adicionarmos uma solução de um único ácido, pudéssemos adicionar duas de ácidos diferentes. Veja alguns exemplos:

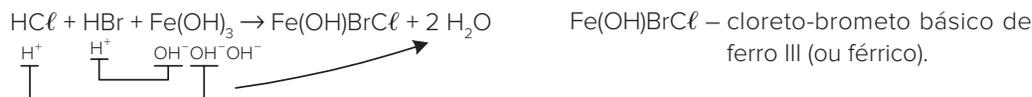


A IUPAC recomenda que os elementos químicos e íons sejam escritos em ordem crescente de eletronegatividade. Como o cálcio é o cátion, ele deve ser escrito primeiro. A maior dúvida é no caso dos ânions. Como o bromo é menos eletronegativo que o cloro, este deve ser escrito por último. No caso do nome, a IUPAC recomenda que se escreva o mesmo em ordem decrescente de eletronegatividade. Portanto, o nome correto desse sal duplo é cloreto-brometo de cálcio.

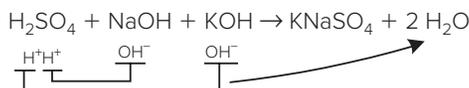


O iodo é mais eletronegativo que o enxofre, por isso é escrito por último. O nome do sal é iodeto-sulfeto de alumínio.

Um caso mais raro é o da formação de um sal duplo ácido ou básico, mas nada impede que isso ocorra, como mostrado a seguir:



Os sais duplos também podem ter dois cátions em vez de dois ânions. Veja:



O potássio foi escrito primeiramente porque é mais eletropositivo que o sódio. Então, o nome do sal é sulfato duplo de potássio e sódio. A palavra duplo é sempre utilizada para sais com dois cátions.



Existe, ainda, uma outra maneira de formarmos sais duplos ou mistos que não seja pela reação entre dois ácidos e uma base ou vice-versa. Quando há dois sais em solução aquosa e evapora-se a água, eles sofrem o processo de cristalização simultaneamente, podendo formar um único sal duplo.



Formação de sal duplo por evaporação do solvente.

Em um caso muito particular e importante, podemos ter uma solução aquosa de K_2SO_4 e $Al_2(SO_4)_3$. Quando a água evapora e os dois sais cristalizam, forma-se um sal duplo ou misto, de fórmula $KAl(SO_4)_2$, chamado sulfato duplo de alumínio e potássio.

Todavia, esse sal e mais um pequeno grupo de outros sais apresentam uma propriedade importante chamada higroscopia. Graças a essa propriedade, este e outros sais são capazes de incorporar água (até mesmo da umidade do ar) à sua própria estrutura. O número de moléculas de água incorporadas varia de sal para sal. No caso do $KAl(SO_4)_2$, este é capaz de incorporar doze moléculas de água, tornando-se $KAlSO_4 \cdot 12 H_2O$ e passando a ser chamado sulfato duplo de alumínio e potássio dodeca-hidratado, mas é muito mais conhecido como alúmen. Esses sais capazes de incorporar água à sua estrutura são chamados também sais hidratados.

Observação: A palavra “higroscópio” indica grande afinidade com a água.

Veja mais alguns exemplos:

$Na_2SO_4 \cdot 10 H_2O$ – sulfato de sódio deca-hidratado.

$CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ – sulfato de cobre II (ou cúprico) penta-hidratado.

$CaCl_2 \cdot 2 H_2O$ – cloreto de cálcio di-hidratado.

$CaCl_2 \cdot 4 H_2O$ – cloreto de cálcio tetra-hidratado.

É importante salientar que os sais anidros (sem água) e seus respectivos sais hidratados apresentam propriedades completamente diferentes, inclusive no aspecto.

Solubilidade e dissociação dos sais

Os sais, como já vimos, são compostos iônicos e, por isso, apresentam altos pontos de fusão e de ebulição. Além disso, todos eles se dissociam em solução aquosa, uns mais e outros bem menos. A capacidade de dissociação de um sal está intimamente relacionada à sua solubilidade em água, já que um grupo bastante grande deles é praticamente insolúvel nesse solvente. Quando isso ocorre, apesar do sal solubilizado sofrer dissociação, a quantidade de íons livres presentes é praticamente insignificante, o que torna essas substâncias eletrólitos fracos. Nesse caso, na experiência da lâmpada apresentada no capítulo anterior, ela acenderia com uma intensidade muito baixa, já que a maior parte do sal está no estado sólido e, portanto, seus íons presos são incapazes de conduzir corrente eletrolítica.

Para saber quais são os sais praticamente insolúveis em água, não há regras simples. Deve-se adicionar cada um deles em um béquer com água e analisar a sua respectiva solubilidade. É um trabalho penoso e cansativo, e mesmo impossível de ser realizado por um pequeno grupo de pessoas. Portanto, reuniram-se essas informações em *handbooks*, que são livros com o valor de solubilidade de diversos sais (os valores de solubilidade de substâncias salinas e outras serão analisados no próximo capítulo desta mesma frente). Todavia, se formos analisar de forma geral, podemos encontrar algumas regras e suas principais exceções.

Porém, é importante salientar que esse conjunto de regras é válido para a temperatura ambiente, já que a solubilidade de um sal varia com a temperatura.

- Todos os sais com cátions da família 1A (grupo I) e NH_4^+ são solúveis.
- Todos os sais em que o ânion for nitrato (NO_3^-), clorato (ClO_3^-) ou acetato (CH_3COO^-) são solúveis.
- Praticamente todos os sais de cloretos (Cl^-), brometos (Br^-) e iodetos (I^-) são solúveis, exceto quando o cátion for Ag^+ , Pb^{2+} e Hg^{2+} . Sais como $AgCl$ (precipitado branco) e PbI_2 (precipitado amarelo) são, praticamente, insolúveis.
- Praticamente todos os sais de sulfatos (SO_4^{2-}) são solúveis, exceto quando o cátion for Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} e Pb^{2+} .
- Praticamente todos os sais de sulfetos (S^{2-}) são quase totalmente insolúveis, menos para os cátions das famílias 1A, 2A e o NH_4^+ que tornam o íon sulfeto solúvel.
- Praticamente todos os sais formados pelos demais ânions são quase totalmente insolúveis, excetuando-se evidentemente aqueles em que os cátions são da família 1A ou o NH_4^+ .

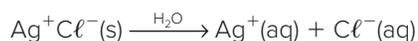
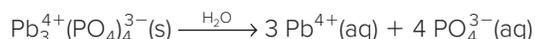
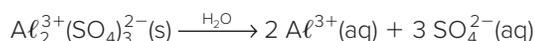
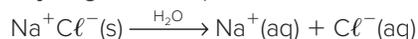
Todavia, como já dissemos, essa é uma regra generalizada, em que existe ainda um grande número de exceções. Vale salientar, ainda, que o entendimento desses dados é de fundamental importância para o estudo das reações de dupla-troca, a ser visto futuramente, nesta mesma frente. Para que você memorize com bastante facilidade, a seguinte tabela o ajudará:

Ânions	Regra geral	Exceções
NO_3^- , ClO_3^- , CH_3COO^-	solúveis	—
Cl^- , Br^- , I^-	solúveis	Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+}
SO_4^{2-}	solúveis	Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+}
S^{2-}	insolúveis	1A, 2A e NH_4^+
demais	insolúveis	1A e NH_4^+

Tabela de solubilidade de sais em água, à temperatura ambiente.

Com relação à dissociação dos sais, quando em solução aquosa, o princípio é o mesmo da dissociação das bases.

Veja alguns exemplos:



Uso cotidiano dos principais sais

Sal	Ocorrência e/ou uso
NaCl	Encontrado dissolvido nos mares e em jazidas de sal-gema; é o principal componente do sal de cozinha usado como tempero. Serve também como conservante de alimentos e já foi usado, na Antiguidade, como moeda, tal seu valor. Pelas leis brasileiras, deve ser vendido com iodo, para evitar problemas de tireoide.
NaNO ₃	Conhecido como salitre do Chile, é usado na ração animal e na confecção do explosivo pólvora.
KNO ₃	Utilizado na fabricação de explosivos em geral e, por isso, sua venda é controlada pelas Forças Armadas.
NaCN	Sal extremamente venenoso. Pode matar uma pessoa, mesmo se ingerido em pequeníssimas quantidades.
NaF/ SnF ₂ / Na ₂ PO ₃ F	Utilizados como aditivo em cremes dentais para fortalecer a hidroxiapatita do dente, transformando-a em fluorapatita, muito mais resistente à ação de cáries. Muitos leigos acreditam que o aditivo seja apenas flúor (F ₂), mas esta substância é, na realidade, um gás amarelo, tóxico e altamente explosivo em contato com a água. O verdadeiro aditivo é o fluoreto (F ⁻).
CaCO ₃	Encontrado em jazidas de calcário, é um sal que pode ser utilizado na construção civil, e como corretor de acidez excessiva do solo. Quando encontrado bem compactado, como na cidade de Carrara, na Itália, pode ser usado como mármore, para pias de cozinha e de banheiro.
CaSO ₄ / CaSO ₄ · 2 H ₂ O	Sais utilizados como matéria-prima de gessos para imobilizar membros fraturados ou rebaixar tetos em construção civil. É encontrado em jazidas de gipsita.
AgCl/ AgBr	Sal praticamente insolúvel em água. Serve para fabricação de espelhos, filmes e papel para revelação em fotos preto e branco, na fabricação de lentes fotocromáticas e pode ser utilizado na fabricação de soluções bucais para aqueles que desejam parar de fumar, pois, na presença da fumaça de cigarro, produz um gosto amargo e nauseante.
Na ₂ SO ₄	Também conhecido como sal de Glauber; é utilizado e ingerido por pacientes com o intestino preso. As substâncias que possuem essa propriedade são chamadas de laxantes.
MgSO ₄	Sal de gosto extremamente amargo; é encontrado na água do mar e constitui uma das principais impurezas do sal de cozinha, antes de purificá-lo. Também é usado como laxante.
Ca ₃ (PO ₄) ₂	Sal utilizado como fertilizante e uma das principais substâncias que participam da formação de pedras nos rins. Um dos grandes constituintes de ossos e dentes.
NaClO	Utilizado como desinfetante e alvejante em água sanitária ou água de lavadeira.
Al ₂ (SO ₄) ₃	Sal utilizado como corretor de pH em piscinas, para tornar a água mais ácida. Também chamado, tecnicamente, pH ⁻ . Usado como floculador em estações de tratamento de água.
Na ₂ CO ₃	Também utilizado como corretor de pH em piscinas, mas torna a água alcalina; por isso, também é chamado, tecnicamente, pH ⁺ .
Li ₂ CO ₃	Utilizado em remédios para o tratamento de pacientes com transtornos mentais.
BaSO ₄	Sal que melhora a imagem de radiografias por permitir um melhor contraste.

Descrições dos principais sais.

Óxidos

Definição, formulação e nomenclatura

Óxidos são compostos binários em que o oxigênio é sempre o elemento químico mais eletronegativo.

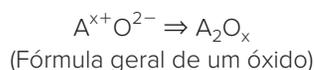
Entende-se por compostos binários aqueles que possuem dois elementos. Por ternários, três elementos; e por quaternários, quatro elementos.

Portanto, além do oxigênio em um óxido, existe um outro elemento químico que chamaremos, genericamente, **A** que, por sua vez, terá carga +x. Certamente que a carga de **A** é positiva, já que, em um óxido, o oxigênio sempre terá carga negativa. Esse elemento **A** pode ser um metal ou um ametal. No caso de **A** ser metal, a ligação entre **A** e o oxigênio é iônica, e o óxido será iônico e certamente sólido. Se **A** for ametal, a ligação entre **A** e o oxigênio é covalente e, portanto,

o óxido será molecular, podendo ser sólido, líquido ou gasoso. Por exemplo:

- O composto SO_2 é binário, e o elemento mais eletronegativo é o oxigênio (portanto, o composto é um óxido). Como o elemento genérico **A** é o enxofre (um ametal), este é um óxido molecular.
- O composto FeO é binário, e o elemento mais eletronegativo é o oxigênio (portanto, o composto também é um óxido). Como o elemento genérico **A** é o ferro (um metal), este é um óxido iônico.
- O composto OF_2 é binário, mas, neste caso, o elemento químico mais eletronegativo é o flúor e, portanto, esta substância *não* é um óxido.

Entretanto, seja o elemento **A** genérico um metal ou um ametal, os óxidos podem sempre ser representados da seguinte forma:



Para se dar nome aos óxidos, a regra mais utilizada é a seguinte:

- quando o elemento **A** for um metal (e, portanto, o óxido for iônico), dá-se a palavra óxido, a preposição de e o nome do metal. Se o metal puder formar dois óxidos diferentes, coloca-se o Nox do metal em romanos ou utilizam-se as terminações *ico* e *oso*, como no caso das bases ou hidróxidos.

Esquemáticamente, temos:

óxido de + nome do metal + $\underbrace{\text{Nox em romanos ou } \begin{matrix} \text{ico} \\ \text{oso} \end{matrix}}_{\text{se necessário}}$

- quando o elemento **A** for um ametal (e, portanto, o óxido for molecular), utilizam-se os prefixos *mono*, *di*, *tri*, *tetra*, *penta* etc. para indicar o número de átomos do elemento **A** e também do oxigênio. O prefixo *mono* pode ser omitido.

Esquemáticamente, temos:

Prefixo	Óxido de	Prefixo	Nome do elemento A
mono	—	mono	—
di	—	di	—
tri	—	tri	—
⋮	—	⋮	—

Prefixo dos óxidos.

Todavia, muitos vestibulares aplicam a 2ª regra em todos os casos e você não deve estranhar isso. A melhor tática é dar nomes pelas regras acima e, quando ler um nome, aplicar a regra mais conveniente para descobrir a fórmula do composto.

Apliquemos as regras nos exemplos a seguir:

- Fe_2O_3 – óxido de ferro III (ou férrico)
- FeO – óxido de ferro II (ou ferroso)
- Al_2O_3 – óxido de alumínio
- Na_2O – óxido de sódio
- CaO – óxido de cálcio

- Cu_2O – óxido de cobre I (ou cuproso)
- CuO – óxido de cobre II (ou cúprico)
- CO – monóxido de carbono
- CO_2 – dióxido de carbono
- N_2O_3 – trióxido de dinitrogênio
- N_2O_5 – pentóxido de dinitrogênio
- SO_3 – trióxido de enxofre
- SO_2 – dióxido de enxofre
- N_2O_4 – tetróxido de dinitrogênio

Outras nomenclaturas possíveis são:

- Fe_2O_3 – trióxido de ferro
- Pb_3O_4 – tetróxido de chumbo
- Cr_2O_3 – trióxido de cromo

Ainda sobre os óxidos, devemos salientar que são compostos de propriedades muito variadas, pois existem os moleculares e também os iônicos. Alguns são excelentes eletrólitos, outros nem tanto. Alguns são sólidos, outros são líquidos e outros são gasosos. Uns são extremamente estáveis, outros chegam a explodir devido às suas instabilidades. Como não há propriedades gerais para os óxidos, costuma-se dividi-los em 7 grupos menores, cada grupo com características mais peculiares. São eles:

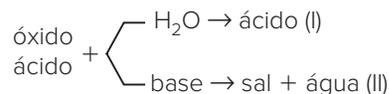
- óxidos ácidos
- óxidos básicos
- óxidos anfóteros
- óxidos neutros
- óxidos duplos
- peróxidos
- superóxidos

Devemos ter cuidado com a nomenclatura, pois cada um desses grupos ainda reserva uma regra particular.

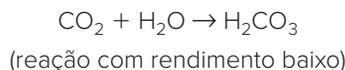
Óxidos ácidos

São óxidos formados por ametais ou até mesmo metais de carga (Nox) maior que +5, que quando reagem com água geram ácidos e quando reagem com bases geram sal e água.

Esquemáticamente:

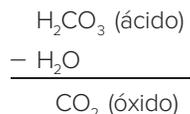


Vejamos alguns exemplos das equações do tipo (I):



Note que o elemento genérico **A** é um ametal (carbono) e, portanto, o óxido é ácido. Mas, a partir do óxido, como saber qual a fórmula do ácido formado? Muitos autores sugerem que você descubra pela carga do elemento **A**, que não deve mudar. Na realidade, essa regra não ajuda muito. Existe uma regra prática bem mais simples: some todos os átomos dos reagentes que você irá obter o ácido correto nos produtos. No caso acima, temos dois hidrogênios antes, então escreva dois hidrogênios depois; temos um carbono antes, então escreva um carbono depois; temos três oxigênios antes, então escreva três oxigênios depois.

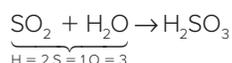
Agora, verificaremos o seguinte:



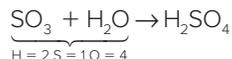
Um óxido ácido é, na verdade, um ácido desidratado, sem água. A palavra em Química que designa um composto desidratado ou sem água é anidro ou anidrido.

O CO_2 pode ter os seguintes nomes:

- dióxido de carbono (regra geral);
- anidrido carbônico (regra particular dos óxidos ácidos, em que se escreve anidrido + nome do ácido formado);
- gás carbônico (nome usual).

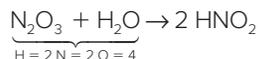


SO_2 – dióxido de enxofre
– anidrido sulfuroso



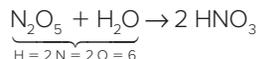
SO_3 – trióxido de enxofre
– anidrido sulfúrico

As reações com óxidos de enxofre mostradas anteriormente atuam na formação da chuva ácida. As duas reações a seguir, com óxidos de nitrogênio, também participam desse grave problema ambiental.



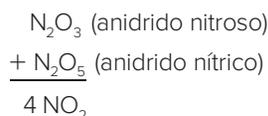
N_2O_3 – trióxido de dinitrogênio
– anidrido nitroso

Veja que todos os números são pares e podem ser simplificados por 2, que será o coeficiente do ácido para balancear a equação.

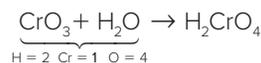
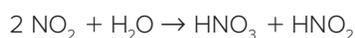


N_2O_5 – pentóxido de dinitrogênio
– anidrido nítrico

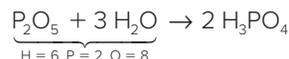
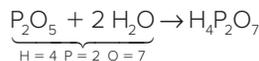
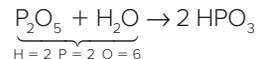
Observe este caso bem particular:



Esse anidrido é chamado dióxido de nitrogênio ou anidrido nitroso-nítrico e tem a capacidade de formar os dois ácidos simultaneamente.



CrO_3 – anidrido crômico (metal com carga alta)

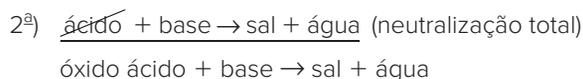


Lembre-se de que os ácidos fosfóricos possuem diferentes graus de hidratação.

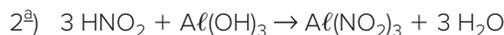
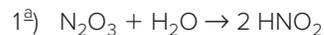
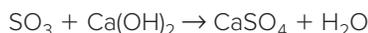
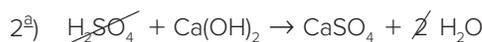
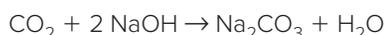
Portanto, um mesmo óxido de fósforo pode originar três ácidos diferentes.

P_2O_5 – pentóxido de difósforo
anidrido fosfórico

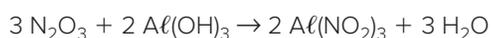
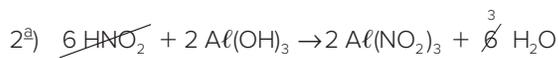
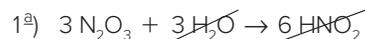
Para fazermos as equações do tipo (II), basta dividir o problema em duas partes:

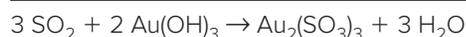
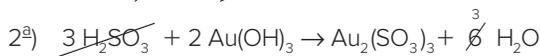
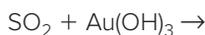
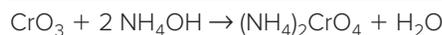
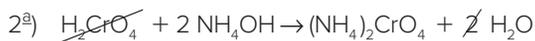
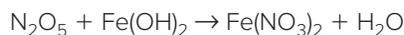
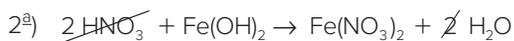


Mas lembre-se: as reações devem ser consecutivas para que o ácido seja cancelado.



Para que as reações se tornem consecutivas, devemos multiplicar a primeira por 3 e a segunda por 2. Com isso:

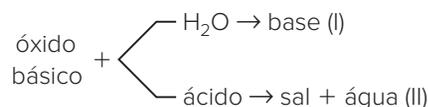




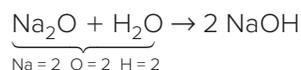
Óxidos básicos

São aqueles formados por metais que quando reagem com água formam hidróxidos e quando reagem com ácidos geram sal e água.

Esquemáticamente:

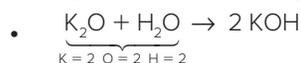


As regras práticas são idênticas às dos óxidos ácidos, tanto para as equações do tipo (I) quanto para as equações do tipo (II). Veja:

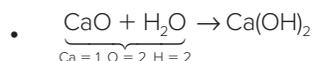


Na₂O – óxido de sódio

Observe que, nesse caso, a palavra anidrido não faz sentido, já que hidróxido indica óxido com água e a palavra óxido já indica a falta de água.

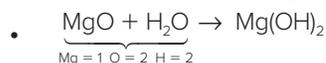


K₂O – óxido de potássio

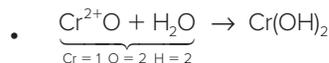


CaO – óxido de cálcio (regra geral)

– cal viva, cal virgem (nomes usuais)

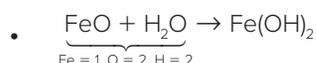


MgO – óxido de magnésio

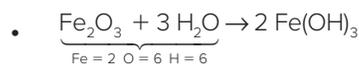


CrO – óxido de cromo II

Observe que, neste caso, a carga do cromo é baixa (+2).

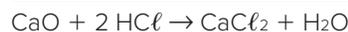
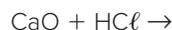


FeO – óxido de ferro II (ou ferroso)

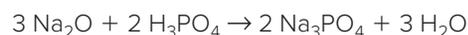
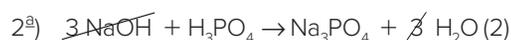
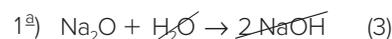


Fe₂O₃ – óxido de ferro III (ou férrico)

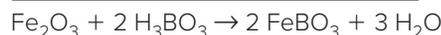
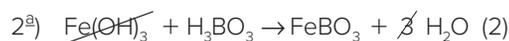
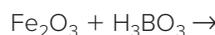
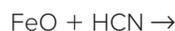
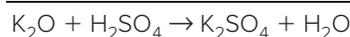
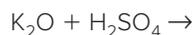
Vamos às equações do tipo (II):



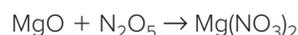
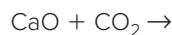
Essa é a reação pela qual a cal virgem corrige a acidez excessiva dos solos.



As reações devem ser consecutivas.

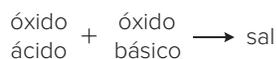


Entretanto, óxidos ácidos também podem reagir com óxidos básicos, como mostrado nos exemplos a seguir:



! Atenção

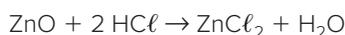
Generalizando:



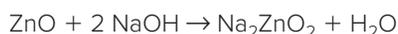
Óxidos anfóteros

São aqueles que ora se comportam como óxidos ácidos, ora como óxidos básicos.

São os óxidos de alumínio (Al_2O_3), de zinco (ZnO) e de alguns metais de transição como Cr e Mn, mas os dois primeiros são os mais importantes. Veja o comportamento através das equações abaixo:



Observe que frente a um ácido, o óxido anfótero ZnO assume o papel de óxido básico.



E frente a uma base, o mesmo óxido assume o papel de óxido ácido.

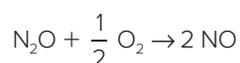
Portanto, um óxido anfótero sempre assume o papel contrário ao do composto com quem reage.

Observação: O prefixo “anfi” significa duplo, indicando este tipo de comportamento nestes óxidos.

Óxidos neutros ou indiferentes

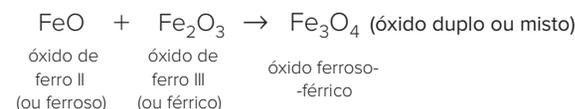
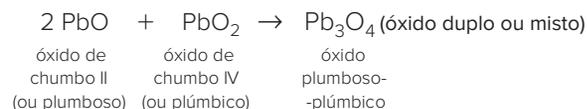
São aqueles que não reagem com ácidos, bases nem com água. Só existem três:

- NO – monóxido de nitrogênio
- N_2O – monóxido de dinitrogênio, também conhecido como gás hilariante, pois, se inalado, faz com que a pessoa ria de maneira eufórica e estridente.
- CO – monóxido de carbono, que é um gás extremamente tóxico. Isso ocorre porque esse composto tem 210 vezes mais afinidade química com a molécula de hemoglobina do que o próprio gás oxigênio. Portanto, a formação de carboxi-hemoglobina é mais favorecida que a formação de oxi-hemoglobina. Com isso, o transporte de oxigênio pelo organismo diminui sensivelmente, podendo levar o indivíduo a sentir sintomas como dor de cabeça, náusea, inconsciência, coma ou até o levar à morte. Há relatos de casos em que pessoas morreram por permanecerem em garagens fechadas com o carro ligado. É importante salientar que esse gás é proveniente, principalmente, da queima incompleta de combustíveis, como a gasolina e o diesel e, por isso, em caso de congestionamento em túneis, os carros devem ter seus motores desligados. Ainda, isso não significa que óxidos neutros não reajam, já que a queima dos três é uma reação bastante comum. Veja um exemplo:



Óxidos duplos ou mistos

São aqueles provenientes da cristalização conjunta de dois outros óxidos. Veja:



Quando reagimos esses óxidos com ácidos, devemos ter sempre a formação de dois sais, um com o cátion de carga menor e o outro com o cátion de carga maior. Observe o exemplo:



Peróxidos

São óxidos que apresentam o grupo O_2^{2-} ou apresentam o Nox médio do oxigênio como -1 .

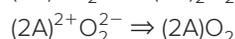
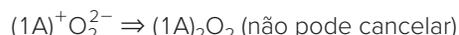
O radical O_2^{2-} tem a seguinte fórmula estrutural:



! Atenção

Não existe o grupo O^- e, portanto, o índice e a carga de um peróxido jamais podem ser cancelados.

Os peróxidos têm como elemento genérico **A** o hidrogênio, os metais alcalinos (1A) e os metais alcalinoterrosos (2A). Portanto, sua formulação pode ser dada por:



! Atenção

A nomenclatura é simples:
peróxido de + nome do elemento A.

Veja alguns exemplos:

- H_2O_2 – peróxido de hidrogênio
- Na_2O_2 – peróxido de sódio
- K_2O_2 – peróxido de potássio
- MgO_2 – peróxido de magnésio
- CaO_2 – peróxido de cálcio

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é um composto importante, pois, quando praticamente puro, é um poderoso explosivo e, quando dissolvido em H_2O , é chamado água oxigenada. Por ser um composto bastante instável (como os outros peróxidos), decompõe-se com tanta facilidade que a simples exposição à luz pode destruí-lo. Por isso, os frascos de água oxigenada são opacos. Também serve para descolorir pelos e cabelos, mas é utilizada principalmente como desinfetante em cortes ou feridas.

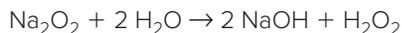
Quando em contato com o sangue, a enzima catalase decompõe a água oxigenada, segundo a reação representada pela seguinte equação:



A liberação em alta velocidade do gás oxigênio produz uma espuma branca e dá um aspecto de fervura. Por ser riquíssima em O_2 , a espuma elimina a ação das bactérias anaeróbicas.

Mas o que significa a volumagem (10 V, 20 V, 30 V, 40 V) da água oxigenada? É simples. Se 1 L de uma determinada água oxigenada é decomposta totalmente em água e gás oxigênio, o gás é recolhido e o seu volume é medido nas CNTP. Se o volume for de 10 L, a água oxigenada é chamada 10 V; se o volume recolhido for de 20 L, a água oxigenada é 20 V, e assim por diante.

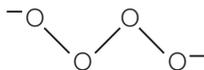
A água oxigenada pode ser obtida a partir da reação representada pela seguinte equação:



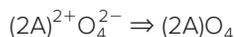
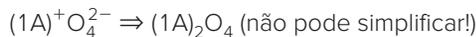
Superóxidos

São óxidos que possuem o grupo O_4^{2-} ou apresentam o Nox médio do oxigênio como $-\frac{1}{2}$.

O radical O_4^{2-} tem a seguinte fórmula estrutural:



Como no caso dos peróxidos, o índice do radical e a sua carga não podem jamais ser simplificados. Os superóxidos também são formados por elementos das famílias 1A e 2A da tabela periódica. Portanto, sua formulação é:



Veja alguns exemplos:

- Na_2O_4 – superóxido de sódio
- K_2O_4 – superóxido de potássio
- MgO_4 – superóxido de magnésio
- CaO_4 – superóxido de cálcio

É importante salientar que os superóxidos são compostos extremamente instáveis, e por isso não os encontramos na natureza.

Uso cotidiano dos principais óxidos

Óxido	Uso e/ou origem
CaO	Pode ser obtido a partir da decomposição térmica do calcário. É utilizado como cal na construção civil e também como corretor da acidez excessiva dos solos.
Fe_2O_3	Chamado hematita; constitui a principal fonte de ferro para o ser humano. É um dos constituintes da ferrugem.
Fe_3O_4	Chamado magnetita; é o principal constituinte dos imãs.
Pb_3O_4	Chamado zarcão, serve para isolar grades de ferro do ar atmosférico, com o intuito de bloquear o processo de formação da ferrugem.
ZnO	É utilizado como componente ativo das pomadas para tratamento da acne.
SO_2/SO_3	Produtos lançados na atmosfera pela queima de combustíveis fósseis que geram chuva ácida.
Al_2O_3	Principal produto do minério bauxita. Quando vem com impurezas de cromo, adquire uma bela coloração vermelha e passa a ser chamada rubi. É a principal fonte do metal alumínio.

Descrição dos principais óxidos.

Saiba mais

Existem muitas outras funções inorgânicas menores e menos importantes do que as quatro estudadas anteriormente. Duas delas merecem atenção.

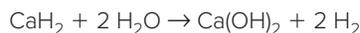
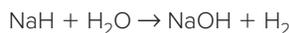
- **Hidretos:** são compostos binários em que o hidrogênio (H^-) é o elemento mais eletronegativo.



- **Carbetos:** são compostos binários em que um dos elementos é o carbono.



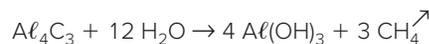
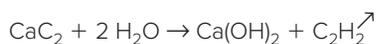
Hidretos e carbetos reagem com água. Veja:



No caso dos hidretos, como mostrado acima, a reação é de dupla-troca e pode ser generalizada segundo a equação:



No caso dos carbetos, a reação também é de dupla-troca. Observe nos exemplos a seguir:



Revisando

1. **UFF-RJ (Adapt.)** Até os dias de hoje, e em muitos lares, a dona de casa faz uso de um sal vendido comercialmente em solução aquosa com o nome de água sanitária ou água de lavadeira. Esse produto possui efeito bactericida, fungicida e alvejante. A fabricação dessa substância se faz por meio da seguinte reação:



Considerando a reação apresentada, como são denominados os sais formados pelas espécies A e B, respectivamente?

2. **Uerj (Adapt.)** O consumo inadequado de hortaliças pode provocar sérios danos à saúde humana. Assim, recomenda-se, após lavar as hortaliças em grande quantidade de água, imergi-las nesta sequência de soluções aquosas:
 - hipoclorito de sódio;
 - vinagre;
 - bicarbonato de sódio.

Qual a função química de cada composto e seu componente principal?

3. **Uerj (Adapt.)** Emissões de gases do tipo SO_x na atmosfera causam vários danos ambientais. Na agricultura, um desses danos é tornar o solo inadequado para o plantio, devido a compostos formados pela reação desses gases com a água da chuva. Explique por que a adição de $CaCO_3$ resolve o problema.
4. **PUC-Minas (Adapt.)** Para se descascarem facilmente camarões, uma boa alternativa é fervê-los rapidamente em água contendo suco de limão. Sabendo-se que a casca de camarão possui carbonato de cálcio, é provável que o suco de limão possa ser substituído pelos seguintes produtos, exceto:
 - a) vinagre.
 - b) suco de laranja.
 - c) ácido ascórbico (vitamina C).
 - d) bicarbonato de sódio.

Após escolher a alternativa correta, explique por que, através de argumentos químicos, essa opção não somente não é válida como agiria em sentido oposto ao do suco de limão.

5. **Unesp** Um dos métodos que tem sido sugerido para a redução do teor de dióxido de carbono na atmosfera terrestre, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa, consiste em injetá-lo em estado líquido no fundo do oceano. Um dos inconvenientes deste método seria a acidificação da água do mar, o que poderia provocar desequilíbrios ecológicos consideráveis. Explique, através de equações químicas balanceadas, por que isto ocorreria e qual o seu efeito sobre os esqueletos de corais, constituídos por carbonato de cálcio.
6. **PUC-SP (Adapt.)** O elemento X forma com o oxigênio um óxido básico de fórmula XO , enquanto o elemento J forma com o oxigênio um óxido ácido de fórmula J_2O . Qual é o composto formado pelos elementos X e J?

Exercícios propostos

Sais – I

- 1. UEPG-PR 2018** Sobre os compostos puros cloreto de potássio e cloreto de hidrogênio, assinale o que for correto.
- 01** A fórmula química do cloreto de potássio é KCl e do cloreto de hidrogênio é HCl .
- 02** O cloreto de potássio é um sal, enquanto que o cloreto de hidrogênio é um ácido.
- 04** Tanto o cloreto de potássio como o cloreto de hidrogênio formam íons em solução aquosa.
- 08** Ambos os compostos apresentam ligação iônica entre seus átomos.

Soma:

- 2. IFSul-RS 2019** Ao nosso redor, existe uma infinidade de sais que fazem parte dos mais variados materiais encontrados em nossa casa. Relacione os sais que estão presentes em cada um dos produtos utilizados no cotidiano:

- Cloreto de sódio – $NaCl$
- Bicarbonato de sódio - $NaHCO_3$
- Hipoclorito de sódio – $NaClO$
- Carbonato de cálcio – $CaCO_3$

Antiácido estomacal

Água sanitária

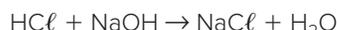
Sal de cozinha

Calcário, mármore

A sequência numérica, representada de cima para baixo, é

- a) 4, 1, 3, 2 c) 2, 3, 1, 4
b) 2, 1, 3, 4 d) 1, 2, 4, 3

- 3. Imed-RS 2015** Analise a reação abaixo:



Pela Teoria de Arrhenius, HCl , $NaOH$ e $NaCl$ são classificados, respectivamente, como:

- Ácido, base e sal.
- Ácido, ácido e base.
- Base, ácido e sal.
- Base, sal e ácido.
- Base, ácido e ácido.

- 4. Udesc** Alguns sais inorgânicos são utilizados na medicina no tratamento de doenças, são exemplos disso o bicarbonato de sódio como antiácido, o carbonato de amônio como expectorante, o permanganato de potássio como antimicrobiano e o nitrato de potássio como diurético.

Assinale a alternativa que contém a fórmula química desses sais, respectivamente.

- Na_2CO_3 , $(NH_4)_2CO_3$, $KMnO_4$ e KNO_3
- $NaHCO_3$, $(NH_4)_2CO_3$, $KMnO_4$ e KNO_3
- $NaHCO_3$, $(NH_4)_2CO_3$, $KMnO_4$ e K_2NO_3
- $NaHCO_3$, NH_4CO_3 , $KMnO_4$ e KNO_3
- Na_2CO_3 , NH_4CO_3 , $KMnO_4$ e K_2NO_3

- 5. Mackenzie-SP 2016** Alguns produtos comercializados no mercado têm como principais componentes substâncias inorgânicas, nas quais o elemento químico sódio encontra-se presente. Na tabela abaixo, segue a relação de algumas dessas substâncias.

Produtos comercializados	Substâncias inorgânicas
Água sanitária	Hipoclorito de sódio
Desentupidores de pia	Hidróxido de sódio
Sal de cozinha	Cloreto de sódio
Fermento químico	Hidrogenocarbonato de sódio
Creme dental	Fluoreto de sódio

Assinale a alternativa na qual encontram-se as fórmulas químicas das substâncias inorgânicas presentes nos produtos comercializados, na ordem que aparecem na tabela, de cima para baixo.

- $NaHClO$, $NaOH$, $NaClO$, $NaHCO_3$ e NaF .
- $NaClO$, $NaOH$, $NaCl$, $NaHCO_3$ e NaF .
- $NaHClO$, $NaCl$, $NaOH$, $NaHCO_2$ e Na_2F .
- $NaClO$, $NaHO$, $NaCl$, $NaHCO_4$ e Na_2F .
- $NaHClO$, $NaHO$, $NaCl$, $NaHCO_3$ e NaF_2 .

- 6. Vunesp** Escreva as fórmulas químicas e os respectivos nomes de quatro sais diferentes formados por cátions de metais alcalino-terrosos e ânions contendo enxofre e oxigênio.

- 7. CPS-SP 2017** Em um trabalho interdisciplinar, o professor de redação pede aos alunos que façam um poema que seria denominado "Cienciando", usando o estudo de Ciências. Observe um desses poemas, em que o aluno cita algumas funções químicas.

Cienciando

Periódica a nossa reação
Com ácido e base
Sem óxidos
A produzir um sal

A perfeita neutralização
Com ácido clorídrico e soda cáustica
Que não forme precipitado
Nem par conjugado.

Um exemplo de cada função, na ordem em que aparecem na primeira estrofe do poema, está presente na alternativa

a)	$NaOH$	HCl	CO_2	$NaCl$
b)	$NaOH$	$NaCl$	CO_2	HCl
c)	HCl	$NaOH$	CO_2	$NaCl$
d)	HCl	$NaOH$	$NaCl$	CO_2
e)	HCl	$NaCl$	$NaOH$	CO_2

8. **UFV-MG** Considere a reação de neutralização total entre o ácido fosfórico e o hidróxido de cálcio.

a) Complete a equação da reação com as fórmulas dos reagentes:



b) Dê o nome do sal formado na reação.

c) Escreva a equação balanceada da reação representada no item a.

d) O termo massa molecular é usado para substâncias moleculares. Para substâncias iônicas como $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, o nome mais apropriado é massa-fórmula. Calcule a massa-fórmula do $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

e) Qual o tipo de ligação química existente na molécula de água (H_2O)?

► **Dados:** Ca = 40 u; P = 31 u; O = 16 u.

9. **UFJF-MG 2017** Sais inorgânicos constituídos por cátions e ânions de carga unitária dissociam-se quase completamente, já sais contendo cátions e ânions com uma carga ≥ 2 estão muito menos dissociados. Com base nessa informação, marque a alternativa na qual está o sal cuja solução deve apresentar a maior quantidade de íon metálico livre.

- a) Fluoreto de magnésio. d) Cloreto de potássio.
b) Sulfato de sódio. e) Fosfato de lítio.
c) Nitrato de alumínio.

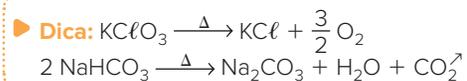
10. **Fuvest-SP** Responda:

- a) Dê os nomes dos compostos representados pelas fórmulas H_2SO_4 e NH_3 .
b) Escreva a equação da reação entre esses compostos e dê o nome do sal formado.

► **Dica:** Primeiro, pode-se reagir amônia com água para formar uma base, que posteriormente vai reagir com o H_2SO_4 .

11. **Fuvest-SP** KClO_3 e NaHCO_3 , compostos sólidos à temperatura ambiente, quando aquecidos se decompõem liberando gases.

- a) Descreva testes que ajudem a identificar, em cada caso, o gás liberado.
b) Faça um esquema da aparelhagem que permita realizar o aquecimento e recolher os gases formados.



12. **Uern** "O ar que expiramos contém um pouco de gás carbônico. Se assoprarmos, com o auxílio de um canudinho, dentro de uma solução de hidróxido de cálcio, ocorrerá uma reação entre a base e o óxido gás carbônico, produzindo um sólido branco insolúvel, o sal carbonato de cálcio. O efeito visual será o aparecimento de uma turvação branca dentro da solução." Qual será a fórmula correta da base, do óxido e do sal citados no texto?

- a) CaOH , CO_2 e CaCO_3 .
b) $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CO_2 e CaCO_3 .
c) CaOH , CO e CaCO_3 .
d) $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CO_2 e Ca_2CO_3 .

13. **Udesc 2020** A importância do sal é relatada na história desde, aproximadamente, 800 a.C. Os egípcios usavam sal na mumificação, no peixe e na carne. Os judeus levavam sal para o novo lar, na França medieval colocava-se sal na língua do recém-nascido. O sal era tão indispensável, que foi fonte de renda para muitos governos.

John C. Kotz, Paul M. Treichel, Gabriela C. Weaver. Química Geral e reações químicas. vol 1., São Paulo: Cengage Learning, 2012.

Assinale a alternativa em que a reação química entre as duas substâncias não apresenta como produto um sal.

- a) óxido ácido + água
b) óxido ácido + óxido básico
c) ácido + hidróxido
d) óxido básico + ácido
e) óxido ácido + hidróxido

14. **UEG-GO 2021** O hidróxido de alumínio é um composto com várias aplicações biomédicas, tais como: antiácido gástrico, antiperspirante, creme dental, emulsificante, adjuvante em bacterinas e vacinas e na purificação de água.

Disponível em: pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6328211. Acesso em: 3 nov. 2020.

Como antiácido, o hidróxido de alumínio reage neutralizando o ácido clorídrico estomacal, produzindo cloreto de alumínio e água, aumentando o pH e aliviando os sintomas da hiperacidez gástrica. A equação química que representa a ação do hidróxido de alumínio como antiácido é dada por:

- a) $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s}) + 3 \text{HNO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\ell)$
b) $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 6 \text{HNO}_3(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{Al}(\text{NO}_3)_3(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\ell)$
c) $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s}) + 3 \text{HF}(\text{aq}) \rightarrow \text{AlF}_3(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\ell)$
d) $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{AlCl}_3(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\ell)$
e) $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s}) + 3 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{AlCl}_3(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\ell)$

15. **FGV-SP** Uma solução obtida pela adição de sulfato de alumínio e nitrato de amônio sólidos em água contém os íons $\text{NH}_4^+(\text{aq})$, $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$, $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ e $\text{NO}_3^-(\text{aq})$.

As citadas substâncias podem ser representadas pelas fórmulas

- a) AlSO_4 e $(\text{NH}_4)_3\text{NO}_3$
b) Al_2SO_4 e $(\text{NH}_4)_3\text{NO}$
c) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e NH_4NO_3
d) Al_3SO_4 e NH_4NO_3
e) $\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2$ e $\text{NH}_4(\text{NO}_3)_2$

16. **Fuvest-SP** Molibdato de amônio é usado como fonte de molibdênio para o crescimento das plantas. Sabendo que este elemento, de símbolo Mo, pertence a mesma família do cromo, Cr, e que a fórmula do íon cromato é $(\text{CrO}_4)^{2-}$, a fórmula do molibdato de amônio é:

- a) NH_2MoO_2
b) NH_3MoO_3
c) $(\text{NH}_3)_2\text{MoO}_4$
d) NH_4MoO_4
e) $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$

17. Assinale o item que contém apenas sais.

- a) H_2S , NaCl , KOH d) HCl , NH_4OH , BaS
b) HBr , H_2O , CaBr_2 e) NaOH , LiOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$
c) NaCl , CaCl_2 , BaS

18. Pode-se obter nitrato cúprico, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, reagindo hidróxido cúprico com:
- a) ácido nitroso. d) nitrato de potássio.
 b) ácido nítrico. e) nitrito de amônio.
 c) nitrato de sódio.
19. **UFU-MG** Uma pesquisa sobre produtos químicos e suas aplicações no cotidiano forneceu as seguintes informações.

Produto químico	Aplicação
Ácido fosfórico	Acidulante em refrigerantes, balas e gomas de mascar.
Hidróxido de magnésio	Antiácido para combater o excesso de acidez estomacal.
Fluoreto de estanho (II)	Creme dental para fortalecer o esmalte dos dentes.

Considerando as informações apresentadas:

- a) escreva, respectivamente, a fórmula dos produtos químicos pesquisados.
 b) indique a que função química pertence cada um destes compostos, justificando sua resposta, escrevendo a equação de reação química, segundo a Teoria de Arrhenius.
20. **UEPG/PSS-PR 2020** Com relação à nomenclatura para os sais apresentados, assinale o que for correto.
- 01 O NaBr é o bromato de sódio.
 02 O Na_2SO_3 é o sulfato de sódio.
 04 O KCl é o cloreto de potássio.
 08 O MgCO_3 é o carbonato de magnésio.
- Soma:
21. Dados os íons OH^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} e Cr^{3+} , identifique as alternativas que indicam corretamente a fórmula e o nome do composto.
- a) $\text{Cr}(\text{OH})_3$ – hidróxido de cromo II
 b) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ – sulfato de cromo III
 c) Cr_3Cl – cloreto de cromo III
 d) MgSO_4 – sulfato de magnésio
 e) MgCl – cloreto de magnésio
22. Assinale qual dos compostos a seguir está com fórmula incorreta.
- a) HCl c) Na_2SO_4 e) HNO_3
 b) KNO_3 d) NaSO_4
23. **UEPG/PSS-PR 2020** Identifique as alternativas que trazem exemplos de um ácido, uma base, um sal e um óxido, respectivamente, assinalando o que for correto.
- 01 HCl , NaOH , NaCl e CaCO_3 .
 02 H_2SO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NH_4NO_3 e Na_2O .
 04 HBr , KOH , CaSO_4 e Cr_2O_3 .
 08 H_2CO_3 , NH_3 , AlCl_3 e Na_2CO_3 .
- Soma:
24. **ITA-SP (Adapt.)** Colocando grãos de nitrato de potássio em um frasco com água, nota-se que com o passar do tempo o sólido desaparece dentro da água. Qual

das equações a seguir é a mais adequada para representar a transformação que ocorreu dentro do frasco?

- a) $\text{KNO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{KNO}_3(\ell)$
 b) $\text{KNO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{KOH}(\text{aq}) + \text{HNO}_3(\text{aq})$
 c) $\text{KNO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{K}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$
 d) $\text{KNO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{K}^+(\ell) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$
 e) $\text{KNO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{KNO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$
25. **PUC-PR** Relacione a coluna 2 com a coluna 1:
- | Coluna 1 | Coluna 2 |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| 1 – NaHCO_3 | (A) Ácido fosfórico |
| 2 – $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ | (B) Hidróxido plúmbico |
| 3 – H_2SO_3 | (C) Carbonato de sódio |
| 4 – $\text{Pb}(\text{OH})_4$ | (D) Ácido sulfúrico |
| 5 – H_3PO_4 | (E) Pirofosfato de magnésio |
| | (F) Hidróxido plumboso |
| | (G) Bicarbonato de sódio |
- A alternativa que relaciona corretamente fórmula e nome é:
- a) 1-G; 2-E; 4-B; 5-A d) 1-G; 2-A; 3-D; 4-B
 b) 1-C; 2-E; 3-D; 5-A e) 2-E; 3-D; 4-B; 5-A
 c) 1-C; 2-F; 3-D; 5-A

26. **CPS-SP 2020** John Goodenough, Stanley Whittingham e Akira Yoshino são os vencedores do Prêmio Nobel 2019 de Química pelo desenvolvimento de baterias de íons de lítio. Atualmente, celulares, notebooks e carros elétricos saem de fábrica com esse tipo de bateria. Com essa descoberta, é possível armazenar uma grande quantidade de energia em baterias pequenas e leves. Se fôssemos utilizar outros tipos de bateria, como por exemplo, bateria de hidreto de níquel ou bateria de níquel cádmio, para armazenarmos a mesma quantidade de energia, teríamos baterias com o tamanho e massa duas ou até mesmo três vezes maiores que as baterias de íons de lítio. Outra vantagem desse tipo de bateria é o fato de não possuírem o efeito memória, conhecido popularmente como o vício da bateria. Devido a essa característica que facilita a vida do usuário, ela não requer tanta atenção nos processos de carga e descarga. Contudo, com todos os avanços, as baterias continuam extremamente sensíveis à temperatura. Quando expostas ao calor, podem perder parte de sua capacidade total e se decompor mais rápido que o normal.
- Os íons de lítio, usados em baterias, são provenientes de compostos iônicos. Um exemplo de composto iônico é o sal cloreto de sódio, no qual átomos de sódio se ligam a átomos de cloro por meio de ligação iônica, na razão de 1:1, como todos os cloretos de metais alcalinos. Sabendo que o lítio também é um metal alcalino, podemos afirmar que os átomos de lítio se ligam a átomos de cloro formando o composto cloreto de lítio, representado, corretamente, por

- a) Li_2Cl d) Cl_2Li_2
 b) Li_2Cl_2 e) LiCl
 c) ClLi_2

27. PUC-RS

	Substância	Aplicação
I	KMnO_4	Agente bactericida
II	NaNO_3	Aditivo alimentar
III	H_3BO_3	Água boricada
IV	MgSO_4	Ação laxativa
V	KI	Preventivo para evitar bócio
VI	NaClO	Água sanitária
VII	NH_4OH	Produtos de limpeza

As substâncias I, IV e VI são, respectivamente, denominadas:

- permanganato de potássio, sulfito de magnésio e hipoclorito de sódio.
- manganato de potássio, sulfato de magnésio e clorito de sódio.
- ácido mangânico, sulfito de magnésio e clorato de sódio.
- permanganato de potássio, sulfato de magnésio e hipoclorito de sódio.
- manganato de potássio, sulfato de magnésio e cloreto de sódio.

28. **IFSP 2014** O carbonato de sódio, Na_2CO_3 , conhecido comercialmente como barrilha, tem grande uso no tratamento de águas de piscinas e de abastecimento público. Tal substância é classificada como um

- óxido básico.
- óxido ácido.
- hidróxido.
- ácido.
- sal.

29. **Mackenzie-SP** Quando se aproxima um frasco aberto de ácido clorídrico concentrado de outro contendo hidróxido de amônio também concentrado há a formação de uma névoa branca. Essa névoa, que é formada por pequenas partículas sólidas suspensas no ar, tem fórmula:

- NH_3
- HNO_3
- NH_4Cl
- N_2
- Cl_2

30. **Mackenzie-SP** Considerando as espécies químicas Ca^{2+} , Al^{3+} , Na^{1+} , PO_4^{3-} e NO_3^- , a única substância formulada de modo incorreto é:

- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- $\text{Al}(\text{PO}_4)_3$
- Na_3PO_4
- $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
- $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$

Sais - II

31. **Vunesp** Três frascos sem rótulo contêm, separadamente, soluções aquosas de carbonato de potássio, cloreto de potássio e sulfato de potássio.

- Indique como se pode distinguir o conteúdo de cada frasco através de reações com soluções diluídas de ácido nítrico e cloreto de bário.
- Justifique escrevendo as equações químicas balanceadas das reações envolvidas.

► **Dica:** liberação de gás e formação de precipitado são condições suficientes para que uma reação de dupla-troca ocorra, além de constituírem condições facilmente perceptíveis.

32. **FICSAE-SP 2019** O quadro apresenta informações sobre quatro substâncias químicas, todas brancas, em pó.

Substância	Dissolve-se em água?	Reage com ácido clorídrico produzindo efervescência?
Carbonato de sódio	Sim	Sim
Sulfato de sódio	Sim	Não
Carbonato de bário	Não	Sim
Sulfato de bário	Não	Não

Um professor forneceu aos seus alunos uma cópia desse quadro, amostras de duas dessas substâncias, sem qualquer identificação, e solicitou que os estudantes as identificassem. Os alunos notaram que uma das amostras se dissolveu em água e outra não e que apenas a substância insolúvel em água reagiu com ácido clorídrico, produzindo efervescência. Então, eles concluíram que as amostras recebidas eram de

- carbonato de sódio e carbonato de bário.
- carbonato de sódio e sulfato de bário.
- sulfato de sódio e carbonato de sódio.
- sulfato de sódio e sulfato de bário.
- sulfato de sódio e carbonato de bário.

► **Dica para as questões 33 e 34:** apesar dos textos complicados, ambas as questões estão "ditando" as equações pedidas.

33. **Vunesp** O "fermento químico", utilizado na confecção de bolos, é uma mistura de di-hidrogenofosfato de cálcio e bicarbonato de sódio sólidos, que sofrem dissociação iônica quando em contato com a água utilizada na preparação da massa. O bolo cresce devido à expansão de gás carbônico que se origina da reação entre os ânions resultantes da dissociação dos sais acima referidos, juntamente com o íon hidrogenofosfato e água. Escreva a equação química correspondente ao processo de formação de gás carbônico.

34. O tripolifosfato de sódio, $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, é um aditivo de detergentes obtidos por aquecimento de uma mistura de hidrogeno-fosfato de sódio e di-hidrogenofosfato de sódio.

Escreva a equação química balanceada da reação de formação do tripolifosfato de sódio, sabendo-se que no processo também há formação de água.

35. **Vunesp** Quando se adiciona uma solução aquosa de carbonato de sódio a uma solução aquosa de mesma concentração, em mol/L, de cloreto de bário, forma-se

um precipitado branco. Adicionando-se ácido nítrico, ocorre a dissolução do precipitado.

- Escreva a equação química da reação de formação do precipitado, identificando-o.
- Escreva a equação química da reação de dissolução do precipitado.

36. Unicamp-SP Frequentemente, tem-se recorrido à exumação de ossadas para investigação policial e arqueológica. Os ossos que restaram após um longo período de sepultamento resistiram à ação do tempo por serem constituídos, principalmente, por um tipo de fosfato de cálcio, muito estável, de fórmula genérica $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_x$.

- Qual o nome do elemento químico que, no composto acima citado, aparece na forma de cátion?
- Consulte a tabela periódica e indique outro elemento que poderia substituir o cátion do referido composto.
- Determine o valor de x indicado na fórmula acima. Lembre-se de que a fórmula do ácido fosfórico é H_3PO_4 .

37. Uece 2018 Na neutralização do excesso de ácido clorídrico estomacal por meio do produto chamado “leite de magnésia” (hidróxido de magnésio + água), um hidroxissal pode ser formado. Assinale a opção que apresenta corretamente a formação do hidroxissal e seu respectivo nome.

- $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ — cloreto de magnésio
- $\text{Mg}(\text{OH}) + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{MgHCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ — bicloreto de magnésio
- $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{MgOHCl} + \text{H}_2\text{O}$ — hidroxicloreto de magnésio
- $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{MgOHCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ — hidroxidicloreto de magnésio

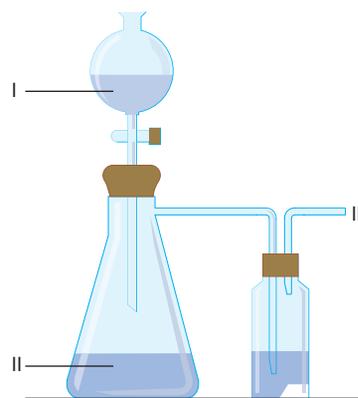
38. Suponha que você tem diante de si um frasco com um pó branco que pode ser um dos seguintes sais: cloreto de sódio (NaCl), carbonato de sódio (Na_2CO_3) ou carbonato de cálcio (CaCO_3). Em um livro de Química você encontrou as seguintes informações.

- “Todos os carbonatos em presença de ácido clorídrico produzem efervescência.”
- “Todos os carbonatos são insolúveis, com exceção dos carbonatos de metais alcalinos (Li, Na, Rb, Cs) e de amônio (NH_4^+).”
- “Todos os cloretos são solúveis, com exceção dos cloretos de chumbo, prata e mercúrio.”

Dispondo apenas de recipientes de vidro, água e ácido clorídrico, como você faria para identificar o sal?

39. FGV-SP Ácidos inorgânicos estão entre as substâncias químicas mais produzidas no mundo. Ácidos gasosos anidros (III) podem ser preparados a partir da reação entre uma solução concentrada de ácido

forte (I) e uma solução saturada de um sal (II), com o auxílio de um frasco contendo uma substância secante.



Uma aplicação desse método pode ser corretamente exemplificada, sendo I, II e III, respectivamente,

- $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, Na_2SO_4 e H_2SO_4
- H_2SO_4 , $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ e $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$
- H_2SO_4 , NaCl e HCl
- H_3PO_4 , Na_2SO_4 e H_2SO_4
- H_2CO_3 , Na_2CO_3 e $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

40. Unicamp-SP No armazém de uma empresa, perderam-se acidentalmente os rótulos de três barricas. Uma delas contém nitrato de amônio (NH_4NO_3), outra carbonato de sódio (Na_2CO_3) e outra nitrato de sódio (NaNO_3). Todos estes sais têm o mesmo aspecto (pós brancos). Utilizando apenas vinagre (solução aquosa de ácido acético), água filtrada, copos e talheres, disponíveis na cozinha da empresa, e também as informações a seguir, como você faria para identificar estes sais?

Informações:

“Os sais de amônio, em presença de hidróxido e carbonatos de metais alcalinos, desprendem amônia, NH_3 , de cheiro característico”.

“Os carbonatos reagem com ácido, produzindo efervescência, ou seja, desprendimento de gás carbônico, CO_2 ”.

41. Unicamp-SP Conta-se que, durante a Segunda Guerra Mundial, espiões alemães mandavam mensagens com uma tinta invisível que era essencialmente uma solução de nitrato de chumbo, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Descreva, com base nas informações a seguir, um procedimento para tornar a escrita com nitrato de chumbo visível. Justifique sua resposta.

- O sulfato de chumbo é um sólido branco, pouco solúvel em água.
- O iodeto de chumbo é um sólido amarelo, pouco solúvel em água.
- O sulfeto de chumbo é um sólido preto, pouco solúvel em água.
- O cloreto de chumbo é um sólido branco, pouco solúvel em água.
- O nitrato de potássio é branco e solúvel em água.
- Todos os sais de sódio são solúveis em água.

42. Unicamp-SP Tem-se uma solução aquosa que pode conter apenas os nitratos de alumínio, magnésio e zinco. Essa solução foi submetida ao seguinte tratamento:

- I. adicionou-se solução de NaOH em excesso. Formou-se um precipitado A, que foi separado por filtração;
- II. ao filtrado do item I, adicionou-se HNO₃ diluído até o meio ficar ácido. A seguir, juntou-se solução de NH₄OH em excesso, formando-se um precipitado B, que foi separado por filtração. Restou uma solução C.

Com base nas informações acima e na tabela a seguir.

Cátion	NH ₄ OH em excesso	NaOH em excesso	HNO ₃ diluído em excesso
Al ³⁺	precipita	solúvel	solúvel
Mg ²⁺	precipita	precipita	solúvel
Zn ²⁺	solúvel	solúvel	solúvel

- a) Escreva a equação química da reação de precipitação de A.
- b) Considerando a solução aquosa inicial, que cátion não se pode ter certeza que exista nela? Justifique.

43. Vunesp Soluções aquosas de cloreto de sódio, cloreto de bário e nitrato de potássio estão contidas em três frascos, rotulados S₁, S₂ e S₃.

Observa-se experimentalmente que:

- 1ª) as soluções S₁ e S₃ reagem com nitrato de prata produzindo um precipitado, enquanto a solução S₂ não reage;
- 2ª) somente a solução S₁ reage com carbonato de amônio, produzindo um precipitado branco.

Com base nessas observações, identifique as soluções contidas nos frascos S₁, S₂ e S₃. Justifique a resposta, escrevendo as equações das reações químicas utilizadas na identificação.

44. Complete as seguintes neutralizações parciais:

- a) $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{1:1}$
- b) $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{NH}_4\text{OH} \xrightarrow{1:1}$
- c) $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{NH}_4\text{OH} \xrightarrow{1:3}$

Óxidos

45. UEM-PR 2015 Assinale o que for correto.

- 01 Um sal normal é formado a partir da neutralização total, quando se reagem todos os íons H⁺ do ácido com todos os íons OH⁻ da base. Por definição, sais são compostos iônicos que possuem pelo menos um cátion diferente do H⁺ e um ânion diferente do OH⁻.
- 02 Com relação aos sistemas eletrolíticos, usando a definição de Arrhenius, a água bidestilada e deionizada, o NaCl sólido puro, o H₂SO₄ puro e o açúcar (sacarose) puro são maus condutores de corrente elétrica nas CNTP.

04 Na dissolução de 12 000 moléculas de ácido fluorídrico, 960 moléculas se dissociam. Com relação ao grau de dissociação iônico, o ácido fluorídrico pode ser considerado um ácido forte.

08 Por definição, óxidos são compostos binários nos quais o oxigênio é o elemento mais eletronegativo, e são classificados como indiferentes quando não reagem com a água, com ácidos e com bases.

16 O Fe₂O₃ é classificado como um óxido duplo, ou seja, se comporta como se fosse formado por dois outros óxidos.

Soma:

46. Vunesp Ferritas são compostos com propriedades magnéticas e utilizados em componentes eletrônicos. A análise química de uma ferrita forneceu os resultados: Mg = 12%; Fe = 56%; O = 32%

► **Dados:** massas atômicas: Mg = 24; Fe = 56; O = 16.

- a) Determinar a fórmula mínima da ferrita.
- b) A qual função da química inorgânica pertence a ferrita?

47. Fuvest-SP Cal viva é óxido de cálcio (CaO).

- a) Escreva a equação da reação da cal viva com a água.
- b) Por que, na agricultura, a cal viva é adicionada ao solo?

48. Escreva o nome dos compostos a seguir.

- a) NaNO₂
- b) BaI₂
- c) CaO
- d) ClO₂
- e) Al₂O₃

49. Unisc-RS 2021 Tradicionalmente, os estudantes aprendem, no decorrer do ensino fundamental ou médio, as funções inorgânicas – ácidos, bases, sais e óxidos –, mais especificamente suas formulações e nomenclaturas.

- I. NaHCO₃
- II. NH₄OH
- III. Al₂O₃
- IV. KMnO₄
- V. H₂SO₃

Assinale a alternativa que indica corretamente as funções das substâncias acima.

- a) Ácido, base, sal, sal e ácido.
- b) Sal, base, óxido, óxido e ácido.
- c) Sal, base, óxido, sal, ácido.
- d) Sal, base, óxido, base e ácido.
- e) Base, base, óxido, sal e óxido.

50. UTFPR 2017 Muitas substâncias químicas são usadas no nosso cotidiano. Alguns exemplos são dados a seguir:

- I. HNO₃ – é utilizado na fabricação de explosivos como, por exemplo, a dinamite.

- II. H_2CO_3 – é um dos constituintes dos refrigerantes e das águas gaseificadas.
- III. NaOH – utilizado na fabricação de sabão.
- IV. NH_4OH – usado na produção de fertilizantes.
- V. NaNO_3 – usado na produção de fertilizantes e de pólvora.
- VI. NaHCO_3 – usado em remédios antiácidos e extintores de incêndio.

Assinale a alternativa correta.

- a) Os compostos I, II, V e VI pertencem à função óxidos.
 - b) Os compostos I, II e VI pertencem à função ácidos.
 - c) Os compostos II, V e VI pertencem à função sais.
 - d) Os compostos III e IV pertencem à função bases.
 - e) Os compostos I, II, III, IV, V e VI pertencem à função óxidos.
- 51. UFJF-MG 2016** Os metais de transição constituem o grande bloco da parte central da Tabela Periódica. Os óxidos formados por metais de transição são muito importantes na indústria de pigmentos de tintas. Assinale a alternativa que contém apenas óxidos de metais de transição do bloco d da Tabela Periódica.
- a) CdS e Fe_2O_3
 - b) Al_2O_3 e Na_2O
 - c) Cr_2O_3 e Co_2O_3
 - d) ZnO e $\text{Mn}_3(\text{PO}_4)_2$
 - e) Ti_2O e Al_2O_3

- 52. Cefet-MG 2017** A água da chuva é naturalmente ácida devido à presença do gás carbônico encontrado na atmosfera. Esse efeito pode ser agravado com a emissão de gases contendo enxofre, sendo o dióxido e o trióxido de enxofre os principais poluentes que intensificam esse fenômeno. Um dos prejuízos causados pela chuva ácida é a elevação do teor de ácido no solo, implicando diretamente a fertilidade na produção agrícola de alimentos. Para reduzir a acidez provocada por esses óxidos, frequentemente é utilizado o óxido de cálcio, um óxido básico capaz de neutralizar a acidez do solo. As fórmulas moleculares dos óxidos citados no texto são, respectivamente,
- a) CO , SO , SO_3 e CaO_2 .
 - b) CO_2 , SO_2 , SO_3 e CaO .
 - c) CO_2 , S_2O , S_3O e CaO .
 - d) CO , SO_2 , SO_3 e CaO_2 .

- 53. Enem PPL 2021** O ácido sulfúrico (H_2SO_4) é um dos ácidos mais utilizados em indústrias e em laboratórios. O resíduo ácido gerado pelo seu uso pode provocar sérios danos ao meio ambiente. Em um laboratório, gerou-se uma grande quantidade de resíduo ácido a partir do ácido sulfúrico, o qual necessita ser neutralizado para o seu descarte. O técnico desse laboratório tem à sua disposição cinco substâncias: CaO , K_2SO_4 , NaHSO_4 , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ e $\text{C}_5\text{H}_9\text{CONH}_2$.

Qual dessas substâncias é a adequada para realizar esse tratamento?

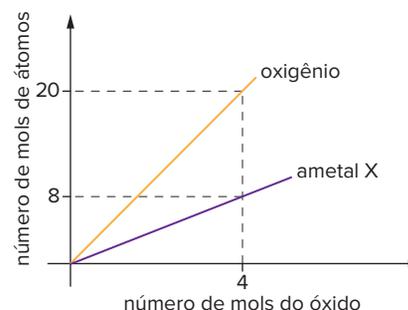
- a) CaO
- b) K_2SO_4
- c) NaHSO_4
- d) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
- e) $\text{C}_5\text{H}_9\text{CONH}_2$

- 54. UFRJ** A reação de hidratação de um certo óxido é representada pela equação:

$\text{X}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{XOH}$, onde X é um elemento desconhecido.

- a) Classifique o óxido X_2O .
- b) A reação de neutralização de XOH com um ácido produz sal e água. Sabendo que 112 g de XOH reagem com 73 g de ácido clorídrico, apresente o nome do sal formado nesta neutralização.

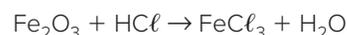
- 55. Uerj 2022** Em uma análise de poluentes atmosféricos, foi identificada a presença de alguns óxidos ácidos. Observe no gráfico o número de mols de um desses óxidos, em relação ao número de mols de átomos do ametal X e do oxigênio que o formam.



Para identificar esse óxido, foi realizada sua reação química de hidratação na proporção molar de 1 : 1 entre os reagentes. Nessa reação, a fórmula mínima do ácido obtido é:

- a) HXO_2
- b) HXO_3
- c) H_2XO_3
- d) H_2XO_4

- 56. Famerp-SP 2021** Peças metálicas enferrujadas podem ser limpas por um processo conhecido como decapagem, no qual essas peças são imersas em um recipiente contendo ácido clorídrico. O ácido reage com a ferrugem, formando cloreto férrico e água, conforme a equação não balanceada:



Em um teste de laboratório, uma peça de ferro oxidada foi submetida a uma decapagem, resultando na produção de 0,65 g de cloreto férrico.

- a) A que funções inorgânicas pertencem os compostos de ferro que participam do processo de decapagem?
- b) Indique o valor da soma dos menores coeficientes inteiros da equação da reação de decapagem. Calcule o número de mols de HCl consumidos no teste de decapagem realizado no laboratório.

57. Unicamp-SP Para identificar minerais, pode-se fazer uso de propriedades físicas como a dureza (resistência ao risco) e algumas análises químicas, como reações com ácidos inorgânicos.

Três amostras de minerais denominados A, B e C foram analisadas conforme os métodos da escala de dureza e da reação com ácidos. Os resultados encontram-se na tabela a seguir.

Amostra	Dureza	Reação com ácido
A	é riscada apenas pela lâmina de aço	não libera gás
B	é riscada pela lâmina de ferro	não libera gás
C	é riscada pela lâmina de ferro	libera gás

A escala de dureza utilizada foi a seguinte: unha < lâmina de ferro < lâmina de aço. No teste das reações com ácidos inorgânicos, levou-se em conta o desprendimento de gases como o gás carbônico e o gás sulfídrico.

Estas três amostras são dos minerais CaCO_3 , SrSO_4 e MnO(OH) (não necessariamente nessa ordem). Saiba-se que o MnO(OH) é capaz de produzir riscos nos outros dois minerais.

- Correlacione as amostras A, B e C com as três fórmulas fornecidas.
- Se a informação sobre a dureza do MnO(OH) em relação aos outros dois minerais fosse desconhecida, qual dos três minerais da tabela (dê a fórmula) poderia ser identificado com absoluta certeza? Justifique.

58. Cefet-MG 2018 Muitas substâncias químicas são utilizadas com a finalidade de prevenir e tratar doenças, um exemplo é o do óxido presente nos cremes contra assaduras, dermatites que afetam bebês nos seus primeiros meses de vida. Geralmente essas dermatites acometem a região da pele coberta pela fralda.

(CISCATO, C.A.M, PEREIRA, L.F., CHEMELLO, E., PROTI, P.B. *Química*, Vol. 1, 1ª ed., São Paulo: Editora Moderna, 2016.)

A substância que pode corresponder àquela citada como exemplo no texto, é o

- ZnO .
- NaCl .
- HNO_3 .
- Ca(OH)_2 .

59. Vunesp Responda.

- Escrever as equações das reações de óxido de potássio com a água e de trióxido de enxofre com água.
- Classificar os óxidos.
- Escrever a equação da reação entre os produtos formados nas reações dos dois óxidos com água.

60. UPE/SSA 2022 A água oxigenada, nome comercial do peróxido de hidrogênio, é utilizada para diversas finalidades, a exemplo de clareamento de pelos e unhas, remoção de manchas em tecidos e como antisséptico em ferimentos. Quando uma solução a 3% em massa do produto é colocada sobre uma ferida,

ocorre borbulhamento devido à interação com algum componente do sangue, produzindo um gás.

Sobre esse assunto, assinale a alternativa **CORRETA**.

- O gás produzido é o oxigênio proveniente da decomposição do peróxido de hidrogênio.
- O gás produzido é o oxigênio, que estava em circulação pela corrente sanguínea.
- O gás produzido é o hidrogênio, que estava em circulação pela corrente sanguínea.
- O gás produzido é uma mistura de oxigênio e hidrogênio proveniente da decomposição do peróxido de hidrogênio.
- O gás produzido é o hidrogênio proveniente da decomposição do peróxido de hidrogênio.

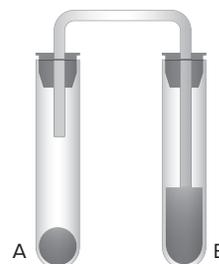
61. Udesc 2019 Quando os gases NO_2 e SO_3 entram em contato com a umidade do ar ocasionam um efeito de poluição conhecido como “chuva ácida”.

A concentração de $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ na água da chuva é maior na região:

- onde se usa muito carvão fóssil como combustível.
- de Floresta.
- do Oceano Atlântico no Hemisfério Sul.
- onde só se usa etanol como combustível.
- do Deserto do Saara.

62. UFSCar-SP A figura apresenta o esquema de um experimento.

O tubo A, contendo NaHCO_3 , é aquecido a seco e o gás liberado é coletado em solução saturada de Ba(OH)_2 no tubo B. O gás produzido na decomposição do sal foi evidenciado ao reagir com a solução, produzindo um precipitado branco, o BaCO_3 . O gás do experimento é o mesmo gás cuja concentração na atmosfera vem aumentando a cada dia, juntamente com outros gases, o que resulta num problema ambiental bastante sério. O compromisso de reduzir a emissão desses gases foi assumido em Kyoto, num encontro sobre mudanças climáticas. Para que esse protocolo entrasse em vigor, era necessária a ratificação de países industrializados que representassem pelo menos 55% das emissões globais de 1990. O boicote americano, principal emissor, não permitia atingir esse índice de adesão. Para comemoração dos ambientalistas, o governo da Rússia aderiu ao tratado em 05/11/2004, atingindo-se a adesão exigida, e o protocolo entrou em vigor em fevereiro de 2005.



- Escreva as equações devidamente balanceadas das reações ocorridas no experimento.
- De que problema ambiental esta questão trata? Cite a principal fonte emissora desse gás no planeta.

63. Famerp-SP 2019 Filtros contendo óxido de cálcio são utilizados no tratamento de biogás, removendo dele gases prejudiciais ao meio ambiente. Por ser uma substância com propriedades básicas, o óxido de cálcio é eficiente na remoção de

- a) CO_2 e H_2S .
 b) CO_2 e NH_3 .
 c) NH_3 e H_2S .
 d) CO e NH_3 .
 e) CO e CO_2 .

64. Enem Libras 2017 Grandes quantidades de enxofre são lançadas na atmosfera diariamente, na forma de dióxido de enxofre (SO_2), como decorrência de atividades industriais e de queima de combustíveis fósseis.

Em razão da alta concentração desses compostos na atmosfera, regiões com conglomerados urbanos e polos industriais apresentam ocorrência sazonal de

- a) precipitação ácida.
 b) alteração do ciclo hidrológico.
 c) alteração no ciclo de carbono.
 d) intensificação do efeito estufa.
 e) precipitação de íons metálicos tóxicos na superfície.

65. Inspers-SP 2019 Um agricultor pretende iniciar um empreendimento de produção de frutas e, para isso, submeteu amostras do solo de sua propriedade para análise química e parecer técnico de um engenheiro agrônomo.

Resultado da análise	
pH do solo da propriedade rural	pH do solo adequado para a plantação de frutas
5,0	6,0
Parecer técnico: recomenda-se fazer a correção do pH do solo	

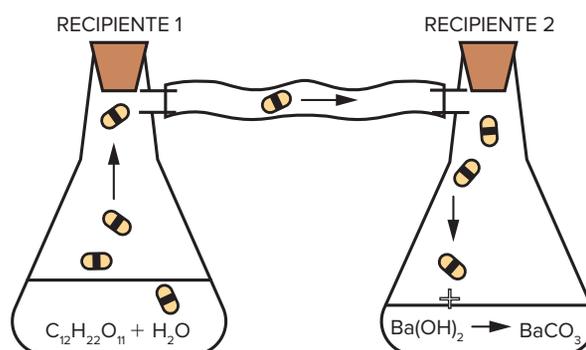
Para que o agricultor possa fazer a correção do pH do solo de forma adequada para a sua produção, ele deverá adicionar ao solo

- a) NaCl .
 b) P_4O_{10} .
 c) KNO_3 .
 d) NH_4Cl .
 e) CaO .

66. Famerp-SP 2022 A produção de etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$; $M = 46 \text{ g/mol}$) é feita a partir da fermentação da sacarose ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$; $M = 342 \text{ g/mol}$) hidrolisada, obtida de vegetais como a cana-de-açúcar. Nessa reação, além do etanol, também é produzido dióxido de carbono (CO_2 ; $M = 44 \text{ g/mol}$), conforme a equação balanceada a seguir.



Em um experimento, uma solução contendo 17,1 g de sacarose foi submetida a uma fermentação, e o CO_2 produzido foi direcionado a uma solução de água de barita (solução aquosa saturada de hidróxido de bário, $\text{Ba}(\text{OH})_2$; $M = 171 \text{ g/mol}$), conforme representado na figura.

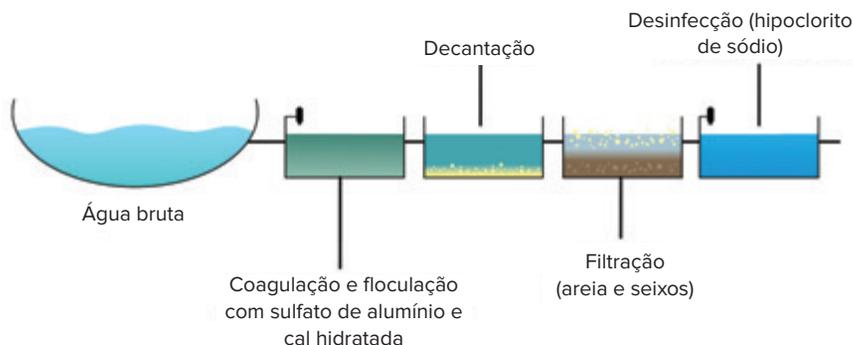


(<https://onlinelibrary.wiley.com>. Adaptado.)

A pesagem do precipitado de carbonato de bário (BaCO_3 ; $M = 197 \text{ g/mol}$) produzido no recipiente 2 forneceu uma massa de 35,46 g.

- a) A fermentação da sacarose no recipiente 1 deverá produzir uma solução de caráter ácido, básico ou neutro? Qual a função química da substância, produzida na fermentação, que confere esse caráter à solução?
 b) Calcule a massa de CO_2 produzida na reação. Determine o rendimento da reação de fermentação da sacarose no experimento descrito.

67. **Famema-SP 2020 (Adapt.)** A figura representa uma estação de tratamento de água para abastecimento da população, onde ocorrem os processos de coagulação, floculação, filtração e desinfecção.



(www.ufrgs.br. Adaptado.)

Para a realização da coagulação, são adicionadas à água a ser tratada as substâncias sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$) e cal hidratada ($Ca(OH)_2$), que produzem flocos de densidade mais elevada que sedimentam na etapa de decantação. Os flocos que não sedimentam são retidos na etapa de filtração e, ao final, adiciona-se à água hipoclorito de sódio ($NaClO$) para desinfecção.

- A que funções inorgânicas pertencem as substâncias utilizadas na coagulação?

68. **Enem** 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, 25 set. 1996.

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:

- I. $CaO + 2 H_2O \rightarrow Ca(OH)_3$
- II. $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$
- III. $Ca(OH)_2 + 2 H^+ \rightarrow Ca^{2+} + 2 H_2O$
- IV. $Ca(OH)_2 + H^+ \rightarrow CaO + H_2O$

O processo de calagem descrito pode ser representado pelas equações:

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

69. **Faap-SP** Os elementos carbono e alumínio podem combinar-se com o oxigênio, originando os compostos:

- a) C_2O_3 , Al_2O_3 b) CO_2 , Al_3O_4 c) CO , AlO d) CO_2 , Al_2O_3 e) CO_2 , AlO

70. **Fatec-SP** São conhecidos vários óxidos de nitrogênio. Abaixo, listamos propriedades de alguns desses óxidos.

- I. Dissolve-se em água, formando HNO_2 e HNO_3 .
- II. Forma-se pelo aquecimento de $N_2(g)$ e $O_2(g)$, e não reage com a água.
- III. Decompõe-se por aquecimento, em NO_2 .

As propriedades I, II e III podem ser atribuídas, respectivamente, a:

- a) N_2O , N_2O_4 , N_2O c) NO , N_2O , N_2O_4 e) NO_2 , NO , N_2O_4
b) NO , NO , N_2O d) NO_2 , N_2O , NO

71. **Fatec-SP** Certas regiões do Brasil apresentam excessiva acidez do solo, o que é prejudicial à agricultura.

O procedimento mais adequado (e sua correta explicação) para corrigir a acidez do solo seria adicionar a ele:

- a) H_3PO_4 – pois esta é uma substância básica que irá neutralizar a acidez.
- b) H_2O_2 – pois este é um peróxido capaz de oxidar os ácidos do solo.
- c) $NaOH$ – pois esta é uma substância alcalina, além de ser ótimo fertilizante.
- d) $CaCO_3$ – pois este irá neutralizar a acidez sem alcalinizar excessivamente o solo.
- e) P_2O_5 – pois este é um sal básico que irá oxigenar o solo.

Textos complementares

O efeito estufa

O efeito estufa é um problema ambiental bastante discutido na atualidade. Os gases que intensificam a estufa são lançados na atmosfera principalmente pelas chaminés de indústrias e por veículos automotores, cuja frota vem crescendo ano a ano. A análise deste problema exige que sejam avaliados diversos fatores. Porém, neste texto, analisaremos de forma reduzida a questão, procurando entender o esqueleto central do assunto.

A atmosfera é uma estufa

Estufa é todo o sistema aberto ou fechado capaz de reter calor. Por exemplo, quando deixamos um automóvel fechado exposto ao sol, ele aquece bem mais rapidamente que o meio externo. Isso porque o calor tem “facilidade de entrar” e “dificuldade de sair”. Como a energia fica retida, a temperatura se torna bem mais alta e este carro passa a constituir uma miniestufa. Assim ocorre com as construções próprias para abrigar plantas e flores de climas tropicais. No entanto, a nossa atmosfera constitui uma estufa gigante, já que possui enorme capacidade de reter calor. Isso é comprovado a partir de alguns estudos feitos a respeito de eras glaciais. Essas eras são fundamentalmente a propagação do gelo dos polos para o Equador e ocorrem em períodos de 100 mil anos. Contudo, apesar da invasão do gelo, a temperatura global do planeta abaixa apenas 5 °C. Estudos recentes confirmam que esse abaixamento na temperatura global do planeta renova as espécies, ou seja, faz com que espécies que não suportem essa diferença climática cheguem à extinção. A partir daí, novas espécies se fortalecem na competição natural e adquirem mais chances de sobrevivência. Mas poderíamos perguntar: 5 °C não é um abaixamento muito pequeno para uma era glacial? Sim, e isso se deve ao fato da atmosfera ser uma grande estufa, ou seja, retém calor e impede um abaixamento maior da temperatura. Todavia, é importante ter em mente que 5 °C é uma diferença de temperatura capaz de mudar a estrutura de um ecossistema.

Gases que intensificam o efeito estufa

O efeito estufa natural está se intensificando pela emissão de alguns gases poluentes.

A emissão excessiva de gases poluentes como o gás carbônico (CO_2) pelos canos de escapamento dos carros e pelas atividades industriais são alguns dos principais fatores que atuam na potencialização do efeito estufa. O CO_2 tem enorme capacidade de impedir a saída de calor da atmosfera. Além disso, como a sua quantidade está aumentando de forma crescente, torna-se cada vez mais difícil eliminá-lo.

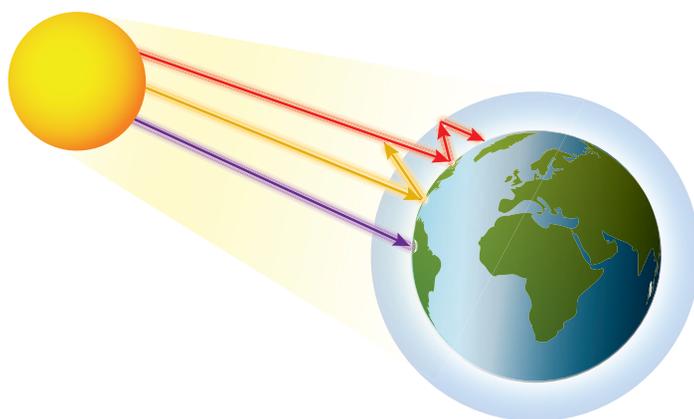
O gás dos pântanos, metano (CH_4), é assim denominado por ser expelido pelos manguezais, devido à decomposição de materiais orgânicos. Ele é outro gás que contribui para a potencialização do efeito estufa. Quanto mais quente estiver o planeta, mais rápido é o processo de decomposição nos manguezais e, portanto, maior é a emissão do CH_4 . Isso nos leva a concluir que o efeito estufa, em relação a este gás, constitui uma reação em cadeia, já que quanto maior o efeito mais metano é liberado, intensificando-o. O gás metano também é produzido pela decomposição do lixo em lixões e aterros sanitários.

Um terceiro grupo de gases atuantes no agravamento do efeito estufa são os CFCs, que muitos associam somente à destruição da camada de ozônio. Todavia, os CFSs têm um alto poder de retenção. Felizmente, está distribuído na atmosfera com uma incidência bem menor que os anteriores e seu uso atualmente é restrito.

Por fim, o vapor é um dos gases mais atuantes na retenção de calor, já que possui um alto calor específico. Grande parte do efeito estufa natural ocorre devido à presença da água na atmosfera terrestre.

Como ocorre o efeito estufa e quais as suas principais consequências?

A intensificação do efeito estufa pode contribuir para o aumento da temperatura global do planeta. Algumas consequências ambientais graves podem ocorrer como o derretimento de geleiras polares, aumentando o nível dos oceanos e inundando cidades litorâneas. Também podem ocorrer alterações em ecossistemas e com isso muitas espécies correm o risco de serem extintas. Escassez de água e aumento de regiões com índices elevados de fome devido à escassez de alimentos também podem ser consequências do agravamento dos problemas ambientais.



- Após atravessar a atmosfera, grande parte da radiação solar é absorvida pela Terra, a fim de que ela fique aquecida em níveis ideais para a sobrevivência.
- Parte da radiação, refletida pelo planeta e pela atmosfera, volta ao espaço.
- Parte da radiação infravermelha (calor) é refletida pela Terra, mas não volta para o espaço, já que é absorvida pela camada de gases estufa que recobre o planeta. O aumento desses gases provoca a potencialização do efeito estufa.

Texto elaborado para fins didáticos.

Será a poluição do ar um fator agravante para mortes por covid-19?

Com o desenvolvimento e expansão das atividades humanas, como a utilização de combustíveis fósseis para o transporte e indústria, houve aumento na emissão de gases atmosféricos, entre eles, os gases: dióxido de carbono (CO_2), ozônio (O_3), óxidos de nitrogênio (NO_x) e dióxido de enxofre (SO_2).

A ciência tem comprovado que, além de atuar no aumento de efeitos estufa, esses gases causam impactos prejudiciais à saúde humana. Tais impactos se agravam com a exposição humana a tais poluentes por longos períodos, como ocorre, por exemplo, com a população de grandes centros urbanos.

Estudos mostram que a exposição por longos períodos ao dióxido de nitrogênio (NO_2) está relacionada com o desenvolvimento de doenças, como hipertensão, diabetes, problemas cardíacos e cardiovasculares, além de enfisema pulmonar e bronquite crônica, conhecidas como doenças pulmonares obstrutivas crônicas (DPOC).

Como já se sabe, a covid-19 é uma doença causada por um novo coronavírus (SARS-CoV-2) que pode levar o infectado a desenvolver graves inflamações em seu sistema respiratório inferior (de vias aéreas centrais até alvéolos), causando respostas inflamatórias imediatas do organismo que obriga o paciente a ser submetido a ventilação mecânica.

Diante desse cenário, um pesquisador da Universidade Halle-Wittenberg, Alemanha, buscou avaliar se a exposição a NO_2 por longo período pode estar relacionado às mortes por covid-19. Para isso, a pesquisa foi realizada com dados do satélite *Sentinel-5P* da Agência Espacial Europeia, que mapeia a distribuição de NO_2 na atmosfera, e do NCEP/NCAR *Reanalysis*, que avalia a capacidade de dispersão de NO_2 na atmosfera. Esses dados foram extraídos em escala considerada regional, que envolve o espaço geográfico de uma cidade e regiões vizinhas, e comparados com os dados de mortes por covid-19 de 66 regiões administrativas da Itália, Espanha, França e Alemanha.

Como principais resultados, a pesquisa mostrou que de 4442 mortes consideradas, 3487 delas (78%) ocorreram em cinco regiões localizadas no norte da Itália e na região central da Espanha. Essas cinco regiões demonstraram também altas concentrações de NO_2 na atmosfera, combinadas com fluxo de ar descendente (de cima para baixo) que impedem uma dispersão eficiente da poluição do ar.

O pesquisador conclui que a exposição humana a esse gás poluente por longo prazo pode ser o fator contribuinte mais importante para as mortes causadas pelo novo coronavírus nas regiões e países estudados e, possivelmente, no mundo inteiro.

Este texto é um resumo de divulgação científica produzido pela equipe do Canal Ciência/IBICT/MCTIC, baseado no artigo original *Assessing nitrogen dioxide (NO_2) levels as a contributing factor to coronavirus (covid-19) (abril/2020)*, com objetivo de informar a população sobre o que tem sido realizado na Ciência na busca por soluções para amenizar os impactos da pandemia da covid-19.

OGEN, Yaron. Será a poluição do ar um fator agravante para mortes por covid-19? *Canal Ciência*, 3 maio 2020.

Disponível em: <https://canalciencia.ibict.br/ciencia-em-sintese1/especial-covid-19/357-sera-a-poluicao-do-ar-um-fator-agravante-para-mortes-por-covid-19>.

Acesso em: 28 jun. 2022.

Resumindo

Sais

- Sais são compostos iônicos provenientes da reação de neutralização total ou parcial entre um ácido e uma base de Arrhenius, no mínimo.

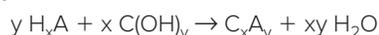
Nomenclatura

Nome do sal = nome do ânion + nome do cátion.

O nome do cátion é o próprio nome do metal que o gera. O nome do ânion pode ser dado conforme a tabela a seguir.

Nome do ácido (terminação)	Nome do ânion (terminação)
ídrico	eto
ico	ato
oso	ito

Neutralização total



Forma geral da neutralização total entre um ácido e uma base de Arrhenius.

Sais duplos ou mistos

- São sais provenientes da reação de neutralização entre dois ácidos e uma base ou um ácido e duas bases. Com isso, um sal duplo ou misto tem, pelo menos, dois cátions ou dois ânions.

- Tabela de solubilidade de sais em água, à temperatura ambiente:

Ânions	Regra geral	Exceções
NO_3^- , ClO_3^- , CH_3COO^-	solúveis	—
Cl^- , Br^- , I^-	solúveis	Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+}
SO_4^{2-}	solúveis	Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+}
S^{2-}	insolúveis	1A, 2A e NH_4^+
demais	insolúveis	1A e NH_4^+

Óxidos

- Óxidos são compostos binários em que o oxigênio é sempre o elemento químico mais eletronegativo. Seja o elemento A genérico um metal ou um ametal, os óxidos podem sempre ser representados da seguinte forma:



- Tipos:** óxidos ácidos, óxidos básicos, óxidos anfóteros, óxidos neutros, óxidos duplos, peróxidos, superóxidos.

Outras funções inorgânicas

- Hidretos:** são compostos binários em que o hidrogênio (H^-) é o elemento mais eletronegativo.
- Carbetos:** são compostos binários em que um dos elementos é o carbono.

Quer saber mais?



Sites

<http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc08/quimsoc.pdf>

O artigo aborda a química do efeito estufa, detalhando informações sobre as moléculas envolvidas nesse processo. Acesso em: 26 ago. 2022.

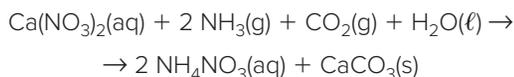
<https://www.io.usp.br/index.php/oceanos/textos/vida-e-biodiversidade/67-ingles/noticias-2/965-interacoes-ecologicas.html>

O site trata da acidificação dos oceanos e de suas consequências para o ambiente. Acesso em: 26 ago. 2022.

Exercícios complementares

Sais – I

1. **UFPR 2021** Apesar de o NH_4NO_3 ser um composto de grande periculosidade pelo risco de causar explosões catastróficas, ele é empregado em grande escala como fertilizante, pois tem alta proporção de nitrogênio em sua composição. Um dos processos industriais para a sua produção envolve a seguinte reação química:



Conforme apresentado pela equação acima, além do produto desejado, forma-se um subproduto insolúvel que pode ser removido posteriormente.

Qual é o nome recomendado pela IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada) desse subproduto?

- Carbonato de amônio.
 - Carbonato de cálcio.
 - Nitrito de amônio.
 - Nitrato de cálcio.
 - Nitrito de cálcio.
2. **PUC-Campinas** O NH_4ClO_4 , propelente sólido de foguetes e NaHCO_3 , de comercialização controlada para restringir a produção do “crack”, são, respectivamente, os compostos:
- clorato de amônia e carbonato de sódio.
 - perclorato de amônio e carbonato ácido de sódio.
 - hipoclorito de amônio e oxalato ácido de sódio.
 - clorito de amônia e carbeto de sódio.
 - cloreto de amônio e bicarbonato de sódio.
3. **Fatec-SP 2020** Assinale a alternativa que contém a equação química balanceada que representa, corretamente, a reação que ocorre entre o ácido bórico e o bicarbonato de sódio.
- $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{Na}_3\text{HCO}_3 \rightarrow \text{Na}_3\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
 - $\text{H}_3\text{BO}_3 + 3 \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_3\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
 - $\text{H}_3\text{BO}_3 + 3 \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_3\text{BO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{CO}_2$
 - $\text{H}_3\text{BO}_2 + 3 \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_3\text{BO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{CO}_2$
 - $\text{H}_2\text{BO}_2 + 2 \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{BO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{CO}_2$

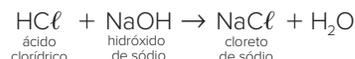
4. **Udesc** Escolha a alternativa que contém exclusivamente sais.

- $\text{HCl} - \text{H}_2\text{S} - \text{H}_2\text{O}$
- $\text{NaBr} - \text{CaO} - \text{H}_3\text{PO}_2$
- $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{Na}_2\text{SO}_4$
- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{LiCl} - \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- $\text{HBr} - \text{NaBr} - \text{Na}_2\text{O}$

5. **UEL-PR** Quantos elementos químicos compõem o sulfato cúprico pentaidratado?

- 7
- 6
- 5
- 4
- 3

6. **CPS-SP 2020** A nomenclatura dos sais é derivada da nomenclatura do respectivo ácido de origem. Por exemplo, o sal usado no soro fisiológico, cloreto de sódio, é derivado do ácido clorídrico, e pode ser obtido por meio da reação de neutralização:



Desse modo, o sal derivado do ácido sulfídrico, na reação de neutralização total com hidróxido de cálcio, será

- CaS : sulfeto de cálcio.
 - CaS : sulfato de cálcio.
 - CaS : sulfito de cálcio.
 - NaS : sulfato de sódio.
 - NaS : sulfeto de sódio.
7. **UFRGS** No processo de produção do sal refinado, a lavagem do sal marinho provoca a perda do iodo natural, sendo necessário, depois, acrescentá-lo na forma de *iodeto de potássio*. Outra perda significativa é a de íons magnésio, presentes no sal marinho na forma de *cloreto de magnésio* e *sulfato de magnésio*. Durante este processo são também adicionados alvejantes como o *carbonato de sódio*. As fórmulas representativas das substâncias em destaque no texto anterior são, respectivamente:
- KI , MgCl , MgSO_4 e NaCO_3
 - K_2I , MgCl_2 , Mg_2SO_4 e Na_2CO_3
 - K_2I , Mg_2Cl , MgSO_4 e $\text{Na}(\text{CO}_3)_2$
 - KI , MgCl_2 , MgSO_4 e Na_2CO_3
 - KI_2 , Mg_2Cl , $\text{Mg}(\text{SO}_4)_2$ e Na_3CO_3

8. **UTFPR 2016** Uma pesquisa sobre produtos químicos e suas aplicações no cotidiano forneceu as seguintes informações:

Produto químico	Aplicação
I. $Mg(OH)_2$	Antiácido para combater o excesso de acidez estomacal.
II. CaO	Preparação de argamassa na construção civil.
III. H_3PO_4	Acidulante em refrigerantes, balas e gomas de mascar.
IV. SnF_2	Creme dental para fortalecer o esmalte dos dentes.

As funções químicas às quais estes produtos químicos pertencem são, respectivamente:

- a) ácido; base; sal; óxido.
 b) base; óxido; sal; ácido.
 c) base; óxido; ácido; sal.
 d) ácido; sal; óxido; base.
 e) óxido; sal; base; ácido.
9. **UFRGS** Considerando-se que o elemento ferro pode formar diferentes compostos nos quais apresenta valores de número de oxidação +2 ou +3, as fórmulas dos possíveis sulfatos e hidróxidos de ferro são:

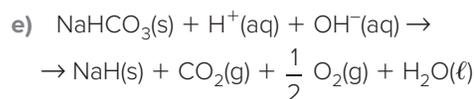
- a) Fe_2SO_4 , Fe_3SO_4 , Fe_2OH , Fe_3OH
 b) $FeSO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$, $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$
 c) $Fe(SO_4)_2$, $Fe(SO_4)_3$, FeO , Fe_2O_3
 d) $FeSO_3$, $Fe_2(SO_3)_3$, $FeOH$, $Fe(OH)_3$
 e) FeS , Fe_2S_3 , Fe_2O_3 , Fe_3O_4

10. **UFV-MG** Cloreto de potássio, fosfato de cálcio, nitrato de sódio e sulfato de amônio são utilizados como fertilizantes na agricultura. As fórmulas correspondentes a estes sais são, respectivamente:

- a) $KCl_3 - CaPO_4 - NaNO_3 - (NH_4)_2SO_4$
 b) $KCl - Ca_3(PO_4)_2 - NaNO_2 - (NH_4)_2SO_4$
 c) $KCl - Ca_2(PO_4)_3 - NaNO_2 - (NH_4)_2(SO_4)_3$
 d) $KCl_3 - Ca_3(PO_4)_2 - NaNO_3 - (NH_4)_2SO_4$
 e) $KCl - Ca_3(PO_4)_2 - NaNO_3 - (NH_4)_2SO_4$

11. **Ufla-MG** O bicarbonato de sódio é empregado na fabricação de efervescentes digestivos (exemplo: sal de frutas). Na presença de ácido, o bicarbonato reage liberando gás carbônico, que é responsável pela efervescência. A equação química que representa esse processo é

- a) $NaHCO_3(s) + H^+(aq) \rightarrow Na^+(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$
 b) $NaHCO_3(s) + H^+(aq) \rightarrow Na^+(aq) + CO(g) + H_2(g) + O_2(g)$
 c) $NaHCO_3(s) + OH^-(aq) \rightarrow Na^+(aq) + H_2CO_3(aq) + O^{2-}(aq)$
 d) $NaHCO_3(s) + H^+(aq) \rightarrow Na^+(aq) + H_2CO_3(aq)$



12. **UEPG-PR 2021** Sobre os compostos químicos e suas características, assinale o que for correto.

► **Dados:** N (Z = 7); O (Z = 8); Cl (Z = 17).

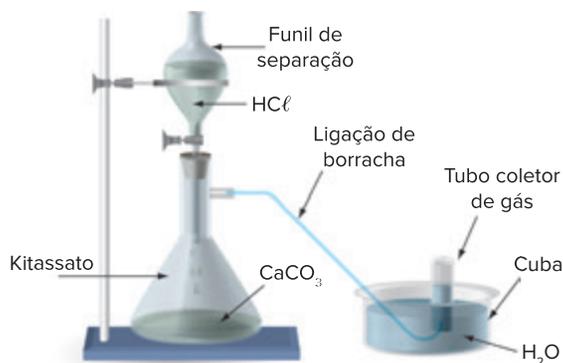
- 01 KCl e $NaCl$ são sais inorgânicos, nos quais cada fórmula unitária apresenta ligações iônicas entre os cátions monovalentes K^+ e Na^+ e o ânion cloreto, respectivamente.
 02 $Ca(OH)_2$ e $Al(OH)_3$ são bases (ou álcalis) que contêm o ânion monovalente hidroxila.
 04 Os gases Cl_2 , O_2 e N_2 são compostos moleculares com ligações covalentes simples, dupla e tripla, respectivamente.
 08 H_2SO_4 é um diácido, cuja ionização produz o ânion monovalente sulfeto.

Soma:

13. **Uerj 2019** No tratamento dos sintomas da acidez estomacal, emprega-se o hidróxido de alumínio, que neutraliza o excesso do ácido clorídrico produzido no estômago. Na neutralização total, a quantidade de mols de ácido clorídrico que reage com um mol de hidróxido de alumínio para formação do sal neutro corresponde a:

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

14. Seja o sistema a seguir, os produtos da reação entre HCl e $CaCO_3$ são:



- a) CaO , H_2CO_3 e Cl_2
 b) $CaCl_2$, H_2O e CO_2
 c) $CaCl_2$, CO_2 e H_2
 d) CaH_2 , CO_2 e Cl_2

15. **Udesc** Completar as seguintes neutralizações totais:

- a) $H_3PO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow$
 b) $H_4[Fe(CN)_6] + NH_4OH \rightarrow$
 c) $H_2S + Al(OH)_3 \rightarrow$

16. **Vunesp** Escreva:
- as fórmulas químicas dos compostos hidrogenocarbonato de sódio e sulfato de ferro (III).
 - os nomes dos compostos químicos de fórmulas NH_4NO_2 e PbI_2 .

Sais – II

17. **UEMG 2018** Em relação às propriedades de ácidos e bases e às possíveis reações entre eles, assinale a alternativa correta.
- O hidróxido de alumínio, $\text{Al}(\text{OH})_3$, é uma base fraca, porém muito solúvel em água.
 - A reação entre o ácido fosfórico e o hidróxido de cálcio forma o sal fosfato de cálcio, de fórmula $\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_3$.
 - O hidróxido férrico possui a fórmula molecular $\text{Fe}(\text{OH})_2$.
 - A reação entre hidróxido de potássio com hidróxido de sódio e ácido sulfúrico forma o sulfato duplo de potássio e sódio (KNaSO_4).
18. **ITA-SP** Nas condições ambientes, a 1 L de água pura, adiciona-se 0,01 mol de cada uma das substâncias A e B descritas nas opções a seguir. Dentre elas, qual solução apresenta a maior condutividade elétrica?
- A = NaCl e B = AgNO_3
 - A = HCl e B = NaOH
 - A = HCl e B = CH_3COONa
 - A = KI e B = $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
 - A = $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ e B = ZnCl_2
19. **Fuvest-SP** Uma estudante de química realizou quatro experimentos, que consistiram em misturar soluções aquosas de sais inorgânicos e observar os resultados. As observações foram anotadas em uma tabela:

Experimento	Solutos contidos inicialmente nas soluções que foram misturadas		Observações
1	$\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$	$\text{Mg}(\text{IO}_3)_2$	formação de precipitado branco
2	$\text{Mg}(\text{IO}_3)_2$	$\text{Pb}(\text{ClO}_3)_2$	formação de precipitado branco
3	MgCrO_4	$\text{Pb}(\text{ClO}_3)_2$	formação de precipitado amarelo
4	MgCrO_4	$\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$	nenhuma transformação observada

A partir desses experimentos, conclui-se que são pouco solúveis em água somente os compostos:

- $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2$
- PbCrO_4 e $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2$
- $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$ e CaCrO_4
- $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$, $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$ e PbCrO_4
- $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$, PbCrO_4 e CaCrO_4

20. **UFRGS 2020** Mariscos possuem uma concha feita de carbonato de cálcio, a qual se forma quando os íons cálcio, secretados a partir das células do marisco, encontram a água do mar, rica em dióxido de carbono dissolvido. Considere as afirmações sobre esse processo.

- Uma das reações que ocorre é $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s})$.
- A reação envolvendo os íons cálcio na formação da concha é uma reação do tipo ácido-base.
- O produto formado é classificado como um óxido básico.

Quais estão corretas?

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas III.
- Apenas I e II.
- I, II e III.

21. **UFRGS** Quando o cloreto de potássio reage com uma solução aquosa de nitrato de prata, forma-se um precipitado branco de:

- K_2O
- Ag
- AgCl
- KNO_3
- Ag_2O

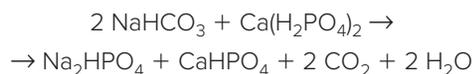
22. **UPE 2017** A semeadura de nuvens atualmente é usada em todo o mundo para otimizar a precipitação, tanto de chuva quanto de neve e, ao mesmo tempo, inibir o granizo e a neblina. E ela funciona. Esse tipo de semeadura tem efeito ao espalhar partículas microscópicas, a fim de afetar o desenvolvimento da condensação, agindo como núcleos de gelo artificiais. Insolúveis na água, tais partículas funcionam como suporte para o crescimento dos cristais de gelo. Para tal propósito, utiliza-se frequentemente determinado sal. Ele possui uma estrutura cristalina similar à do gelo e forma um recife artificial onde os cristais podem crescer.

Adaptado de: <http://gizmodo.uol.com.br/semeadura-de-nuvens/>

Que sal é utilizado para semear as nuvens?

- AgI
- KI
- NaCl
- AgNO_3
- KNO_3

23. **PUC-Campinas** Determinados tipos de fermentos químicos, quando umedecidos, liberam gás carbônico pela reação:



Os componentes desses fermentos são classificados como

- sais ácidos.
- sais básicos.
- oxiácidos.
- hidrácidos.
- bases inorgânicas.

24. IFPE 2020 (Adapt.)

Em camundongos, dieta rica em sal piora memória e causa falta de atenção

Sal rosa, marinho e light são melhores? Do ponto de vista fisiológico, sal é sal. O gosto pode ser diferente devido a outras substâncias presentes em cada tipo. No entanto, essas substâncias diferentes presentes em cada sal apenas dão sabor, não existem em quantidades suficientes para fazer diferença do ponto de vista nutricional. Já o sal light tem diferentes percentuais de cloreto de potássio misturado com cloreto de sódio ou até 100% de cloreto de potássio. Mas o potássio não deve ser usado por pessoas com problemas renais graves.

Em camundongos, dieta rica em sal piora memória e causa falta de atenção. Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2019/10/26/em-camundongos-dieta-rica-em-sal-piora-memoriae-causa-falta-de-atencao.htm>. Acesso em: 27 out. 2019.

Sobre o Cloreto de Sódio, é CORRETO afirmar que

- possui fórmula química NaCl_2 e possui cor branca, enquanto o KCl_2 é de cor rosa.
- há, em sua estrutura, íons de sódio e de cloro combinados, formando uma rede cristalina.
- não sofre dissociação nem conduz eletricidade quando dissolvido em água.
- é constituído somente por elementos ametais e forma ligações covalentes polares.
- é, diferentemente do cloreto de potássio, insolúvel em água e solúvel em solventes como acetona e éter.

25. Uece Associe corretamente, de cima para baixo, as colunas a seguir.



■ Sal básico

■ Sal duplo

■ Sal ácido

■ Sal hidratado

A associação correta é:

- I, III, IV, II
- II, IV, III, I
- I, II, III, IV
- II, III, IV, I

26. Uerj Recentemente, foi confirmada a existência de água mineral medicinal no município de Resende. Segundo foi publicado na imprensa, a água encontrada é rica em bicarbonatos, oficialmente denominados hidrogenocarbonatos.

As fórmulas químicas correspondentes aos hidrogenocarbonatos de sódio e de cálcio são, respectivamente:

- Na_2CO_3 e CaHCO_3
- NaHCO_3 e CaHCO_3
- NaHCO_3 e $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
- Na_2CO_3 e $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

27. EsPCEX-SP 2018 Na ânsia pelo “elixir da longa vida”, por volta do século I, alquimistas descobriram acidentalmente a Pólvora, referenciada em textos de Alquimia pelos avisos quanto aos cuidados para não se misturarem certos materiais uns com os outros. A pólvora, mais conhecida desde o final do século XIX como pólvora negra, é uma mistura química que queima com rapidez. Foi extensamente utilizada como propelente em canhões e armas de fogo e atualmente ainda é empregada em artefatos pirotécnicos. Nitrato de potássio, enxofre e carvão (carbono) são os constituintes da pólvora negra. Sobre as espécies constituintes da pólvora negra afirma-se que

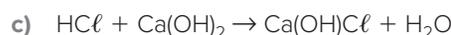
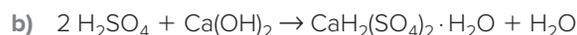
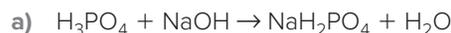
► **Dados:** números atômicos: K = 19; N = 7; O = 8; S = 16; C = 6.

- o nitrato de potássio é classificado como uma base segundo a teoria de Arrhenius;
- a 25 °C e 1 atm a variedade alotrópica mais estável do carbono é a grafite e a do enxofre é a rômica;
- a fórmula do nitrato de potássio é KNO_2 ;
- o enxofre é um metal radioativo que pertence à família 6A (16) da tabela periódica;
- o átomo de carbono (${}^6\text{C}$) estabelece 4 ligações químicas e possui a variedade alotrópica diamante, substância natural de alta dureza;

Estão corretas apenas as afirmativas

- I e IV.
- II e V.
- III, IV e V.
- I, II e V.
- II, III e IV.

28. Uece Marque a alternativa que apresenta a reação da formação de um sal com as seguintes características: quaternário, oxigenado, anidro e ácido.



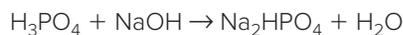
29. Mackenzie-SP Combinando entre si dois dos íons Na^+ , NO_2^- , Ca^{2+} , H^+ , Cl^- e OH^- , o número máximo de compostos pertencentes respectivamente às funções inorgânicas base, ácido e sal é:

- 2, 2 e 1
- 1, 1 e 1
- 2, 2 e 4
- 3, 2 e 4
- 2, 2 e 2

30. UnB-DF O elemento químico fósforo é absorvido pelas plantas sob a forma de sais, tais como NaH_2PO_4 e Na_2HPO_4 . A absorção desses sais é mais eficiente quando o pH do solo está entre 5 e 8.

Com o auxílio dessas informações, julgue os itens adiante.

- (1) O nome do sal Na_2HPO_4 é mono hidrogenofosfato de sódio.
- (2) O sal Na_2HPO_4 pode ser obtido pela seguinte reação:



31. Unirio-RJ As reações entre os ácidos e as bases produzem sal e água. Tendo em vista que estas reações são de neutralização parcial, indique a única opção que representa a equação da reação onde não é obtido um sal ácido ou sal básico, pois não se trata de reação de neutralização parcial.

- a) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- b) $\text{HNO}_3 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{Ca(OH)NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- c) $\text{H}_3\text{PO}_4 + 2 \text{LiOH} \rightarrow \text{Li}_2\text{HPO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- d) $\text{HCl} + \text{Mg(OH)}_2 \rightarrow \text{Mg(OH)Cl} + \text{H}_2\text{O}$
- e) $\text{H}_3\text{PO}_3 + 2 \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{HPO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$

32. Vunesp Os nomes dos compostos NaHSO_3 e $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ são, respectivamente:

- a) sulfato de sódio e fosfato de ferro (II).
- b) sulfato de sódio e fosfito ferroso.
- c) di-hidrogenossulfato de sódio e fosfato de ferro (III).
- d) sulfeto de sódio e fosfito de férrico.
- e) hidrogenossulfito de sódio e fosfato de ferro(II).

33. Vunesp Quando se reagem 1 mol de hidróxido de potássio com 1 mol de ácido fosfórico e 1 mol da mesma base com 1 mol de ácido sulfúrico obtém-se, respectivamente:

- a) KH_2PO_4 e KHSO_4
- b) K_2HPO_4 e KHSO_3
- c) K_3HPO_4 e K_2SO_3
- d) KH_2PO_3 e K_2SO_4
- e) K_2HPO_3 e K_2SO_4

34. Fatec-SP 2019 Uma das substâncias que podem neutralizar o ácido fosfórico é o hidróxido de magnésio, Mg(OH)_2 .

A equação química balanceada que representa a reação de neutralização total que ocorre entre essas substâncias é

- a) $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq}) + \text{Mg(OH)}_2(\text{s}) \rightarrow \text{MgPO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$
- b) $2 \text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq}) + 3 \text{Mg(OH)}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2(\text{s}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\ell)$
- c) $3 \text{H}_3\text{PO}_3(\text{aq}) + 2 \text{Mg(OH)}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Mg}_2(\text{PO}_3)_3(\text{s}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\ell)$
- d) $2 \text{H}_3\text{PO}_3(\text{aq}) + 3 \text{Mg(OH)}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Mg}_3(\text{PO}_3)_2(\text{s}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\ell)$
- e) $\text{H}_3\text{PO}_3(\text{aq}) + \text{Mg(OH)}_2(\text{s}) \rightarrow \text{MgPO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$

35. ITA-SP São pouco solúveis em água os seguintes pares de sais:

- a) BaCl_2 e PbCl_2
- b) MgSO_4 e BaSO_4
- c) PbSO_4 e $\text{Pb(NO}_3)_2$
- d) K_2CrO_4 e Na_2CrO_4
- e) AgBr e PbS

Óxidos

36. Uefs-BA 2018 Cal viva, cal hidratada e calcário são substâncias empregadas para a correção da acidez de solos. Essas três substâncias são classificadas, respectivamente, como

- a) óxido básico, hidróxido e sal.
- b) óxido básico, óxido ácido e sal.
- c) óxido ácido, hidróxido e ácido.
- d) hidróxido, hidrácido e óxido básico.
- e) hidróxido, hidrácido e óxido ácido.

37. Uece 2018 As grandes emissões de dióxido de carbono são a causa principal do efeito estufa. Preocupados com esse grave problema, cientistas da Islândia estão trabalhando a conversão do referido gás em um material sólido. Para conseguir tal objetivo, o procedimento mais apropriado e utilizado em condições especiais de laboratório é

- a) comprimir o dióxido de carbono até convertê-lo em gelo seco.
- b) baixar a temperatura do dióxido de carbono até convertê-lo em gelo seco.
- c) fazer o dióxido de carbono reagir com um óxido ácido.
- d) fazer o dióxido de carbono reagir com um óxido básico.

38. UFJF-MG 2018 Uma das consequências da chuva ácida é a acidificação de solos. Porém, alguns tipos de solos conseguem neutralizar parcialmente os efeitos da chuva por conterem naturalmente carbonato de cálcio (calcário) e óxido de cálcio (cal). Os solos que não têm a presença do calcário são mais suscetíveis à acidificação e necessitam que se faça a adição de cal. No solo, a cal reage com a água, formando uma base que auxiliará na neutralização dos íons H^+ . Assinale a alternativa que mostra a equação química balanceada que representa a reação entre a cal e a água:

- a) $\text{CaO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{Ca(OH)}_2(\text{aq})$
- b) $\text{CaO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{CaO}_2(\text{aq})$
- c) $\text{Ca}_2\text{O}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow 2 \text{CaOH}(\text{aq})$
- d) $\text{K}_2\text{O}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow 2 \text{KOH}(\text{aq})$
- e) $\text{KO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{K(OH)}_2(\text{aq})$

39. Uerj 2015 Os combustíveis fósseis, que têm papel de destaque na matriz energética brasileira, são formados, dentre outros componentes, por hidrocarbonetos. A combustão completa dos hidrocarbonetos acarreta a formação de um óxido ácido que vem sendo considerado o principal responsável pelo efeito estufa. A fórmula química desse óxido corresponde a:

- a) CO_2
- b) SO_3
- c) H_2O
- d) Na_2O

40. **ITA-SP** Considere as seguintes afirmações.

- I. Óxidos como Na_2O , MgO e ZnO são compostos iônicos.
- II. Óxidos como K_2O , BaO e CuO são básicos.
- III. Óxido de carbono, nitrogênio e enxofre são compostos moleculares.
- IV. PbO_2 e MnO_2 são oxidantes fortes.

Destas afirmações estão corretas:

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

41. **Udesc 2019** Uma das consequências do aumento do dióxido de carbono na atmosfera é a acidificação dos oceanos. Naturalmente, tem-se o equilíbrio químico entre o dióxido de carbono da atmosfera e o dissolvido nos oceanos. Com o aumento de dióxido de carbono nas águas oceânicas esse equilíbrio é perturbado, e, logo, organismos vivos constituídos, principalmente, de carbonato de cálcio, são prejudicados. Sobre o aumento da acidez nos oceanos e as suas consequências, analise as proposições.

- I. A acidificação dos oceanos ocorre devido à reação química entre o gás dissolvido e a água, resultando na formação do ácido carbônico cuja fórmula química é HCO_3^- .
- II. Os íons carbonatos provenientes do equilíbrio do carbonato de cálcio reagem com os íons H^+ gerados pelo ácido carbônico, a fim de compensar o excesso e acidez gerado no oceano.
- III. O caráter mais ácido dos oceanos favorece a descalcificação dos exoesqueletos dos corais, assim como dificulta a formação de novas estruturas de carbonato de cálcio.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- d) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

42. **IFSul-RS 2015** Certo lago vulcânico liberou uma nuvem de gases tóxicos que continham entre outras substâncias: ácido sulfídrico, monóxido de carbono e dióxido de enxofre.

A alternativa que contém corretamente as fórmulas dos gases citados acima é:

- a) CO , CO_2 , SO_2 , H_2S .
- b) SO_3 , CO_2 , H_2SO_4 , SO_2 .
- c) CO , SO_3 , H_2SO_4 , SO_2 .
- d) CO_2 , H_2S , SO_3 , CO .

43. **PUC-Campinas 2016** O pó de ocre é uma mistura de minerais que contém ferro, cujas cores podem variar dependendo de sua composição. O marrom-ocre é

obtido principalmente a partir da limonita, $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. O vermelho-ocre vem da hematita, Fe_2O_3 . Já o amarelo-ocre pode ser goethita, $\text{FeO}(\text{OH})$, limonita ou uma mistura de ambos. As funções inorgânicas a que a limonita e a hematita pertencem são, respectivamente,

- a) ácido e base.
- b) óxido e ácido.
- c) base e óxido.
- d) óxido e base.
- e) base e ácido.

44. **Mackenzie-SP** A ferrugem é uma mistura de hidróxido e óxido de Fe^{2+} e Fe^{3+} . A alternativa que apresenta formulação correta de duas dessas substâncias é:

- a) Fe_2OH e Fe_2O_3
- b) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ e FeO
- c) FeOH_2 e FeO_2
- d) $\text{Fe}(\text{OH})_2$ e Fe_2O
- e) FeOH e Fe_2O_3



Leia o texto para responder à questão 45.

Dependendo das condições reacionais, monóxido de nitrogênio e monóxido de carbono reagem para formar dióxido de carbono e gás nitrogênio, ou monóxido de dinitrogênio, conforme representado nas equações a seguir.

Reação 1	$2 \text{NO}(\text{g}) + 2 \text{CO}(\text{g}) \rightarrow 2 \text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$
Reação 2	$2 \text{NO}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2\text{O}(\text{g})$

(Andreza A. Longati *et al.* "Conversão química de NO e CO sobre catalisadores à base de óxidos de cobalto ou de ferro". Química Nova, vol. 37, no 2, 2014. Adaptado.)

45. **FCMSCSP 2021** Dentre os gases representados nas reações 1 e 2, aqueles que, ao serem borbulhados separadamente em água destilada, resultam em uma solução com pH próximo de 4 e em uma solução neutra são, respectivamente, os gases

- a) monóxido de dinitrogênio e monóxido de carbono.
- b) dióxido de carbono e monóxido de nitrogênio.
- c) monóxido de nitrogênio e nitrogênio.
- d) monóxido de nitrogênio e monóxido de dinitrogênio.
- e) monóxido de nitrogênio e monóxido de carbono.

46. **ITA-SP** Considere os seguintes óxidos (I, II, III, IV e V):

- I. CaO
- II. N_2O_5
- III. Na_2O
- IV. P_2O_5
- V. SO_3

Assinale a opção que apresenta os óxidos que, quando dissolvidos em água pura, tornam o meio ácido.

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

- 47. Uern 2015** Representado pela fórmula química CO, o monóxido de carbono é um gás incolor e inodoro proveniente da combustão incompleta de combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo e gás natural). Se inalado em altas concentrações pode matar por asfixia. Isso ocorre porque, ao ser inspirado, o monóxido de carbono é capaz de estabelecer ligações químicas altamente estáveis com a hemoglobina das hemácias, formando a carboxiemoglobina (HbC), o que as impossibilita de transportar oxigênio em todo o processo de respiração.

(Disponível em: <http://www.infoescola.com/quimica/monoxido-de-carbono/>.)

O óxido citado no trecho anterior pode ser classificado como óxido

- ácido.
 - básico.
 - neutro.
 - anfótero.
- 48. Fuvest-SP 2022** As afirmações a seguir baseiam-se na descrição da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo):

Afirmação 1: “O dióxido de enxofre (SO₂) é liberado para a atmosfera por gases vulcânicos e fontes antropogênicas, principalmente atividades industriais que processam materiais contendo enxofre, como termelétricas, fabricação de fertilizantes, fundição de alumínio e aço, produção de ácido sulfúrico e papel.”

Afirmação 2: “O dióxido de enxofre é um gás incolor com forte odor pungente. É muito irritante quando em contato com superfícies úmidas, pois se transforma em trióxido de enxofre (SO₃) e passa rapidamente a ácido sulfúrico (H₂SO₄).”

- Represente a estrutura de Lewis do dióxido de enxofre.
- A afirmação 2 refere-se à formação da chuva ácida. Represente a reação balanceada da formação da chuva ácida a partir de SO₃ e a reação balanceada da chuva ácida com o carbonato de cálcio (CaCO₃), que é um dos componentes de construções que são danificadas por ela.
- Considere uma determinada amostra de carvão que contém 1% em massa de enxofre. Quando esse carvão é queimado, o enxofre é convertido em dióxido de enxofre pela reação $S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$. Para evitar a poluição do ar, este dióxido de enxofre pode ser tratado com óxido de cálcio para formar sulfito de cálcio, como representado pela reação $SO_2(g) + CaO(s) \rightarrow CaSO_3(s)$. Calcule a massa diária, em quilogramas, de CaO necessária para tratar o SO₂ em uma usina que consome $3,2 \cdot 10^6$ kg de carvão por dia.

► **Note e adote:**

Distribuição eletrônica: O = 1s², 2s², 2p⁴; S = 1s², 2s², 2p⁶, 3s², 3p⁴.
Massas molares (g/mol): O = 16; S = 32; Ca = 40.

- 49. PUC-Campinas** As substâncias MgSO₄ (sal amargo), NaOH (soda cáustica) e SiO₂ (sílica), de acordo com suas funções químicas são chamadas, respectivamente, de:

- sulfeto de magnésio, hidróxido de sódio e óxido de silício.
- bissulfato de magnésio, hidreto de sódio e peróxido de silício.
- sulfato de magnésio, hidróxido de sódio e dióxido de silício.
- bissulfito de magnésio, óxido de sódio e dióxido de silício.
- tiosulfato de magnésio, hidróxido de sódio e bióxido de silício.

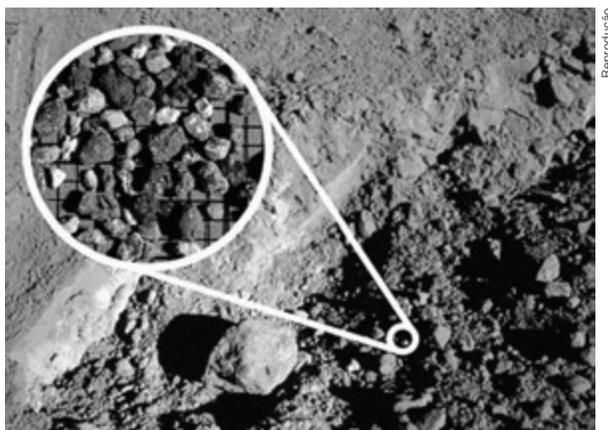
- 50. PUC-Campinas** Considere as seguintes substâncias:

- cal virgem, CaO
- cal hidratada, Ca(OH)₂
- gipsita, CaSO₄ · 2 H₂O

De acordo com as regras de nomenclatura de substâncias inorgânicas, os nomes desses compostos são, respectivamente:

- peróxido de cálcio, hidreto de cálcio e sulfato de cálcio anidro.
- monóxido de cálcio, hidróxido de cálcio e sulfeto hidratado de cálcio.
- óxido de cálcio, hidreto de cálcio e sulfito de cálcio di-hidratado.
- peróxido de cálcio, hidreto de cálcio e sulfato de cálcio hidratado.
- óxido de cálcio, hidróxido de cálcio e sulfato de cálcio di-hidratado.

- 51. UCS-RS 2022** Do que é constituído o solo lunar? De rególito, uma camada porosa de poeira com espessura entre 5 e 10 m. Amostras trazidas pelas missões Apollo, entre 1969 e 1972, revelaram que o material é rico em sílica, cal virgem, dióxido de titânio (IV) e óxidos de alumínio, ferro (II) e ferro (III), magnésio, cromo (III) e sódio. “Uma possível explicação para essa composição é a de que a Lua teria nascido da colisão de um objeto cósmico do tamanho de Marte com a Terra”, diz Amaury de Almeida, do Departamento de Astronomia da Universidade de São Paulo. “O impacto teria ejetado parte da crosta terrestre, que teria se resfriado e se aglutinado, formando o único satélite natural do nosso planeta”. Parte do material que compõe o solo lunar também pode ter origem vulcânica, o que, embora não confirmado, explicaria o solo de coloração laranja em algumas regiões da Lua. Partículas de rocha derretida durante uma erupção há 3,6 bilhões de anos teriam se resfriado rapidamente e originado minúsculos grãos coloridos.



Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/do-que-e-constituído-o-solo-lunar/>. Acesso em: 7 mai. 2021. (Parcial e adaptado.)

Em relação às substâncias químicas mencionadas no texto, é correto afirmar que

- duas delas podem ser representadas por meio das fórmulas mínimas CrO_3 e NaO_2 .
 - todas apresentam, à temperatura ambiente e ao nível do mar, solubilidade acentuada em água.
 - a cal virgem, ao reagir com a água, produz uma solução aquosa de caráter alcalino.
 - o número de oxidação do átomo de silício, na sílica, é igual a 2+.
 - todas são óxidos ácidos, pois ao reagirem com uma base produzem sal e água.
- 52. EsPCEX-SP 2021** No estado sólido, o dióxido de carbono é conhecido como gelo seco. Em condições ambientes (25 °C e 1 atm), ele passa do estado sólido para o estado de vapor. Acerca do dióxido de carbono, são feitas as seguintes afirmativas:
- O dióxido de carbono é classificado como uma substância simples.
 - O dióxido de carbono é uma substância que sublima em condições ambientes.
 - A molécula do dióxido de carbono apresenta geometria angular.
 - O dióxido de carbono é um óxido ácido que, em condições adequadas, pode reagir com água e produzir o ácido carbônico.
 - Quando se borbulha dióxido de carbono em uma solução aquosa de hidróxido de cálcio, sob condições adequadas, produz-se carbonato de cálcio e água.
 - A hibridização do átomo de carbono na molécula do dióxido de carbono é sp^2 .
- Das afirmativas feitas, estão corretas apenas
- I, II e IV.
 - II, III e VI.
 - IV, V e VI.
 - II, IV e V.
 - I, III e VI.
- 53.** A fórmula do decavanadato (duplo) de dipotássio e dimagnésio com 16 moléculas de água de cristalização é:
- $$\text{K}_2\text{Mg}_2\text{V}_{10}\text{O}_{28} \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$$
- De qual óxido de vanádio deriva esse decavanadato?
- V_2O_7
 - V_2O_5
 - V_2O_3
 - V_2O
 - VO
- 54. UFPR** Óxidos metálicos podem ter caráter ácido, básico ou anfótero. O caráter do óxido depende da sua posição na tabela periódica e do estado de oxidação do íon metálico. Sobre esse assunto, responda.
- O que é *caráter anfótero*?
 - O óxido de cálcio, CaO , é um óxido ácido, básico ou anfótero? Escreva reação(ões) que demonstre(m) o caráter do CaO .

55. UFRGS 2018 Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo, referentes a compostos inorgânicos.

- A sílica, presente na areia, e o gás carbônico fazem parte da mesma função inorgânica: os óxidos.
- O número de oxidação do oxigênio, no composto OF_2 , é -2 .
- O óxido de alumínio pode comportar-se como óxido ácido ou como óxido básico.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- a) V – V – V. b) V – V – F. c) V – F – V. d) F – F – V. e) F – F – F.

56. UEPG/PSS-PR 2021 Com relação aos compostos inorgânicos (ácidos, bases, sais e óxidos) e suas propriedades, assinale o que for correto.

- 01 O ácido sulfúrico puro, H_2SO_4 , é um bom condutor de eletricidade.
- 02 A força de um ácido ou de uma base pode ser medida pelo seu grau de ionização.
- 04 O óxido de cálcio reage com a água produzindo uma base de fórmula $Ca(OH)_2$.
- 08 O sal $Ni_2(SO_3)_3$ é formado pelo cátion Ni^{3+} e pelo ânion sulfito SO_3^{2-} .

Soma:

57. Unioeste-PR O Prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia de 1998 foi concedido a três norte-americanos descobridores do princípio de como o óxido nítrico transmite sinais pelo corpo e do papel da substância no controle do sistema circulatório. Esta descoberta possibilitou o desenvolvimento da droga contra a impotência, conhecida como Viagra. Com relação ao óxido nítrico (NO), assinale a(s) afirmativa(s) correta(s).

- 01 É um óxido neutro.
- 02 É um peróxido.
- 04 Reage com água produzindo ácido.
- 08 Reage com base produzindo sal e água.
- 16 Reage com ácido e com base.
- 32 É formado pela associação de dois óxidos diferentes.
- 64 Não reage com água, ácido ou base.

Soma:

58. Unioeste-PR 2021 As substâncias químicas podem ser representadas por fórmulas. Desta maneira, as fórmulas das substâncias químicas cloreto de potássio, hidróxido de cálcio, ácido clorídrico e dióxido de carbono são respectivamente:

- a) PCl_3 , $Ca(OH)_2$, HCl e CO_2 . c) KCl , $Ca(OH)_2$, HCl e CO_2 . e) KCl , $CaOH$, $HClO$ e C_2O .
- b) KCl , $Ca(OH)_2$, HCN e CO . d) $PtCl_2$, $Ca(OH)_3$, HCl e CO_2 .

59. ITA-SP 2019 Classifique cada uma das substâncias abaixo como óxidos ácido, básico ou anfótero.

- a) SeO_2 b) N_2O_3 c) K_2O d) BeO e) BaO

60. PUC-SP Para a obtenção de 5,2 g de sulfito de magnésio foi realizado um processo que constou das seguintes etapas:

- combustão de x gramas de enxofre → dióxido de enxofre;
- combustão de y gramas de magnésio → óxido de magnésio;
- dióxido de enxofre + água → ácido representado por A;
- óxido de magnésio + água → base representada por B;
- ácido A + base B → sulfito de magnésio + água.

► Dados: $Mg = 24$; $O = 16$; $S = 32$.

Assinale a alternativa que indica corretamente os valores de x, de y e as fórmulas do ácido A, da base B e de sulfito de magnésio.

	Massas		Fórmulas		
	x	y	ácido A	base B	Sulfito de Mg
a)	1,6	1,2	H_2SO_3	$Mg(OH)_2$	$MgSO_3$
b)	1,30	1,95	H_2SO_3	$Mg(OH)_2$	$MgSO_3$
c)	1,38	1,04	H_2SO_4	$Mg(OH)_2$	$MgSO_4$
d)	1,89	1,73	H_2SO_4	$Mg(OH)$	Mg_2SO_4
e)	1,46	2,23	H_2SO_2	$Mg(OH)$	Mg_2SO_2

61. **ITA-SP** Quando aquecido ao ar, 1,65 g de um determinado elemento X forma 2,29 g de um óxido de fórmula X_3O_4 . Das alternativas abaixo, assinale a opção que identifica o elemento X.
- a) Antimônio b) Arsênio c) Ouro d) Manganês e) Molibdênio
62. **ITA-SP** Assinale a alternativa falsa em relação a propriedades de óxidos.
- a) SiO_2 forma ácido muito solúvel em H_2O . d) CrO_3 é um óxido ácido.
b) NO_2 reage com água produzindo HNO_2 e HNO_3 . e) ZnO reage com bases fortes.
c) Cr_2O_3 é um óxido básico.

BNCC em foco

EM13CNT307

1. Nos dias de hoje a indústria da moda está cada vez mais preocupada com a inclusão e focada na diversidade humana, porém, antigamente era comum o uso de peças que causavam completo desconforto, especialmente para mulheres. O uso de espartilhos, que tinham a finalidade de moldar a cintura e corrigir a postura, é um exemplo. Algumas dessas peças eram extremamente apertadas, o que causava muito incômodo para as usuárias do acessório. Há registros de que a expressão “ai, meus saís!” tem relação com o uso de peças justas e desconfortáveis. Veja o trecho a seguir:

Já ouviu falar da expressão “ai, meus saís”? Ela vem do uso de sal de amoníaco que as mulheres – que mal conseguiam respirar em suas roupas apertadas – inalavam para não desmaiar. Hoje, é impossível pensar em algo assim!

CONFORTO é tendência no SPFW: tênis, leggings e tecidos soltos dominam as passarelas. *Mulher*, 27 abr. 2018. Disponível em: <https://www.mulher.com.br/muito-mais/em-alta/530193/conforto-e-tendencia-no-spfw-tenis-leggings-e-tecidos-soltos-dominam-passearelas>. Acesso em: 15 jun. 2020.

O termo “amoníaco” presente no texto é outro nome para a amônia, substância de fórmula NH_3 .

- a) Um “sal de amoníaco” não tem exatamente amônia em sua composição, mas um íon derivado dela. Que íon é esse?
b) Que propriedade de saís de amoníaco permite que possam ser utilizados para reanimar uma pessoa prestes a desmaiar?

EM13CNT307

2. O transporte de produtos químicos em caminhões é comum pelas estradas no país e, com isso, também não são raros os acidentes envolvendo produtos que podem ser nocivos ao meio ambiente e aos seres humanos. Suponha que você é um perito criminal da polícia e recebeu o chamado do acidente sobre derramamento de ácido nítrico em uma rodovia após uma colisão. Você precisa utilizar seus conhecimentos de química para evitar que o ácido nítrico contamine a região. Uma opção a ser despejada sobre o contaminante é uma solução de:

- a) ácido acético d) cal virgem
b) açúcar e) hidróxido de sódio
c) água potável

EM13CNT303

3. É essa solubilidade do cloreto de sódio que faz do sal – ao atrair moléculas de água – um conservante tão bom. O sal preserva carne vermelha e peixe porque remove água dos tecidos; em condições de níveis de água muito reduzidos e elevado conteúdo de sal, as bactérias que causam a deterioração não conseguem sobreviver. [...] Em regiões nas quais o sal da dieta vinha sobretudo da carne, a salga para preservar a comida era fator essencial na manutenção da vida. Os outros métodos tradicionais de preservação dos alimentos – a defumação e a secagem – com muita frequência também requeriam o uso de sal: o alimento era imerso na salmoura antes de ser efetivamente defumado ou seco. Comunidades que não contavam com uma fonte de sal dependiam das provisões obtidas no comércio.

LE COUTEUR, Penny; BURRESON, Jay. *Os botões de Napoleão*: as 17 moléculas que mudaram a história. Rio de Janeiro: Zahar, 2006. p. 274.

Segundo o texto, o cloreto de sódio é conservante importante porque:

- a) sua presença na dieta previne a proliferação de bactérias danosas, tanto nos alimentos que serão ingeridos quanto no próprio organismo humano.
b) apresenta baixa solubilidade em água, se ligando a moléculas de água presentes nos alimentos, impedindo que elas fiquem disponíveis para as bactérias.
c) auxilia no processo de defumação, que consiste na retirada de água dos alimentos por meio da imersão em sal.
d) apresenta alta solubilidade em água, atraindo as moléculas de água de seus arredores e dificultando a sobrevivência de bactérias.

**FRENTE 2****CAPÍTULO****6**

Soluções

Indicadores ácido-base são substâncias que mudam de cor conforme o meio em que estão. O azul de bromotimol, por exemplo, adquire uma coloração em solução ácida, uma em solução básica e outra em meio neutro. A visualização dessas cores é fundamental para a realização de uma titulação ácido-base, procedimento muito utilizado para determinar a concentração desconhecida de uma solução.

Dispersões

Dispersão é toda mistura de duas ou mais substâncias. Água e areia, água e pó de gelatina, água e álcool, água e enxofre, água e hidróxido de magnésio e vinagre são alguns exemplos de dispersões. Porém, é importante salientar que são casos distintos. Veja três exemplos:



I. água e areia II. água e pó de gelatina III. água e sal
Exemplos de dispersões distintas.

No caso I, note que a areia está disseminada em água, mas não solubilizada. As partículas de areia são muito grandes e, depois da disseminação, ficam visíveis a olho nu. É uma dispersão que pode ter seus componentes separados por métodos mecânicos simples, como filtração, decantação, sifonação e centrifugação. É uma mistura heterogênea, sem dúvida.

No caso II, é o pó de gelatina que está disseminado em água. A questão da solubilidade, nesse caso, é discutível, já que a mistura final apresenta um aspecto viscoso. Aparentemente, o sistema é homogêneo, todavia, com o auxílio de ultramicroscopia, observa-se nitidamente a gelatina envolvendo e sendo envolvida pela água. Graças a essa distinção, o sistema é, na realidade, heterogêneo, e a solubilidade do pó de gelatina em água é, portanto, parcial. Além disso, é possível separarmos os componentes dessa dispersão. Isso é feito, porém, com muito mais dificuldade do que no caso I. Em vez de um filtro comum, faz-se necessário um ultrafiltro; em vez de uma centrífuga comum, faz-se necessária uma ultracentrífuga, e assim por diante.

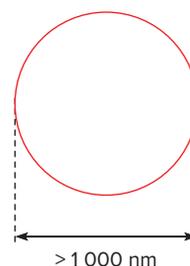
No caso III, o sal de cozinha não está apenas disseminado em água, mas também dissolvido. Mesmo utilizando microscópios extremamente poderosos, não é possível visualizar as partículas de sal na água. Quanto a separar os componentes dessa dispersão, isso é impossível de ser feito por métodos mecânicos como filtração, centrifugação, decantação ou sifonação. É por esses motivos que esse tipo de dispersão é considerado um sistema homogêneo.

Até agora, como você já pôde perceber, analisamos três tipos de dispersão, com propriedades completamente diferentes entre si. É devido a isso que cada uma delas receberá um nome especial. Veja:

- água e areia: suspensão;
- água e pó de gelatina: solução coloidal ou coloide;
- água e sal: solução verdadeira ou solução.

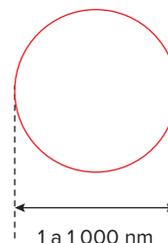
No entanto, você deve estar se perguntando: O que define, para uma dada mistura, o tipo de dispersão? Na realidade, todas essas propriedades são definidas pelo tamanho das partículas que estão disseminadas. A partir disso, adotou-se o seguinte critério de classificação:

- **Suspensão:** partículas disseminadas com diâmetro maior do que 1 000 nm.



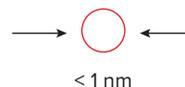
> 1 000 nm

- **Solução coloidal:** partículas disseminadas com diâmetro entre 1 nm e 1 000.



1 a 1 000 nm

- **Solução verdadeira ou solução:** partículas disseminadas com diâmetro menor do que 1 nm.



< 1 nm

! Atenção

Lembre-se de que $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$

A substância que está disseminada em uma dispersão é chamada de disperso. Nos casos anteriores, os dispersos são, respectivamente, areia, pó de gelatina e sal. A substância que dissemina a outra em uma dispersão é chamada de dispersante, que nos três casos anteriores é a água.

Aliás, em questões de vestibular, são raros os casos em que o dispersante não é a água. Isso era de se esperar, já que a água é chamada de solvente universal e constitui um grande transportador de outras substâncias.

Reflitamos, agora, a respeito de tudo o que foi exposto:

- As suspensões e os sistemas coloidais são misturas heterogêneas, portanto apresentam descontinuidades. Isso torna o estudo desses sistemas extremamente mais complexo.
- Já as soluções verdadeiras (ou apenas soluções) são sistemas homogêneos, portanto contínuos. Isso torna o estudo desses sistemas bem mais simples e, ao mesmo tempo, importante.

Este capítulo se propõe a estudar as soluções verdadeiras, as quais, a partir de agora, chamaremos simplesmente de soluções.

Soluções

Soluções são misturas homogêneas

Nesse caso, disperso e dispersante passam a ser denominados especialmente de soluto e solvente, respectivamente. Para efeito de notação (a ser usado posteriormente neste capítulo), sempre que nos referirmos ao soluto utilizaremos índice 1, sempre que nos referirmos ao solvente, índice 2; já para a solução, não utilizaremos índice nenhum. Veja alguns exemplos:

- m_1 → massa do soluto
- M_2 → massa molar do solvente
- V → volume da solução
- n_2 → número de mols do solvente
- d → densidade da solução
- X_1 → fração molar do soluto

Agora que você já está familiarizado com essa notação, é preciso entender os diferentes tipos de solução. Para tanto, é preciso classificá-las. Na verdade, existem vários critérios de classificação, como estado físico (soluções sólidas, líquidas ou gasosas), tipo de soluto (iônico ou molecular) etc. Porém, uma dessas classificações é de extrema importância e se refere à proporção entre soluto e solvente.

Para entender melhor essa classificação, vamos analisar os dados referentes ao cloreto de sódio em água.

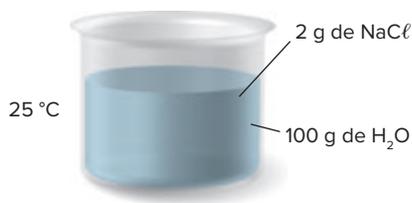
- 100 g de água dissolvem, no máximo, 36,5 g de NaCl a 25 °C.
- 100 g de água dissolvem, no máximo, 40 g de NaCl a 100 °C.

Observações: A essa altura, duas observações são importantes:

1. A solubilidade de uma substância em um dado solvente depende da temperatura do sistema.
2. Água e sal de cozinha (bem como outros sistemas similares) não constituem sempre sistemas homogêneos. Existe um limite de soluto que se pode dissolver em uma dada quantidade de solvente. Se se adiciona soluto acima dessa quantidade limite, existirá uma solução e um precipitado não dissolvido, que é chamado de corpo de chão ou corpo de fundo. A solução que está acima do corpo de chão é chamada de solução sobrenadante.

Vamos à classificação:

1º caso:

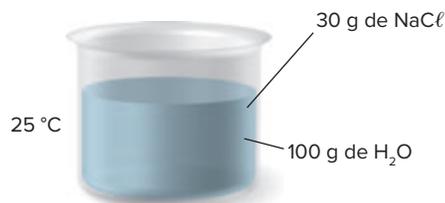


Solução diluída de sal em água.

Pelas informações dadas, a 25 °C e para essa quantidade de solvente, é possível dissolver até 36,5 g de NaCl. Todavia, a quantidade que se quer dissolver é de apenas 2 g. Essa quantidade de soluto comparada à quantidade

máxima é muito pequena. Com isso, o sistema será homogêneo, e o soluto se dissolverá com grande facilidade. Essa solução é chamada de **diluída**.

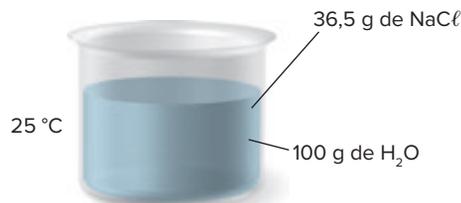
2º caso:



Solução concentrada de sal em água.

Nessa temperatura e para essa quantidade de solvente, a quantidade máxima de NaCl que pode ser dissolvida continua sendo 36,5 g. Como só se quer dissolver 30 g, o limite não foi atingido, e o sistema também será homogêneo. Todavia, a quantidade de soluto dissolvido está bastante próxima do limite, e a dissolução do sal levará mais tempo. Muitas pessoas acreditam que mexer o sistema com uma colher aumenta a solubilidade do soluto, mas isso não é verdade. É bom lembrar que o processo de dissolução é espontâneo e gradual. Mexer o sistema apenas vai acelerar esse processo, mas jamais o modificará. A verdade é que, se colocarmos açúcar no café, aquele se dissolverá espontaneamente, sem a necessidade da colher. Só se mexe o sistema para acelerar o processo e adoçar o café antes de ele esfriar. Se houver excesso de açúcar, o ato de mexer vai espalhá-lo, mas não o solubilizará, já que o excesso retornará ao fundo. A solução deste 2º caso é chamada de **concentrada**.

3º caso:

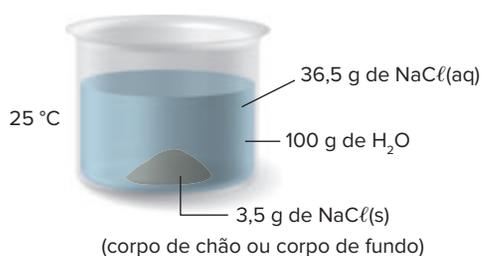


Solução saturada de sal em água.

Esse caso é muito especial. Para essa temperatura e essa quantidade de solvente, a quantidade máxima de sal que se pode dissolver ainda é de 36,5 g de NaCl. A quantidade de sal adicionada ao sistema é justamente essa. Com isso, atinge-se o limite de solubilidade. Esse sistema não seria capaz de dissolver mais 0,1 g de NaCl. Em caso de adição, o excesso iria para o fundo do béquer e seria chamado de corpo de fundo. Quando se atinge o limite, a solução é chamada de **saturada**, ou diz-se que atingiu o ponto de saturação.

4º caso:

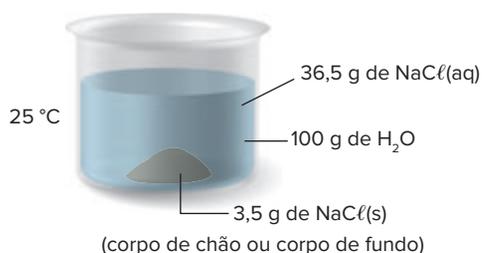
Nesse caso, a quantidade máxima de sal que se consegue solubilizar continua sendo 36,5 g. Porém, com a adição de 40 g de sal, o limite de solubilidade foi ultrapassado, e nem todo o sal se dissolverá. Ao contrário do caso anterior, esse sistema será heterogêneo e terá o seguinte aspecto:



Mistura heterogênea de sal em água.

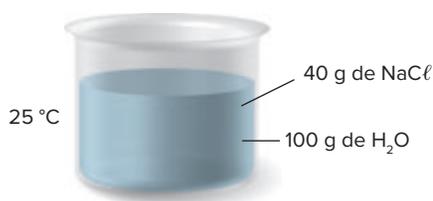
É importante salientar que a solução sobrenadante está dissolvendo a máxima quantidade de soluto possível. Portanto, ela é tão saturada quanto a solução do caso anterior. Porém, devido ao excesso, ela é chamada de solução **saturada com corpo de fundo**.

5º caso:



Solução precursora de uma solução supersaturada.

Até aqui, o caso é idêntico ao anterior. Todavia, vamos aquecer o sistema até a temperatura de 100 °C com um bico de Bunsen. Durante o aquecimento, a solubilidade do sal vai aumentando de forma gradativa, e o corpo de fundo vai desaparecendo lentamente. Isso ocorre porque, aquecendo-se o sistema, o sal que estava em excesso vai se solubilizando espontaneamente. Como a temperatura chegará a 100 °C, o corpo de fundo desaparecerá por completo. A solução que era saturada com corpo de fundo passa a ser apenas saturada. Após o aquecimento, deixa-se o sistema resfriar em completo repouso até a temperatura de 25 °C. Com isso, a solubilidade do sal volta a ser de 36,5 g. Porém, os 3,5 g de sal em excesso não precipitarão. Como essa solução está dissolvendo uma quantidade de sal acima do limite, ela é chamada de solução **supersaturada**.



Solução supersaturada.

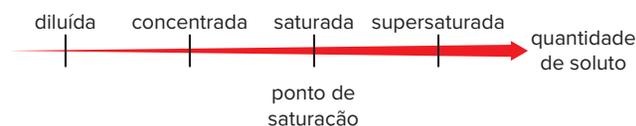
Contudo, esse tipo de solução é instável ao extremo já que, agitando-a, todo o sal em excesso se tornará corpo de fundo, instantaneamente. Outra maneira de transformar uma solução supersaturada em saturada com corpo de fundo é adicionar cristais do sal a essa solução. Esse procedimento perturba o sistema, e o sal em excesso também precipitará. Nesse caso, esses cristais são chamados de germens de cristalização. Como se pode perceber, cedo ou tarde, uma

solução supersaturada se transformará em saturada com corpo de fundo.

Em princípio, pode-se imaginar que este último caso não passa de um estudo teórico, sem ocorrências cotidianas. Alguns exemplos podem ilustrar a inveracidade desse pensamento. Veja:

- Nos dias de verão, é bastante comum vermos aviões deixando rastros de nuvem no céu. Algumas pessoas acreditam ser resultado da queima de combustível. Contudo, o ar atmosférico é uma grande solução, em que o soluto é o vapor de água e o solvente é o ar. Ao longo desses dias quentes, o vapor de água se acumula no ar, até praticamente saturá-lo. Com o cair da tarde, a temperatura diminui sensivelmente, tornando o ar supersaturado de água. Quando o avião passa por ele, perturba-o, tornando-o uma solução saturada com corpo de fundo. Portanto, saiba que rastros deixados por aviões são decorrências de o ar estar supersaturado.
- Outro efeito do caso anterior é quando um vento forte perturba esse ar supersaturado. Nesse caso, todo o excesso de água vai precipitar quase que instantaneamente, ocasionando uma chuva rápida e torrencial, chamada de chuva de verão.
- Muitas pessoas, ao fazer certos doces, precisam fazer caldas de açúcar com um pouco de água. Aquece-se o sistema até que ele atinja o “ponto de fio”, que é quando a calda não cai em gotas, mas escorre em um fio único. Deixa-se resfriar o sistema. Todavia, nunca se deve mexer esse preparado bruscamente, já que ele é uma solução supersaturada. Os cozinheiros sabem que o mexer pode “açucarar” o doce, o que, quimicamente, significa transformá-lo em solução saturada com corpo de fundo.

Na realidade, toda essa classificação gira em torno do ponto de saturação da solução, conforme esquema a seguir.



Classificação quanto à quantidade de soluto.

Coefficiente de solubilidade (C_s) e curvas de solubilidade

No item anterior, vimos que cada substância tem um ponto de saturação para uma dada quantidade de solvente e a uma dada temperatura.

O ponto de saturação de uma dada substância para 100 g de solvente é chamado de coeficiente de solubilidade e pode ser representado por C_s ou K_s . Portanto, “coeficiente de solubilidade é a quantidade de soluto que satura 100 g de solvente a uma dada temperatura”.

Matematicamente, sabemos que o C_s varia com a temperatura:

$$C_s = f(T)$$

Os problemas de C_s resolvem-se por regras de três. Veja dois exemplos nos exercícios a seguir.

Exercícios resolvidos

1. Quatro tubos contêm 20 mL de água cada um. Coloca-se nesses tubos dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) nas seguintes quantidades:

Tubo	Massa de $K_2Cr_2O_7$ (g)
A	1,0
B	3,0
C	5,0
D	7,0

A solubilidade do sal, a 20 °C, é igual a 12,5 g por 100 mL de água. Após agitação, em quais dos tubos coexistem, nessa temperatura, solução saturada e fase sólida?

Resolução:

A solubilidade do sal é dada por 12,5 g de $K_2Cr_2O_7$ /100 mL H_2O , na temperatura de 20 °C. Mas a quantidade de solvente em cada um dos tubos é de apenas 20 mL. Portanto, a quantidade máxima desse sal que se dissolve em cada um dos quatro tubos é dada pela seguinte regra de três:

$$\begin{array}{l} 12,5 \text{ g } K_2Cr_2O_7 \text{ ——— } 100 \text{ mL } H_2O \\ x \text{ ——— } 20 \text{ mL } H_2O \end{array}$$

$$x = 2,5 K_2Cr_2O_7$$

Isso significa que o ponto de saturação nos tubos A, B, C e D é de 2,5 g do sal. Adicionar uma quantidade de soluto superior a essa significa obter uma solução saturada com corpo de fundo, como quer o enunciado. Os tubos que apresentam uma quantidade de soluto superior a essa são B, C e D.

2. A 30 °C, a solubilidade do nitrato de prata em água é de 3000 g por quilograma de água. Adiciona-se, a 30 °C, 2000 g desse sal a 500 g de água, agita-se vigorosamente e, depois, filtra-se. Qual é a massa da solução saturada obtida?

Resolução:

A solubilidade é de:

$$3000 \text{ g } AgNO_3 / 1000 \text{ g } H_2O$$

Contudo, o sistema só apresentará 500 g H_2O . Com isso, solubilizar-se-á uma quantidade de $AgNO_3$ dada pela seguinte regra de três:

$$\begin{array}{l} 3000 \text{ g } AgNO_3 \text{ ——— } 1000 \text{ g } H_2O \\ x \text{ ——— } 500 \text{ g } H_2O \end{array}$$

$$x = 1500 \text{ g de } AgNO_3$$

Todo o excesso não solubilizado ficará retido no filtro, e o que passar por ele constituirá a solução saturada. Como se adicionou 2000 g de $AgNO_3$ e 1500 g do sal vão se solubilizar, 500 g ficarão retidos no filtro.

A massa total da solução obtida é dada por:

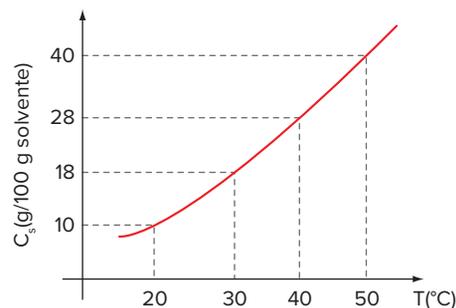
$$m = m_1 + m_2 \Rightarrow m = 1500 \text{ g} + 500 \text{ g}$$

$$m = 2000 \text{ g}$$

Pensemos, agora, no seguinte problema prático: existem mais de 5 milhões de substâncias catalogadas, entre orgânicas e inorgânicas. Cada uma apresenta um leque de coeficientes de solubilidade a cada faixa de temperatura (que pode compreender o intervalo de 0 °C a 100 °C, de grau em grau). Um livro do tipo *handbook* com esses coeficientes de solubilidade teria certamente mais de 100 mil páginas, o que torna o seu manuseio impossível. A solução para esse problema foi plotar em gráficos os valores dos coeficientes de solubilidade em função da temperatura. As curvas obtidas para cada soluto são chamadas de curvas de solubilidade. Matematicamente, são curvas do tipo $C_s \times T$.

Vamos analisar suas particularidades passo a passo:

- I. Seja uma curva de solubilidade de uma dada substância x , como mostrado a seguir.

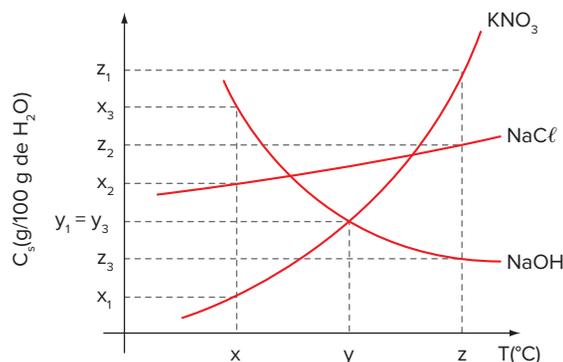


Do gráfico, podemos extrair observações importantes:

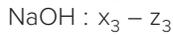
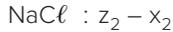
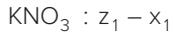
- A 20 °C, $(C_s)_x = 10 \text{ g/100 g}$ de solvente, ou seja, nesta temperatura, a quantidade máxima de x que pode ser dissolvida por 100 g de solvente é de 10 g.
- A 30 °C, $(C_s)_x = 18 \text{ g/100 g}$ de solvente.
- A 40 °C, $(C_s)_x = 28 \text{ g/100 g}$ de solvente.
- A 50 °C, $(C_s)_x = 40 \text{ g/100 g}$ de solvente.

Pode-se perceber que os coeficientes de solubilidade de substâncias podem ser extraídos das curvas de solubilidade, em uma faixa de temperatura.

- I. Tomando outras curvas de solubilidade, como a do KNO_3 , $NaCl$ e $NaOH$ em água, podemos fazer outras afirmações. Veja as curvas:



Observe que, dentre as substâncias, a mais sensível à variação de temperatura quanto à solubilidade é o KNO_3 . Para uma variação de temperatura ($z - x$), as variações de solubilidade das substâncias são:



Como $(z_1 - x_1) > (x_3 - z_3) > (z_2 - x_2)$, a maior variação de solubilidade é a do KNO_3 , enquanto a menor é a do NaCl . Portanto, o NaCl é o menos sensível à variação de temperatura. Com isso, podemos concluir que quanto mais próxima da vertical for a curva de solubilidade, mais sensível é a substância à variação de temperatura.

Outra pergunta frequente é: Qual das três substâncias é a mais solúvel em água? Depende da temperatura. Na temperatura x , o maior C_s é o do NaOH , que nesse caso é a substância mais solúvel. Na temperatura y , a mais solúvel é o NaCl e, na temperatura z , é o KNO_3 .

Note ainda que tanto o KNO_3 quanto o NaCl têm suas solubilidades aumentadas com a elevação de temperatura. Todavia, o NaOH é tanto mais solúvel quanto mais baixa for a temperatura. Isso ocorre porque, nos processos de dissolução, há troca de calor com o meio externo. As dissoluções podem liberar ou absorver calor e são chamadas, respectivamente, de dissolução exotérmica e endotérmica. Para aumentar a solubilidade do KNO_3 e do NaCl , basta aquecê-los, ou seja, fornecer-lhes calor. Logo, a dissolução desses sais absorve calor e é, portanto, endotérmica. No caso do NaOH , é preciso retirar calor do mesmo para aumentar a sua solubilidade. Logo, a sua dissolução libera calor e é, portanto, exotérmica.

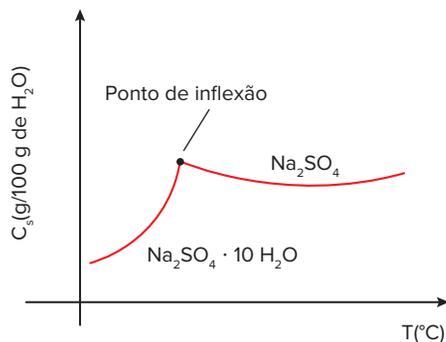
Atenção

Esquemáticamente:

Se $C_s \times T$ for crescente \Rightarrow dissolução endotérmica.

Se $C_s \times T$ for decrescente \Rightarrow dissolução exotérmica.

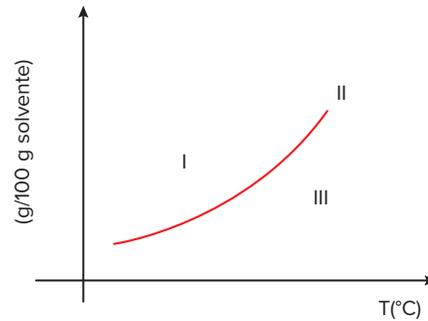
Ainda há um caso especial a ser analisado. Veja as seguintes curvas de solubilidade:



O que parece uma única curva na realidade são duas distintas: uma para o $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ e outra para o Na_2SO_4 . A união das duas é contínua, mas há um ponto em que o gráfico sofre um desvio brusco. Esse ponto é chamado de ponto de inflexão. Abaixo da temperatura típica do ponto de inflexão, a forma mais estável do sal é a hidratada. Em temperaturas maiores do que essa, é a desidratada.

O ponto de inflexão, quimicamente, representa a desidratação (em caso de aquecimento) ou hidratação (em caso de resfriamento) de um sal.

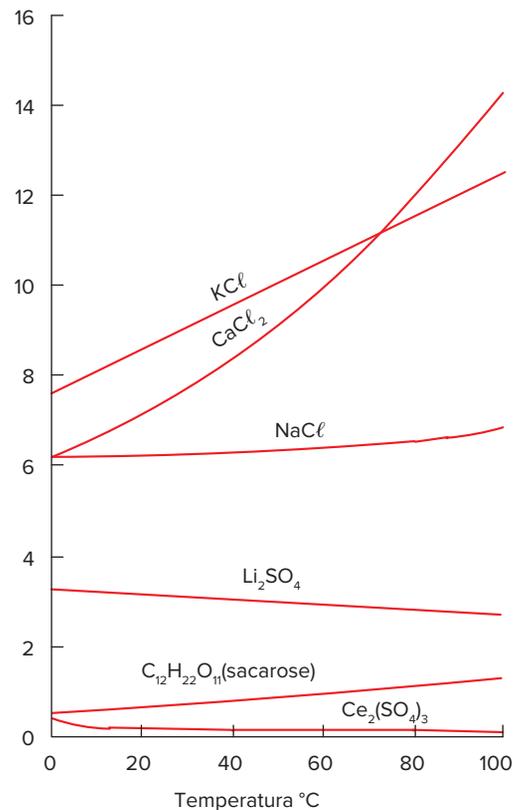
Resumindo:



Regiões típicas em curvas de solubilidade.

- **Região I** – há mais soluto dissolvido que a quantidade máxima. Nesse caso, a região I é de soluções instáveis e supersaturadas.
- **Curva II** – pontos em que a solução é saturada, podendo ou não ter corpo de fundo.
- **Região III** – há menos soluto dissolvido que a quantidade máxima. Nesse caso, as soluções são insaturadas (podendo ser diluídas ou concentradas).

Agora, analise as curvas de solubilidade reais mostradas no gráfico a seguir. Procure rever aqui os aspectos já estudados sobre essas curvas.



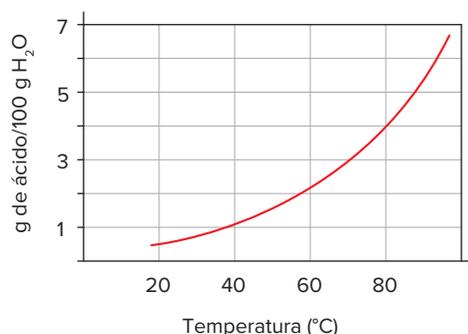
Mudança de solubilidade com a temperatura.

Os exercícios que envolvem curvas de solubilidade também são resolvidos por regra de três. Veja os dois exemplos a seguir.

Exercícios resolvidos

3. A recristalização consiste em dissolver uma substância a uma dada temperatura, no menor volume de solvente possível, e em seguida resfriar a solução, obtendo-se cristais da substância.

Amostra	Temperatura de dissolução (°C)	Temperatura de recristalização (°C)
1	90	20
2	60	30



Duas amostras de ácido benzoico, de 25,0 g cada, foram recristalizadas em água segundo este procedimento, a seguir.

- Calcule a quantidade de água necessária para a dissolução de cada amostra.
- Qual das amostras permitiu obter maior quantidade de cristais da substância? Explique.

► **Dados:** curva de solubilidade do ácido benzoico em água (massa em gramas de ácido benzoico que se dissolve em 100 g de água, em cada temperatura).

Resolução:

- a) As amostras 1 e 2 têm ambas 25 g de ácido benzoico, mas a primeira amostra é dissolvida a 90 °C. Da curva de solubilidade, temos:

$$(90\text{ °C})\ C_s = 5\text{ g de ácido}/100\text{ g de H}_2\text{O}.$$

$$\text{25 g de ácido} \quad \text{—} \quad x_1$$

$$x_1 = 500\text{ g de H}_2\text{O para a amostra 1.}$$

Para a amostra 2, a temperatura de dissolução é de 60 °C, e o coeficiente de solubilidade a essa temperatura é:

(60 °C): $C_s = 2,5\text{ g de ácido}/100\text{ g de H}_2\text{O}$. Como temos 25 g de ácido, a massa de água necessária é dada por:

$$2,5\text{ g de ácido} \quad \text{—} \quad 100\text{ g de H}_2\text{O}$$

$$25\text{ g de ácido} \quad \text{—} \quad x_2$$

$$x_2 = 1\ 000\text{ g de H}_2\text{O para a amostra 2.}$$

- b) Para a amostra 1, a temperatura de recristalização é de 20 °C, em que $C_s = 0,5\text{ g de ácido}/100\text{ g de H}_2\text{O}$. Como a amostra 1 contém 500 g de água, a quantidade de ácido solubilizada é dada por:

$$0,5\text{ g de ácido} \quad \text{—} \quad 100\text{ g de H}_2\text{O}$$

$$y_1 \quad \text{—} \quad 500\text{ g de H}_2\text{O}$$

$$y_1 = 2,5\text{ g de ácido dissolvido}$$

Logo, a quantidade de sal recristalizado é dada por $z_1 = 25\text{ g} - y_1 \Rightarrow z_1 = 22,5\text{ g de ácido recristalizado}$.

Para a amostra 2, a temperatura de recristalização é de 30 °C, em que $C_s = 0,8\text{ g de ácido}/100\text{ g de H}_2\text{O}$. Como a amostra 2 contém 1 000 g de H_2O , a quantidade de ácido solubilizada é dada por:

$$0,8\text{ g de ácido} \quad \text{—} \quad 100\text{ g H}_2\text{O}$$

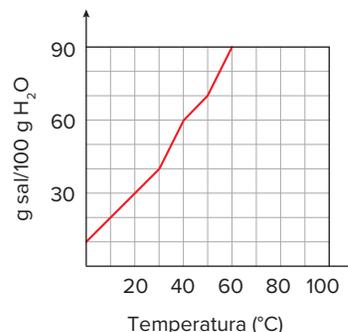
$$y_2 \quad \text{—} \quad 1\ 000\text{ g H}_2\text{O}$$

$$y_2 = 8\text{ g de ácido dissolvido.}$$

Logo, a quantidade de sal recristalizado é dada por $z_2 = 25\text{ g} - y_2 \Rightarrow z_2 = 17\text{ g de ácido recristalizado}$.

Portanto, obtém-se mais sal recristalizado na amostra 1.

4. A curva de solubilidade de um sal hipotético está representada abaixo.



A quantidade de água necessária para dissolver 30 g do sal a 35 °C é, em gramas:

Resolução:

A 35 °C, $C_s = 50\text{ g de sal}/100\text{ g de H}_2\text{O}$. Como temos 30 g de sal, a quantidade de água necessária é dada por:

$$50\text{ g de sal} \quad \text{—} \quad 100\text{ g de H}_2\text{O}$$

$$30\text{ g de sal} \quad \text{—} \quad x$$

$$x = 60\text{ g de H}_2\text{O}$$

Tipos de concentração de soluções

Até aqui, sempre mencionamos as palavras concentrada ou diluída para nos referirmos à proporção entre soluto e solvente de uma dada solução. Entretanto, se solicitarmos a 100 pessoas que façam uma solução diluída de sal de cozinha em água, a probabilidade de aparecerem duas iguais é mínima (ou quase nula). Isso porque as palavras concentrada e diluída são termos muito vagos. No entanto, se solicitarmos a essas mesmas 100 pessoas que façam uma solução de 10 g de NaCl para cada litro de

água, todas as soluções serão idênticas. Em Química, os números são fundamentais na medida da concentração de substâncias. Para exemplificar melhor, tomemos o caso de um medicamento genérico x. Se definirmos que cada cápsula conterà uma pitada do componente ativo, cada comprimido do vidro vai agir de uma maneira diferente, podendo não fazer efeito algum ou até mesmo matar o paciente por overdose.

É por essas razões que os químicos definem diversos tipos de concentração de solução. Alguns são largamente usados (como molaridade), e outros nem tanto. Aqui, estudaremos os seguintes tipos:

- Concentração comum (C)
- Concentração em quantidade de matéria (m)
- Porcentagem em massa (ou volume) ou título (τ)
- Frações molares do soluto e do solvente (X_1 e X_2)
- Molalidade (W)

Concentração comum

Concentração comum é a quantidade de soluto, em gramas, para cada litro de solução.

Essa definição pode ser expressa matematicamente por:

$$C = \frac{m_1}{V_{(l)}}$$

Como se vê, a unidade de concentração comum é g/L.

! Atenção

Geralmente, o enunciado dos problemas que envolvem concentração comum traz o volume em mL, que você obrigatoriamente deve converter para litro.

Aqui, é importante discutirmos duas importantes observações a respeito de concentração comum que valem para todas as outras unidades de medida de concentração.

- Seja uma solução cuja massa do soluto é m_1 e seu volume em litros é V , como mostra o desenho a seguir.

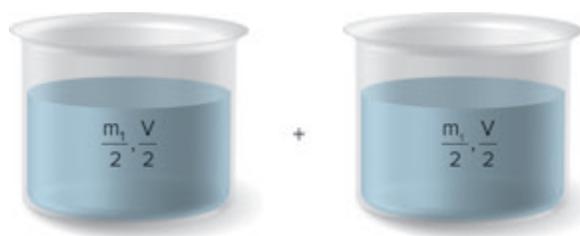


A concentração comum dessa solução é dada por:

$$C = \frac{m_1}{V_{(l)}}$$

Se dividirmos essa solução em 2 partes iguais, cada uma delas conterà um volume $\frac{V}{2}$. Como a solução é uma mistura homogênea (e, portanto, o soluto se distribui uniformemente

pelo solvente), cada metade do volume V terá dissolvido a metade da massa m_1 . Logo, teremos a seguinte situação:



A concentração comum de cada uma dessas soluções é dada por:

$$C = \frac{\frac{m_1}{2}}{\frac{V}{2}} = \frac{m_1}{V}$$

Como se pode perceber, a concentração comum das partes de uma solução é a própria concentração da solução. Mas será que só vale para quando uma solução é dividida pela metade? Não. Vale para qualquer parte de uma solução. Se separarmos a n ésima parte dela, seu volume será $\frac{V}{n}$, e sua massa de soluto, $\frac{m_1}{n}$.

Portanto:

$$C = \frac{\frac{m_1}{n}}{\frac{V}{n}} = \frac{m_1}{V}$$

Logo, a concentração de qualquer parte extraída de uma solução é a própria concentração da solução, seja ela comum, seja em quantidade de matéria, título, frações molares ou molalidade.

- Muitas pessoas confundem o volume da solução com o volume do solvente. Apesar de serem aproximadamente iguais em alguns casos, não podemos ignorar essa pequena diferença. A verdade é que, para ter 1 L de solução, não devemos colocar, na sua preparação, 1 L de solvente. Isso ocorre porque o soluto, mesmo dissolvido, aumenta ligeiramente o valor do volume da solução.

A pergunta neste momento deve ser: Qual quantidade (em volume) de solvente deve ser adicionada ao soluto para que o volume da solução seja 1 L?

Na teoria, é impossível precisar, mas certamente esse volume deve ser de um pouco menos de 1 L (o soluto completará o que falta perfazer o volume total da solução). Na prática, entretanto, o procedimento é bastante simples: coloca-se a quantidade de solução que se quer em um balão volumétrico com a marcação de 1 L. Adiciona-se solvente suficiente para dissolver todo o soluto e, finalmente, completa-se com mais solvente, até que o volume da solução atinja a marca indicada.

Podemos precisar melhor esse fato: suponha que se queira preparar uma solução de 70 g/L. Inicialmente, colocamos os 70 gramas do soluto em um balão volumétrico. Adiciona-se água e agita-se o balão até a dissolução completa do soluto. Como último passo, adiciona-se água até que o volume total da solução seja 1 L.

Se adicionarmos 1 L de solvente puro ao soluto, a solução resultante terá um pouco mais de 1 L; portanto, a sua concentração comum será um pouco menor do que 70 g/L.

Concentração em quantidade de matéria

A concentração em quantidade de matéria é aquela que indica a quantidade de soluto, em mols, em cada litro de solução.

Observação: Alguns vestibulares costumam apresentar a concentração em quantidade de matéria como molaridade ou concentração molar.

Essa definição pode ser expressa matematicamente por:

$$\eta_l = \frac{n_1}{V_{(L)}}$$

Como $n_1 = \frac{m_1}{M_1}$ temos: $\eta_l = \frac{m_1}{M_1 V_{(L)}}$

A unidade de concentração em quantidade de matéria é mol/L, mas ainda pode aparecer a palavra molar, cujo símbolo é M. Todavia, utiliza-se atualmente, com preferência, mol/L.

As observações feitas para concentração comum também são válidas para concentração molar.

Título ou porcentagem em massa

Título é a quantidade de soluto, em gramas, para cada grama de solução.

Essa definição pode ser expressa matematicamente por:

$$\tau = \frac{m_1}{m}$$

Como $m = m_1 + m_2$, temos: $\tau = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$

Como podemos perceber, a unidade do numerador é grama, bem como a do denominador. Portanto:

$$\tau = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \rightarrow \frac{g}{g}$$

Título é uma grandeza adimensional, como o coeficiente de atrito, da mecânica.

Além disso, note que $(m_1 + m_2) > m_1$, ou seja, o numerador é sempre menor do que o denominador. Quando isso ocorre, a fração é menor do que 1. Logo:

$$0 < \tau < 1$$

Os valores de título podem ser expressos em porcentagem (partes por cem). Veja alguns exemplos:

$$\tau = 0,18 \text{ ou } 18\% \qquad \tau = 0,20 \text{ ou } 20\%$$

$$\tau = 0,38 \text{ ou } 38\% \qquad \tau = 0,32 \text{ ou } 32\%$$

! Atenção

Quando for utilizar o título em problemas numéricos, jamais o faça em porcentagem. Apenas o utilize como número adimensional.

Porém, algumas concentrações podem ser expressas em números bem pequenos, mesmo em porcentagem. Para contornar esse problema, em vez de usar partes por cem (porcentagem), usamos partes por bilhão, cujo símbolo é ppb. Veja como manuseá-lo.

$$\tau = 26 \cdot 10^{-8}\% \text{ ou } 2,6 \text{ ppb}$$

$$\tau = 8,3 \cdot 10^{-7}\% \text{ ou } 8,3 \text{ ppb}$$

$$\tau = 240 \cdot 10^{-10}\% \text{ ou } 0,24 \text{ ppb}$$

! Atenção

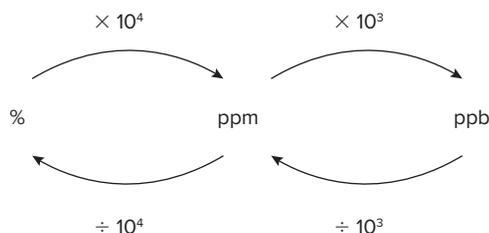
Lembre-se de que ppb = 10^{-9} , assim como % = 10^{-2} .

Ainda podemos ter partes por milhão, cujo símbolo é ppm e matematicamente vale 10^{-6} . Veja:

$$\tau = 0,080 \cdot 10^{-4} \text{ ou } 8 \cdot 10^{-6} \text{ (8 ppm)}$$

$$\tau = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ ou } 24 \text{ ppm}$$

Agora, parece óbvio que podemos transformar as várias formas de expressar título:



Frações molares

Fração molar (fração em quantidade de matéria) do soluto (X_1) é a quantidade de soluto, expressa em mols, para cada mol de solução.

Fração molar (fração em quantidade de matéria) do solvente (X_2) é a quantidade de solvente, expressa em mols, para cada mol de solução.

Essas definições podem ser expressas matematicamente por:

$$X_1 = \frac{n_1}{n}$$

$$X_2 = \frac{n_2}{n}$$

Em ambas as expressões, tanto X_1 como X_2 têm como unidades mol/mol, portanto são números adimensionais, como título.

Além disso, temos:

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1}, n_2 = \frac{m_2}{M_2} \text{ e } n_1 + n_2 = n$$

Com isso:

$$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \text{ e } X_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

Como, em ambos os casos, o numerador é menor do que o denominador, então X_1 e X_2 são números menores do que 1. Além disso, calculado X_1 ou X_2 , não é preciso muito trabalho para calcular a outra fração molar, já que $X_1 + X_2 = 1$. Podemos provar esse resultado matematicamente. Veja:

$$X_1 + X_2 = \frac{n_1}{n} + \frac{n_2}{n} = \frac{n_1 + n_2}{n} = \frac{n}{n} = 1 \text{ c.q.d.}$$

Molalidade

Molalidade é a quantidade de soluto, em mols, para cada quilograma de solvente.

Essa definição pode ser expressa matematicamente por:

$$W = \frac{n_1}{m_{2(\text{kg})}}$$

A unidade de molalidade é dada por mol/kg. Porém, mol/kg recebe o nome de molal, sem abreviatura.

Contudo, os problemas de vestibular costumam dar a massa do solvente em gramas. Para evitar complicações, podemos dizer que:

$$m_{2(\text{kg})} = \frac{m_{2(\text{g})}}{1000}$$

Como $n_1 = \frac{m_1}{M_1}$, temos:

$$W = \frac{m_1}{M_1 \cdot \frac{m_2}{1000}} \Rightarrow W = \frac{1000 m_1}{M_1 \cdot m_2},$$

em que todas as massas são dadas em gramas.

Relação entre as unidades

As cinco unidades de medida de concentração relacionam-se entre si. Veja as relações:

- $C = \frac{m_1}{V_{(L)}} \quad (I)$
- $\eta = \frac{m_1}{M_1 V_{(L)}} \Rightarrow \frac{m_1}{V_{(L)}} = \eta \cdot M_1 \quad (II)$

Substituindo I em II, temos: $C = \eta \cdot M_1$

- $C = \frac{m_1}{V_{(L)}} = \frac{m_1}{m} \cdot \frac{m}{V_{(L)}}$

Contudo, $V_{(mL)} = V_{(L)} \cdot 1000$

Portanto, sabendo-se que:

$$\frac{m_1}{m} = \tau, \frac{m}{V_{(mL)}} \cdot 1000 = d_{(g/mL)} \text{ e, como}$$

$$\frac{m}{V_{(mL)}} = d_{(g/mL)}, \text{ temos } C = 1000 d_{(g/mL)} \tau$$

- $W = \frac{1000 m_1}{M_1 m_2} \quad (I)$

$$\eta = \frac{m_1}{M_1 V_{(L)}} \Rightarrow \frac{m_1}{M_1} = \eta \cdot V_{(L)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{m_1}{M_1} = \frac{\eta \cdot V_{(mL)}}{1000} \quad (II)$$

$$d_{(g/mL)} = \frac{m}{V_{(mL)}} \Rightarrow V_{(mL)} = \frac{m}{d_{(g/mL)}} \quad (III)$$

De (III) em (II), temos:

$$\frac{m_1}{M_1} = \frac{\eta}{1000} \cdot \frac{m}{d} \quad (IV)$$

De (IV) em (I), temos:

$$W = \frac{1000}{m_2} \cdot \frac{\eta}{1000} \cdot \frac{m}{d} \quad (V)$$

Mas $\frac{m_1}{m} + \frac{m_2}{m} = 1$. Como $\frac{m_1}{m} = \tau$, temos

$$\tau + \frac{m_2}{m} = 1 \Rightarrow \frac{m_2}{m} = 1 - \tau \Rightarrow \frac{m}{m_2} = \frac{1}{1 - \tau} \quad (VI)$$

De (VI) em (V), temos:

$$W = \frac{\eta}{d_{(g/mL)}} \cdot \frac{1}{(1 - \tau)}$$

Resumindo, segundo a seguinte tabela, de unidades de concentração, temos:

Nome	Símbolo	Fórmula	Unidade
Concentração comum	C	$C = \frac{m_1}{V_{(L)}}$	g/L
Concentração em quantidade de matéria	η	$\eta = \frac{m_1}{M_1 V_{(L)}}$	mol/L
Título em massa	τ_m	$\tau_m = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$	Adimensional
Título em volume	τ_v	$\tau_v = \frac{V_1}{V_1 + V_2}$	Adimensional
Fração molar do soluto	X_1	$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$	Adimensional
Fração molar do solvente	X_2	$X_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$	Adimensional
Molalidade	W	$W = \frac{1000 m_1}{M_1 m_2}$	Molal

Unidades de medida de concentração.

$$C = \eta M_1 = 1000 d \tau \text{ e } W = \frac{\eta}{d} \cdot \frac{1}{(1 - \tau)}$$

Agora, nossa tarefa é aprender a manusear essas unidades por meio dos seguintes exercícios:

Exercícios resolvidos

5. Qual é a concentração comum de uma solução de 300 mL com 60 g de soluto?

Resolução:

$$C = ?$$

$$m_1 = 60 \text{ g}$$

$$V = 300 \text{ mL} = 0,3 \text{ L}$$

$$C = \frac{m_1}{V_{(L)}} \Rightarrow C = \frac{60 \text{ g}}{0,3 \text{ L}} = 200 \text{ g/L}$$

Não se esqueça de que o volume deve ser transformado em litros.

6. Seja uma solução aquosa de Na_2SO_4 com 500 mL e massa de soluto de 71 g. Pede-se:

- Qual é a concentração em quantidade de matéria em relação ao Na_2SO_4 ?
- Qual é a concentração em quantidade de matéria em relação aos seus íons?

► **Dados:** Na = 23; S = 32; O = 16.

Resolução:

a) $m_1 = 71 \text{ g}$

$$M_1 = 142 \text{ g/mol}$$

$$V = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$$

$$m = \frac{m_1}{M_1 \cdot V_{(L)}} \Rightarrow m = \frac{71 \text{ g}}{142 \text{ g/mol} \cdot 0,5 \text{ L}} = 1 \text{ mol/L}$$

- b) Quando perguntam a respeito da molaridade dos íons de um eletrólito, deve-se fazer a sua dissociação (ou ionização). A partir da equação obtida, a proporção dos coeficientes estequiométricos é a mesma das molaridades das espécies químicas envolvidas, de acordo com o cálculo estequiométrico. Veja:



$$1 \text{ mol} : 2 \text{ mol} : 1 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol/L} : 2 \text{ mol/L} : 1 \text{ mol/L}$$

Portanto:

$$m_{\text{Na}^+} = 2 \text{ mol/L} \text{ e } m_{\text{SO}_4^{2-}} = 1 \text{ mol/L}$$

Observe outros casos semelhantes, mostrados a seguir:

- Se $m_{\text{K}_3\text{PO}_4} = 2 \text{ mol/L}$, temos:



$$1 \text{ mol} : 3 \text{ mol} : 1 \text{ mol}$$

$$2 \text{ mol} : 6 \text{ mol/L} : 2 \text{ mol/L}$$

Logo:

$$m_{\text{K}^+} = 6 \text{ mol/L} \text{ e } m_{\text{PO}_4^{3-}} = 2 \text{ mol/L}$$

- Se $m_{\text{Pb}(\text{NO}_3)_2} = 0,25 \text{ mol/L}$, temos:



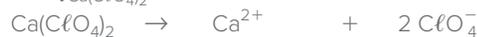
$$1 \text{ mol} : 1 \text{ mol} : 2 \text{ mol}$$

$$0,25 \text{ mol/L} : 0,25 \text{ mol/L} : 0,5 \text{ mol/L}$$

Portanto:

$$m_{\text{Pb}^{2+}} = 0,25 \text{ mol/L} \text{ e } m_{\text{NO}_3^-} = 0,5 \text{ mol/L}$$

- Se $m_{\text{Ca}(\text{ClO}_4)_2} = 0,5 \text{ mol/L}$, então:



$$1 \text{ mol} : 1 \text{ mol} : 2 \text{ mol}$$

$$0,5 \text{ mol/L} : 0,5 \text{ mol/L} : 1 \text{ mol/L}$$

Logo:

$$m_{\text{Ca}^{2+}} = 0,5 \text{ mol/L} \text{ e } m_{\text{ClO}_4^-} = 1 \text{ mol/L}$$

7. Uma solução a 30% em massa possui 60 g de soluto. Qual é a massa de solvente?

Resolução:

$$\tau = 30\% = 0,30$$

$$m_1 = 60 \text{ g}$$

$$m_2 = ?$$

$$\tau = \frac{m_1}{m} \Rightarrow 0,30 = \frac{60 \text{ g}}{m} \Rightarrow m = 200 \text{ g}$$

$$\text{Como } m = m_1 + m_2 \Rightarrow 200 \text{ g} = 60 \text{ g} + m_2$$

$$m_2 = 140 \text{ g}$$

8. Calcule as frações molares do soluto e do solvente de uma solução com 90 g de $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ em 180 g de H_2O .

► **Dados:** C = 12; H = 1; O = 16.

Resolução:

$$\left. \begin{array}{l} m_1 = 90 \text{ g} \\ M_1 = 180 \text{ g/mol} \end{array} \right\} n_1 = \frac{m_1}{M_1} \Rightarrow n_1 = \frac{90 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} \Rightarrow n_1 = 0,5 \text{ mol}$$

$$\left. \begin{array}{l} m_2 = 180 \text{ g} \\ M_2 = 18 \text{ g/mol} \end{array} \right\} n_2 = \frac{m_2}{M_2} \Rightarrow n_2 = \frac{180 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} \Rightarrow n_2 = 10 \text{ mol}$$

$$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \Rightarrow X_1 = \frac{0,5 \text{ mol}}{0,5 \text{ mol} + 10 \text{ mol}} \Rightarrow X_1 = 0,048$$

$$X_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \Rightarrow X_2 = \frac{10 \text{ mol}}{0,5 \text{ mol} + 10 \text{ mol}} \Rightarrow X_2 = 0,952$$

Observe que $X_1 + X_2 = 1$

9. Qual é a molalidade de uma solução aquosa com 50 g de CaCO_3 em 500 g de H_2O ?

► **Dados:** Ca = 40; C = 12; O = 16.

Resolução:

$$m_1 = 50 \text{ g}$$

$$M_1 = 100 \text{ g/mol}$$

$$m_2 = 500 \text{ g}$$

$$W = \frac{1000 m_1}{M_1 m_2} \Rightarrow W = \frac{1000 \cdot 50 \text{ g}}{100 \text{ g/mol} \cdot 500 \text{ g}} \Rightarrow W = 1 \text{ molal}$$

10. Seja uma solução aquosa de NaCl 117 g/L, com densidade de $1,10 \text{ g/cm}^3$. Pede-se:

► **Dados:** Na = 23; Cl = 35,5.

- Qual é sua concentração em quantidade de matéria?
- Qual é seu título em massa?
- Quais são suas frações molares?
- Qual é sua molalidade?

Resolução:

$$\text{a) } C = m \cdot M_1 \Rightarrow 117 \text{ g/L} = m \cdot 58,5 \text{ g/mol} \Rightarrow m = 2 \text{ mol/L}$$

$$\text{b) } C = 1000 d\tau \Rightarrow 117 \text{ g/L} = 1000 \cdot 1,10 \text{ g/cm}^3 \cdot \tau \Rightarrow \tau \approx 0,106 \text{ ou } 10,6\%$$

$$\text{c) } \tau = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \Rightarrow 0,106 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \Rightarrow 0,106 m_1 + 0,106 m_2 = m_1 \Rightarrow 0,894 m_1 = 0,106 m_2 \Rightarrow m_2 = 8,43 m_1$$

$$\text{Mas } X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \Rightarrow X_1 = \frac{\frac{m_1}{M_1}}{\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X_1 = \frac{\frac{58,5 \text{ g/mol}}{m_1}}{\frac{58,5 \text{ g/mol}}{m_1} + \frac{8,43 m_1}{18 \text{ g/mol}}} \Rightarrow X_1 = \frac{0,0171}{0,0171 + 0,467} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X_1 = \frac{0,0171}{0,484} \Rightarrow X_1 = 0,035$$

$$\text{Como } X_1 + X_2 = 1 \Rightarrow X_2 = 1 - 0,035 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X_2 = 0,965$$

$$\text{d) } W = \frac{m}{d} \cdot \frac{1}{(1-\tau)} \Rightarrow W = \frac{2}{1,10 \text{ g/cm}^3} \cdot \frac{1}{(1-0,106)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow W = 2,03 \text{ molal}$$

Atenção

É importante salientar que, para qualquer solução, basta saber sua densidade e outra unidade qualquer de concentração para que se possa calcular todas as restantes, como mostra o exemplo anterior.

11. Calcule a molalidade de uma solução aquosa 0,1 mol/L de NaOH, com densidade de 1,05 g/cm³.

► Dados: Na = 23; O = 16; H = 1.

Resolução:

Sabemos que $W = \frac{m}{d} \cdot \frac{1}{(1-\tau)}$. Só nos falta o título da

solução, que pode ser calculado por:

$$m \cdot M_1 = 1000 \cdot d \cdot \tau$$

Substituindo, temos:

$$0,1 \text{ mol/L} \cdot 40 \text{ g/mol} = 1000 \cdot 1,05 \text{ g/cm}^3 \cdot \tau \Rightarrow \tau \approx 0,0039.$$

Com isso:

$$W = \frac{0,1 \text{ mol/L}}{1,05 \text{ g/cm}^3} \cdot \frac{1}{(1-0,0039)} \Rightarrow$$

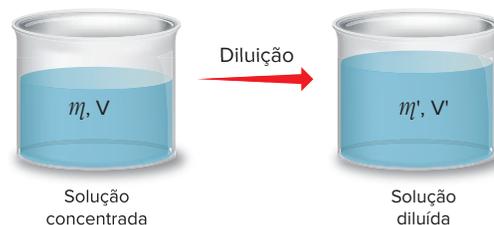
$$\Rightarrow W = \frac{0,1 \text{ mol/L}}{1,05 \text{ g/cm}^3 \cdot 0,9961} \Rightarrow W = 0,0956 \text{ molal}$$

Observação: Note que, nesse caso, $W \approx m$, e isso ocorre sempre que a concentração da solução é baixa. Fazendo uma análise mais apurada, quando a concentração é baixa, $\tau \approx 0$, $d \approx 1$ (em solução aquosa).

Agora, faremos uma análise de três procedimentos importantes que envolvem soluções: a diluição, a mistura e a titulação de soluções.

Diluição de soluções

Diluir é acrescentar solvente. Toda vez que se realiza esse procedimento, a concentração (qualquer que seja ela) diminui, já que a massa do solvente e o volume da solução aumentam. Toda a solução do problema reside no fato de a quantidade de soluto permanecer constante durante esse procedimento, tanto em gramas quanto em mols. Para modelarmos matematicamente o problema, analise o esquema a seguir.



Modelo de uma diluição de soluções.

Primeiro, vamos seguir a intuição:

- A solução mais concentrada é a que possui maior concentração em quantidade de matéria ($m > m'$)
- A solução diluída possui o maior volume ($V' > V$)

Como a quantidade de soluto se mantém constante, temos:

$$n_1 = n'_1. \text{ Mas } \begin{cases} m = \frac{n_1}{V_{(L)}} \Rightarrow n_1 = mV_{(L)} \\ m' = \frac{n'_1}{V'_{(L)}} \Rightarrow n'_1 = m'V'_{(L)} \end{cases}$$

Então: $mV_{(L)} = m'V'_{(L)}$. Note que, nesse caso, nada impede que você escolha outra unidade qualquer para o volume, pois elas vão se cancelar.

Exercícios resolvidos

12. Deduza as fórmulas de diluição de soluções para C , τ e W .

Resolução:

Como $n_1 = n'_1$ e $m_1 = m'_1$, temos:

$$\begin{cases} C = \frac{m_1}{V} \Rightarrow m_1 = CV \\ C' = \frac{m'_1}{V'} \Rightarrow m'_1 = C'V' \end{cases} \Rightarrow CV = C'V'$$

$$\begin{cases} \tau = \frac{m_1}{m} \Rightarrow m_1 = \tau m \\ \tau' = \frac{m'_1}{m'} \Rightarrow m'_1 = \tau' m' \end{cases} \Rightarrow \tau m = \tau' m'$$

$$\begin{cases} W = \frac{1000 n_1}{m_2} \Rightarrow n_1 = \frac{Wm_2}{1000} \\ W' = \frac{1000 n'_1}{m'_2} \Rightarrow n'_1 = \frac{W'm'_2}{1000} \end{cases} \Rightarrow Wm_2 = W'm'_2$$

13. Quer-se preparar uma solução aquosa de NaOH 0,4 mol/L, com um volume exato de 0,2 L. Qual volume de uma solução do mesmo tipo se deve tomar se esta apresenta uma concentração comum de 40 g/L?

► **Dados:** Na = 23; O = 16; H = 1.

Resolução:

$$\text{Solução concentrada} \begin{cases} C = 40 \text{ g/L} \\ V = ? \end{cases}$$

$$\text{Solução diluída} \begin{cases} m' = 0,4 \text{ mol/L} \\ V' = 0,2 \text{ L} \end{cases}$$

$$C = mM_1 \Rightarrow 40 \text{ g/L} = m \cdot 40 \text{ g/mol} \Rightarrow m = 1 \text{ mol/L}$$

Usando a fórmula da diluição, temos:

$$mV = m'V' \Rightarrow 1 \text{ mol/L} \cdot V = 0,4 \text{ mol/L} \cdot 0,2 \text{ L} \Rightarrow V = 0,08 \text{ L ou } 80 \text{ mL}$$

14. Suponha que, em determinada condição ambiente, uma solução perca, por evaporação, 4 g do solvente (água, por exemplo) por hora. Originalmente, sua concentração em quantidade de matéria era de 1 mol/L, e seu volume de 1 L. Quanto tempo levará para completar 2 mol/L?

► **Dado:** $d_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ g/mL}$.

Resolução:

Apesar de o problema ser justamente o inverso da diluição, ou seja, está-se retirando solvente, a quantidade de soluto permanece constante. Em virtude disso, as fórmulas deduzidas para diluição de soluções também são válidas para problemas com evaporação do solvente, e isso vale sempre. Portanto:

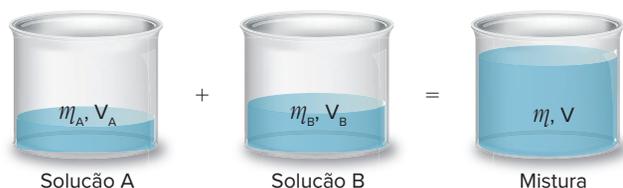
$$mV = m'V' \Rightarrow 2 \text{ mol/L} \cdot V = 1 \text{ mol/L} \cdot 1 \text{ L} \Rightarrow V = 0,5 \text{ L}$$

Logo, o volume perdido na evaporação é 0,5 L. Como a densidade da água é de 1 g/cm³, a massa de água perdida é de 500 g. Portanto:

$$\begin{array}{r} 4 \text{ g} \text{ — } 1 \text{ h} \\ 500 \text{ g} \text{ — } x \\ x = 125 \text{ h} \end{array}$$

Misturas de soluções

Trataremos aqui de misturas de soluções de mesmo soluto, que, portanto, não reagem entre si, já que neste caso o assunto será tratado no próximo item (titulação). O problema pode ser modelado matematicamente da seguinte forma:



Modelo de uma mistura de soluções.

Não é difícil perceber que $n_1 = (n_1)_A + (n_1)_B$ e que $V = V_A + V_B$. Ainda:

$$\left. \begin{aligned} m_A &= \frac{(n_1)_A}{V_A} \Rightarrow (n_1)_A = m_A V_A \\ m_B &= \frac{(n_1)_B}{V_B} \Rightarrow (n_1)_B = m_B V_B \\ m &= \frac{(n_1)}{V} \Rightarrow (n_1) = m(V_A + V_B) \end{aligned} \right\}$$

$$m(V_A + V_B) = m_A V_A + m_B V_B$$

$$m = \frac{m_A V_A + m_B V_B}{V_A + V_B}$$

É importante salientar que a concentração em quantidade de matéria da solução final (m) é uma média ponderada entre as concentrações das soluções que foram misturadas (m_A e m_B). Portanto, supondo-se $m_A < m_B$, tem-se sempre $m_A < m < m_B$.

Esse resultado é extremamente importante para identificar possíveis erros na resolução de problemas, já que qualquer resultado que não obedeça à condição acima está errado.

Agora, devemos dizer que o resultado encontrado para concentração em quantidade de matéria é o mesmo para concentração comum, visto que:

$$C = \frac{C_A V_A + C_B V_B}{V_A + V_B}$$

Tente provar! A dica é:

$$m_1 = (m_1)_A + (m_1)_B$$

Há ainda um problema interessante a ser tratado, que é frequentemente explorado em vestibulares: depois de se misturarem duas soluções, ocorre uma diluição. Para quem imagina estar lidando com um problema de dois passos, está enganado, já que, com uma única relação matemática, pode-se resolver o problema. Se tratarmos a água como uma terceira solução (que obviamente tem concentração zero), temos:

$$m = \frac{m_A V_A + m_B V_B + m_{\text{H}_2\text{O}} V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_A + V_B + V_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Como $m_{\text{H}_2\text{O}} = 0 \Rightarrow m = \frac{m_A V_A + m_B V_B}{V_A + V_B + V_{\text{H}_2\text{O}}}$

Exercícios resolvidos

15. Misturam-se duas soluções aquosas de HCl, uma com 2 L e concentração 0,2 mol/L e a outra de 4 L e concentração 4 mol/L. Qual é a concentração em quantidade de matéria da solução final?

Resolução:

$$\begin{array}{ll} m_A = 0,2 \text{ mol/L} & m_B = 4 \text{ mol/L} \\ V_A = 2 \text{ L} & V_B = 4 \text{ L} \end{array}$$

$$m = \frac{m_A V_A + m_B V_B}{V_A + V_B} \Rightarrow m = \frac{0,2 \text{ mol/L} \cdot 2 \text{ L} + 4 \text{ mol/L} \cdot 4 \text{ L}}{6 \text{ L}}$$

$$\Rightarrow m = \frac{16,4 \text{ mol}}{6 \text{ L}} \Rightarrow m = 2,73 \text{ mol/L}$$

16. Idem ao anterior, acrescido de uma diluição de solução até o volume total de 10 L.

Resolução:

Se o volume total era de 6 L e agora é de 10 L, o volume de água acrescido na diluição é de 4 L. Portanto:

$$m_l = \frac{m_A V_A + m_B V_B}{V_A + V_B + V_{H_2O}} \Rightarrow m_l = \frac{0,2 \text{ mol/L} \cdot 2 \text{ L} + 4 \text{ mol/L} \cdot 4 \text{ L}}{2 \text{ L} + 4 \text{ L} + 4 \text{ L}} \Rightarrow m_l = 1,64 \text{ mol/L}$$

17. Uma solução 2 mol/L de HCl, com volume de 1 L, é misturada a uma solução 1 mol/L de NaCl, com um volume de 0,5 L. Pede-se:

- Qual é a concentração em quantidade de matéria da solução final com relação aos íons H^+ ?
- E com relação aos íons Na^+ ?
- E para os íons Cl^- ?

Resolução:

$$n_{HCl} = m_{HCl} \cdot V_{HCl} \Rightarrow n_{HCl} = 2 \text{ mol/L} \cdot 1 \text{ L} \Rightarrow n_{HCl} = 2 \text{ mol}$$

$$n_{NaCl} = m_{NaCl} \cdot V_{NaCl} \Rightarrow n_{NaCl} = 1 \text{ mol/L} \cdot 0,5 \text{ L} \Rightarrow n_{NaCl} = 0,5 \text{ mol/L}$$

Portanto:

$$a) \quad m_{H^+} = \frac{n_{H^+}}{V} \Rightarrow m_{H^+} = \frac{2 \text{ mol}}{1,5 \text{ L}} = 1,33 \text{ mol/L}$$

$$b) \quad m_{Na^+} = \frac{n_{Na^+}}{V} \Rightarrow m_{Na^+} = \frac{0,5 \text{ mol}}{1,5 \text{ L}} = 0,33 \text{ mol/L}$$

$$c) \quad m_{Cl^-} = \frac{n_{Cl^-}}{V} \Rightarrow m_{Cl^-} = \frac{2,5 \text{ mol}}{1,5 \text{ L}} = 1,66 \text{ mol/L}$$

Note que, com relação aos íons H^+ e Na^+ , o problema é de diluição. Veja:

$$\bullet \quad m_{H^+} \cdot V_{H^+} = m'_{H^+} \cdot V'_{H^+} \Rightarrow 2 \text{ mol/L} \cdot 1 \text{ L} = m'_{H^+} \cdot 1,5 \text{ L} \Rightarrow m'_{H^+} = 1,33 \text{ mol/L}$$

$$\bullet \quad m_{Na^+} \cdot V_{Na^+} = m'_{Na^+} \cdot V'_{Na^+} \Rightarrow 1 \text{ mol/L} \cdot 0,5 \text{ L} = m'_{Na^+} \cdot 1,5 \text{ L} \Rightarrow m'_{Na^+} = 0,33 \text{ mol/L}$$

No entanto, com relação ao íon Cl^- , que é comum a ambas as soluções, o problema é de mistura de soluções. Observe:

$$\Rightarrow m_l = \frac{m_A V_A + m_B V_B}{V_A + V_B} \Rightarrow$$

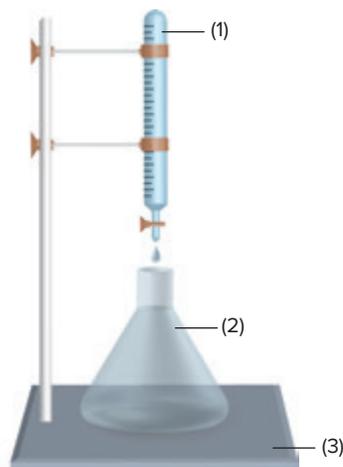
$$\Rightarrow m_{Cl^-} = \frac{2 \text{ mol/L} \cdot 1 \text{ L} + 1 \text{ mol/L} \cdot 0,5 \text{ L}}{1 \text{ L} + 0,5 \text{ L}} = \frac{2,5 \text{ mol}}{1,5 \text{ L}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_{Cl^-} = 1,66 \text{ mol/L}$$

Em seguida, analisaremos o processo de titulação, que consiste em uma mistura de soluções que reagem entre si.

Titulação

A titulação é um dos métodos ou procedimentos experimentais mais realizados no mundo atualmente. Seu principal objetivo é determinar, com precisão, a concentração de uma solução desconhecida. Na prática, isso serve para que órgãos fiscalizadores comparem as concentrações reais de certos produtos com aquelas indicadas no rótulo, e, com a titulação, isso se torna possível e viável, no sentido de que o procedimento é rápido, seguro, confiável e, principalmente, barato. Para realizá-lo, é necessária a seguinte aparelhagem:



Montagem experimental típica de uma titulação.

- Bureta**, uma espécie de pipeta com graduação volumétrica e torneira que controla a saída do líquido que está lá dentro, gota a gota. Com isso, é possível saber o volume que foi utilizado na titulação, por meio da leitura na bureta. Aqui é alocada uma solução previamente conhecida (chamada de titulante), que reagirá com a solução do erlenmeyer.
- Erlenmeyer**, que é um frasco de vidro com boca pequena, para que não caia o líquido nele contido, visto que o frasco será constantemente agitado. Aqui será alocada a solução desconhecida, com um indicador.
- Suporte com haste**, para sustentar a bureta e proporcionar uma boa posição para que o líquido da bureta caia no erlenmeyer.

O problema pode ser modelado matematicamente da seguinte forma:

$$\text{Solução desconhecida (erlenmeyer)} \left[\begin{array}{l} M_D = ? \\ V_D = (\text{o laboratorista é quem o escolhe, portanto o volume } V_D \text{ é conhecido}) \end{array} \right.$$

$$\text{Solução conhecida ou titulante (bureta)} \left[\begin{array}{l} M_C = (\text{predeterminado}) \\ V_C = (\text{lido na bureta}) \end{array} \right.$$

Supondo que a solução desconhecida tenha como soluto a substância A, e a solução conhecida tenha como soluto a substância B, é preciso equacionar a reação que ocorre entre A e B:

a A + b B → produtos, em que a e b são os coeficientes de A e B, respectivamente.

Com isso: a mols A : b mols B
 $n_A : n_B$

Mas $n_A = m_A V_A$ e $n_B = m_B V_B$

Portanto:

$$a \text{ mols A} : b \text{ mols B} \Rightarrow b m_A V_A = a m_B V_B$$

$$m_A V_A : m_B V_B$$

fórmula da titulação

! Atenção

Essa relação não é válida para outras unidades de medida de concentração.

O problema maior reside em saber quando a reação é completa, ou seja, quando não haverá excesso de A ou de B. A solução para o problema está no indicador que será adicionado ao erlenmeyer. No capítulo 4 desta mesma frente, analisamos os indicadores ácido-base, que não são os únicos.

Todos, porém, funcionam da mesma forma: quando há excesso de um dos reagentes, a coloração do indicador apresenta cores características previamente conhecidas. Com a adição, gota a gota, do titulante à solução desconhecida, no exato momento em que a reação se completar, o indicador adquire uma coloração intermediária em relação aos extremos. Nesse momento, fecha-se a torneira da bureta e faz-se a leitura dela.

A verdade é que nem todo indicador é adequado para uma titulação, principalmente os indicadores ácido-base. Isso porque alguns apresentam seus pontos de viragem antes ou depois da neutralização total, com pH bem diferente de sete. São exemplos desse caso o alaranjado de metila e o azul de bromotimol. Por isso, titulações entre ácidos e bases têm como indicador preferencial a fenolftaleína.

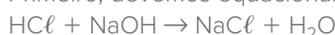
Expostos esses detalhes, analisemos os dois exemplos nos exercícios a seguir.

Exercícios resolvidos

18. Uma solução de HCl foi titulada com uma solução de NaOH com concentração 1 mol/L. Em um erlenmeyer, foi colocado o volume de 10 mL da primeira solução, e o volume utilizado de titulante foi de 20 mL. Qual é a concentração em quantidade de matéria do ácido?

Resolução:

Primeiro, devemos equacionar a reação:



$$m_A V_A = m_B V_B \Rightarrow m_A \cdot 10 \text{ mL} = 1 \text{ mol/L} \cdot 20 \text{ mL} \Rightarrow m_A = 2 \text{ mol/L}$$

19. Idem ao anterior, mas para o ácido H₂SO₄.

Resolução:

Equacionando, temos:



$$2 m_A V_A = m_B V_B \Rightarrow 2 \cdot m_A \cdot 10 \text{ mL} = 1 \text{ mol/L} \cdot 20 \text{ mL} \Rightarrow m_A = 1 \text{ mol/L}$$

Revisando

1. **Uerj (Adapt.)** Uma suspensão de células animais em um meio isotônico adequado apresenta volume igual a 1 L e concentração total de íons sódio igual a 3,68 g/L. A esse sistema foram acrescentados 3 L de água destilada.

Após o processo de diluição, qual será a concentração total de íons sódio, em milimol/L?

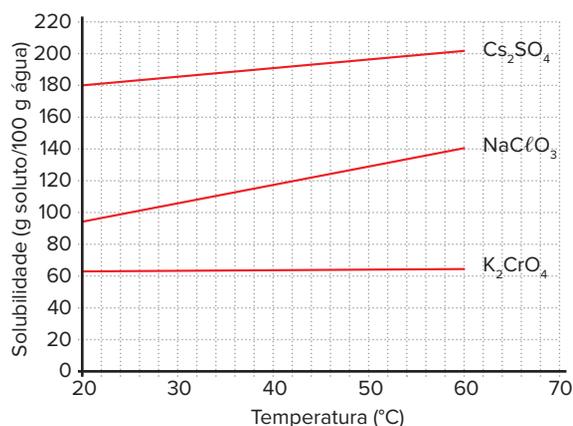
2. **Fatec-SP (Adapt.)** Quando se dissolve um comprimido efervescente contendo 1 g de vitamina C em um copo de água, obtêm-se cerca de 200 mL de uma solução aquosa. Nessa solução, qual a concentração em mol L⁻¹ de vitamina C?

▶ **Dado:** massa molar da vitamina C = $1,8 \cdot 10^2 \text{ g mol}^{-1}$

3. **Uerj (Adapt.)** Para evitar a proliferação do mosquito causador da dengue, recomenda-se colocar, nos pratos das plantas, uma pequena quantidade de água sanitária de uso doméstico. Esse produto consiste em uma solução aquosa diluída de hipoclorito de sódio, cuja concentração adequada, para essa finalidade, é igual a 0,1 mol/L.

Para o preparo de 500 mL da solução a ser colocada nos pratos, qual é a massa necessária (aproximadamente), em gramas, de hipoclorito de sódio?

4. **PUC-Rio (Adapt.)** Observe o gráfico a seguir.



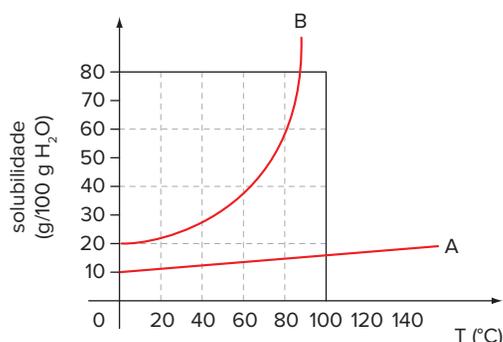
Qual será a quantidade de clorato de sódio, em grama, capaz de atingir a saturação em 500 g de água na temperatura de 60 °C?

5. **UFRRJ** Soluções aquosas de hidróxido de sódio (NaOH) podem ser utilizadas como titulantes na determinação da concentração de soluções ácidas. Qual seria o volume de solução de NaOH 0,1 mol/L gasto na neutralização de 25 mL de uma solução aquosa de um ácido monoprotico fraco (HA) com concentração 0,08 mol/L?
6. **PUC-Rio (Adapt.)** É possível conhecer a concentração de uma espécie iônica em solução aquosa a partir do conhecimento da concentração de soluto e se o soluto dissolvido dissocia-se ou ioniza-se por completo. Uma solução de sulfato de sódio, Na_2SO_4 , possui concentração em quantidade de matéria igual $0,3 \text{ mol L}^{-1}$. Nessa solução, qual será a concentração, em quantidade de matéria, da espécie Na^+ ?

Exercícios propostos

Classificação de soluções e curvas de solubilidade

1. **UFRJ** Observe o gráfico a seguir e responda às questões que se seguem.



- a) Qual a menor quantidade de água necessária para dissolver completamente, a 60°C , 120 g de B?
- b) Qual a massa de A necessária para preparar, a 0°C , com 100 g de água, uma solução saturada (I) e outra solução insaturada (II)?

2. **UFBA** A tabela a seguir fornece os valores de solubilidade do cloreto de sódio e do hidróxido de sódio, em água, a diferentes temperaturas.

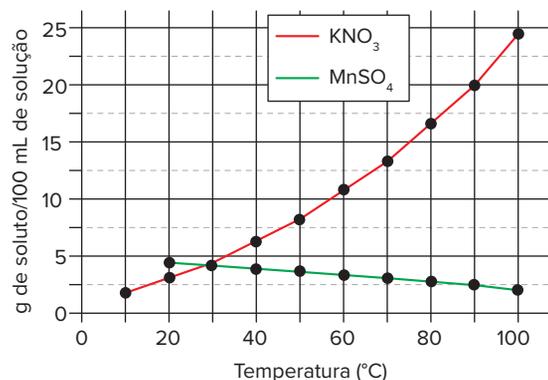
Soluto	Solubilidade (g do soluto/100 g de água)			
	0°C	20°C	50°C	100°C
NaCl(s)	35,7	36,0	37,0	39,8
NaOH(s)	42,0	109,0	145,0	347,0

As informações anteriores e os conhecimentos sobre soluções permitem concluir:

- 01 Soluções são misturas homogêneas.
 02 Solução saturada é uma mistura heterogênea.
 04 O hidróxido de sódio é mais solúvel em água que o cloreto de sódio.
 08 Soluções concentradas são soluções saturadas.
 16 Quando se separa o soluto do solvente, obtêm-se substâncias diferentes daquelas que foram inicialmente misturadas.
 32 Adicionando-se 145 g de hidróxido de sódio a 100 g de água, a 20°C , obtêm-se um sistema bifásico, que, após aquecido a temperaturas acima de 50°C , apresenta-se monofásico.

Soma:

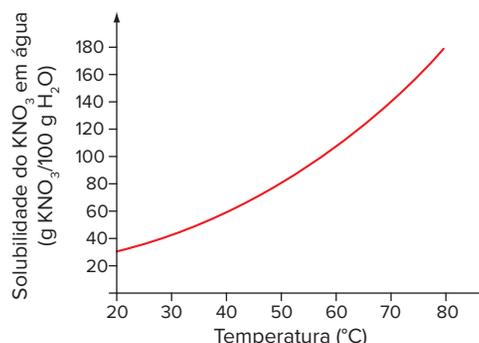
3. **Vunesp** O gráfico a seguir mostra as curvas de solubilidade em água, em função da temperatura, dos sais KNO_3 e MnSO_4



Com base nesse gráfico, discuta se as afirmações **a** e **b** são verdadeiras ou falsas.

- a) O processo de dissolução dos dois sais é endotérmico.
 b) 100 mL de solução saturada a 56°C contém aproximadamente 10 g de KNO_3 .
4. **Unicamp-SP** Uma solução saturada de nitrato de potássio (KNO_3) constituída, além do sal, por 100 g de água, está à temperatura de 70°C . Essa solução é resfriada a 40°C , ocorrendo precipitação de parte do sal dissolvido.

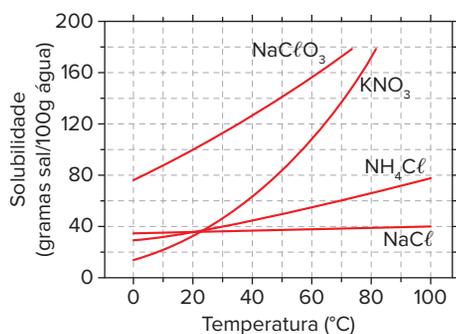
A seguir, o gráfico da solubilidade do nitrato de potássio em função da temperatura.



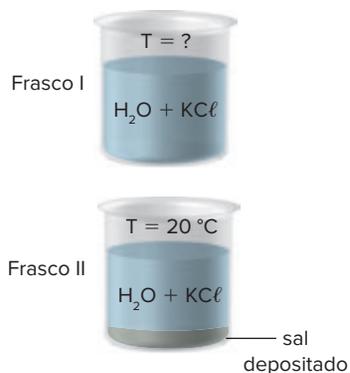
Calcule:

- a) a massa do sal que precipitou.
 b) a massa do sal que permaneceu em solução.

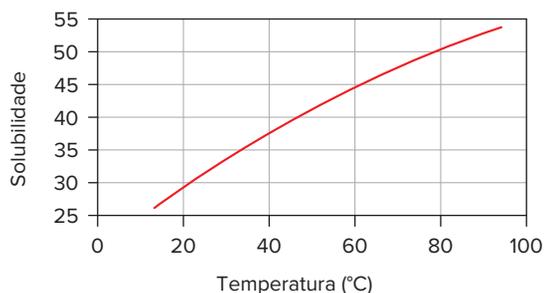
5. **ITA-SP** Considere um calorímetro adiabático e isotérmico, em que a temperatura é mantida rigorosamente constante e igual a 40 °C. No interior desse calorímetro, é posicionado um frasco de reação cujas paredes permitem a completa e imediata troca de calor. O frasco de reação contém 100 g de água pura a 40 °C. Realizam-se cinco experimentos, adicionando uma massa m_1 de um sal X ao frasco de reação. Após o estabelecimento do equilíbrio termodinâmico, adiciona-se ao mesmo frasco uma massa m_2 de um sal Y e mede-se a variação de entalpia de dissolução (ΔH). Utilizando essas informações e as curvas de solubilidade apresentadas na figura, excluindo quaisquer condições de metaestabilidade, assinale a opção que apresenta a correlação correta entre as condições em que cada experimento foi realizado e o respectivo ΔH .



- a) Experimento 1: X = KNO_3 ; $m_1 = 60$ g; Y = KNO_3 ; $m_2 = 60$ g; $\Delta H > 0$.
 b) Experimento 2: X = $NaClO_3$; $m_1 = 40$ g; Y = $NaClO_3$; $m_2 = 40$ g; $\Delta H > 0$.
 c) Experimento 3: X = $NaCl$; $m_1 = 10$ g; Y = $NaCl$; $m_2 = 10$ g; $\Delta H < 0$.
 d) Experimento 4: X = KNO_3 ; $m_1 = 60$ g; Y = $NaClO_3$; $m_2 = 60$ g; $\Delta H = 0$.
 e) Experimento 5: X = KNO_3 ; $m_1 = 60$ g; Y = NH_4Cl ; $m_2 = 60$ g; $\Delta H < 0$.
6. **UFRJ** Os frascos a seguir contêm soluções saturadas de cloreto de potássio (KCl) em duas temperaturas diferentes. Na elaboração das soluções foram adicionados, em cada frasco, 400 mL de água e 200 g de KCl.



O diagrama representa a solubilidade do KCl em água, em gramas de soluto/100 mL de H_2O , em diferentes temperaturas.



- a) Determine a temperatura da solução do frasco I.
 b) Sabendo que a temperatura do frasco II é de 20 °C, calcule a quantidade de sal (KCl) depositado no fundo do frasco.
7. **Acafe-SC 2016** O cloreto de potássio é um sal que adicionado ao cloreto de sódio é vendido comercialmente como "sal light", com baixo teor de sódio. Dezoito gramas de cloreto de potássio estão dissolvidos em 200 g de água e armazenados em um frasco aberto sob temperatura constante de 60 °C.

► **Dado:** considere a solubilidade do cloreto de potássio a 60 °C igual a 45 g/100 g de água.

- Qual a massa mínima e aproximada de água que deve ser evaporada para iniciar a cristalização do soluto?
- a) 160 g c) 40 g
 b) 120 g d) 80 g
8. **UFJF-MG 2017** Um estudante recolheu 1 litro de solução saturada de sulfato de cobre e, após deixar o recipiente por uma semana na temperatura ambiente, verificou a presença de cristais de sulfato de cobre e um volume de solução final de 700 mL. Sabendo-se que a solubilidade do sulfato de cobre é de 22,3 g em 100 mL de água, nessa temperatura, qual a massa (em gramas) de sulfato de cobre precipitada?
- a) 10,0 d) 156,1
 b) 66,9 e) 223,0
 c) 22,3
9. **PUC-Rio** A tabela a seguir mostra a solubilidade de vários sais, à temperatura ambiente, em g/100 mL:

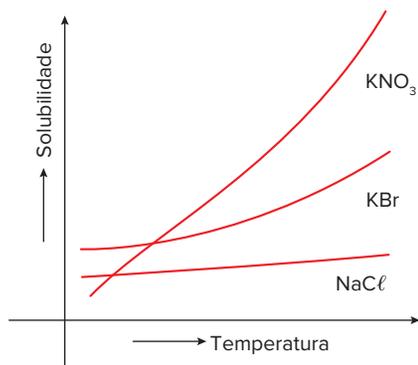
$AgNO_3$ (nitrato de prata)	260
$Al_2(SO_4)_3$ (sulfato de alumínio)	160
$NaCl$ (cloreto de sódio)	36
KNO_3 (nitrato de potássio)	52
KBr (brometo de potássio)	64

Se 25 mL de uma solução saturada de um desses sais foram completamente evaporados, e o resíduo sólido pesou 13 g, o sal é:

- a) $AgNO_3$ d) KNO_3
 b) $Al_2(SO_4)_3$ e) KBr
 c) $NaCl$

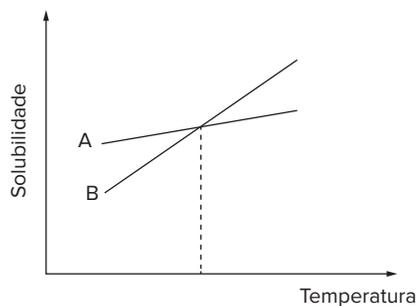
- 10. Fuvest-SP** O processo de recristalização, usado na purificação de sólidos, consiste no seguinte:
- 1º Dissolve-se o sólido em água quente, até a saturação.
 - 2º Resfria-se a solução até que o sólido se cristalice.
- Os gráficos a seguir mostram a variação, com a temperatura, da solubilidade de alguns compostos em água.

► **Dica:** o processo é tanto mais eficiente quanto mais a solubilidade do sal for sensível à variação de temperatura.



O método de purificação descrito é mais eficiente e menos eficiente, respectivamente, para:

- NaCl e KNO₃
 - KBr e NaCl
 - KNO₃ e KBr
 - NaCl e KBr
 - KNO₃ e NaCl
- 11. UFRGS 2017** Observe o gráfico e a tabela abaixo, que representam a curva de solubilidade aquosa (em gramas de soluto por 100 g de água) do nitrato de potássio e do nitrato de sódio em função da temperatura.



T (°C)	KNO ₃	NaNO ₃
60	115	125
65	130	130
75	160	140

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

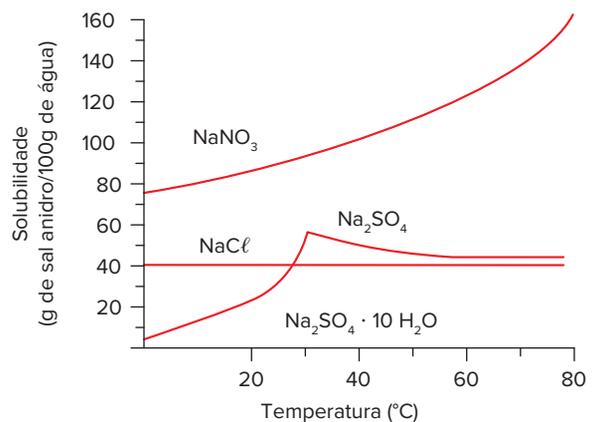
A curva A diz respeito ao _____ e a curva B, ao _____. Considerando duas soluções aquosas saturadas e sem precipitado, uma de KNO₃ e outra de NaNO₃, a 65 °C, o efeito da diminuição da temperatura acarretará a precipitação de _____.

- nitrato de potássio – nitrato de sódio – nitrato de potássio
 - nitrato de potássio – nitrato de sódio – nitrato de sódio
 - nitrato de sódio – nitrato de potássio – nitrato de sódio
 - nitrato de sódio – nitrato de potássio – ambas
 - nitrato de potássio – nitrato de sódio – ambas
- 12. UEG-GO 2015** Uma solução foi preparada a 30 °C pela dissolução de 80 g de um sal inorgânico hipotético em 180 g de água. A solubilidade dessa substância se modifica com a variação da temperatura conforme a tabela a seguir.

Temperatura (°C)	Solubilidade (g/100 g de água)
20	32
30	46

Se a solução for resfriada para 20 °C, a massa, em gramas, do sal que irá precipitar será igual a

- 48,0
 - 28,0
 - 22,4
 - 13,8
- 13. ITA-SP** As notações $\Delta H_{\text{dis}, i}$ e $\Delta H_{\text{hid}, i}$ serão utilizadas, respectivamente, para representar as variações de entalpia molar de dissolução e de hidratação de espécie *i* em água.



Em relação à dissolução de um mol de sal em água, a 25 °C, é errado afirmar que:

- hidratação de íons ocorre com liberação de calor.
- $|\Delta H_{\text{hid}, \text{Na}_2\text{SO}_4}| > |\Delta H_{\text{hid}, \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}}|$

- c) $\Delta H_{\text{dis}}, \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O} > \text{zero}$ enquanto $\Delta H_{\text{dis}}, \text{Na}_2\text{SO}_4 < \text{zero}$
- d) $|\Delta H_{\text{dis}}, \text{Na}_2\text{SO}_4| > |\Delta H_{\text{dis}}, \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}|$
- e) $|\Delta H_{\text{dis}}, \text{Na}_2\text{SO}_4| > |\Delta H_{\text{dis}}, \text{NaCl}|$

► **Dica:** o ΔH_{hid} se refere ao processo $X + \text{H}_2\text{O} \rightarrow X \cdot \text{H}_2\text{O}$. O ΔH_{dis} é diretamente proporcional à variação de solubilidade com a temperatura.

Tipos de concentração de soluções

- 14. Famerp-SP 2022** Acefato é o nome de um inseticida de fórmula molecular $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{NO}_3\text{PS}$ ($M = 183 \text{ g/mol}$), indicado para aplicação em culturas de algodão, soja e feijão. A formulação recomendada para uso é de 0,75 a 1 kg dissolvido em 300 a 400 L de água. Assim, a concentração em mol/L da solução mais diluída desse inseticida é igual a
- a) $1,8 \cdot 10^{-2}$.
- b) $1,3 \cdot 10^{-2}$.
- c) $4,5 \cdot 10^{-3}$.
- d) $1,0 \cdot 10^{-2}$.
- e) $7,3 \cdot 10^{-3}$.
- 15. Unesp 2020** Um estudante coletou informações sobre a concentração total de sais dissolvidos, expressa em diferentes unidades de medida, de quatro amostras de águas naturais de diferentes regiões. Com os dados obtidos, preparou a seguinte tabela:

Amostra de água	Origem	Concentração de sais dissolvidos
1	Oceano Atlântico (litoral nordestino brasileiro)	3,6% (m/V)
2	Mar Morto (Israel/Jordânia)	1,2 g/L
3	Água mineral de Campos do Jordão (interior do estado de São Paulo)	120 mg/L
4	Lago Titicaca (Bolívia/Peru)	30% (m/V)

Ao rever essa tabela, o estudante notou que dois dos valores de concentração foram digitados em linhas trocadas. Esses valores são os correspondentes às amostras

- a) 2 e 4.
- b) 1 e 3.
- c) 1 e 2.
- d) 3 e 4.
- e) 2 e 3.
- 16. UEG-GO 2016** Considere 5 L de uma solução aquosa contendo 146 g de cloreto de sódio que será utilizada como solução de partida para outras de mais baixa

concentração. Uma quantidade de 2 mL dessa solução contém uma massa de soluto, em miligramas, de aproximadamente

- a) 3
- b) 29
- c) 58
- d) 73
- e) 292

- 17. Uerj 2018** Em análises metalúrgicas, emprega-se uma solução denominada nital, obtida pela solubilização do ácido nítrico em etanol.

Um laboratório de análises metalúrgicas dispõe de uma solução aquosa de ácido nítrico com concentração de 60% m/m e densidade de 1,4 kg/L. O volume de 2,0 mL dessa solução é solubilizado em quantidade de etanol suficiente para obter 100,0 mL de solução nital.

Com base nas informações, a concentração de ácido nítrico, em $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, na solução nital é igual a:

- a) 10,5
- b) 14,0
- c) 16,8
- d) 21,6

- 18. Unicamp-SP 2017** É muito comum o uso de expressões no diminutivo para tentar “diminuir” a quantidade de algo prejudicial à saúde. Se uma pessoa diz que ingeriu 10 latinhas de cerveja (330 mL cada) e se compara a outra que ingeriu 6 doses de cachacinha (50 mL cada), pode-se afirmar corretamente que, apesar de em ambas as situações haver danos à saúde, a pessoa que apresenta maior quantidade de álcool no organismo foi a que ingeriu

- a) as latinhas de cerveja, porque o volume ingerido é maior neste caso.
- b) as cachacinhas, porque a relação entre o teor alcoólico e o volume ingerido é maior neste caso.
- c) as latinhas de cerveja, porque o produto entre o teor alcoólico e o volume ingerido é maior neste caso.
- d) as cachacinhas, porque o teor alcoólico é maior neste caso.

► **Dados:** teor alcoólico na cerveja = 5% v/v; teor alcoólico na cachaça = 45% v/v.

- 19. UFMS 2020** Para a realização de um experimento, preparou-se uma solução contendo 35 g de sulfato de alumínio dissolvidos em 10 litros de água. Qual a concentração molar dessa solução?

► **Dados:** $Al = 27$; $S = 32,1$; $O = 16$.

- a) 0,001 M.
- b) 0,05 M.
- c) 0,005 M.
- d) 0,1 M.
- e) 0,01 M.

20. UFJF/Pism-MG 2022 O *diesel*, combustível largamente utilizado em veículos automotores e em outros tipos de máquinas, é uma mistura de hidrocarbonetos de 12 a 22 átomos de carbono. O óleo *diesel* pode conter, além desses hidrocarbonetos, outros compostos, como os derivados de enxofre. No Brasil é comum vermos em postos de abastecimento “*diesel S50*” e “*diesel S10*”, que significa 50 ppm e 10 ppm de enxofre, respectivamente.

1 litro de óleo “*diesel S10*” contém:

- 1,0 g de enxofre.
- 10 mg de enxofre.
- 10 mol de enxofre.
- 10% em massa de enxofre.
- 100 mg de enxofre.

21. UnB-DF O rótulo de uma garrafa de água mineral indica a seguinte composição química provável, em mg/L:

Bicarbonato de bário	0,04
Bicarbonato de estrôncio	0,01
Bicarbonato de cálcio	4,04
Bicarbonato de magnésio	2,16
Bicarbonato de potássio	13,88
Óxido de alumínio	0,13
Óxido de silício	30,00

Considerando a massa molar do óxido de silício igual a 60 g/mol, julgue os itens abaixo.

- A concentração do óxido de silício na água mineral é igual a 0,5 mol/L.
- Em cada litro da água mineral existem 30 mg de silício.
- Cinco das substâncias indicadas no rótulo podem ser obtidas por neutralização parcial do ácido carbônico.

22. Faap-DF Uma das maneiras de recuperar um soluto não volátil de uma solução aquosa consiste no aquecimento da solução com o objetivo de evaporar mais rapidamente a água nela contida. Numa indústria, um recipiente contém 500 litros de uma solução aquosa de NaCl de concentração 25,0 g/L. O volume dessa solução, expresso em litros, que deve sofrer aquecimento para propiciar a obtenção de 500 g de NaCl(s), é:

- 50,0
- 25,0
- 20,0
- 200
- 500

23. FICSAE-SP 2020 O uso de ácido cítrico no preparo de palmito em conserva é uma das ações necessárias para evitar a sobrevivência da bactéria causadora do botulismo.

Em uma das etapas da produção artesanal do palmito, recomenda-se que, antes do envase em potes e do cozimento, os toletes e rodela sejam imersos em uma “salmoura de espera”, constituída por:

- 5 kg de sal de cozinha,
- 1 kg de ácido cítrico mono-hidratado,
- 100 L de água.

Considerando que o volume da salmoura é igual ao volume de água e que a massa molar do ácido cítrico mono-hidratado é igual a $2 \cdot 10^2$ g/mol, pode-se afirmar que a concentração, em quantidade de matéria de ácido cítrico, nessa salmoura é de, aproximadamente,

- 5 mol/L.
- 2 mol/L.
- 0,01 mol/L.
- 0,02 mol/L.
- 0,05 mol/L.

24. UEM-PR 2020 Assinale o que for correto.

Dado: $R = 0,082$ (atm L)/(mol K).

- Uma solução de ácido sulfúrico, usado como ácido de bateria, possui concentração de 4,9% (m/v), que equivale a 0,5 mol/L.
- Uma solução de H_2SO_4 0,3 mol/L tem normalidade igual a 0,6 N.
- Uma solução de H_2SO_4 0,2 mol/L a 27 °C, 100% ionizado, possui pressão osmótica de 4,92 atm.
- Uma solução de ácido sulfúrico com título mássico de 10% e com densidade de 1,20 g/mL possui concentração molar de aproximadamente 1,22 mol/L.
- O ácido pirossulfúrico possui fórmula $H_2S_2O_4$.

Soma:

25. FMP-RJ 2021 As cervejas deveriam conter apenas malte, lúpulo, água e levedo. Essa bebida é bastante versátil e permite muitas possibilidades de variações quanto aos ingredientes utilizados, à proporção entre eles, ao grau da maltagem do cereal, ao tipo de lúpulo, ao tipo de fermentação, à temperatura e à duração das etapas do processo e às formas de armazenamento.

Disponível em: <https://www.precolandia.com.br/blog/do-que-cerveja-e-feita/>. Acesso em: 1 out. 2020. Adaptado.

Após um teste em uma cervejaria, foi constatada a presença de 900 g de malte em meia dúzia de garrafas de cerveja com capacidade de 600 mL cada uma delas. Nesse caso, a concentração de malte, em $g \cdot L^{-1}$, utilizada nessa cervejaria, é

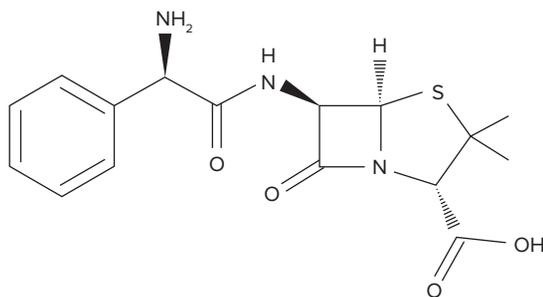
- 250
- 350
- 900
- 300
- 600

- 26. Mackenzie-SP** Preparou-se uma solução 0,2 mol/litro, dissolvendo-se 16,56 g de $X(ClO_3)_2$ em água suficiente para que fossem obtidos 400 mL de solução. O cátion X é o:

► **Dados:** Be = 9; Mg = 24; Ca = 40; Sr = 88;
Ba = 137; Cl = 35,5; O = 16.

- a) Be
- b) Mg
- c) Ca
- d) Sr
- e) Ba

- 27. FMP-RJ 2020** A ampicilina é um antibiótico indicado para infecções do trato urinário, respiratório, digestivo e biliar e apresenta massa molar 349 g/mol, com a seguinte fórmula estrutural:



A reconstituição de um fármaco consiste em retornar o medicamento da forma de pó para sua forma original líquida. No caso da ampicilina, segundo a Secretaria de Atenção à Saúde do Ministério da Saúde, essa reconstituição é feita através da dissolução de 500 mg do medicamento em 2 mL de água estéril. Após sua reconstituição, esse antibiótico apresentará concentração em quantidade de matéria, em mol · L⁻¹, aproximadamente, igual a

- a) 0,5
- b) 0,9
- c) 1,3
- d) 0,7
- e) 1,1

- 28. UEPG-PR 2020 (Adapt.)** Um estudante de Química preparou uma solução de NaOH, a partir de 20 g da base em 500 mL de solução aquosa. Sobre essa solução, assinale o que for correto.

► **Dados:** Na = 23,0 g/mol; O = 16,0 g/mol;
H = 1,0 g/mol.

- 01** A concentração da solução de NaOH em mol/L é de 1 mol/L.
- 02** A concentração da solução de NaOH em g/L é de 40 g/L.
- 04** A concentração da solução de NaOH em porcentagem em massa é de 5% m/V.

- 08** Essa solução de mesma concentração também pode ser preparada a partir de 1,5 g de NaOH em 375 mL de solução aquosa.

Soma:

- 29. Fama-SP 2017** Considere duas soluções aquosas: uma de soro fisiológico (cloreto de sódio a 0,9% m/V) e outra de soro glicosado (glicose a 5% m/V).

- a) Qual dessas soluções é melhor condutora elétrica? Justifique sua resposta.
- b) Determine a quantidade, em mol, de moléculas de glicose, C₆H₁₂O₆, presentes em 100 mL de soro glicosado e a quantidade total, em mol, de íons Na⁺ e Cl⁻ presentes em 100 mL de soro fisiológico.

- 30. UEL-PR** Uma solução aquosa de hidróxido de sódio tem densidade igual a 1,25 g/mL e 40% em massa de soluto. A massa, em gramas, de 100 mililitros de solução é:

- a) 4,00
- b) 40,0
- c) 125
- d) 250
- e) 375

- 31. ITA-SP** Uma solução de um sulfato contém uma concentração 1,0 mol/L de íons sulfato (SO₄²⁻). Podemos afirmar que essa solução pode conter:

- a) íons alumínio (Al³⁺) numa concentração $\frac{2}{3}$ mol/L
- b) íons férrico (Fe³⁺) numa concentração 1,0 mol/L
- c) íons cloreto (Cl⁻) numa concentração 2,0 mol/L
- d) íons nitrato (NO₃⁻) numa concentração $\frac{2}{3}$ mol/L
- e) íons bário (Ba²⁺) numa concentração $\frac{4}{3}$ mol/L

- 32. FCMSCSP 2022** Em um experimento de química, foi feita a determinação do teor de hidróxido de amônio (NH₄OH) em uma amostra de produto tonalizante para cabelos de uso em salões de cabeleireiros. Para o procedimento, foi pesado 1,00 g do produto, o qual foi transferido para um balão volumétrico com capacidade de 50 mL. O volume foi completado com água destilada e essa solução foi empregada para as análises químicas. O resultado dessas análises revelou que o tonalizante apresentou o teor de 52,5 mg NH₄OH/g do produto.

A solução preparada com o produto para a análise química apresentou a concentração de hidróxido de amônio igual a

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

33. FMC-RJ 2022 São dissolvidos 12,6 g de HNO_3 em 23,4 g de H_2O . Logo, as frações molares do soluto e do solvente nessa solução são respectivamente:

- a) 0,75 e 0,25
- b) 0,71 e 0,29
- c) 0,10 e 0,90
- d) 0,13 e 0,87
- e) 0,23 e 0,77

34. Uece 2018 Um estudante encontrou, no laboratório, um frasco que continha uma solução 3,0 M de certo hidróxido cujo nome não constava no rótulo, que apresentava poucas indicações do conteúdo. Usando 200 mL dessa solução e evaporando todo o líquido, ele obteve 33,6 g de hidróxido de

► **Dados:** O = 16; H = 1; K = 39; Na = 23; Ca = 40; Mg = 24.

- a) potássio.
- b) sódio.
- c) cálcio.
- d) magnésio.

35. Cesgranrio-RJ A concentração do cloreto de sódio na água do mar é, em média, de 2,95 g/L. Assim sendo, a concentração molar deste sal na água do mar é aproximadamente de:

► **Dados:** Na = 23; Cl = 35,5.

- a) 0,050
- b) 0,295
- c) 2,950
- d) 5,000
- e) 5,850

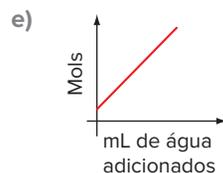
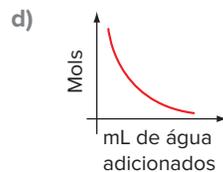
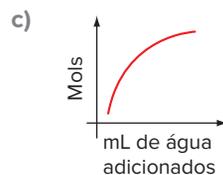
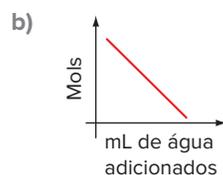
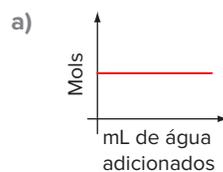
36. UFRGS 2022 Para higienização de superfícies, pode-se utilizar uma solução de hipoclorito de sódio, NaClO , a 0,5%, deixando-a agir por 1 minuto. Para preparar essa solução, deve-se utilizar 230 mL de solução de água sanitária a 2,0% e diluir com água filtrada para preparar 1 L de solução. Após, colocar em um borrifador e deixar em local sem incidência de luz para evitar a diminuição da concentração de cloro ativo na solução.

O valor aproximado da concentração, em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, da solução de água sanitária a 2,0% é de

- a) $2,0 \cdot 10^{-2}$.
- b) $7,0 \cdot 10^{-2}$.
- c) $2,7 \cdot 10^{-1}$.
- d) $5,4 \cdot 10^0$.
- e) $3,0 \cdot 10^2$.

Diluição e mistura de soluções – Titulação

37. UFU-MG Qual dos gráficos a seguir representa corretamente a variação do número de mols de etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), quando ao mesmo é adicionada, gradualmente, água?



38. Ufes Considere o NaOH sólido e puro. Considere a densidade da solução igual à da água ($d = 1,0 \text{ g/cm}^3$).

► **Dado:** $\text{NaOH} = 40 \text{ g/mol}$.

Calcule:

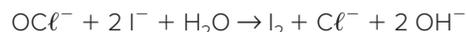
- a) a massa de NaOH que deverá ser pesada para se preparar 500,0 mL de solução 0,1 mol/L.
- b) a concentração molar da solução quando 25,0 mL da solução do item a são transferidos para um balão volumétrico de 200,0 mL e o volume é completado com água.
- c) a percentagem em massa de NaOH na solução preparada no item a.

39. Unicamp-SP Um dos grandes problemas das navegações do século XVI referia-se à limitação de água potável que era possível transportar numa embarcação. Imagine uma situação de emergência em que restaram apenas 300 litros (L) de água potável (considere-a completamente isenta de eletrólitos). A água do mar não é apropriada para o consumo devido à grande concentração de NaCl (25 g/L), porém o soro fisiológico (10 g NaCl/L) é. Se os navegantes tivessem conhecimento da composição do soro fisiológico, poderiam usar água potável para diluir água do mar de modo a obter o soro e assim teriam um volume maior de líquido para beber.

- a) Que volume total de soro seria obtido com a diluição se todos os 300 litros de água potável fossem usados para este fim?
- b) Considerando-se a presença de 50 pessoas na embarcação e admitindo-se uma distribuição equitativa do soro, quantos gramas de NaCl teriam sido ingeridos por cada pessoa?
- c) Uma maneira que os navegadores usavam para obter água potável adicional era recolher água de chuva. Considerando-se que a água da chuva é originária, em grande parte, da água do mar, como se explica que ela possa ser usada como água potável?
- 40. EsPCEEx-SP 2017** Em uma aula prática de química, o professor forneceu a um grupo de alunos 100 mL de uma solução aquosa de hidróxido de sódio de concentração $1,25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Em seguida solicitou que os alunos realizassem um procedimento de diluição e transformassem essa solução inicial em uma solução final de concentração $0,05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Para obtenção da concentração final nessa diluição, o volume de água destilada que deve ser adicionado é de
- a) 2 400 mL
b) 2 000 mL
c) 1 200 mL
d) 700 mL
e) 200 mL
- 41. Enem PPL 2019** Nos municípios onde foi detectada a resistência do *Aedes aegypti*, o larvicida tradicional será substituído por outro com concentração de 10% (v/v) de um novo princípio ativo. A vantagem desse segundo larvicida é que uma pequena quantidade da emulsão apresenta alta capacidade de atuação, o que permitirá a condução de baixo volume de larvicida pelo agente de combate às endemias. Para evitar erros de manipulação, esse novo larvicida será fornecido em frascos plásticos e, para uso em campo, todo o seu conteúdo deve ser diluído em água até o volume final de um litro. O objetivo é obter uma concentração final de 2% em volume do princípio ativo. Que volume de larvicida deve conter o frasco plástico?
- a) 10 mL
b) 50 mL
c) 100 mL
d) 200 mL
e) 500 mL
- 42. UEG-GO 2016** Uma solução estoque de hidróxido de sódio foi preparada pela dissolução de 4 g do soluto em água, obtendo-se ao final 100 mL e, posteriormente, determinado volume foi diluído para 250 mL obtendo-se uma nova solução de concentração igual a $0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. O volume diluído, em mL da solução estoque, é aproximadamente
- a) 26
b) 37
c) 50
d) 75

43. Unioeste-PR Que volume de HCl concentrado (16 mol/L) é necessário para preparar 2,0 L de HCl $0,20 \text{ mol/L}$?

44. Fuvest-SP O rótulo de uma solução de alvejante doméstico, à base de cloro, traz a seguinte informação: teor de cloro ativo = 2,0 a 2,5% em peso. Para se determinar o teor, faz-se reagir um volume conhecido de alvejante com KI(aq) em excesso, ocorrendo a formação de I_2 , conforme a equação:



A quantidade de iodo formada é determinada por titulação com solução de tiosulfato de sódio. Em uma determinação, 10 mL do alvejante foram diluídos a 100 mL com água destilada. Uma amostra de 25 mL dessa solução diluída reagiu com KI(aq) em excesso e a titulação indicou a formação de $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ de I_2 .

- a) Verifique se a especificação do rótulo é válida, calculando o teor de cloro ativo desse alvejante.
- b) Dentre os seguintes materiais de vidro: bureta, pipeta, balão volumétrico, proveta, béquer e erlenmeyer, cite dois e sua respectiva utilização nessa determinação.

► **Dados:** densidade do alvejante: 1,0 g/mL; massa molar do Cl: 35 g/mol.

► **Dica:** apesar de o componente ativo do alvejante ser o hipoclorito (OCl^-), a especificação se refere à porcentagem em massa de cloro (Cl) no alvejante.

45. Cesgranrio-RJ Para preparar 1,2 litros de solução 0,4 M de HCl, a partir do ácido concentrado (16 M), o volume de água, em litros, a ser utilizado será de:

- a) 0,03
b) 0,47
c) 0,74
d) 1,03
e) 1,17

46. UFRRJ Antigamente, o açúcar era um produto de preço elevado e utilizado quase exclusivamente como medicamento calmante. No século XVIII, com a expansão das lavouras de cana-de-açúcar, esse cenário mudou. Hoje, a sacarose é acessível à maior parte da população, sendo utilizada no preparo de alimentos e bebidas. Um suco de fruta concentrado de determinada marca foi adoçado com 3,42 g de açúcar (sacarose: $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) em 200 mL de solução. Com esse suco, foi preparado um refresco, adicionando-se mais 800 mL de água. A concentração em mol/L de sacarose no suco e a concentração em g/L de sacarose no refresco são, respectivamente:

- a) 0,05 mol/L e 34,2 g/L
b) 0,05 mol/L e 3,42 g/L
c) 0,5 mol/L e 3,42 g/L
d) 0,5 mol/L e 34,2 g/L
e) 0,05 mol/L e 342 g/L

47. **ITA-SP** Para preparar 80 L de uma solução aquosa 12% (massa/massa) de KOH (massa específica da solução = $1,10 \text{ g/cm}^3$), foram adicionados x litros de uma solução aquosa 44% (massa/massa) de KOH (massa específica da solução = $1,50 \text{ g/cm}^3$) e y litros de água deionizada (massa específica = $1,00 \text{ g/cm}^3$). Os valores de x e de y são, respectivamente:

- a) 12 L e 68 L
b) 16 L e 64 L
c) 30 L e 50 L
d) 36 L e 44 L
e) 44 L e 36 L

48. **Unicamp-SP 2021** É comum encontrarmos, nos supermercados, produtos semelhantes em suas finalidades, porém em quantidades, concentrações de ingredientes e preços bem variados. Imagine três produtos com propriedades desinfetantes, com o mesmo princípio ativo. Os produtos têm as seguintes características:

Produto A: 0,45% (massa/massa) do princípio ativo, conteúdo de 1 L, valor R\$ 11,90;

Produto B: 0,17% (massa/massa) do princípio ativo, conteúdo de 0,5 L, valor R\$ 2,49;

Produto C: 0,33% (massa/massa) do princípio ativo, conteúdo de 2 L, valor R\$ 5,19.

Os produtos que oferecem a melhor relação custo/benefício seriam, em ordem crescente,

- a) A, B, C.
b) C, A, B.
c) C, B, A.
d) B, C, A.

49. **PUC-Rio** Um técnico de laboratório recebeu um frasco com 300 cm^3 de ácido clorídrico de molaridade desconhecida, a fim de determiná-la. Para isso, retirou uma alíquota de 10 mL do frasco original e transferiu para um balão volumétrico de 50 mL, o qual foi completado com água destilada. Após homogeneização, ele retirou 10 mL dessa solução e transferiu para um frasco Erlenmeyer. Essa solução foi, em seguida, titulada com uma solução aquosa padrão de hidróxido de sódio de molaridade exata igual a $0,500 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Sabendo-se que, nessa titulação, foram consumidos 12 mL da solução padrão de hidróxido de sódio:

- a) escreva a reação química que ocorre no processo de titulação do ácido clorídrico pelo hidróxido de sódio.
b) calcule a quantidade de hidróxido de sódio (em mol) contida nos 12 mL de solução usada para a titulação do ácido.
c) calcule a molaridade da solução de ácido clorídrico do frasco original.

50. **UEPG-PR 2016** A titulação de uma amostra de calcário (carbonato de cálcio impuro), de massa 20 g, consome 100 mL de solução 72 g/L de ácido clorídrico. Sobre o assunto, assinale o que for correto.

▶ **Dados:** H = 1 g/mol; Ca = 40 g/mol; C = 12 g/mol; O = 16 g/mol; Cl = 35 g/mol.

- 01 A fórmula do carbonato de cálcio é CaCO_3 .
02 A concentração do ácido clorídrico em mol/L é 2.
04 A porcentagem de pureza do calcário é 50%.
08 O ácido clorídrico é um oxi-ácido considerado forte em meio aquoso.

Soma:

51. **UFF-RJ** O ácido nítrico é um importante produto industrial. Um dos processos para a obtenção do ácido nítrico é fazer passar amônia e ar, sob pressão, por um catalisador acerca de $850 \text{ }^\circ\text{C}$, ocorrendo a formação de monóxido de nitrogênio e água. O monóxido de nitrogênio, em presença do oxigênio do ar, se transforma no dióxido que reagindo com a água forma o ácido nítrico e o monóxido de nitrogênio.

- a) Escreva as equações balanceadas que representam as diferentes etapas de produção do ácido nítrico através do processo mencionado.
b) Uma solução de ácido nítrico concentrado, de densidade $1,40 \text{ g/cm}^3$, contém 63,0% em peso de ácido nítrico. Informe por meio de cálculos:
I. a molaridade da solução;
II. o volume dessa solução que é necessário para preparar 250,0 mL de solução 0,5 M.

52. **UFRGS** Uma solução aquosa de ácido sulfúrico (H_2SO_4), para ser utilizada em baterias de chumbo de veículos automotivos, deve apresentar concentração igual a 4 mol/L.

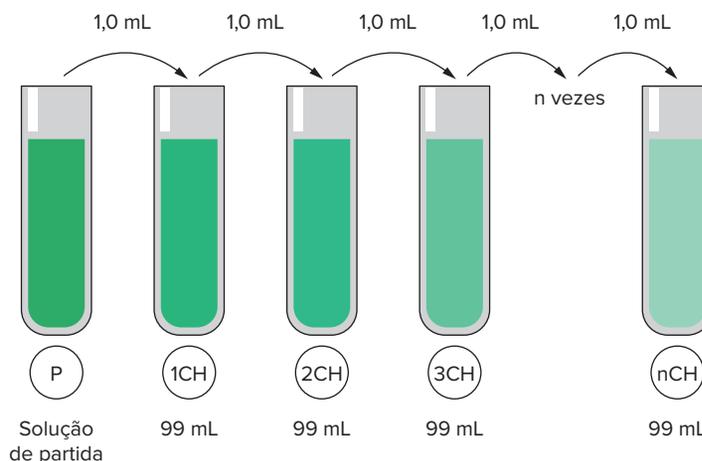
O volume total de uma solução adequada para se utilizar nestas baterias, que pode ser obtido a partir de 500 mL de solução de H_2SO_4 de concentração 18 mol/L, é igual a:

- a) 0,50 L
b) 2,00 L
c) 2,25 L
d) 4,50 L
e) 9,00 L

53. **IFCE 2020** Um técnico em química deseja preparar 400,00 mL de uma solução de NaOH 0,5 mol/L a partir de uma solução dessa mesma base com concentração 80 g/L. Os volumes (em mL) de água e da solução de NaOH mais concentrada que devem ser misturados, para preparar a solução de NaOH 0,5 mol/L são, respectivamente,

▶ **Dado:** M.M. NaOH = 40,00 g/mol).

- a) 50 e 350.
 b) 125 e 275.
 c) 200 e 200.
 d) 250 e 150.
 e) 300 e 100.
54. **Unirio-RJ** 50 mL de uma solução “y” mol/L de KOH são preparados a partir de 10 mL de uma solução estoque de KOH “x” mol/L. A solução diluída é colocada para reagir com H_2SO_4 0,5 mol/L, consumindo 40 mL do ácido. Os valores, em mol/L, de x e y são, respectivamente, iguais a:
- a) $x = 0,8$; $y = 1$
 b) $x = 1$; $y = 8$
 c) $x = 2$; $y = 0,4$
 d) $x = 4$; $y = 0,8$
 e) $x = 8$; $y = 2$
55. **Fuvest-SP 2020** Os chamados “remédios homeopáticos” são produzidos seguindo a farmacotécnica homeopática, que se baseia em diluições sequenciais de determinados compostos naturais. A dosagem utilizada desses produtos é da ordem de poucos mL. Uma das técnicas de diluição homeopática é chamada de diluição centesimal (CH), ou seja, uma parte da solução é diluída em 99 partes de solvente e a solução resultante é homogeneizada (ver esquema). Alguns desses produtos homeopáticos são produzidos com até 200 diluições centesimais sequenciais (200 CH).



Considerando uma solução de partida de 100 mL com concentração 1 mol/L de princípio ativo, a partir de qual diluição centesimal a solução passa a não ter, em média, nem mesmo uma molécula do princípio ativo?

▶ **Note e adote:** número de Avogadro = $6 \cdot 10^{23}$.

- a) 12^a diluição (12CH).
 b) 24^a diluição (24CH).
 c) 51^a diluição (51CH).
 d) 99^a diluição (99CH).
 e) 200^a diluição (200CH).
56. **Vunesp** Na preparação de 500 mL de uma solução aquosa de H_2SO_4 de concentração 3 mol/L, a partir de uma solução de concentração 15 mol/L do ácido, deve-se diluir o seguinte volume da solução concentrada:
- a) 10 mL
 b) 100 mL
 c) 150 mL
 d) 300 mL
 e) 450 mL

Texto complementar

Características e preparação de soluções padrões

As *soluções padrões* são soluções de concentração exatamente conhecida. São soluções de fundamental importância na análise volumétrica e devem preencher os seguintes requisitos:

1. Possuir grande estabilidade, ou seja, não devem sofrer decomposição para que a sua concentração permaneça invariável por longo período;
2. Reagir rapidamente com o analito e de forma seletiva e completa.

As soluções padrões podem ser preparadas por dois distintos métodos: método direto e método indireto.

Método direto

Nesse método, a solução é preparada com um reagente padrão primário. O método consiste na pesagem de uma massa exatamente conhecida do padrão previamente dessecado. O reagente é dissolvido em água destilada ou desionizada e a solução obtida é diluída a um volume conhecido com exatidão. [...].

A concentração *exata* da solução é dada pela relação entre a massa exatamente pesada e o volume exato de diluição, ou seja, a solução preparada é uma solução padrão. A concentração de soluções padrões é expressa com um número de algarismos significativos compatível com as medidas realizadas experimentalmente. Normalmente, são utilizadas quatro casas decimais para expressar a concentração dessas soluções.

Método indireto

Se o reagente usado na preparação da solução padrão não for padrão primário, a solução padrão não pode ser preparada pelo método direto. O método indireto consiste na preparação da solução numa concentração aproximada àquela desejada, pesando-se uma massa adequada do reagente e diluindo-se a um volume conveniente. Como o reagente usado na preparação da solução não é um padrão primário, a relação entre a massa pesada e o volume de diluição possibilita apenas o conhecimento de uma concentração *aproximada* da solução. Para que a solução preparada passe a ser uma solução padrão, deve ser aplicado o processo de *padronização*. A solução padronizada é conhecida como *padrão secundário* e a sua concentração está sujeita a uma maior incerteza que uma solução preparada pelo método direto a partir de um padrão primário.

Padronização de soluções

A padronização pode ser efetuada por dois métodos: método de padronização 1 e método de padronização 2.

Método de padronização 1: consiste na pesagem de uma massa adequada de um padrão primário previamente dessecado, dissolução em água destilada ou desionizada e titulação da massa dissolvida com a solução a ser padronizada. Os cálculos envolvidos na determinação da concentração exata da solução preparada baseiam-se na massa do padrão primário e no volume consumido na titulação. [...].

Método de padronização 2: consiste na titulação da solução a ser padronizada com uma solução padrão previamente preparada. Os cálculos envolvidos nesse processo de padronização são muito simples e baseiam-se no volume medido da solução a ser padronizada, no volume consumido na titulação e na concentração da solução padrão. [...].

VASCONCELOS, Nadja M. S. *Fundamentos de Química Analítica Quantitativa*. 2. ed. Fortaleza: EdUECE, 2019. p. 51-54. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/552910/2/Livro%20Fundamentos%20da%20Quimica%20Analitica%20Quantitativa%20.pdf>. Acesso em: 1º jul. 2022.

Resumindo

Dispersões

- Suspensão: partículas disseminadas com diâmetro maior do que 1 000 nm.
- Solução coloidal: partículas disseminadas com diâmetro entre 1 nm e 1 000 nm.
- Solução verdadeira ou solução: partículas disseminadas com diâmetro menor do que 1 nm.

Soluções

- Classificadas em: diluída, concentrada, saturada e supersaturada.
- Coeficiente de solubilidade: é a quantidade de soluto que satura 100 g de solvente a uma dada temperatura.

Tipos de concentração das soluções

- Concentração comum (C): $C = \frac{m_1}{V_{(l)}}$

- Concentração em quantidade de matéria (m): $m = \frac{m_1}{M_1 V_{(l)}}$

- Título em massa (τ_m) e título em volume (τ_v): $\tau_m = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$
e $\tau_v = \frac{V_1}{V_1 + V_2}$

- Fração molar (fração em quantidade de matéria) do soluto

$$(X_1): X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$$

- Fração molar (fração em quantidade de matéria) do solvente

$$(X_2): X_2 = \frac{n_2}{n_2 + n_1}$$

- Molalidade (W): $W = \frac{1000 m_1}{M_1 m_2}$

Quer saber mais?



Site

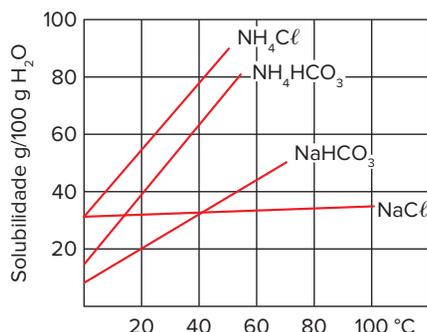
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/molarity

No site, é possível simular a produção de soluções e alterar suas concentrações. Acesso em 23 ago. 2022.

Exercícios complementares

Classificação de soluções e curvas de solubilidade

1. **Fatec-SP (Adapt.)** O processo Solvay de obtenção do Na_2CO_3 , matéria-prima importante na fabricação do vidro, envolve os reagentes CO_2 , NH_3 e solução saturada de NaCl . Na solução final encontram-se os íons NH_4^+ (aq), Na^+ (aq), Cl^- (aq) e HCO_3^- (aq).



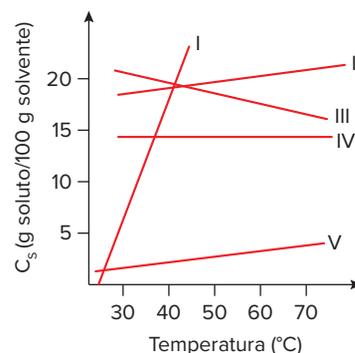
Analisando, no gráfico apresentado, as curvas de solubilidade em função da temperatura, é correto afirmar que, na temperatura de 20 °C, o sólido que deverá precipitar primeiro é o:

- NH_4Cl
 - NaHCO_3
 - NH_4HCO_3
 - NaCl
 - Na_2CO_3
2. **UFRGS 2014** Um estudante analisou três soluções aquosas de cloreto de sódio, adicionando 0,5 g deste mesmo sal em cada uma delas. Após deixar as soluções em repouso em recipientes fechados, ele observou a eventual presença de precipitado e filtrou as soluções, obtendo as massas de precipitado mostradas no quadro abaixo.

Solução	Precipitado
1	Nenhum
2	0,5 g
3	0,8 g

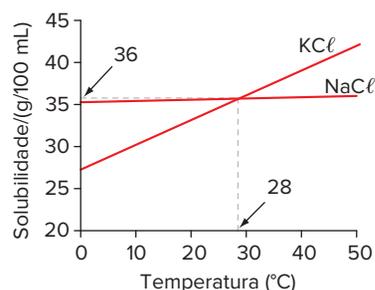
O estudante concluiu que as soluções originais 1, 2 e 3 eram, respectivamente,

- não saturada, não saturada e saturada.
 - não saturada, saturada e supersaturada.
 - saturada, não saturada e saturada.
 - saturada, saturada e supersaturada.
 - supersaturada, supersaturada e saturada.
3. **FGV-SP** Na figura, são apresentadas as curvas de solubilidade de um determinado composto em cinco diferentes solventes.



Na purificação desse composto por recristalização, o solvente mais indicado para se obter o maior rendimento no processo é o:

- I.
 - II.
 - III.
 - IV.
 - V.
4. **Fuvest-SP** NaCl e KCl são sólidos brancos cujas solubilidades em água, a diferentes temperaturas, são dadas pelo gráfico a seguir. Para distinguir os sais, os três procedimentos foram sugeridos:
- Colocar num recipiente 2,5 g de um dos sais e 10,0 mL de água e, em outro recipiente, 2,5 g do outro sal e 10,0 mL de água. Agitar e manter a temperatura de 10 °C.
 - Colocar num recipiente, 3,6 g de um dos sais e 10,0 mL de água e, em outro recipiente, 3,6 g do outro sal e 10,0 mL de água. Agitar e manter a temperatura de 28 °C.
 - Colocar num recipiente 3,8 g de um dos sais e 10,0 mL de água e, em outro recipiente, 3,8 g do outro sal e 10,0 mL de água. Agitar e manter a temperatura de 45 °C.

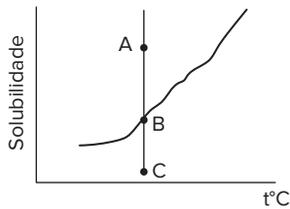


Pode-se distinguir esses dois sais somente por meio:

- do procedimento I.
- do procedimento II.
- do procedimento III.
- dos procedimentos I e II.
- dos procedimentos I e III.

► **Dica:** a diferenciação ocorre quando em uma das soluções houver corpo de fundo e em outra, não.

5. **Uern 2013** Analisando o gráfico apresentado, que mostra a solubilidade da glicose em função da temperatura, é correto afirmar que o sistema.



- a) A é uma solução saturada.
 b) B é uma solução saturada.
 c) C é uma solução saturada.
 d) C é uma solução supersaturada.
6. **FMJ-SP 2022** A figura representa um fenômeno comum realizado em laboratórios.

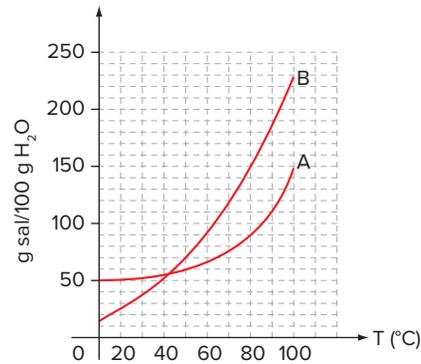


(br.pinterest.com)

Considere a solubilidade do NaCl ($M = 58,5 \text{ g/mol}$) a 20°C igual a 36 g por 100 g de água.

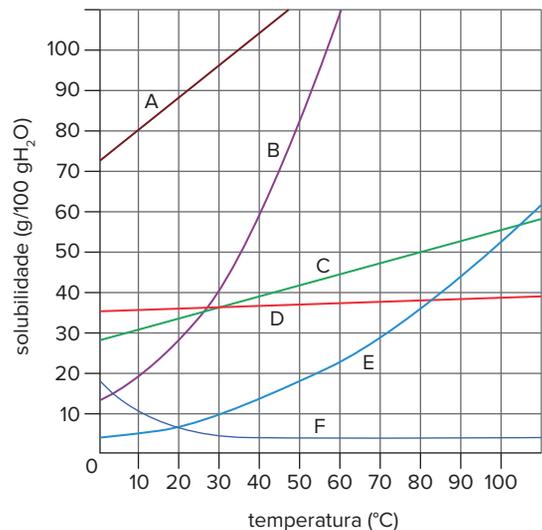
- a) Qual o nome do fenômeno ilustrado na figura? Represente em desenho a geometria da molécula de água, indicando seu polo negativo.
 b) Calcule a massa de sódio existente em 680 g de uma solução saturada de NaCl a 20°C .

7. **Mackenzie-SP** A partir do diagrama a seguir, que relaciona a solubilidade de dois sais A e B com a temperatura são feitas as afirmações:



- I. existe uma única temperatura na qual a solubilidade de A é igual à de B.
 II. a 20°C , a solubilidade de A é menor que a de B.
 III. a 100°C , a solubilidade de B é maior que a de A.
 IV. a solubilidade de B mantém-se constante com o aumento da temperatura.
 V. a quantidade de B que satura a solução à temperatura de 80°C é igual a 150 g , para 100 g de H_2O .
 Somente são corretas:
 a) I, II e III. c) I, III e V. e) I, II e IV.
 b) II, III e V. d) II, IV e V.

8. **Unicid-SP 2017** O gráfico apresenta as solubilidades dos sais A, B, C, D, E e F em função da temperatura.



(www.preuniversitycourses.com. Adaptado.)

- a) Indique o sal cuja solubilidade em água é menos afetada pelo aumento de temperatura.
 b) Considere uma solução preparada com 33 g do sal B em 50 g de água, a 40°C . A mistura resultante apresenta corpo de fundo? Justifique sua resposta.

9. **EsPCEEx-SP 2021**

Solução saturada: solução que contém a quantidade máxima de soluto em determinada quantidade de solvente, a determinada temperatura; a relação entre quantidades máximas de soluto e quantidade de solvente é denominada de coeficiente de solubilidade”.

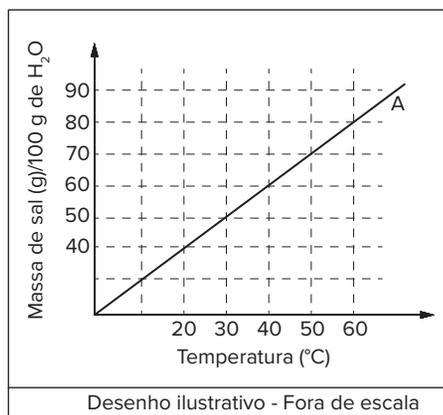
“**Solução insaturada:** quando a solução contém uma quantidade de soluto inferior ao seu coeficiente de solubilidade, na temperatura em que se encontra a solução”.

“**Solução supersaturada:** quando a solução contém uma quantidade de soluto dissolvido superior ao seu coeficiente de solubilidade, na temperatura em que se encontra. É instável.

USBERCO, João e SALVADOR, Edgard, Físico-química, São Paulo, Ed Saraiva, 2009, Pág. 18.

FONSECA, Martha Reis Marques da, Química Geral, São Paulo, Ed FTD, 2007, Pág. 18 e 19.

Considere o gráfico da curva de solubilidade em função da temperatura para um sal hipotético A. No gráfico, a linha contínua representa a solubilidade máxima do soluto (sal A) em 100 g de água na temperatura correspondente.



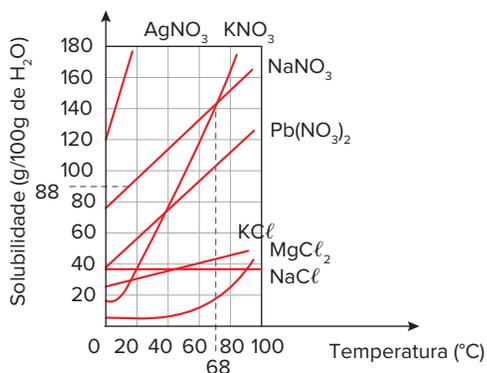
Acerca desse gráfico e processo de solubilidade são feitas as seguintes afirmativas:

- I. Na temperatura de 20 °C, misturando-se 50 g do sal A em 100 g de água, ter-se-á um sistema heterogêneo.
- II. Na temperatura de 40 °C, a adição de 50 g do sal A em 100 g de água produzirá uma solução insaturada.
- III. 200 g de água dissolvem totalmente 90 g do sal A a 30 °C.
- IV. Uma solução contendo 60 g do sal A em 100 g de água será saturada em 60 °C.

Das afirmativas feitas estão corretas apenas

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

10. **PUC-Minas** O gráfico a seguir representa as curvas de solubilidade de várias substâncias.



Com relação ao gráfico anterior, assinale a afirmativa incorreta.

- a) KNO_3 é mais solúvel do que o $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ em água, a qualquer temperatura.
 - b) A temperatura pouco afeta a solubilidade do NaCl .
 - c) A substância que apresenta maior aumento de solubilidade com o aumento de temperatura é o AgNO_3 .
 - d) À temperatura ambiente, a substância menos solúvel é o MgCl_2 .
 - e) A 40 °C, a solubilidade do KCl e a do NaCl são iguais.
11. **Ufes** Ao se adicionar cloreto de amônio a uma certa quantidade de água a 25 °C, observa-se um resfriamento na solução. Com base nessa informação, pode-se afirmar:
- a) O processo é exotérmico e a solubilidade do NH_4Cl aumenta com o aumento da temperatura.
 - b) O processo é endotérmico e a solubilidade do NH_4Cl aumenta com o aumento da temperatura.
 - c) O processo é exotérmico e a solubilidade do NH_4Cl diminui com o aumento da temperatura.
 - d) O processo é endotérmico e a solubilidade do NH_4Cl diminui com o aumento da temperatura.
 - e) O processo é endotérmico e a solubilidade do NH_4Cl independe da temperatura.

12. UFSC 2020

É possível fazer refrigerante em casa?

Sim. E é fácil! A base da receita costuma misturar suco de frutas (para dar o sabor), gelo, açúcar (sacarose) e água com gás (CO_2), para gerar a efervescência. Com isso, o refrigerante estará pronto para consumo.

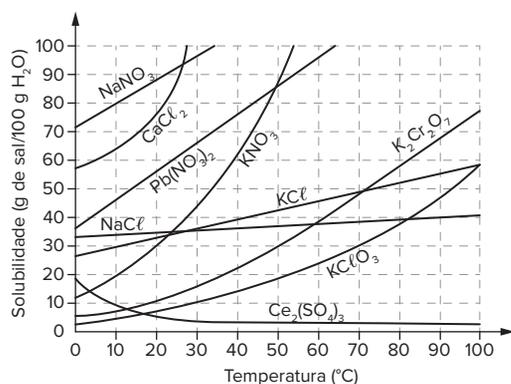
Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/e-possivel-fazer-refrigerante-em-casa>. [Adaptado]. Acesso em: 11 set. 2019.

Sobre o assunto, é correto afirmar que:

- 01 o refrigerante, conforme descrito no enunciado, consiste em um exemplo de mistura heterogênea.
- 02 após a fusão do gelo com o consequente aumento da temperatura, o CO_2 do refrigerante tenderá a se separar da mistura, pois sua solubilidade na água diminuirá.
- 04 água, gás (CO_2), gelo e açúcar são quatro componentes quimicamente distintos do refrigerante.
- 08 o refrigerante pode ser considerado uma solução eletrolítica, já que o CO_2 é um eletrólito forte e libera seus íons constituintes na solução.
- 16 a sacarose, por ser um sal, promove um aumento na temperatura do refrigerante imediatamente após ser adicionado à mistura.
- 32 se açúcar for adicionado ao refrigerante em quantidade que produza uma solução insaturada, ele constituirá uma fase sólida do sistema, caracterizando a mistura como homogênea.
- 64 o gelo, ao ser adicionado à mistura que compõe o refrigerante, decanta-se por ser mais denso que a água líquida.

Soma:

13. ITA-SP 2021



Considere as curvas de solubilidade de sais inorgânicos mostradas na figura. A respeito de alguns destes sais são feitas as seguintes afirmações:

- I. Dissolvendo-se 130 g de KNO_3 em 200 g de água, a 40°C , obteremos uma solução saturada com depósito de 70 g desta substância que não será dissolvida.
- II. Se dissolvermos 20 g de $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$ em 300 g de água a 10°C e, posteriormente, aquecermos esta solução a 90°C , haverá gradativa precipitação da substância.

- III. A menor quantidade de água necessária para dissolver completamente 140 g de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ a 90°C é, aproximadamente, 150 g.
- IV. NaNO_3 é a substância mais solúvel a 30°C . Das afirmações acima, está(ão) CORRETA(S)
- a) apenas I, II e IV. d) apenas III e IV.
- b) apenas I e III. e) nenhuma.
- c) apenas II.

14. Unifesp 2022 Analise o quadro que fornece informações sobre a sacarose, o açúcar de cana.

Fórmula estrutural	
Massa molar	342 g/mol
Solubilidade em água a 20°C	$\approx 2,0$ g de sacarose/mL de água
Condutibilidade elétrica das soluções aquosas	muito baixa, praticamente igual à da água pura

- a) Calcule a concentração de uma solução aquosa saturada de sacarose a 20°C , em g/L de solvente e em mol/kg de solvente.
- b) Justifique a alta solubilidade da sacarose em água e a baixa condutibilidade elétrica de suas soluções aquosas.

Tipos de concentração de soluções

15. PUC-GO 2022 Leia o texto, a seguir, sobre biogás:

[...]

Produzido a partir da digestão anaeróbica da matéria orgânica presente em efluentes e resíduos, o biogás possui, em sua composição, o gás carbônico, o metano e o sulfeto de hidrogênio, além de quantidades menores de ácido sulfídrico, amônia, hidrogênio, nitrogênio, monóxido de carbono, carboidratos saturados ou halogenados etc. Esses gases, principalmente o metano, são poluentes e, por essas características, têm grande serventia na produção de combustíveis e energia. O metano, por exemplo, está presente em 70% dos gases gerados da fermentação dos dejetos suínos e tem potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o gás carbônico.

[...]

(Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/projeto-pecuaria-abc/arquivos/04-o-potencial-da-producao-de-biogas.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2021. Adaptado.)

Considere que duas amostras de dejetos suínos foram testadas quanto à produção de biogás: amostras A e B. Ao final de 30 dias de teste, as amostras A e B produziram 3 e 2 L de biogás, respectivamente. Do volume da amostra A, temos 48% (v/v) de metano, 11% (v/v) de dióxido de carbono, 41% (v/v) de outros gases, dentre eles, 100 ppm de sulfeto de hidrogênio. Do volume da amostra B: 52% (v/v) de metano, 8% (v/v) de dióxido de carbono, 40% (v/v) de outros gases, dentre eles, 136 ppm de sulfeto de hidrogênio.

► **Dados:** a massa molar do enxofre e do hidrogênio é de 32 e 1 gramas por mol, respectivamente. O volume molar de um gás ideal é igual a 0,022 metros cúbicos por mol.

Considerando as informações apresentadas, e que todos os gases descritos têm comportamento ideal, analise os itens que se seguem:

- I. Ao final de 30 dias, na amostra A, há uma menor quantidade volumétrica de metano do que na amostra B.
- II. Se todo gás dióxido de carbono, produzido na amostra A, for borbulhado em uma solução de hidróxido de bário 50% (m/v), será produzido aproximadamente 0,016 mol de carbonato de bário sólido (considere o rendimento da reação igual a 100%).
- III. Se todo gás sulfeto de hidrogênio da amostra B for borbulhado em solução de hidróxido de sódio 50% (m/v), será produzido 0,008 mol de sulfeto de sódio (considere o rendimento da reação igual a 100%).

Sobre os itens apresentados, assinale a única alternativa correta:

- a) I e II apenas.
 - b) I e III apenas.
 - c) I, II e III.
 - d) II e III apenas.
- 16. Unifesp** Em intervenções cirúrgicas, é comum aplicar uma tintura de iodo na região do corpo onde será feita a incisão. A utilização desse produto deve-se à sua ação antisséptica e bactericida. Para 5 litros de etanol, densidade 0,8 g/mL, a massa de iodo sólido, em gramas, que deverá ser utilizada para obter uma solução que contém 0,50 mol de I_2 para cada quilograma de álcool, será de:
- a) 635
 - b) 508
 - c) 381
 - d) 254
 - e) 127

- 17. Famerp-SP 2019** Em águas naturais, a acidez mineral pode ser formada através da oxidação de sulfetos, como indica a equação química a seguir:



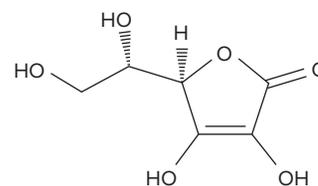
Em uma amostra de água retirada de um rio, foi encontrada uma concentração de FeSO_4 igual a 0,02 mol/L. Nesse rio, a massa de FeS_2 dissolvida por litro de água era igual a

- a) 0,48 g.
- b) 0,24 g.
- c) 0,12 g.
- d) 2,4 g.
- e) 1,2 g.

► **Dica:** quando não se menciona a densidade da solução e ela é bem diluída, com título baixo, deve-se tomar a densidade da solução como sendo de 1 g/cm³.

- 18. CPS-SP 2020** O soro fisiológico é uma solução utilizada para diversos fins, dentre os quais: limpar olhos e nariz, lavar queimaduras e feridas, hidratações e nebulizações. É uma solução de cloreto de sódio de concentração 0,9% (massa/volume). Essa concentração corresponde à razão entre a massa de cloreto de sódio, em gramas, e o volume de 100 mL da solução. Um paciente desidratado, em que é administrado 500 mL de soro na veia, receberá uma massa de sal correspondente a
- a) 0,45 g.
 - b) 4,50 g.
 - c) 45,00 g.
 - d) 9,00 g.
 - e) 0,90 g.

- 19. Unesp 2019** Considere a fórmula estrutural do ácido ascórbico (vitamina C).



ácido ascórbico

Um comprimido efervescente contendo 1 g de vitamina C foi dissolvido em água, de modo a obter-se 200 mL de solução. A concentração de ácido ascórbico na solução obtida é, aproximadamente,

- a) 0,01 mol/L.
- b) 0,05 mol/L.
- c) 0,1 mol/L.
- d) 0,2 mol/L.
- e) 0,03 mol/L.

- 20. Famerp-SP 2020** Um resíduo de 200 mL de solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4), de concentração 0,1 mol/L, precisava ser neutralizado antes do descarte. Para tanto, foi utilizado bicarbonato de sódio (NaHCO_3), conforme a equação a seguir:



A massa de bicarbonato de sódio necessária para a neutralização completa do ácido sulfúrico contido nessa solução é igual a

- a) 1,68 g.
- b) 16,8 g.
- c) 8,4 g.
- d) 33,6 g.
- e) 3,36 g.

- 21. Fuvest-SP** A concentração de íons fluoreto em uma água de uso doméstico é de $5,0 \cdot 10^{-5}$ mol/litro. Se uma pessoa tomar 3,0 litros dessa água por dia, ao fim de um dia, a massa de fluoreto, em miligramas, que essa pessoa ingeriu é igual a:

► **Dado:** massa molar de fluoreto: 19,0 g/mol.

- a) 0,9
- b) 1,3
- c) 2,8
- d) 5,7
- e) 15

22. Fuvest-SP 2022 Para o monitoramento ambiental no entorno de um posto de gasolina, coletou-se uma amostra de solo que foi submetida de forma integral à análise de naftaleno, um composto presente na gasolina. A concentração encontrada foi de 2,0 mg de naftaleno por kg de solo úmido. Sabendo que essa amostra de solo contém 20% de água, qual é o resultado dessa análise por kg de solo seco?

- a) 0,4 mg/kg
- b) 1,6 mg/kg
- c) 2,0 mg/kg
- d) 2,2 mg/kg
- e) 2,5 mg/kg

23. Unesp 2022 Certo *spray* antisséptico contém como princípio ativo o digliconato de clorexidina, na concentração de 10 mg/mL. Sabendo que a massa molar desse princípio ativo é, aproximadamente, $5,0 \cdot 10^2$ g/mol e que a constante de Avogadro é igual a $6,0 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹, o número de moléculas de digliconato de clorexidina presentes em um frasco contendo 50 mL desse antisséptico é

- a) $6,0 \cdot 10^{20}$.
- b) $6,0 \cdot 10^{17}$.
- c) $6,0 \cdot 10^{14}$.
- d) $6,0 \cdot 10^{23}$.
- e) $6,0 \cdot 10^{26}$.

Diluição e mistura de soluções – Titulação

24. UFRGS 2020 Uma solução é preparada misturando-se 40,00 mL de NaOH de concentração 0,30 mol L⁻¹ e 60,00 mL de KOH 0,20 mol L⁻¹.

As concentrações molares de íons Na⁺, K⁺ e OH⁻ na solução resultante serão, em mol L⁻¹, respectivamente,

- a) 0,012; 0,012 e 0,024.
- b) 0,04; 0,06 e 0,10.
- c) 0,12; 0,12 e 0,12.
- d) 0,12; 0,12 e 0,24.
- e) 0,30; 0,20 e 0,50.

25. UEPG-PR 2016 Analisando as cinco soluções de NaCl apresentadas na tabela abaixo, assinale o que for correto.

Solução	Volume da amostra (mL)	Massa de NaCl(g)
1	200	50
2	500	20
3	500	100
4	1000	100
5	1000	200

- 01 A solução 1 é a mais concentrada.
- 02 A solução 2 é a menos concentrada.

04 A solução 3 corresponde à metade da concentração da solução 4.

08 A solução 3 possui a mesma concentração que a solução 5.

16 Ao acrescentar 1000 mL à solução 4, tem-se a mesma concentração da solução 2.

Soma:

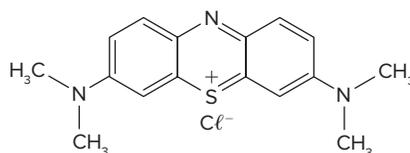
26. UFRGS 2018 O soro fisiológico é uma solução aquosa 0,9% em massa de NaCl. Um laboratorista preparou uma solução contendo 3,6 g de NaCl em 20 mL de água.

Qual volume aproximado de água será necessário adicionar para que a concentração corresponda à do soro fisiológico?

- a) 20 mL.
- b) 180 mL.
- c) 380 mL.
- d) 400 mL.
- e) 1000 mL.

27. UCS-RS 2022 Um piscineiro precisa estimar quantos litros de água são necessários para encher novamente uma piscina com o mesmo volume inicial, mas, devido à sua forma irregular, essa tarefa parece ser praticamente impossível. Como a água precisa ser mesmo substituída, ele decide utilizar uma estratégia bastante inusitada. Para tanto, ele dissolve inicialmente 1,0 g do corante azul de metileno, na forma de cloreto (vide estrutura química abaixo), em um balão volumétrico para perfazer 50,0 mL de solução e, em seguida, transfere todo o conteúdo desse balão para a piscina. Com a ajuda de um motor bomba, ele mantém os jatos de hidromassagem ligados por várias horas até que todo o corante se misture, de forma completamente homogênea, com a água da piscina. Por fim, ele retira uma alíquota de água da piscina e, utilizando um equipamento portátil devidamente calibrado, encontra uma concentração de azul de metileno que é de $4,1 \cdot 10^{-8}$ mol/L.

Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Molecular-structure-of-the-methylene-blue_fig1_328783332. Acesso em: 8 ago. 2021. (Parcial e adaptado.)



Com base nessas informações, pode-se concluir que o volume de água (em L) necessário para encher novamente a piscina com o mesmo volume inicial é, de aproximadamente,

- a) $7,6 \cdot 10^4$.
- b) $8,1 \cdot 10^5$.
- c) $5,7 \cdot 10^6$.
- d) $6,9 \cdot 10^7$.
- e) $4,4 \cdot 10^8$.

28. UEG-GO 2020 Líquidos de arrefecimento são utilizados para melhorar o sistema de refrigeração dos motores dos carros. Geralmente são soluções aquosas de etilenoglicol, um diol, de fórmula molecular $C_2H_6O_2$ e massa molar 62,1 g/mol. O rótulo de uma determinada marca de líquido de arrefecimento indica que há 50% de etilenoglicol em massa, o que corresponde a 530 g por litro de solução. A concentração dessa solução aquosa de etilenoglicol, em mol/L, é aproximadamente:

- a) 10,3 mol/L
- b) 9,7 mol/L
- c) 50 mol/L
- d) 8,5 mol/L
- e) 5,3 mol/L

29. PUC-RJ 2022 Uma pequena piscina, contendo 10 000 L de água, precisa ter os parâmetros ajustados para que possa ser utilizada com segurança.

Observou-se que a concentração de Cu^{2+} nessa piscina estava acima do ideal (5 mg L^{-1}), por conta dos tratamentos com fungicida à base de cobre. Para ajustar essa concentração, foi necessário trocar parte da água da piscina. Assim, retiraram-se 6 000 L da água da piscina, substituindo-os por igual volume de água limpa (livre de cobre).

A concentração de Cu^{2+} , em mg L^{-1} , após esse procedimento passou a ser de

- a) 0,5
- b) 1
- c) 2
- d) 4

30. UEPG/PSS-PR 2021 Dados os seguintes cálculos de preparo de soluções de cloreto de sódio, $NaCl$, assinale o que for correto.

▶ **Dados:** $Na = 23,0 \text{ g/mol}$; $Cl = 35,5 \text{ g/mol}$.

- 01** Quando 23,4 g de $NaCl$ são dissolvidos em água suficiente para 2 000 mL de solução, obtém-se uma solução de concentração 0,2 mol/L.
- 02** 50 mL de solução de $NaCl$ 0,25 mol/L foram diluídos em 500 mL de solução. Então, a concentração final dessa solução será de 0,025 mol/L.
- 04** Uma solução de soro fisiológico apresenta 0,9% em massa de $NaCl$. Isso significa que há 0,9 g de $NaCl$ em 100 g de solução.
- 08** Para a preparação de 1 L de uma solução de $NaCl$ 0,5 g/L, é necessário pesar 0,5 g de $NaCl$.

Soma:

31. Uerj O sulfato de alumínio é utilizado como clarificante no tratamento de água, pela ação dos íons alumínio que agregam o material em suspensão. No tratamento de 450 L de água, adicionaram-se 3,078 kg de sulfato de alumínio, sem que houvesse variação de volume.

Admitindo-se a completa dissociação do sal, a concentração de íons alumínio, em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, é igual a:

- a) 0,02
- b) 0,03
- c) 0,04
- d) 0,05

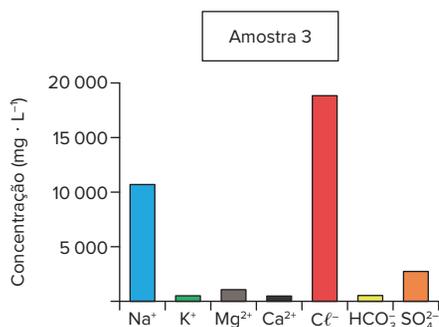
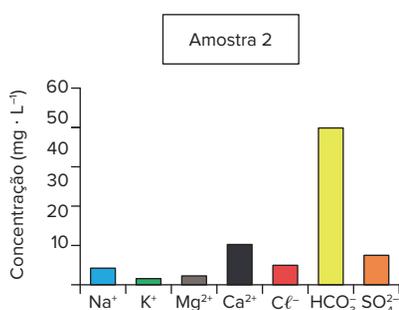
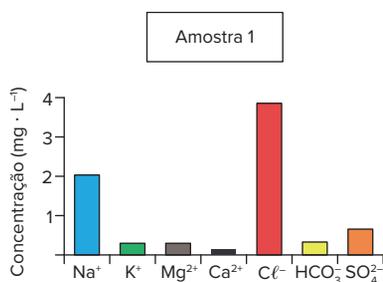
32. Unesp Com o objetivo de diminuir a incidência de cáries na população, em muitas cidades adiciona-se fluoreto de sódio à água distribuída pelas estações de tratamento, de modo que obtenha uma concentração de $2,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Com base nesse valor e dadas as massas molares em $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: $F = 19$ e $Na = 23$, podemos dizer que a massa do sal contida em 500 mL dessa solução é:

- a) $4,2 \cdot 10^{-1} \text{ g}$
- b) $8,4 \cdot 10^{-1} \text{ g}$
- c) $4,2 \cdot 10^{-4} \text{ g}$
- d) $6,1 \cdot 10^{-4} \text{ g}$
- e) $8,4 \cdot 10^{-4} \text{ g}$

33. UFJF/Pism-MG 2020 Foi encontrada nas águas do Rio Paraopeba, atingido pelo rompimento da barragem de rejeitos da mineradora Vale do Rio Doce, em Brumadinho (MG), alta concentração de cromo, o que pode levar a interferências no metabolismo e efeitos mutagênicos na população que consome suas águas. Em uma das etapas de análise de amostras da água, foram preparadas soluções de óxido de cromo III (Cr_2O_3) e de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) na concentração de 0,001 mol/L. As massas de óxido de cromo III e dicromato de potássio utilizadas para o preparo de 0,5 L de cada solução foram respectivamente:

- a) 76,0 g e 147,1 g
- b) 0,034 g e 0,053 g
- c) 0,076 g e 0,147 g
- d) 34,0 g e 53,4 g
- e) 0,036 g e 0,071 g

- 34. Fuvest-SP 2020** As concentrações de alguns íons em amostras de água estão representadas nos gráficos a seguir. A origem de cada amostra (1, 2 e 3) foi omitida, mas pode corresponder a: amostra de água do mar; amostra de água de chuva numa região costeira; amostra de água doce de rio.



Maria Lúcia A. Moura Campos, *Introdução à Biogeoquímica de Ambientes Aquáticos*. Editora Átomo: 2010.

- a) O bicarbonato na água pode vir de diferentes fontes. Cite uma fonte de bicarbonato comum às três amostras.
- b) Preencha a tabela a seguir com a correspondência entre as amostras 1, 2 e 3 e o ambiente em que foram coletadas.

Ambiente	Água do mar	Água da chuva em região costeira	Água doce de rio
Amostra			

- c) É esperado que a concentração de íons cloreto na água coletada da chuva em um ambiente continental seja igual, maior ou menor à de ambientes costeiros (ambos sem poluição)? Justifique sua resposta.

- 35. Unesp 2021** O álcool isopropílico ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$), entre outras aplicações, é empregado na limpeza de circuitos eletrônicos. Em um experimento, um estudante utilizou um frasco conta-gotas com álcool isopropílico a $20\text{ }^\circ\text{C}$ e verificou que eram necessárias 65 gotas desse álcool para perfazer o volume de 2 mL. Sabendo que a densidade do álcool isopropílico nessa temperatura é aproximadamente $0,8\text{ g/mL}$, a quantidade desse álcool, em mol de moléculas, presente em cada gota é próxima de

- a) $1 \cdot 10^{-2}$ mol. d) $3 \cdot 10^{-6}$ mol.
b) $4 \cdot 10^{-3}$ mol. e) $4 \cdot 10^{-4}$ mol.
c) $3 \cdot 10^{-5}$ mol.

- 36. Vunesp** A massa de cloreto de crômio (III) hexaidratado, necessária para se preparar 1 litro de uma solução que contém 20 mg de Cr^{3+} por mililitro, é igual a:

► **Dados:** massas molares, em g/mol: Cr = 52; cloreto de crômio hexaidratado = 266,5.

- a) 0,02 g
b) 20 g
c) 52 g
d) 102,5 g
e) 266,5 g

- 37. UFRJ** Há 2,5 bilhões de anos, a composição dos mares primitivos era bem diferente da que conhecemos hoje. Suas águas eram ácidas, ricas em sais minerais e quase não havia oxigênio dissolvido. Nesse ambiente, surgiram os primeiros microrganismos fotossintéticos. Com a proliferação desses microrganismos houve um significativo aumento da quantidade de oxigênio disponível, que rapidamente se combinou com os íons Fe^{3+} dissolvidos, gerando os óxidos insolúveis que vieram a formar o que hoje são as principais jazidas de minério de ferro no mundo. Calcula-se que, naquela época, cada 1 000 litros de água do mar continham 4,48 quilogramas de íons Fe^{3+} dissolvidos. Quando a concentração de sais de ferro diminuiu nos mares, o oxigênio enriqueceu o mar e a atmosfera; a partir desse momento, novos animais, maiores e mais ativos, puderam aparecer.

- a) Calcule a molaridade de íons Fe^{3+} na água do mar primitivo.
- b) Calcule o volume de oxigênio, em litros, nas CNTP, necessário para reagir com os íons Fe^{3+} contidos em 1 000 litros de água do mar primitivo.

- 38. Udesc 2020** Um químico precisa preparar 500 mL de uma solução de 1 000 ppm de ferro utilizando o sal cloreto férrico. A massa de sal pesada, para preparar a solução, é de:

- a) 14,5 g
b) 1,45 g
c) 8,11 g
d) 81,15 g
e) 2,90 g

39. Enem Todos os organismos necessitam de água e grande parte deles vive em rios, lagos e oceanos. Os processos biológicos, como respiração e fotossíntese, exercem profunda influência na química das águas naturais em todo o planeta. O oxigênio é ator dominante na química e na bioquímica da hidrosfera. Devido à sua baixa solubilidade em água (9,0 mg/L a 20 °C), a disponibilidade de oxigênio nos ecossistemas aquáticos estabelece o limite entre a vida aeróbica e anaeróbica. Nesse contexto, um parâmetro chamado “Demanda Bioquímica de Oxigênio” (DBO) foi definido para medir a quantidade de matéria orgânica presente em um sistema hídrico. A DBO corresponde à massa de O₂ em miligramas necessária para realizar a oxidação total do carbono orgânico em um litro de água.

C. Baird. Química Ambiental. Bookman, 2005. (Adapt.).

► **Dados:** massas molares em g/mol: C = 12; H = 1; O = 16.

Suponha que 10 mg de açúcar (fórmula mínima CH₂O e massa molar igual a 30 g/mol) são dissolvidos em um litro de água, em quanto a DBO será aumentada?

- 0,4 mg de O₂/litro
- 1,7 mg de O₂/litro
- 2,7 mg de O₂/litro
- 9,4 mg de O₂/litro
- 10,7 mg de O₂/litro

40. Enem Ao colocar um pouco de açúcar na água e mexer até a obtenção de uma só fase, prepara-se uma solução. O mesmo acontece ao se adicionar um pouquinho de sal à água e misturar bem. Uma substância capaz de dissolver o soluto é denominada solvente; por exemplo, a água é um solvente para o açúcar, para o sal e para várias outras substâncias. A figura a seguir ilustra essa citação.



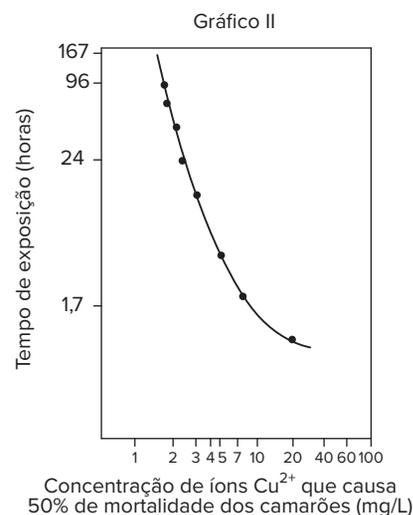
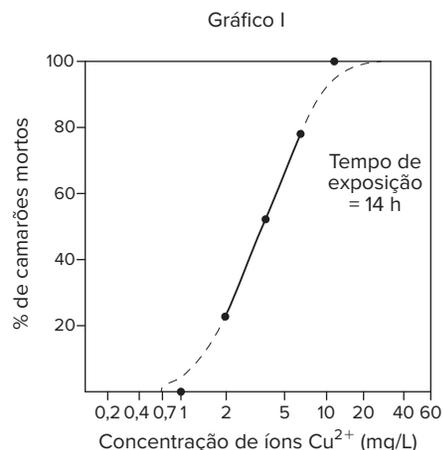
Fonte: www.sobiologia.com.br. Acesso em: 27 abr. 2010.

Suponha que uma pessoa, para adoçar seu cafezinho, tenha utilizado 3,42 g de sacarose (massa molar igual a 342 g/mol) para uma xícara de 50 mL do líquido. Qual é a concentração final, em mol/L, de sacarose nesse cafezinho?

- 0,02
- 0,2
- 2
- 200
- 2000

► **Dica:** considere que cada um dos copos apresenta volume V.

41. Enem Para testar o uso do algicida sulfato de cobre em tanques para criação de camarões, estudou-se, em aquário, a resistência desses organismos a diferentes concentrações de íons cobre (representados por Cu²⁺). Os gráficos a seguir relacionam a mortalidade de camarões com a concentração de Cu²⁺ e com o tempo de exposição a esses íons.



P. D. Vowles; D. W. Conell. *Experiments in environmental chemistry: a laboratory manual*. Oxford: Pergamon Press, 1980. (Adapt.).

Se os camarões utilizados na experiência fossem introduzidos em um tanque de criação contendo 20000 L de água tratada com sulfato de cobre, em quantidade suficiente para fornecer 50 g de íons cobre, estariam vivos, após 24 horas, cerca de:

- $\frac{1}{5}$
- $\frac{1}{4}$
- $\frac{1}{2}$
- $\frac{2}{3}$
- $\frac{3}{4}$

42. Enem Determinada estação trata cerca de 30 000 litros de água por segundo. Para evitar riscos de fluorose, a concentração máxima de fluoretos nessa água não deve exceder a cerca de 1,5 miligrama por litro de água. A quantidade máxima dessa espécie química que pode ser utilizada com segurança, no volume de água tratada em uma hora, nessa estação, é:

- a) 1,5 kg
- b) 4,5 kg
- c) 96 kg
- d) 124 kg
- e) 162 kg

43. Udesc 2015 Considere a determinação da capacidade antiácida de um medicamento cujo princípio ativo é carbonato de sódio, que pode ser feita pela reação com ácido clorídrico. Um comprimido de 1,8656 g foi triturado e dissolvido em água, necessitando de 22,00 mL de HCl 0,4000 mol L⁻¹ para ser completamente neutralizado. Assinale a alternativa que corresponde à porcentagem em massa de carbonato de sódio no comprimido.

- a) 12,50%
- b) 19,57%
- c) 25,00%
- d) 14,15%
- e) 50,00%

44. UEM-PR A aplicação de fertilizantes líquidos em lavouras depende fundamentalmente da formulação do fertilizante e do tipo de lavoura. A tabela a seguir apresenta as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) que devem estar presentes no fertilizante de uma determinada lavoura. Sabendo-se que um agricultor possui três formulações aquosas estoque de fertilizante: a primeira (1) contendo 0 g/L de nitrogênio, 60 g/L de fósforo e 40 g/L de potássio; a segunda (2) contendo 50 g/L de nitrogênio, 50 g/L de fósforo e 0 g/L de potássio; e a terceira (3) 40 g/L de nitrogênio, 0 g/L de fósforo e 60 g/L de potássio. Assinale a(s) alternativa(s) correta(s) a respeito das formulações de fertilizante ótimas para cada lavoura.

Lavoura	Concentração de fertilizante (g/L)		
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
A	0,40	0,60	1,00
B	1,00	2,20	0,80
C	0,45	0,25	0,3

- 01** Para a lavoura A, deve ser feita uma solução contendo 50 mL da formulação (1) e 50 mL da formulação (3), diluindo-se em seguida para um volume final de 5 litros.
- 02** As formulações estoque podem ser preparadas a partir dos sais nitrato de amônia, fosfato monoácido de cálcio e cloreto de potássio.

04 Para se preparar a primeira solução estoque (1), em relação ao K, pode-se usar, aproximadamente, 1,025 mol de KCl dissolvido em 1 litro de água.

08 Além de NPK, fertilizantes podem conter outros compostos em menor proporção, fontes de micronutrientes, como Fe, Zn, Mn e Cu.

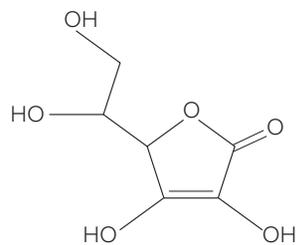
16 Para a lavoura C, deve ser feita uma solução contendo 150 mL da formulação (2) e 150 mL da formulação (3), diluindo-se em seguida a um volume final de 15 litros.

Soma:

45. Unigranrio-RJ 2017 O estudo da concentração de soluções aquosas faz-se necessário em muitos ramos da indústria química onde há necessidade de quantidades exatas de componentes químicos reacionais. Entre os ramos da indústria química que utilizam conhecimentos de concentrações podem ser citados o de tratamento de água e efluentes e a indústria cosmética. Um volume de 50,00 mL de uma solução de MgCl₂ a 2,0 mol/L é diluído até 1 litro de volume final. Sabendo que soluções diluídas de MgCl₂ são totalmente solúveis e dissociáveis ($\alpha = 1$) podemos afirmar que a concentração, em mol/L, de íons cloreto na nova solução após a diluição será de:

- a) 0,1
- b) 1,0
- c) 2,0
- d) 4,0
- e) 0,2

46. Uerj Observe, a seguir, a fórmula estrutural do ácido ascórbico, também conhecido como vitamina C.



Para uma dieta saudável, recomenda-se a ingestão diária de $2,5 \cdot 10^{-4}$ mol dessa vitamina, preferencialmente obtida de fontes naturais, como as frutas.

Considere as seguintes concentrações de vitamina C:

- polpa de morango: 704 mg · L⁻¹;
- polpa de laranja: 528 mg · L⁻¹.

Um suco foi preparado com 100 mL de polpa de morango, 200 mL de polpa de laranja e 700 mL de água. A quantidade desse suco, em mililitros, que fornece a dose diária recomendada de vitamina C é:

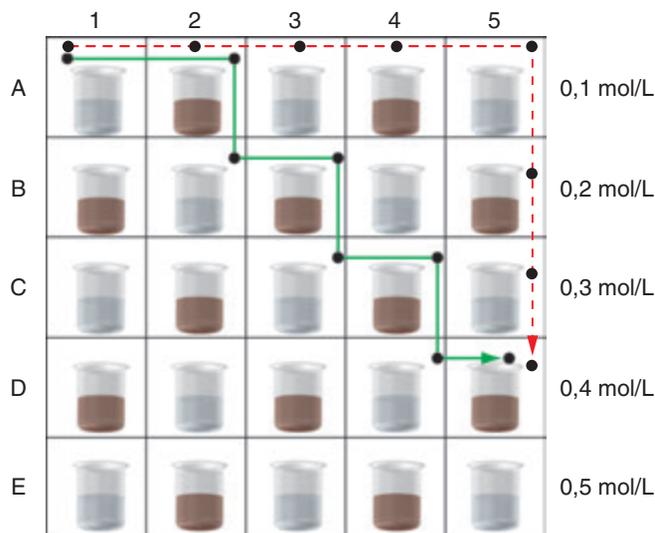
- a) 250
- b) 300
- c) 500
- d) 700

47. **Vunesp** Foi preparada em laboratório uma solução de ácido clorídrico, dissolvendo-se 0,73 g de cloreto de hidrogênio em água; o volume foi completado até 250 mL. Um volume de 15,0 mL da solução desse ácido foi completamente neutralizado por 25,0 mL de hidróxido de cálcio.
- Calcule a concentração de base, em mol/L.
 - Escreva a equação química da reação de neutralização e calcule o número de mols da base que foi neutralizado.

▶ **Dados:** $H = 1$; $Cl = 35,5$.

48. **Unicamp-SP** “O jogo das soluções”

O quadro a seguir representa uma estante onde há béqueres que contêm o mesmo volume V de solução de HCl ou de $NaOH$ (solução diferenciada pela tonalidade cinza, no desenho). As concentrações, em mol/L, são as mesmas numa mesma linha e estão indicadas ao lado do quadro.



Usando um béquer de volume suficientemente grande, pode-se nele misturar os conteúdos de vários béqueres do quadro.

- Misturando-se todas as soluções que estão no caminho indicado pela linha tracejada, indo da posição A1 até a D5 inclusive, a solução final será ácida ou básica? Explique.
 - Qual será a concentração do ácido ou da base na solução final do item a)?
 - Misturando-se todas as soluções que estão na sequência indicada pela linha contínua, indo da A1 até a D5 inclusive, qual será o pH da solução final?
49. **Vunesp** O vinagre comercial contém ácido acético (ácido etanoico). Na titulação de 5,0 mL de vinagre comercial com densidade $1,01 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, gastou-se 8,4 mL de uma solução 0,40 M de hidróxido de sódio.

▶ **Dados:** massas atômicas: $C = 12$; $H = 1$; $O = 16$; $Na = 23$.

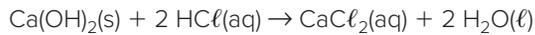
- Desenhar esquematicamente a montagem do material de vidro essencial para fazer a titulação ácido-base. Dar o nome de cada componente do sistema.
 - Escrever a equação da reação que ocorreu. Calcular a percentagem do ácido acético no vinagre.
50. **UEPG/PSS-PR 2016** Sobre a reação de neutralização de uma solução 3% (m/v) de ácido acético (CH_3COOH) empregando hidróxido de sódio ($NaOH$) 0,5 mol/L, assinale o que for correto.

▶ **Dados:** $H = 1$; $C = 12$; $O = 16$

- Trata-se de uma reação de neutralização ácido-base.
- Para neutralizar completamente 10 mL da solução do ácido seria necessário 100 mL da solução da base.
- A relação molar entre o ácido e a base nesta reação é de 2:1.
- A concentração do ácido equivale a 0,5 mol/L.

Soma:

- 51. PUC-Rio** Considere a reação de neutralização de hidróxido de cálcio com ácido clorídrico, representada pela equação a seguir:



Faça o que se pede:

- a) Calcule a quantidade máxima de cloreto de cálcio, em mol, que pode ser obtido quando 0,74 g de hidróxido de cálcio é misturado a 100 mL de solução aquosa de HCl 1,0 mol L⁻¹, onde, na reação, o HCl está em excesso.
b) Defina o que é uma base segundo o conceito de Arrhenius.

► **Dados:** Ca = 40; O = 16; H = 1.

- 52. Enem 2020** A sacarase (ou invertase) é uma enzima que atua no intestino humano hidrolisando o dissacarídeo sacarose nos monossacarídeos glicose e frutose. Em um estudo cinético da reação de hidrólise da sacarose (C₁₂H₂₂O₁₁), foram dissolvidos 171 g de sacarose em 500 mL de água. Observou-se que, a cada 100 minutos de reação, a concentração de sacarose foi reduzida à metade, qualquer que fosse o momento escolhido como tempo inicial. As massas molares dos elementos H, C e O são iguais a 1, 12 e 16 g mol⁻¹, respectivamente.

Qual é a concentração de sacarose depois de 400 minutos do início da reação de hidrólise?

- a) $2,50 \cdot 10^{-3}$ mol L⁻¹
b) $6,25 \cdot 10^{-2}$ mol L⁻¹
c) $1,25 \cdot 10^{-1}$ mol L⁻¹
d) $2,50 \cdot 10^{-1}$ mol L⁻¹

- 53. IME-RJ 2021** Uma solução de Ba(OH)₂ foi adicionada a 300 cm³ de uma solução 0,5 M de HNO₃. Houve a precipitação de um sal, mas o meio permaneceu ácido. Conseguiu-se a neutralização por meio da adição de 200 cm³ de uma solução 0,25 M de KOH, que foi totalmente consumido.

► **Dados:**

- Massa Molar Ba = 137 g/mol;
- Massa Molar O = 16 g/mol;
- Massa Molar H = 1 g/mol;
- Massa Molar K = 39 g/mol; e
- Massa Molar N = 14 g/mol.

Assim, pode-se afirmar que a massa, em gramas, de Ba(OH)₂ presente na solução adicionada era aproximadamente:

- a) 2,5
b) 4,3
c) 6,1
d) 8,6
e) 9,4

- 54. Fuvest-SP** Vinagre é uma solução aquosa contendo cerca de 6% em massa de ácido acético. Para se determinar a concentração efetiva desse ácido em um

dado vinagre, pode-se fazer uma titulação com solução padrão de hidróxido de sódio. Suponha que para tal se usem 10,0 mililitros do vinagre e se disponha de uma bureta de 50 mililitros. Para se fazer essa determinação com menor erro possível, a solução de NaOH, de concentração (em mol/litro) mais apropriada é:

- a) 0,100
b) 0,150
c) 0,400
d) 4,00
e) 10,0

► **Dados:** CH₃COOH + NaOH → CH₃COONa + H₂O;
massa molar: CH₃COOH: 60 g/mol;
densidade do vinagre = 1,0 g/mL.

► **Dica:** o menor erro possível em uma titulação se dá quando utilizamos o volume de líquido na bureta na sua totalidade.

- 55. Udesc 2015** A Organização Pan-Americana e a Organização Mundial da Saúde recomendam a fluoretação das águas de abastecimento público como medida da mais alta prioridade para prevenção e controle da cárie dentária. De acordo com a Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde de 2011, o valor máximo permitido de fluoreto presente na água de abastecimento público é de 1,5 mg L⁻¹. Considerando um reservatório com capacidade de 1,50 milhões de metros cúbicos, assinale a alternativa que corresponde à massa de fluoreto de sódio que deve ser adicionada ao reservatório, para que a concentração final de fluoreto seja a máxima permitida.

- a) $5 \cdot 10^3$ g
b) 2,25 ton
c) 4,97 ton
d) $1,50 \cdot 10^6$ g
e) $42,0 \cdot 10^6$ g

- 56. Fuvest-SP** O rótulo de um produto de limpeza diz que a concentração de amônia (NH₃) é de 9,5 g/L. Com o intuito de verificar se a concentração de amônia corresponde à indicada no rótulo, 5,00 mL desse produto foram titulados com ácido clorídrico de concentração 0,100 mol/L. Para consumir toda a amônia dessa amostra, foram gastos 25,00 mL do ácido.

► **Dados:** H = 1, N = 14 e Cl = 35,5.

Com base nas informações fornecidas:

	Qual a concentração da solução, calculada com os dados da titulação?	A concentração indicada no rótulo é correta?
a)	0,12 mol/L	sim
b)	0,25 mol/L	não
c)	0,25 mol/L	sim
d)	0,50 mol/L	não
e)	0,50 mol/L	sim

 Texto para as questões 1 e 2.

Dois grupos de pesquisa independentes estavam estudando a poluição das águas de um mesmo rio, por meio da análise dos rejeitos de uma indústria têxtil. Um dos compostos estudados foi o corante vermelho do Congo, cujo uso vem sendo reduzido ao redor do mundo por causa de seu potencial carcinogênico. Os dados obtidos pelos grupos de pesquisa, nas mesmas datas e horários, podem ser vistos na tabela a seguir.

	Grupo 1	Grupo 2
	Concentração (ppm)	Concentração (mol/L)
13/07/2021	70	$1 \cdot 10^{-4}$
14/07/2021	210	$3 \cdot 10^{-4}$
15/07/2021	35	$5 \cdot 10^{-5}$
16/07/2021	70	$1 \cdot 10^{-3}$
17/07/2021	140	$2 \cdot 10^{-4}$

EM13CNT302

1. Com base no texto, faça um gráfico comparando os resultados obtidos por ambos os grupos, usando a unidade mol/L.

Dados: densidade da água do rio = 1 g/mL.
Massa molecular do corante = 700 u.

EM13CNT205

2. Baseado no gráfico obtido na questão anterior, pode-se dizer que os dados dos diferentes grupos de pesquisa são:
- totalmente discordantes, e seria necessário que ambos os grupos revisassem os métodos de análise utilizados.
 - parcialmente discordantes, mas essa diferença é aceitável porque o composto estudado não oferece perigo aos seres humanos.
 - parcialmente discordantes, e seria interessante que ambos os grupos refizessem a análise do dia em que os dados apresentam diferença.
 - totalmente concordantes, deixando claro que ambos os grupos estão seguindo as melhores práticas científicas.
 - totalmente concordantes, indicando que não há motivo para ter dois grupos fazendo as mesmas análises.

EM13CNT205

3. Uma das etapas de tratamento de água nas cidades é a adição de uma solução com cloro para degradação química de possíveis moléculas orgânicas que não foram removidas nas etapas anteriores. A quantidade de compostos orgânicos presentes nas águas pode variar, e por isso é importante a detecção do cloro residual – aquele que não reagiu com as moléculas orgânicas.

A utilização de nitrato de prata (AgNO_3) para determinação de cloro em soluções aquosas permite a formação de um precipitado branco de cloreto de prata (AgCl), sendo possível a determinação total de cloro pela massa do precipitado. Nesse contexto, foi realizado um experimento com adição de uma solução de AgNO_3 em 10 L de água tratada. O precipitado formado pesou 150 mg, dos quais 70% eram compostos de AgCl .

Supondo que todo o cloro presente reagiu, e sabendo que o valor máximo permitido de cloro residual (Cl) na água, pela legislação, é de 2 mg/L, chega-se à conclusão de que a quantidade de cloro nessa amostra de água antes do tratamento:

Dados: massas molares: Ag = 108 u; Cl = 35,5 u; N = 14 u; O = 16 u.

- estava de acordo com o recomendado.
- era 30% superior ao recomendado.
- era 85% superior ao recomendado.
- era 460% superior ao recomendado.
- era 1200% superior ao recomendado.

Partes enferrujadas na estrutura de uma ponte.

FRENTE 3

CAPÍTULO

4

Cinética Química

As explosões são reações químicas extremamente rápidas, exotérmicas e provocam grande expansão dos gases. Por outro lado, alguns tipos de reações podem ser muito lentas e levar anos para que se completem, como a formação de ferrugem em superfícies metálicas. Neste capítulo, estudaremos a velocidade das reações químicas e os fatores que são capazes de alterá-la.

Introdução

Comumente observamos diversos tipos de reações químicas, que podem ocorrer de forma muito rápida ou muito lenta. As reações de neutralização entre ácidos e bases, a combustão de metano gasoso e o deslocamento de equilíbrio de um indicador na presença de um ácido ou de uma base são exemplos de fenômenos químicos praticamente instantâneos. Já o escurecimento de uma banana descascada em contato com o ar, o escurecimento de uma lente de óculos fotossensível e a reação entre bissulfito e iodato são exemplos de reações que duram alguns segundos. Também existem reações que podem durar horas ou dias, como a formação de ferrugem em palha de aço. Há ainda as que duram anos ou mesmo séculos, como o processo de formação do petróleo.

Para que se compreenda o mecanismo que define se uma reação será rápida ou lenta, muitos cientistas, como Svante Arrhenius, Cato Guldberg e Peter Waage, dedicaram anos de trabalho. Foi por meio do estudo e das descobertas desses cientistas que surgiu um novo ramo da Química: a **Cinética Química**, que é definida a seguir.

Cinética Química é a parte da Química que estuda as velocidades das reações e os fatores que alteram essas velocidades.

O estudo de Cinética será dividido em:

- Velocidade média e velocidade instantânea
- Mecanismos de reação
- Fatores que alteram a velocidade das reações
- Lei da ação das massas (lei de Guldberg-Waage)

Velocidade de uma reação

Para melhor compreensão do conceito de velocidade de uma reação, vamos analisar primeiramente a velocidade de um móvel, que é definida como a rapidez com que ele muda de posição em relação a determinado referencial. A expressão do cálculo da velocidade é dada por:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (\text{equação I})$$

Comparando a definição com a expressão, temos:

$$\underbrace{v}_{\text{Velocidade}} = \frac{\overset{\text{Muda}}{\Delta S}}{\underset{\text{Rapidez}}{\Delta t}} \quad \text{Posição}$$

Seguindo a mesma lógica, define-se aceleração como a rapidez com que um móvel muda de velocidade em relação a determinado referencial. Assim, a expressão do cálculo da aceleração é dada por:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (\text{equação II})$$

Comparando a definição com a expressão, temos:

$$\underbrace{a}_{\text{Aceleração}} = \frac{\overset{\text{Muda}}{\Delta v}}{\underset{\text{Rapidez}}{\Delta t}} \quad \text{Velocidade}$$

Mas, afinal, o que é a velocidade de uma reação? Primeiramente, uma reação química é um fenômeno que modifica substâncias, ou seja, que converte reagentes em produtos. Portanto, a velocidade de uma reação é a rapidez com que reagentes são convertidos em produtos, em relação a determinado referencial (que, nesse caso, é uma das substâncias que estão envolvidas na reação). Assim:

$$v = \frac{\text{Reagentes} \rightarrow \text{Produtos}}{\Delta t} \quad (\text{equação III})$$

De modo mais específico, podemos definir a velocidade de uma reação como a rapidez com que os reagentes são consumidos ou a rapidez com que os produtos são produzidos. Portanto:

$$v_x = \frac{|\Delta Q_x|}{\Delta t} \quad (\text{equação IV})$$

Nesse caso, X é uma substância que pode ser reagente ou produto da reação. É o referencial no qual a velocidade da reação foi medida. Q é a quantidade de X, que, em princípio, pode ser medida em gramas, mols, litros ou mol/L.

$$\Delta Q = Q_{\text{final}} - Q_{\text{inicial}} \quad (\text{equação V})$$

Como a variação da quantidade de uma substância ao longo da reação pode ser positiva (os produtos são gerados) ou negativa (os reagentes são consumidos), e como a velocidade de uma reação deve ser um número positivo, deve-se tomar o módulo da variação da quantidade de X para o cálculo da velocidade da reação.

A quantidade Q, como já foi dito, pode ser medida em várias unidades diferentes. Entretanto, essa diversidade de possibilidades pode não ser adequada.

Suponha um balão volumétrico de 1 L, contendo um meio reacional em solução aquosa, com a reação já em curso. Se transferirmos uma alíquota de 50 mL dessa solução para um béquer menor, teremos a mesma reação ocorrendo em dois ambientes distintos. Em qual deles a reação se completará primeiro? Em qual dos dois ambientes a reação é mais veloz? Como se trata do mesmo fenômeno, é comum pensar que a reação terminará ao mesmo tempo em ambos, o que significa dizer que a velocidade é a mesma nos dois casos. E se a velocidade for medida em gramas por segundo? De fato, o número de gramas que reagem por segundo no balão volumétrico é maior do que o número de gramas que reagem por segundo no béquer. Assim, a mesma reação, em dois ambientes, teria valores de velocidade distintos, o que mostra uma contradição no conceito. Não seria diferente se a quantidade fosse medida em mols ou em litros, já que a velocidade não seria uma característica da reação, mas do tamanho da amostra.

Também podemos pensar na seguinte questão: uma reação com velocidade de 5 g/s é rápida ou lenta? Nesse caso, o valor da velocidade nessa unidade de medida não tem sustentação para que possamos concluir se a reação é rápida ou lenta. Se o fenômeno em questão estiver sendo realizado em um tanque, então é uma reação lenta, mas, se estiver sendo realizado em um tubo de ensaio, então é uma reação rápida. Portanto, um valor de velocidade em que Q é medido em gramas, mols ou litros não tem respaldo para indicar se a reação é rápida ou lenta.

Qual seria, então, a melhor unidade de medida para Q? Deve ser uma medida que atribua o mesmo valor de velocidade para um dado fenômeno, independentemente do tamanho da amostra. De fato, no balão volumétrico ou no bquer, há uma grandeza que coincide para os dois ambientes: a concentração dos reagentes em mol/L. Em ambos os casos, o número de mols não é o mesmo, o volume não é o mesmo, mas a razão entre as duas grandezas é a mesma. Logo, se a velocidade for medida em mol/L, o valor será o mesmo se a reação estiver sendo realizada nas dimensões de um tanque, de um balão volumétrico, de um bquer ou de um tubo de ensaio.

A concentração em mol/L é a razão entre o número de mols do soluto e o volume da solução. A essa concentração damos o nome de **concentração molar**, ou **molaridade** η . Assim:

$$\eta = \frac{n_1}{V_{(L)}} \text{ (mol/L)} \quad \text{(equação VI)}$$

Como $n_1 = \frac{m_1}{M_1}$, temos:

$$\eta = \frac{m_1}{M_1 \cdot V_{(L)}} \text{ (mol/L)} \quad \text{(equação VII)}$$

A concentração molar de uma substância X pode ser representada por η_X , ou [X].

Sendo assim, para uma reação genérica de equação:



em que A e B são reagentes, C e D são produtos e a , b , c e d são coeficientes estequiométricos da equação, temos:

$$v_A = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} \quad v_B = -\frac{\Delta[B]}{\Delta t} \quad v_C = \frac{\Delta[C]}{\Delta t} \quad v_D = \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

(equações VIII)

Note que, para as velocidades em relação a A e a B, poderíamos ter escrito $|\Delta[X]|$. Entretanto, como as variações das concentrações dos reagentes são negativas, podemos substituir o módulo pelo sinal (-) na frente da fração. O sinal negativo é desnecessário para o cálculo da velocidade dos produtos, pois a variação das suas concentrações ao longo da reação é positiva.

As principais unidades de medida de velocidade das reações são, portanto, mol/L · s ou mol/L · min.

Como as velocidades são proporcionais aos números de mols que reagem, e estes, por sua vez, são proporcionais aos coeficientes estequiométricos, então as velocidades, com relação às substâncias, são proporcionais aos seus respectivos coeficientes estequiométricos. Portanto:

$$\frac{v_A}{a} = \frac{v_B}{b} = \frac{v_C}{c} = \frac{v_D}{d} \quad \text{(equação IX)}$$

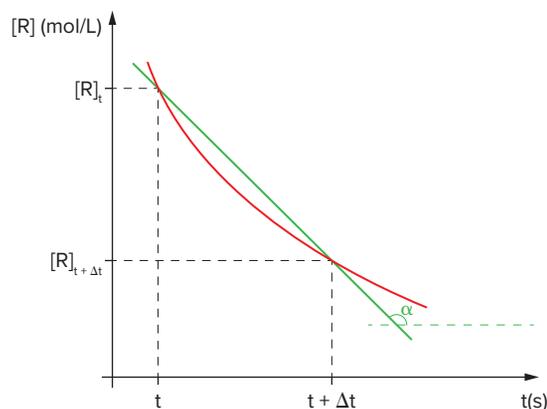
Como a razão entre a velocidade em relação à substância X e o seu respectivo coeficiente estequiométrico é sempre a mesma, podemos definir, para uma reação química, uma velocidade sem referencial, chamada de **velocidade global da reação**, ou simplesmente **velocidade da reação** (v_G), que pode ser calculada como mostrado a seguir.

$$v_G = \frac{v_A}{a} = \frac{v_B}{b} = \frac{v_C}{c} = \frac{v_D}{d} \quad \text{(equação X)}$$

As velocidades calculadas até aqui são todas velocidades médias. Para calcular a velocidade instantânea de uma reação em um instante t , devemos calcular a velocidade média dessa reação entre os instantes t e $t + \Delta t$ e, posteriormente, calcular o limite dessa velocidade média quando Δt tende a zero. Desse modo, representando o reagente por R, temos:

$$v_i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} -\frac{([R]_{t+\Delta t} - [R]_t)}{\Delta t} = -\frac{d[R]}{dt} \quad \text{(equação XI)}$$

A interpretação gráfica da velocidade instantânea e sua relação com a derivada são mostradas a seguir:

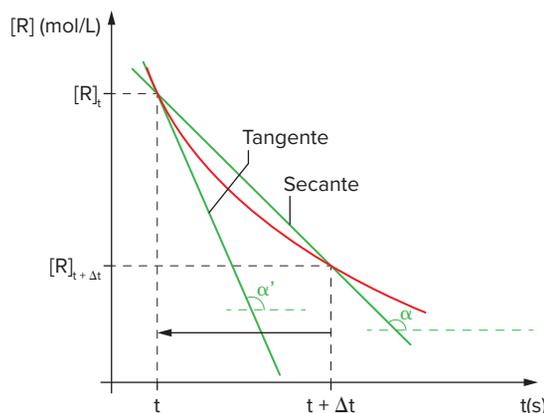


$$\text{tg } \alpha = \frac{[R]_{t+\Delta t} - [R]_t}{\Delta t}$$

Velocidade média entre t e $t + \Delta t$:
 $v_m = -\text{tg } \alpha$

Gráfico da velocidade média entre os instantes t e $t + \Delta t$.

Quando Δt tende a zero, a reta secante se torna a reta tangente à curva no instante t . Nesse caso, a tangente do ângulo representado por α' é a velocidade instantânea em t , como mostrado a seguir:



$$\text{tg } \alpha' = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{[R]_{t+\Delta t} - [R]_t}{\Delta t} = \frac{d[R]}{dt}$$

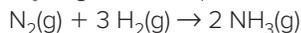
Velocidade instantânea em t :

$$v_i = -\text{tg } \alpha' = -\frac{d[R]}{dt}$$

Análise gráfica da velocidade instantânea no instante t .

Exercício resolvido

1. Seja uma reação genérica equacionada por:



Uma tabela com as concentrações de N_2 em função do tempo é fornecida a seguir:

$[\text{N}_2]$ (10^{-3} mol/L)	t(s)
3	0
1,8	1
1,2	2
0,9	3

Responda:

- Qual é a velocidade média em relação ao consumo de N_2 entre os instantes 0 e 1 s?
- Qual é a velocidade média em relação ao consumo de N_2 entre os instantes 0 e 2 s?
- Qual é a velocidade média em relação ao consumo de N_2 entre os instantes 0 e 3 s?
- Qual é a velocidade média em relação ao consumo de H_2 entre os instantes 0 e 1 s?
- Qual é a velocidade média em relação à formação de NH_3 entre os instantes 0 e 2 s?
- Qual é a velocidade global da reação entre os instantes 0 e 3 s?

Resolução:

- a) Cálculo da velocidade média em relação ao consumo de N_2 entre os instantes 0 e 1 s:

$$v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 1)} = \frac{\Delta[\text{N}_2]}{\Delta t} \Rightarrow v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 1)} = \frac{1,8 \cdot 10^{-3} - 3,0 \cdot 10^{-3}}{1} \Rightarrow \\ \Rightarrow v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 1)} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{1} \therefore v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 1)} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

- b) Cálculo da velocidade média em relação ao consumo de N_2 entre os instantes 0 e 2 s:

$$v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 2)} = \frac{\Delta[\text{N}_2]}{\Delta t} \Rightarrow v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 2)} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3} - 3,0 \cdot 10^{-3}}{2} \Rightarrow \\ \Rightarrow v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 2)} = \frac{1,8 \cdot 10^{-3}}{2} \therefore v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 2)} = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

- c) Cálculo da velocidade média em relação ao consumo de N_2 entre os instantes 0 e 3 s:

$$v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 3)} = \frac{\Delta[\text{N}_2]}{\Delta t} \Rightarrow v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 3)} = \frac{0,9 \cdot 10^{-3} - 3,0 \cdot 10^{-3}}{3} \Rightarrow \\ \Rightarrow v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 3)} = \frac{2,1 \cdot 10^{-3}}{3} \therefore v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 3)} = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

Note que, com o decorrer da reação, a velocidade média a partir do instante inicial vai diminuindo. Isso significa que a velocidade instantânea ao longo da reação também diminui. Essa não é uma característica específica desse problema, mas algo que ocorre na maioria das reações.

A velocidade dos fenômenos químicos depende de choques efetivos entre as partículas dos reagentes. No início, a concentração dos reagentes é máxima, o que resulta em velocidade máxima do processo. Entretanto, ao longo da ocorrência da reação, a conversão de reagentes em produtos vai diminuindo a concentração dos reagentes e, consequentemente, diminuindo também a frequência de choques efetivos entre as partículas. Durante a reação, portanto, a tendência natural é de que sua velocidade vá diminuindo gradativamente. Se a reação for irreversível, ou seja, se ocorrer com rendimento de 100%, a velocidade final da reação será nula.

- d) Cálculo da velocidade média em relação ao consumo de H_2 entre os instantes 0 e 1 s, levando-se em conta a equação X:

$$\frac{v_{\text{H}_2(0 \rightarrow 1)}}{3} = \frac{v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 1)}}{1} \Rightarrow \frac{v_{\text{H}_2(0 \rightarrow 1)}}{3} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{1} \therefore \\ \therefore v_{\text{H}_2(0 \rightarrow 1)} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

- e) Cálculo da velocidade média em relação à formação de NH_3 entre os instantes 0 e 2 s, levando-se em conta a equação X:

$$\frac{v_{\text{NH}_3(0 \rightarrow 2)}}{2} = \frac{v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 2)}}{1} \Rightarrow \frac{v_{\text{NH}_3(0 \rightarrow 2)}}{2} = \frac{0,9 \cdot 10^{-3}}{1} \therefore \\ \therefore v_{\text{NH}_3(0 \rightarrow 2)} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

- f) Cálculo da velocidade global da reação entre os instantes 0 e 3 s, levando-se em conta a equação X:

$$v_{\text{G}(0 \rightarrow 3)} = \frac{v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 3)}}{1} \Rightarrow v_{\text{G}(0 \rightarrow 3)} = \frac{0,7 \cdot 10^{-3}}{1} \therefore \\ \therefore v_{\text{G}(0 \rightarrow 3)} = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

Atenção

Não é possível dizer que a velocidade da reação diminui sempre com o passar do tempo, porque alguns fatores podem influenciar a variação de velocidade de maneira contrária:

- Para reações muito exotérmicas, ocorre forte aumento de temperatura durante a ocorrência do processo. Esse aquecimento do meio reacional pode compensar a perda da concentração do reagente por algum tempo e fazer a velocidade da reação aumentar ao longo do tempo.
- Existem determinadas reações que produzem o próprio catalisador. Esses fenômenos são conhecidos como mecanismos de autocatálise. Assim, a produção de catalisador durante a reação pode compensar o efeito da diminuição da concentração do reagente na variação da velocidade da reação. Com isso, pode haver aumento de velocidade da reação ao longo de um intervalo de tempo.

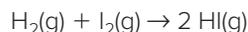
Teoria das colisões

Para compreender uma reação química e os fatores que determinam a sua velocidade, precisamos conhecer o que ocorre, passo a passo, desde o momento em que se tem reagentes até o momento em que eles se convertem em produtos.

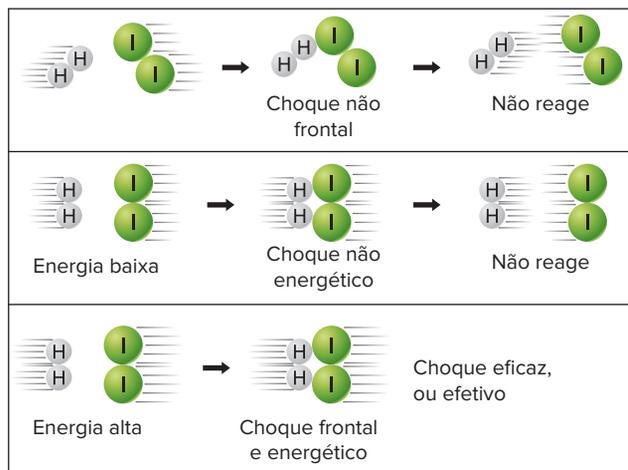
As moléculas não reagem por ação de campo, ou seja, não reagem a distância ou por indução. Elas precisam se chocar umas com as outras, precisam do contato físico; portanto, **moléculas reagem por contato**. Esse processo deve obedecer a dois requisitos para que resulte em uma transformação química. O primeiro deles está relacionado à geometria da colisão. Existe uma geometria específica com que as partículas devem se chocar para que seja possível uma reação. Quando essa condição é satisfeita, ele deve ser chamado de **choque de geometria favorável**, ou **choque frontal**. A segunda condição se refere à energia com que as partículas se chocam entre si. Deve haver um mínimo de energia para que a reação ocorra. Choques que têm energia igual ou superior à mínima são chamados de **choques energéticos**. Quando um choque é frontal e energético simultaneamente, é então chamado de **choque eficaz**, ou **efetivo**.

É a frequência de choques efetivos entre as partículas de reagentes que determina a velocidade de uma reação.

Vamos analisar o exemplo da reação entre hidrogênio e iodo em fase exclusivamente gasosa.



As moléculas de gás hidrogênio e gás iodo só reagem caso o choque entre elas seja frontal e energético ao mesmo tempo.

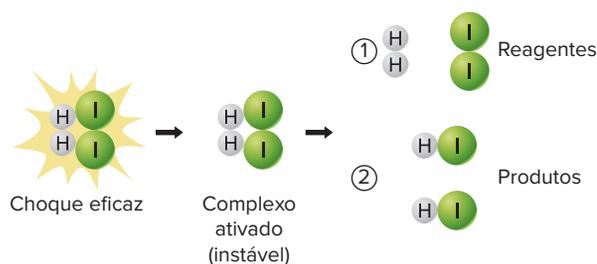


Esquema comparativo entre choques frontais e não frontais e entre energéticos e não energéticos.

Uma vez que tenha ocorrido o choque efetivo entre as moléculas dos reagentes, forma-se um intermediário, muito instável, chamado **complexo ativado**. Essa estrutura contém todas as ligações químicas dos reagentes e todas as ligações dos produtos dessa etapa do processo. Como há ligações em excesso, esse intermediário tende a armazenar bastante energia. Assim, a entalpia do complexo ativado é maior do que a entalpia dos reagentes e dos produtos.

O complexo ativado, por sua instabilidade, quebra-se logo depois de formado. Nesse caso, há duas opções: ou ocorre a restauração dos reagentes (a reação, portanto, não se conclui) ou formam-se os produtos. No caso do exemplo

que estamos trabalhando, podemos representar o que foi explicado por meio do seguinte esquema:



Esquema ilustrado mostrando a sequência de eventos entre o choque frontal e a formação dos produtos, passando pelo complexo ativado.

Assim, deve-se incluir os estados intermediários no gráfico de entalpia ao longo do caminho da reação. A reação que tomamos como exemplo é exotérmica. Além disso, o complexo ativado é a estrutura mais entálpica do processo. Com isso, o gráfico tem a seguinte configuração:

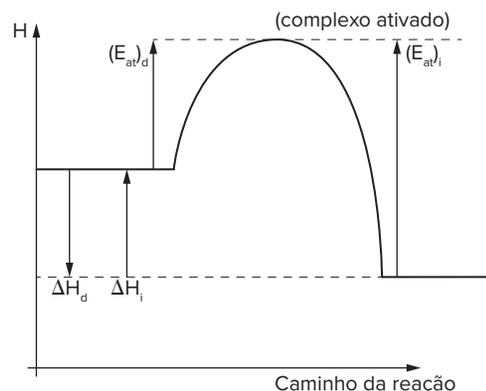


Gráfico de entalpia das espécies ao longo do caminho da reação, passando pelo complexo ativado.

Por mais exotérmica que uma reação seja, ela deve absorver uma energia inicial para que possa começar e formar o complexo ativado. Sem a formação desse intermediário, não pode haver a geração do produto. A energia inicial que os reagentes devem absorver para possibilitar o choque energético entre os reagentes é chamada de **energia de ativação**.

Essa energia pode ser de diversas formas, como: atrito (no caso dos palitos de fósforo), faísca (no caso da queima da gasolina dentro da câmara de combustão do motor de um carro), impacto (no caso da detonação de explosivos de alto desempenho, como nitroglicerina), calor (no caso da queima de uma folha de papel), entre outras. Isso varia de reação para reação.

Note como a energia de ativação da reação direta não é a mesma da reação inversa. Podemos dizer também que as reações químicas “sobem morros energéticos” para que possam ocorrer, e quanto maior for o obstáculo, ou seja, quanto maior for a energia de ativação de uma reação, menor será a sua velocidade.

Assim, podemos concluir que:

- $|\Delta H|_{\text{direita}} = |\Delta H|_{\text{inversa}}$
- $(E_{\text{at}})_{\text{direta}} \neq (E_{\text{at}})_{\text{inversa}}$
- Quanto maior for a (E_{at}) , menor será a velocidade da reação.

Fatores que alteram a velocidade de uma reação

Existem, fundamentalmente, cinco fatores capazes de alterar a velocidade de uma reação. São eles:

- Temperatura
- Superfície de contato
- Catalisador
- Concentração dos reagentes
- Pressão parcial dos reagentes

Vamos analisar cada uma das influências de forma independente, já que a análise conjunta dos fatores constitui um problema quantitativo.

Temperatura

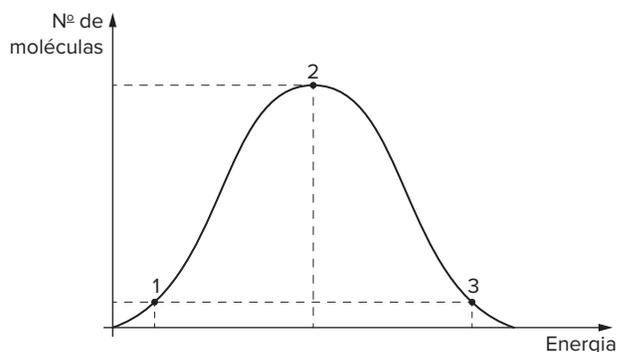
A elevação da temperatura amplia a energia cinética média das moléculas. Com isso, aumenta a frequência de choques energéticos entre as partículas dos reagentes e a frequência de choques efetivos entre elas, o que acarreta um aumento da velocidade da reação. Portanto, podemos concluir que:

Um aumento da temperatura de uma reação aumenta a sua velocidade.

Historicamente, o primeiro cientista a expressar uma relação entre aumento de temperatura de um meio, reação e velocidade da reação foi o holandês Jacobus van't Hoff, no final do século XIX, quando propôs que um aumento de 10 °C na temperatura de uma reação dobra a sua velocidade. Essa conclusão, baseada em resultados experimentais, é conhecida como **regra de Van't Hoff**. Atualmente, sabemos que, para que se possa aplicar essa regra de maneira que seja verdadeira, a reação deve ter uma energia de ativação muito específica em determinada faixa de temperatura. Assim, essa regra não vale sempre, mas pode ser usada como uma estimativa simples de como a velocidade de determinada reação pode variar com a temperatura.

A verdadeira influência da temperatura pode ser quantitativamente analisada por meio da equação de Arrhenius, abordada no texto complementar deste capítulo.

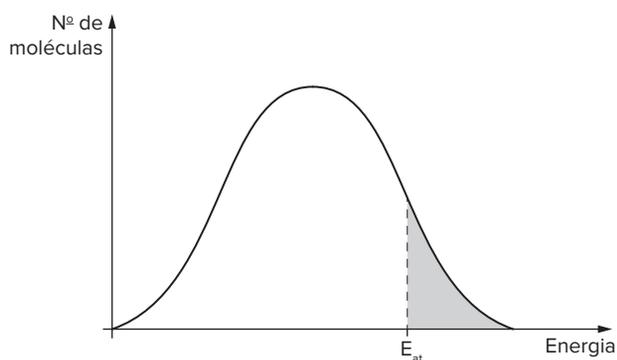
Do ponto de vista estatístico, há um estudo bem interessante que podemos fazer da influência da temperatura na velocidade de uma reação. As curvas de Maxwell-Boltzmann mostram a distribuição de energias das partículas em um sistema, como se pode perceber no gráfico a seguir:



Análise gráfica da distribuição de energias de Maxwell-Boltzmann.

No eixo das ordenadas, temos o número de moléculas que possui cada uma das energias, expressas no eixo das abscissas. No ponto 1, podemos perceber que são poucas as moléculas que apresentam uma energia muito abaixo da média. No ponto 3, podemos perceber que são poucas as moléculas que apresentam energia muito acima da média. No ponto 2, percebemos que é próximo da energia média que se pode encontrar a maior incidência das moléculas.

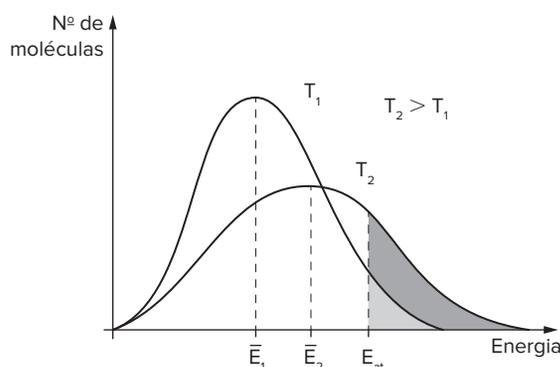
Entretanto, é importante lembrar que, para que uma reação ocorra, é preciso que ela tenha uma energia mínima para realizar choques suficientemente energéticos. Portanto, somente moléculas com energias maiores têm condições de reagir em caso de choques de geometria favorável, ou choques frontais. Assim, podemos dividir as moléculas em dois grupos: aquelas com energia superior à energia de ativação (marcadas pela região hachurada do gráfico a seguir) e aquelas com energia inferior à energia de ativação.



Análise gráfica da distribuição de energias de Maxwell-Boltzmann em comparação com a energia de ativação de uma reação.

Na figura anterior a região hachurada mostra as moléculas com energia suficiente para que se convertam em produtos. As que estão à esquerda da energia de ativação – ou seja, as que não apresentam energia suficiente para formar o complexo ativado – não podem reagir.

Contudo, quando se realiza um aquecimento em um meio reacional, o aumento da temperatura sempre se reflete em um aumento da energia cinética média das moléculas. Assim, haverá um maior número de moléculas com energia superior à energia de ativação e, conseqüentemente, um aumento da frequência de choques efetivos, o que certamente resulta em um aumento da velocidade de uma reação.



Análise gráfica da comparação do número de moléculas com energia maior do que a energia de ativação em duas temperaturas diferentes.

Superfície de contato

Quando se fragmenta um reagente, aumenta-se a superfície de contato desse reagente com outro. Isso eleva a frequência de choques entre eles e, conseqüentemente, a frequência de choques efetivos, acarretando o aumento da velocidade de uma reação.

São muitas situações práticas que mostram como o aumento da superfície de contato dos reagentes aumenta a velocidade de uma reação. Por exemplo, um pedaço de palha de aço enferruja mais depressa do que uma barra de ferro, serragem pega fogo bem mais depressa do que uma tora de madeira, e um comprimido de antiácido tem efervescência muito mais lenta do que uma mesma quantidade do medicamento na forma pulverizada.

greseil/stockphoto.com



O medicamento pulverizado apresenta efervescência mais rápida que o medicamento em forma de pastilha.

Catalisador

Os catalisadores são substâncias que têm a capacidade de aumentar a velocidade das reações sem causar nenhuma interferência extra. Eles não são consumidos durante o processo reacional. Entretanto, encontrar um composto que aumente a velocidade de uma reação desejável pode não ser uma tarefa tão simples. Muitas das vezes em que se encontrou uma substância com essa característica para alguma reação química de interesse industrial ou em larga escala, o pesquisador responsável foi agraciado com prêmios como o Nobel de Química ou com patentes que renderam grandes somas em dinheiro.

Catalisadores são substâncias que não participam da reação global, mas diminuem a sua energia de ativação.

Quando é preciso um catalisador para aumentar a velocidade de uma reação, há alguns indícios de que determinada substância possa ter eventual êxito nessa função, mas a confirmação é apenas experimental. Portanto, encontrar um catalisador para uma reação é um trabalho de paciência, baseado fundamentalmente em tentativa e erro.

Para a compreensão do mecanismo pelo qual se dá a catálise, vamos analisar os casos a seguir.

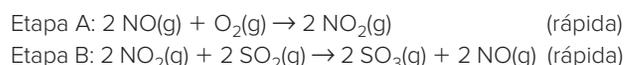
Catálise homogênea

Os mecanismos de catálise que serão vistos a seguir se caracterizam pelo fato de reagentes e catalisador constituírem uma única fase. Isso ocorre porque, em ambos

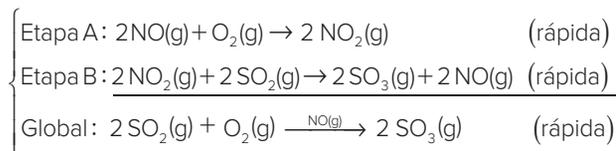
os casos, reagentes e catalisador são gasosos, e qualquer mistura de gases é homogênea. Quando isso ocorre, a catálise é chamada de catálise homogênea.

Exemplo I

A reação dada pela equação $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{SO}_3(\text{g})$ é extremamente lenta por causa da incompatibilidade geométrica entre as espécies reagentes. Em outros termos, existe uma dificuldade natural para que o dióxido de enxofre e o oxigênio tenham entre si choques frontais, o que desfavorece bastante a ocorrência de choques efetivos. Entretanto, na presença de óxido nítrico (NO), essa mesma reação ocorre com maior velocidade, sem prejuízo das demais propriedades. Isso ocorre porque a etapa direta se subdivide em duas etapas, conforme as equações a seguir:



O NO adicionado ao meio reacional tem boa compatibilidade geométrica com o gás oxigênio (etapa A). Com isso, é bastante favorável à formação de $\text{NO}_2(\text{g})$, reação que ocorre com boa velocidade. O $\text{NO}_2(\text{g})$ formado na primeira etapa é imediatamente consumido na segunda etapa, também rápida, dada a boa compatibilidade geométrica com o $\text{SO}_2(\text{g})$ (etapa B). A substância que aparece em uma etapa e é consumida em outra posterior é chamada de **intermediário da reação**. A soma de todas as etapas, que resulta na reação global, revela melhor o comportamento do processo. Como podemos observar:



O $\text{NO}(\text{g})$, que entra na primeira etapa promovendo a compatibilidade geométrica entre as espécies que reagem, é integralmente devolvido na etapa seguinte, não sendo consumido na reação global. Sendo assim, o $\text{NO}(\text{g})$ é o catalisador dessa reação. Aqui, vale observar também que, se, em vez de termos adicionado NO ao meio reacional, tivéssemos adicionado o NO_2 , as etapas se inverteriam, e o NO_2 passaria a ser o catalisador, com o NO sendo o intermediário. Para o caso original proposto (NO como catalisador), o histórico da entalpia é dado pelo gráfico a seguir:

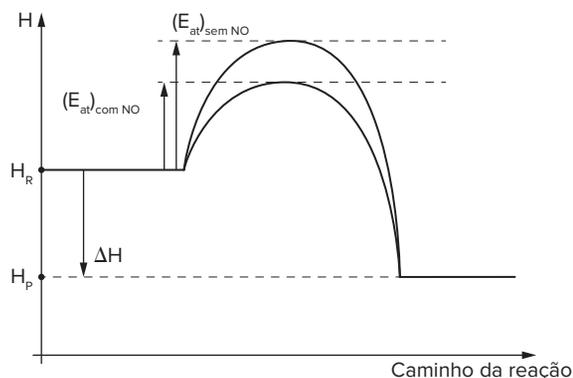


Gráfico de entalpia ao longo da reação, comparando o caminho de reação com catalisador e sem catalisador.

Analisando esse gráfico, podemos concluir:

- Quando uma substância catalisa a reação direta, ela também é catalisadora da reação inversa.
- A adição de um catalisador não altera o ΔH de uma reação.

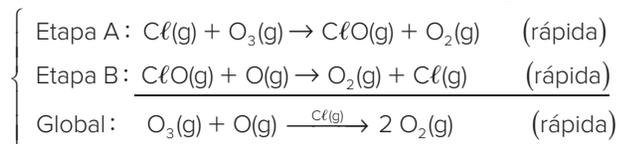
Exemplo II

A reação dada pela equação $O_3(g) + O(g) \rightarrow 2 O_2(g)$ é bastante lenta e representa a destruição natural do ozônio nas camadas mais altas da atmosfera. Esse fenômeno não representa um problema ambiental, pois a velocidade de destruição natural do ozônio sempre foi compensada pela restituição natural, que ocorre, por exemplo, através de relâmpagos.

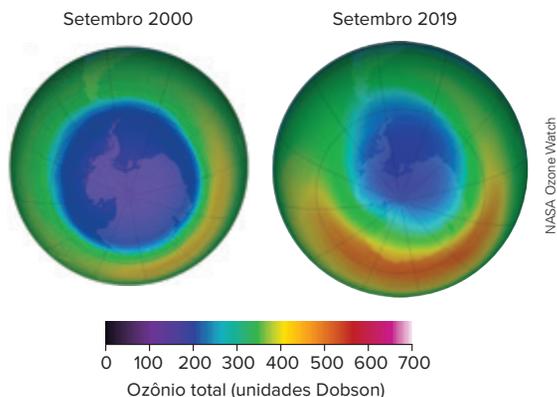
Porém, desde que se começou a fabricar e utilizar o CFC em larga escala, houve uma descompensação entre os dois fenômenos. Os CFCs são moléculas orgânicas que possuem carbono, flúor e cloro. Apresentam grande estabilidade, portanto não são inflamáveis, corrosivos ou tóxicos. Devido a essas e outras características, foram largamente utilizadas em refrigeradores e como propelentes em aerossóis. Entretanto, quando as moléculas de CFC lançadas na atmosfera ultrapassam a camada de ozônio, que filtra os raios UV, elas são atingidas por esses raios altamente energéticos, liberando o cloro atômico na forma de radical livre. Uma das possíveis equações que representam essa reação é dada a seguir:



O $Cl(g)$ é altamente instável e reativo. Por isso, nas camadas mais altas da atmosfera, ataca o ozônio da seguinte forma:



Portanto, para o fenômeno de depleção do ozônio, o $Cl(g)$ é o catalisador do processo, enquanto o $ClO(g)$ é o intermediário. Como a reação de destruição do ozônio passou a ser catalisada pelo cloro, nesse novo cenário a natureza não conseguiu repor o ozônio perdido na mesma velocidade, e, com isso, passou a haver um déficit dele, principalmente na região polar, o que constitui grave problema ambiental. Depois que os países se propuseram a reduzir as emissões de CFCs, por meio do Protocolo de Montreal, em 1988, os resultados começaram a ser favoráveis, como mostra a imagem a seguir.



Imagens comparando a concentração de ozônio na região da Antártida e mostrando a reconstituição da camada de ozônio.

Graficamente, a destruição do ozônio é dada por:

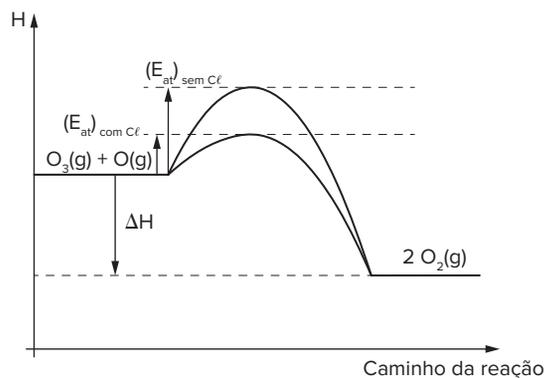


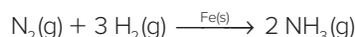
Gráfico de entalpia ao longo da reação, comparando o caminho de reação com catalisador e sem catalisador para a destruição do CFC pelo cloro.

Portanto, não é o CFC que atua destruindo a camada de ozônio, sendo essa substância apenas o veículo que leva o verdadeiro agente destruidor para as camadas mais altas da atmosfera, que é o cloro. Vale ressaltar que o cloro diminui a energia de ativação da reação sem ser consumido de modo efetivo. Entretanto, ao longo do tempo, através de reações secundárias, o cloro vai gradativamente sendo desativado por consumo lento. Em média, cada átomo de cloro destrói aproximadamente 100 mil moléculas de ozônio até ser desativado.

Catálise heterogênea

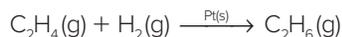
Há a possibilidade de que reagentes e catalisador estejam em fases distintas, o que caracteriza uma **catálise heterogênea**. Alguns exemplos mais comuns de catálise heterogênea são:

- Síntese de Haber-Bosch, dada pela equação:



Nesse caso, os reagentes são gasosos, e o catalisador é sólido. Como catalisador e reagentes estão em fases diferentes, então a catálise é heterogênea.

- Hidrogenação catalítica de alcenos, dada pela equação:



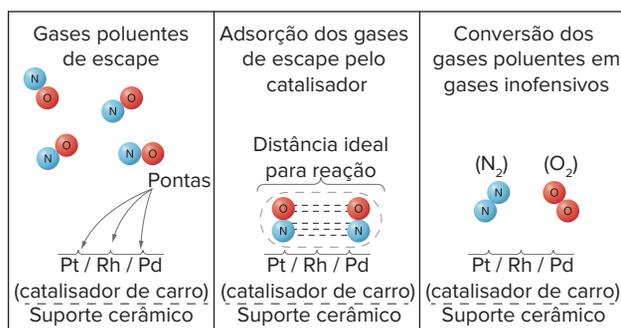
Nesse caso, a catálise também é heterogênea, já que reagentes e catalisador estão em fases diferentes.

Entretanto, o caso mais relevante de catálise heterogênea é o catalisador veicular. Esse é o mecanismo de catálise heterogênea mais conhecido popularmente, sendo também um dos equipamentos mais significativos no propósito de minimizar a agressão ao meio ambiente.

O catalisador de automóveis consiste em um equipamento com uma carcaça metálica, localizada no final do cano de escape dos carros. Dentro dessa carcaça, há um material cerâmico (pode ser metálico em alguns casos) que serve de suporte para o material ativo (o catalisador propriamente dito) e tem como importante finalidade proporcionar uma grande superfície de contato entre o catalisador e os reagentes, de forma a proporcionar uma reação satisfatória entre os gases de escape.

Depositam-se sobre o material cerâmico os componentes ativos do catalisador, como óxido de alumínio, paládio, ródio e platina. Os componentes metálicos são metais de preço bastante elevado, o que torna o catalisador uma peça mais cara. Essa superfície apresenta irregularidades naturais, que se caracterizam por regiões mais pontiagudas, nas quais o campo elétrico se apresenta mais intenso e, conseqüentemente, com mais capacidade de atrair moléculas, principalmente as paramagnéticas (com elétrons desemparelhados), mais suscetíveis à ação dessas pontas. Quando a superfície ativa do catalisador atrai essas moléculas por adsorção, posiciona-as de tal forma a facilitar a interação e a reação entre elas. Com isso, a energia necessária para que a reação ocorra diminui, característica típica de um catalisador.

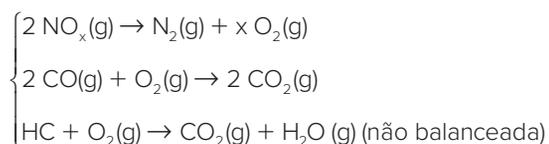
Veja no esquema a seguir a seqüência de uma das reações nas quais age o catalisador veicular:



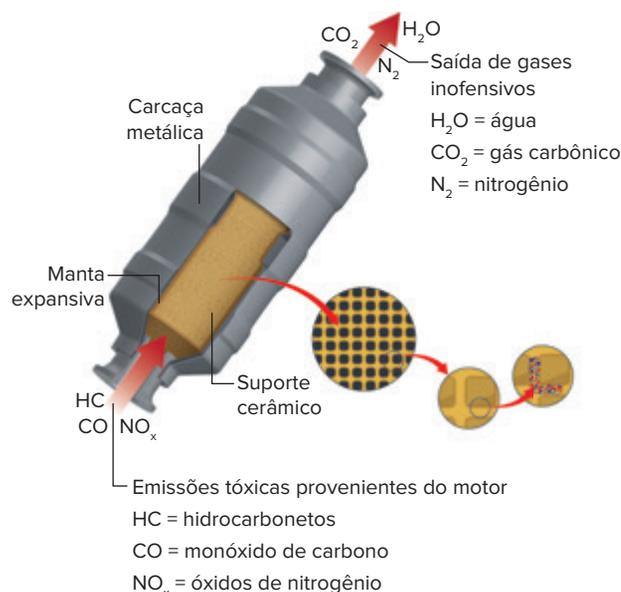
Esquema que mostra a seqüência de ação de um catalisador em catálise heterogênea, para o caso específico de catalisador veicular.

Assim, podemos verificar que, na catálise heterogênea, o catalisador não age da mesma forma que em uma homogênea. Percebe-se que ele não cria um novo mecanismo para o processo, mas oferece uma **superfície ativa** na qual a reação ocorre mais rapidamente.

Contudo, é importante dizer que o catalisador não age apenas na ocorrência da reação mostrada no esquema anterior. O catalisador automotivo promove as seguintes transformações nos gases de escape do motor:



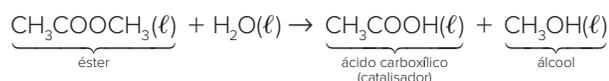
Os gases NO_x, CO e HC são altamente poluentes. A representação NO_x indica os óxidos de nitrogênio que são formados no motor (NO e NO₂), geradores de chuva ácida e causadores de problemas respiratórios. O CO é o monóxido de carbono, gás altamente tóxico, que pode provocar asfixia. A representação HC designa os hidrocarbonetos que não foram totalmente queimados na câmara de combustão do motor. São estruturas bastante poluentes e também tóxicas. Como podemos observar nas equações, as substâncias nocivas são convertidas em moléculas inócuas. Assim, os catalisadores automotivos desempenham papel fundamental na conservação do meio ambiente.



Esquema de um catalisador veicular mostrando sua ação na conversão de gases poluentes em inofensivos.

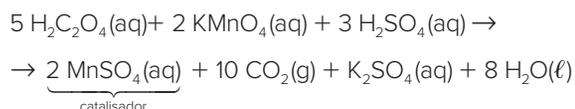
Autocatálise

Outro aspecto importante no estudo dos catalisadores é o **mecanismo de autocatálise**, que ocorre quando uma reação química tem como um de seus produtos seu próprio catalisador. Por exemplo, na hidrólise de ésteres, o ácido carboxílico produzido libera o H⁺ devido ao processo de ionização, sendo esse íon produto e catalisador da reação. Esse processo é mostrado na equação a seguir:



Uma das maneiras de verificarmos se o produto de uma reação também é o seu próprio catalisador é analisar o decréscimo esperado da velocidade com a diminuição da concentração dos reagentes. Se a velocidade da reação diminuir menos que o esperado ou, até mesmo, aumentar ao longo de certo intervalo de tempo, é possível que seja um mecanismo de autocatálise.

Para exemplificar, vamos analisar a reação que ocorre entre o ácido oxálico e o permanganato de potássio em solução aquosa de ácido sulfúrico. Misturando-se essas três substâncias, nada se observa. Entretanto, basta a adição de um único cristal de sulfato de manganês (MnSO₄) para que a reação ocorra até o fim. Verificando-se a equação dessa reação, pode-se compreender por que isso acontece:



Uma vez que os produtos começam a ser formados, a própria reação vai formando cada vez mais MnSO₄ para que a reação continue a ocorrer em locais mais afastados do cristal adicionado, até se completar.

Enzimas

Enzimas são catalisadores biológicos que catalisam reações metabólicas. Assim como existe uma especificidade entre catalisador e reação, também existe uma especificidade entre enzima e substrato. As enzimas são moléculas pertencentes ao grupo das proteínas, que, por sua vez, são moléculas de alta complexidade, formadas pela união de vários aminoácidos por meio de ligações peptídicas. Em Química, isso é estudado de forma mais detalhada na Frente 1.

Entretanto, algumas observações relacionadas à cinética são mais oportunamente abordadas agora.

A velocidade de uma reação metabólica enzimática varia com a temperatura segundo o gráfico a seguir:

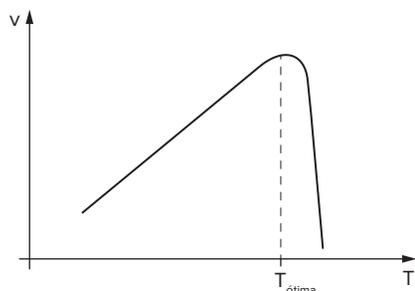


Gráfico da variação da velocidade de uma reação enzimática com a temperatura.

O aumento da velocidade da reação com a temperatura é esperado, já que a elevação da temperatura de qualquer reação provoca o aumento da frequência de choques efetivos. Então, por que após a temperatura ótima ocorre perda brusca de velocidade? A explicação reside na desnaturação da proteína. A partir de determinada temperatura, a proteína (enzima) sofre um processo de perda de estrutura secundária/terciária/quaternária, que constitui um processo de descaracterização da molécula, mas principalmente de sua função enzimática. Portanto, com a desnaturação da proteína, a velocidade da reação enzimática despenca. Assim, a melhor temperatura de funcionamento de uma enzima é aquela imediatamente anterior ao seu processo de desnaturação, chamada de temperatura ótima.

A velocidade de uma reação metabólica enzimática varia com a concentração de substrato segundo o gráfico a seguir:

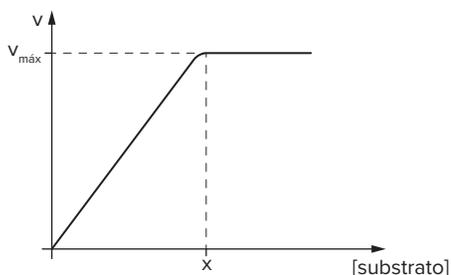


Gráfico da variação da velocidade de uma reação enzimática com a concentração de substrato.

É esperado que o aumento da concentração do reagente aumente a velocidade de uma reação. Isso explica o trecho inicial desse gráfico. Porém, a partir de certa concentração

de substrato, designada na figura anterior por x , não há mais enzimas com sítios ativos para desdobramento de substratos. A partir dessa concentração x , há uma saturação de enzimas. Sendo assim, um aumento da concentração de substratos não acarretará aumento da velocidade da reação por falta de enzimas.

Saiba mais

Existem ainda algumas substâncias que interferem de outras formas na velocidade de uma reação:

- Inibidor: substância que diminui a velocidade de uma reação.
- Promotor: substância que, associada ao catalisador, melhora a sua eficiência.
- Veneno: substância que, associada ao catalisador, diminui a sua eficiência.

Note que o promotor e o veneno não agem na reação, mas no catalisador.

Concentração ou pressão parcial dos reagentes

O aumento da concentração dos reagentes resulta em moléculas mais próximas. Com isso, aumenta-se a frequência de choques entre eles, o que gera aumento da frequência de choques efetivos e, conseqüentemente, da velocidade da reação. Isso também vale para a pressão parcial dos reagentes, já que existe analogia entre o comportamento de gases ideais e solutos em soluções aquosas diluídas. Em ambos os casos, as partículas se movimentam aleatoriamente, chocam-se entre si e contra as paredes do recipiente, exercendo pressão. A pressão exercida segue a equação de Clapeyron:

$$P_x V = n_x RT \Rightarrow P_x = \frac{n_x}{V} RT \therefore P_x = [x]RT$$

Portanto, a toda concentração está associada uma pressão, e a toda pressão está associada uma concentração. Dessa forma, o que vale para o aumento da concentração dos reagentes vale também para o aumento da pressão parcial dos gases.

Exercício resolvido

2. Seja uma reação genérica dada pela equação $2 A(s) + B(aq) \rightarrow 2 C(aq)$. A tabela a seguir apresenta dados de diversos experimentos para essa reação:

Experimento	A(s)	[B] (mol/L)	Temperatura (°C)
1	Pó	1	20
2	Pó	2	20
3	Pedacinho	1	20
4	Pó	1	40
5	Pó	2	40
6	Pedacinho	2	40

Sabendo que B é o reagente limitante, responda:

- Qual experimento é o mais rápido?
- Qual experimento é o mais lento?

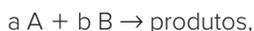
Resolução:

- A reação será mais rápida para a seguinte combinação de fatores: maior superfície de contato, maior concentração do reagente em solução e maior temperatura. Assim, o experimento que reúne essas condições é o 5.
- A reação será mais lenta para a seguinte combinação de fatores: menor superfície de contato, menor concentração do reagente em solução e menor temperatura. Dessa forma, o experimento com a reação mais lenta é o 3.

Lei da ação das massas (lei de Guldberg-Waage)

A lei da ação das massas é uma derivação do estudo de equilíbrios químicos que mostra a relação quantitativa entre a concentração dos reagentes e a velocidade das reações. Essa relação foi estudada entre 1864 e 1879 por dois cientistas noruegueses, Cato Maximilian Guldberg e Peter Waage, e comprovada experimentalmente em 1870 por Van't Hoff.

A lei da ação das massas diz que, para uma reação genérica dada pela equação



a velocidade da reação é dada por:

$$v = k \cdot [A]^\alpha \cdot [B]^\beta \text{ ou } v = k \cdot (P_A)^\alpha \cdot (P_B)^\beta$$

em que:

v é a velocidade da reação;

k é a constante de velocidade (ou constante cinética);

α e β são as ordens da reação.

A soma de todas as ordens da reação é chamada de ordem global da reação. Para entender o significado de cada um desses termos, estudaremos os exercícios resolvidos a seguir.

Exercícios resolvidos

- Seja uma reação genérica equacionada por $3 A(g) + 4 B(g) \rightarrow 2 C(g)$. Suponha a tabela com as velocidades da reação em função das concentrações dos reagentes fornecida a seguir.

[A] (mol/L)	[B] (mol/L)	V (mol/L · s)
1	1	0,2
2	1	0,8
3	1	1,8
1	2	1,6
1	3	5,4

Sobre esses dados, são feitas as seguintes perguntas:

- Quais são as ordens da reação?
- Qual é a ordem global da reação?
- Qual é a constante de velocidade da reação?
- Qual é a velocidade da reação quando $[A] = [B] = 4 \text{ mol/L}$?
- Qual poderia ser um possível mecanismo para essa reação com uma etapa rápida e uma etapa lenta?
- A reação é elementar?

Resolução:

- Muito se fala sobre o fato de as ordens da reação serem os próprios coeficientes estequiométricos das respectivas substâncias reagentes. Entretanto, é importante dizer que, quando se fornece uma tabela como a do enunciado, a maneira correta de encontrarmos as ordens da reação é por meio da comparação dos dados da tabela fornecida. Essa comparação deve ser feita da seguinte forma:

[A] (mol/L)	[B] (mol/L)	v (mol/L · s)
1	1	0,2
2	1	0,8
3	1	1,8
1	2	1,6
1	3	5,4

Note que, da primeira para a segunda linha, enquanto a concentração de A ([A]) dobrou, a velocidade foi multiplicada por 4, com a concentração de B ([B]) constante. Como $v = k \cdot [A]^\alpha \cdot [B]^\beta$, temos:

$$\underset{\times 4}{v} = k \cdot \underset{\times 2}{[A]}^\alpha \cdot [B]^\beta$$

Com isso, deduzimos que $\alpha = 2$.

Da primeira para a terceira linha, enquanto a concentração de A ([A]) triplicou, a velocidade foi multiplicada por 9, com a concentração de B ([B]) constante. Dessa forma, temos:

$$\underset{\times 9}{v} = k \cdot \underset{\times 3}{[A]}^\alpha \cdot [B]^\beta$$

Com isso, deduzimos que $\alpha = 2$, o que apenas confirma o resultado que já havíamos encontrado anteriormente.

Analisando os valores de B, temos:

[A] (mol/L)	[B] (mol/L)	V (mol/L · s)
1	1	0,2
2	1	0,8
3	1	1,8
1	2	1,6
1	3	5,4

Comparando a primeira com a quarta linha, percebemos que a concentração de B ([B]) dobrou, enquanto a velocidade foi multiplicada por 8, com a concentração de A ([A]) constante. Portanto, temos:

$$\underset{\times 8}{v} = k \cdot [A]^\alpha \cdot \underset{\times 2}{[B]}^\beta$$

Com isso, deduzimos que $\beta = 3$.

Da primeira para a quinta e última linha, enquanto a concentração de B ([B]) triplicou, a velocidade foi multiplicada por 27, com a concentração de A ([A]) constante. Dessa forma, temos:

$$\underset{\times 27}{v} = k \cdot [A]^\alpha \cdot \underset{\times 3}{[B]}^\beta$$

Com isso, deduzimos novamente que $\beta = 3$, o que apenas confirma o resultado que já havíamos encontrado anteriormente.

Portanto, as ordens da reação medem o tamanho da influência de determinado reagente na velocidade de uma reação. Assim, quanto maior for a ordem de um reagente, mais a sua concentração tem capacidade de alterar a velocidade de uma reação.

- b)** A ordem global de uma reação é a soma de todas as suas ordens. Nesse caso, a ordem global é dada pela soma $\alpha + \beta = 5$.

Logo, essa é uma reação de ordem global 5, ou de quinta ordem. Na prática, a maioria das reações é de ordem global 0, 1 ou 2. Raramente, as reações podem ser de ordem global 3. A partir de 4 ou mais, o resultado é meramente matemático. Isso ocorre porque uma reação de ordem 2, por exemplo, resulta de um choque bimolecular, que já tem a exigência de ser ao mesmo tempo frontal e energético. A reação de ordem global 3 depende de um choque trimolecular, que é muito mais difícil de ocorrer. Entretanto, um choque entre 4 ou mais moléculas que seja frontal e energético simultaneamente é quase impossível de acontecer. Caso ocorresse, não resultaria em uma reação de ocorrência significativa.

Quando todas as ordens da reação estão bem determinadas, podemos escrever a sua lei de velocidade, que nada mais é do que a lei da ação das massas escrita com as ordens de cada reagente. Nesse caso, a lei de velocidade é:

$$v = k \cdot [A]^2 \cdot [B]^3$$

- c)** Para determinar a constante de velocidade da reação, devemos substituir, na sua lei de velocidade, qualquer um dos resultados numéricos dos experimentos cujos dados foram fornecidos na tabela. Por conveniência matemática, vamos substituir os dados da primeira linha:

$$0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot \text{s} = k \cdot \left(1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^2 \cdot \left(1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^3 \therefore k = 0,2 \text{ L}^4/\text{mol}^4 \cdot \text{s}$$

É importante salientar que a unidade da constante de velocidade de uma reação varia com a sua ordem global e deve ser determinada pela análise dimensional da lei da ação das massas.

- d)** Com todos os dados já obtidos, podemos calcular a velocidade da reação quando $[A] = [B] = 4 \text{ mol/L}$. De fato:

$$v = k \cdot [A]^2 \cdot [B]^3 \Rightarrow v = 0,2 \cdot (4)^2 \cdot (4)^3 \therefore v = 204,8 \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

- e)** Antes de responder a esse item, vamos analisar a diferença entre etapa rápida e etapa lenta de um processo. Para tanto, suponha um móvel que tenha de percorrer duas metades de um trajeto. A primeira metade, o móvel percorre com velocidade de 1 000 km/h, e a segunda metade, a 2 km/h. Qual seria a velocidade média no percurso total?

A velocidade média é dada por $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$. Como

cada metade do percurso será designada por x , temos $\Delta S = 2x$. O tempo total é a soma do tempo para percorrer a primeira metade com o tempo para percorrer a segunda metade. Como

$$\Delta t = \frac{\Delta S}{v}, \text{ então:}$$

$$\Delta t = t_1 + t_2 \Rightarrow \Delta t = \frac{x}{1000} + \frac{x}{2} \therefore \Delta t = \frac{501 \cdot x}{1000}$$

Assim:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{2 \cdot x}{\frac{501 \cdot x}{1000}} \Rightarrow v = \frac{2000}{501} \therefore v \cong 4 \text{ km/h}$$

Esse resultado pode parecer estranho, mas é verdadeiro. Ao dobrarmos a velocidade da etapa rápida para 2 000 km/h, observe o que ocorre com a velocidade média:

$$\Delta t = t_1 + t_2 \Rightarrow \Delta t = \frac{x}{2000} + \frac{x}{2} \therefore \Delta t = \frac{1001 \cdot x}{2000}$$

Assim, como:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{2 \cdot x}{\frac{1001 \cdot x}{2000}} \Rightarrow v = \frac{4000}{1001} \therefore v \cong 4 \text{ km/h}$$

Perceba que, ao se dobrar a velocidade de uma etapa, praticamente não se altera a velocidade média do móvel. Para entender como isso ocorre, suponha que tenhamos duas tarefas a cumprir: uma dura 2 s e a outra dura 4 horas. Ao dobrarmos a velocidade da tarefa mais rápida, ela passa a durar 1 s, o que praticamente não altera o tempo total de realização das tarefas, mas, no caso do móvel, se dobrarmos a velocidade da etapa mais

lenta de 2 para 4 km/h, qual será a velocidade média do móvel?

$$\Delta t = t_1 + t_2 \Rightarrow \Delta t = \frac{x}{1000} + \frac{x}{4} \therefore \Delta t = \frac{251 \cdot x}{1000}$$

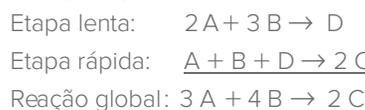
Assim, como:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{2 \cdot x}{\frac{251 \cdot x}{1000}} \Rightarrow v = \frac{2000}{251} \therefore v \cong 8 \text{ km/h}$$

Ao dobrarmos a velocidade da etapa lenta do processo, mesmo sem alterar a velocidade da etapa rápida, a velocidade média também dobrou de valor. Assim, fica bastante evidente que a etapa que determina a velocidade de um processo é a lenta. O que ocorre para automóveis em um problema de mecânica também ocorre para etapas de uma reação química. Portanto:

É a etapa lenta que determina a velocidade de uma reação.

Voltando à resolução do item e, pela lei de velocidade da reação, que é $v = k \cdot [A]^2 \cdot [B]^3$, percebemos que o choque que determina a velocidade dessa reação ocorreu entre 2 moléculas de A e 3 moléculas de B. Portanto, a etapa lenta dessa reação tem como reagentes 2 A + 3 B. Logo, um possível mecanismo para essa reação pode ser com a primeira etapa lenta, e a segunda etapa rápida. De fato:



Nesse mecanismo proposto, há duas importantes considerações:

1. O composto D representa o intermediário dessa reação.
2. Se a reação global é de $3A + 4B \rightarrow 2C$, a alteração de [A] interfere em apenas 2 das 3 moléculas que reagem. Isso ocorre porque, dos 3A que reagem, 2A participam da etapa lenta, que é a etapa que determina a velocidade da reação, e 1A é reagente da etapa rápida. Isso significa que, mesmo alterando a sua concentração, não há alteração de maneira significativa na velocidade da reação para a molécula que participa da etapa rápida. Da mesma forma, a alteração de [B] interfere em apenas 3 das 4 moléculas que reagem. Isso ocorre porque, dos 4B que reagem, 3B participam da etapa lenta, que é a etapa que determina a velocidade da reação, e 1B é reagente da etapa rápida. Isso significa que, mesmo alterando a sua concentração, essa mudança no reagente da etapa rápida não altera de maneira significativa a velocidade da reação.

Portanto, podemos discutir com mais clareza o seguinte questionamento: as ordens da reação são coeficientes estequiométricos? A resposta é não. As ordens da reação não são os coeficientes estequiométricos da reação global, mas são os coeficientes estequiométricos da reação que efetivamente determinam a velocidade da reação, que é a etapa lenta.

- f) Uma reação é chamada de elementar quando ocorre em uma única etapa. Como essa reação ocorreu pelo menos em duas etapas (uma lenta e uma rápida), então essa reação é não elementar. Quando uma reação é elementar (e, portanto, tem uma única etapa), então essa etapa é necessariamente a lenta. Isso porque uma etapa lenta não é necessariamente vagarosa, mas, sim, aquela que toma praticamente todo o tempo da reação. Por exemplo, uma etapa de 1 s pode ser lenta ou rápida. Se ela ocorrer em uma reação de 1 s, será uma etapa lenta, já que tomou todo o tempo da reação, mas, se essa mesma etapa de 1 s ocorrer em uma reação de 4 horas, então será uma etapa rápida, uma vez que tomará um tempo desprezível da reação.

Assim, toda reação elementar é composta de uma única etapa lenta. Sabendo que as ordens da reação são os coeficientes estequiométricos da etapa lenta e que, nesse caso, a etapa lenta é a própria reação global, então, **para uma reação elementar, as ordens da reação são os coeficientes estequiométricos da reação global**. Nesse caso, não há necessidade de o enunciado fornecer a tabela de velocidades e concentrações, porque a equação da reação já contém os dados para determinação das ordens.

Contudo, para reações não elementares, a etapa lenta não é a reação global. Nesse caso, as ordens da reação (que são os coeficientes estequiométricos da etapa lenta) não são os coeficientes estequiométricos da reação global. Assim, para reações não elementares, as ordens da reação são determinadas pela tabela de velocidade da reação em diferentes concentrações dos reagentes.

4. Seja uma reação dada pelas etapas a seguir:
- 1) $A(g) + 2B(g) \rightarrow C(s) + D(g)$ (rápida)
 - 2) $A(g) + C(s) \rightarrow E(g) + D(g)$ (lenta)
 - 3) $G(g) + E(g) \rightarrow 2B(g) + F(g)$ (rápida)

Sobre esse mecanismo, responda:

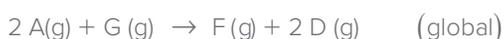
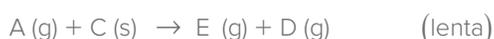
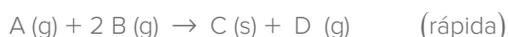
- a) Quem são os intermediários?
- b) Quem é o catalisador?
- c) Qual é a reação global?
- d) Qual é a lei de velocidade dessa reação?
- e) Qual é a molecularidade de cada uma das etapas?
- f) De que depende a constante de velocidade dessa reação?
- g) Qual é a ordem global dessa reação?

Resolução:

a) São chamados de intermediários as espécies que são produzidas e consumidas durante a reação. Portanto, não existem antes de a reação começar nem quando a reação termina. Nesse caso, percebe-se, através do mecanismo fornecido, que C(s) é produzido na primeira etapa e consumido na segunda, e que E(g) é produzido na segunda etapa e consumido na terceira. Assim, os intermediários são C(s) e E(g).

b) O catalisador é uma substância que não participa da reação global, mas diminui a sua energia de ativação. Ele deve ser reagente de uma etapa para ser integralmente restituído em uma etapa posterior. A única substância que se encaixa nesse caso é B(g).

c) A reação global vem da soma das etapas:



d) A lei de velocidade deve ser escrita a partir dos reagentes da etapa lenta. Assim, deveria ser: $v = k \cdot [A] \cdot [C]$.

Mas atenção! A concentração de um sólido não varia com o decorrer de uma reação, já que a perda do número de mols é proporcional à perda de volume. Assim, quando se consome metade do sólido, perde-se, por exemplo, metade do número inicial de mols e metade do volume. No início, teríamos:

$$[C(s)]_0 = \frac{n_{C(s)}}{V_{C(s)}}$$

Consumindo a metade do sólido, passaríamos a ter:

$$[C(s)]_f = \frac{\frac{n_{C(s)}}{2}}{\frac{V_{C(s)}}{2}} = \frac{n_{C(s)}}{V_{C(s)}} = [C(s)]_0$$

Como a concentração de um sólido não varia com o decorrer da reação, ele não tem a capacidade de provocar alteração na velocidade da reação. Assim, sólidos ou qualquer espécie cuja concentração não varia não devem entrar na lei da ação das massas. Logo, a lei de velocidade para essa reação é dada por:

$$v = k \cdot [A]$$

e) Define-se como molecularidade de cada etapa o número de moléculas que devem se chocar para que a etapa ocorra. Para entendimento mais simples, é o número de moléculas de reagente em cada uma das etapas. Assim, a molecularidade da primeira etapa é 3 e a das etapas 2 e 3 vale 2.

f) Sabemos que a velocidade de uma reação depende de quatro fatores: temperatura, superfície de contato, catalisador e concentração dos reagentes. Sabemos também que é a etapa lenta que determina a velocidade de uma reação. Como $v = k \cdot [A]$, então k depende da temperatura, da superfície de contato de C(s) e da presença do catalisador, já que a influência da concentração do reagente em solução está no fator [A] que multiplica o k .

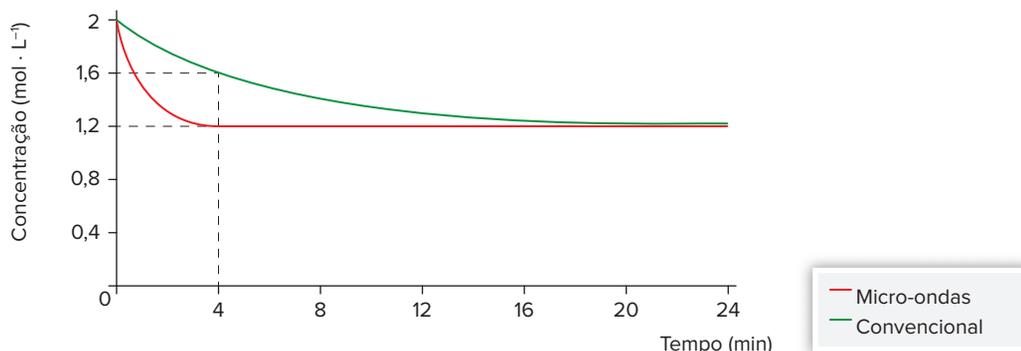
g) Pela lei de velocidade dessa reação, a reação é de primeira ordem.

Revisando

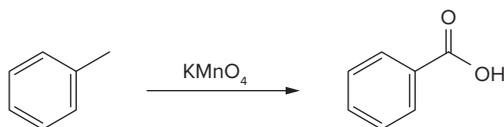
1. Uerj A irradiação de micro-ondas vem sendo utilizada como fonte de energia para determinadas reações químicas, em substituição à chama de gás convencional.

Em um laboratório, foram realizados dois experimentos envolvendo a reação de oxidação do metilbenzeno com $KMnO_4$ em excesso. A fonte de energia de cada um, no entanto, era distinta: irradiação de micro-ondas e chama de gás convencional.

Observe, no gráfico a seguir, a variação da concentração de metilbenzeno ao longo do tempo para os experimentos:

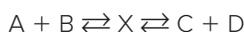


Observe, agora, a equação química que representa esses experimentos:



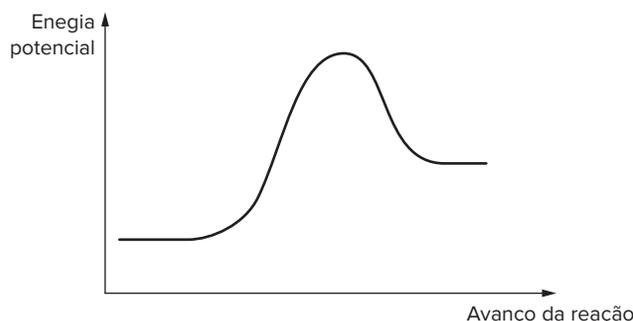
Para o experimento que proporcionou a maior taxa de reação química, determine a velocidade média de formação de produto, nos quatro minutos iniciais, em $\text{g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Em seguida, calcule o rendimento da reação.

- Udesc** Na reação $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$, a velocidade média dessa reação num certo intervalo de tempo é 8 mol/s em relação à água oxigenada. Qual a velocidade em relação ao oxigênio no mesmo intervalo de tempo?
- Ufal** Para a reação química representada por



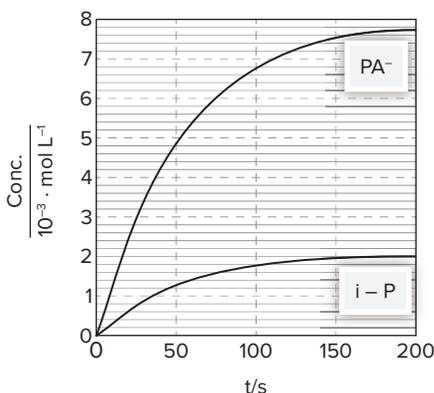
X = complexo ativado

foi obtida a curva da energia potencial em função do caminho da reação (coordenada da reação ou avanço)



Complete este diagrama parcial indicando:

- posição de reagentes, produtos e complexo ativado;
 - energia de ativação, E_a ;
 - energia liberada ou absorvida na reação, ΔE .
- IME-RJ** Um combustível de fórmula molecular média $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ é alimentado em um queimador à taxa de $0,6 \text{ mol/min}$, com 40% de ar em excesso, de modo a garantir a combustão completa. Admitindo-se que a composição percentual molar do ar seja de 80% de nitrogênio e 20% de oxigênio, calcule a taxa total, em mol/min , de saída dos gases do queimador.
 - Fuvest-SP** Pilocarpina (P) é usada no tratamento do glaucoma. Em meio alcalino, sofre duas reações simultâneas: isomerização, formando iso-pilocarpina (i - P), e hidrólise, com formação de pilocarpato (PA^-). Em cada uma dessas reações, a proporção estequiométrica entre o reagente e o produto é de 1 para 1. Num experimento, a 25°C , com certa concentração inicial de pilocarpina e excesso de hidróxido de sódio, foram obtidas as curvas de concentração de i - P e PA^- em função do tempo, registradas no gráfico.



Considere que, decorridos 200 s, a reação se completou, com consumo total do reagente pilocarpina.

a) Para os tempos indicados na tabela, complete-a com as concentrações de $i - P$ e PA^- .

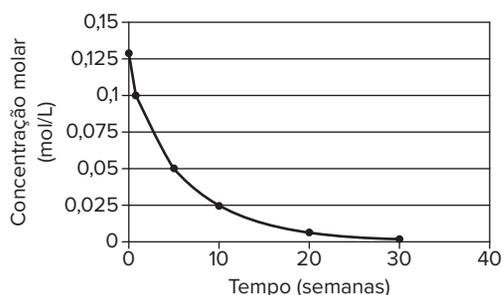
Tempos/s	0	100	200
$\frac{[i - P]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$			
$\frac{[PA^-]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$			
$\frac{[P]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$			

b) Complete a tabela acima com as concentrações do reagente P.

c) Analisando as curvas do gráfico, qual das duas reações, a de isomerização ou a de hidrólise, ocorre com maior velocidade? Explique.

6. **PUC-RS** A penicilina, antibiótico natural derivado de um fungo e descoberto por Alexander Fleming, está disponível como fármaco desde a década de 40, quando foi desenvolvida técnica de congelamento e preparação industrial. Este antibiótico sofre uma deterioração com o tempo, conforme o gráfico apresentado a seguir:

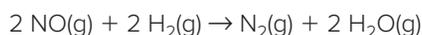
Velocidade de deterioração da penicilina ao ser estocada



Com base nas informações apresentadas, conclui-se que a velocidade de deterioração da penicilina nas primeiras dez semanas é, em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}/\text{semana}$, aproximadamente:

a) 0,0025 b) 0,01 c) 0,025 d) 0,125 e) 0,166

7. **UFPR** A reação entre NO e H_2 , a uma dada temperatura, é descrita pela equação:



Como ocorre redução da pressão no decorrer da reação, a variação $\Delta P(\text{N}_2)/\Delta t$ pode ser medida pela diminuição da pressão total.

Expressão que descreve a lei de velocidade para essa reação:

$$\frac{\Delta P(\text{N}_2)}{\Delta t} = k \cdot P(\text{H}_2)^a \cdot P(\text{NO})^b$$

	$P_0(\text{H}_2)/(\text{torr})$	$P_0(\text{NO})/(\text{torr})$	$\Delta P(\text{N}_2)/\Delta t$ ($\text{torr} \cdot \text{s}^{-1}$) (velocidades iniciais)
1	289	400	1,60
2	147	400	0,77
3	400	300	1,03
4	400	152	0,25

Com base nessas informações, determine:

a) Os valores inteiros que melhor descrevam as ordens de reação a e b.

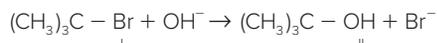
b) A unidade da constante de velocidade, k .

8. **UFC-CE** A tabela a seguir apresenta os resultados obtidos para o estudo cinético de uma reação química elementar genérica na forma $a A + b B + c C \rightarrow D + E$.

Experimento	[A]	[B]	[C]	velocidade da reação/mol L ⁻¹ s ⁻¹
1	0,10	0,10	0,10	$8,0 \cdot 10^{-4}$
2	0,20	0,10	0,10	$1,6 \cdot 10^{-3}$
3	0,10	0,20	0,10	$1,6 \cdot 10^{-3}$
4	0,10	0,10	0,20	$3,2 \cdot 10^{-3}$

A partir destes resultados, determine:

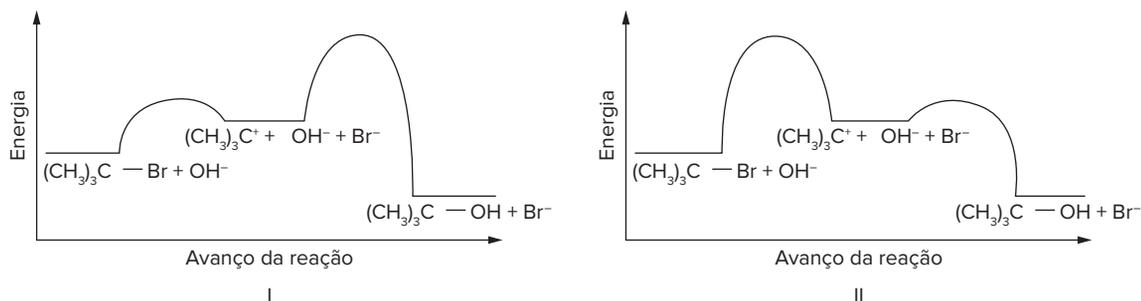
- a) a lei de velocidade da reação.
 b) o valor da velocidade da reação quando $[A] = [B] = [C] = 0,20 \text{ mol L}^{-1}$.
9. **UFMG** Um grupo de estudantes foi encarregado de investigar a reação do brometo de ter-butila (composto I) com uma solução aquosa de hidróxido de sódio, que resulta na formação de álcool ter-butílico (composto II) como representado nesta equação:



Para isso, eles realizaram cinco experimentos, nas condições indicadas neste quadro:

Experimento	Concentração/(mol/L)		Velocidade/mol/(L · s)
	(CH ₃) ₃ C – Br	OH ⁻	
1	0,10	0,10	$1 \cdot 10^{-3}$
2	0,20	0,10	$2 \cdot 10^{-3}$
3	0,30	0,10	$3 \cdot 10^{-3}$
4	0,10	0,20	$1 \cdot 10^{-3}$
5	0,10	0,30	$1 \cdot 10^{-3}$

- a) Assinalando com um X a fórmula correspondente, **INDIQUE** se a velocidade da reação depende apenas da concentração do brometo de ter-butila, apenas da concentração do íon hidróxido ou de ambas as concentrações. A velocidade da reação depende da concentração de
- (CH₃)₃C⁻Br OH⁻ (CH₃)₃C⁻Br e OH⁻
- b) O mecanismo proposto para essa reação envolve duas etapas – a primeira mais lenta que a segunda:
- Primeira etapa (lenta): $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{Br} + \text{OH}^- \rightarrow (\text{CH}_3)_3\text{C}^+ + \text{OH}^- + \text{Br}^-$
- Segunda etapa (rápida): $(\text{CH}_3)_3\text{C}^+ + \text{OH}^- + \text{Br}^- \rightarrow (\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{OH} + \text{Br}^-$
- Analise os diagramas, em que se apresenta a energia do sistema inicial, $[(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{Br} + \text{OH}^-]$, do sistema intermediário, $[(\text{CH}_3)_3\text{C}^+ + \text{OH}^- + \text{Br}^-]$, e do sistema final, $[(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{OH} + \text{Br}^-]$.



Considere a velocidade relativa das duas etapas dessa reação.

1. Assinalando com um X o número correspondente, **INDIQUE** qual dos diagramas – I ou II – representa corretamente a energia de ativação das duas etapas. O diagrama correto é o:
- I II
2. **INDIQUE**, por meio de setas, diretamente no diagrama que você indicou como o correto, a energia de ativação das duas etapas. **JUSTIFIQUE** sua resposta.

ácido nítrico diluído. Os valores do volume de gás liberado pela reação com o transcorrer do tempo estão apresentados na tabela.

Tempo (min)	Volume de gás (cm ³)
1	150
2	240
3	300

Escreva a equação balanceada da reação e calcule a velocidade média da reação, em mol · min⁻¹ no intervalo entre 1 minuto e 3 minutos.

► **Dado:** volume molar do CO₂ nas condições ambientes = 25,0 L · mol⁻¹.

- 8. UEPG-PR 2016** O peróxido de hidrogênio, quando não armazenado de maneira adequada, decompõe-se facilmente com o tempo produzindo H₂O e O₂. A tabela a seguir mostra os dados de variação de massa de H₂O₂ coletados com o tempo. Sobre a cinética da reação de decomposição do H₂O₂, assinale o que for correto.

► **Dados:** H = 1,00 g/mol; O = 16,0 g/mol.

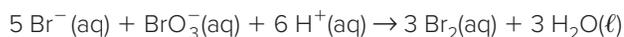
Tempo (min)	Massa de H ₂ O ₂ (g)
0	400
2	300
4	220
6	160

- 01** A velocidade média de decomposição de H₂O₂, no intervalo de 0 a 2 min, expressa em g de H₂O₂ por minuto, é de 50 g min⁻¹.
- 02** O número de mols de H₂O₂ presentes na solução no tempo de 4 min é de 6,47 mols.
- 04** A velocidade média de decomposição de H₂O₂ no intervalo de 0 a 6 min, expressa em mols de H₂O₂ por minuto, é de 1,17 mol min⁻¹.
- 08** A reação balanceada de decomposição do peróxido de hidrogênio é a seguinte:

$$\text{H}_2\text{O}_2(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{O}_2(\text{g}).$$
- 16** A velocidade média de formação de O₂ na reação, expressa em mols de O₂ por min no intervalo de 0 a 6 min, é de 0,588 mol min⁻¹.

Soma:

- 9. ITA-SP 2013** A reação entre os íons brometo e bromato, em meio aquoso e ácido, pode ser representada pela seguinte equação química balanceada:



Sabendo que a velocidade de desaparecimento do íon bromato é igual a $5,63 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, assinale a alternativa que apresenta o valor correto para a velocidade de aparecimento do bromo, Br₂, expressa em mol · L⁻¹ · s⁻¹.

- a) $1,69 \cdot 10^{-5}$
 b) $5,63 \cdot 10^{-6}$
 c) $1,90 \cdot 10^{-6}$
 d) $1,13 \cdot 10^{-6}$
 e) $1,80 \cdot 10^{-6}$

- 10. Uesc-BA** Um palito de fósforo pode se acender, ao ser atritado ligeiramente sobre uma superfície áspera, como uma lixa das caixas de fósforos, e entrar em combustão, com emissão de luz e de calor. Uma análise dessas observações permite afirmar corretamente que:

- a) reação de combustão do palito de fósforo é espontânea porque possui energia de ativação igual a zero.
 b) a reação química mais rápida, entre duas reações, é aquela que apresenta menor energia de ativação.
 c) a reação de combustão do palito de fósforo é endotérmica.
 d) a energia de ativação deve ser muito grande para que a combustão do palito de fósforo ocorra.
 e) o palito de fósforo só acende se a energia fornecida pelo atrito for menor que a energia de ativação.

- 11. UFG-GO 2013** O diagnóstico de doenças tropicais pode ser realizado por meio do uso de biossensores. Esses dispositivos monitoram a reação entre antígenos e anticorpos, que normalmente resultam na formação de um complexo colorido. A tabela a seguir apresenta as concentrações do complexo AB formado em função do tempo em uma reação entre um antígeno A e um anticorpo B na proporção estequiométrica de 1 : 1.

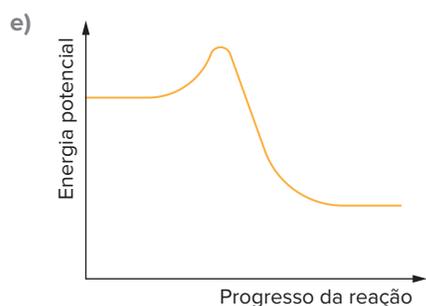
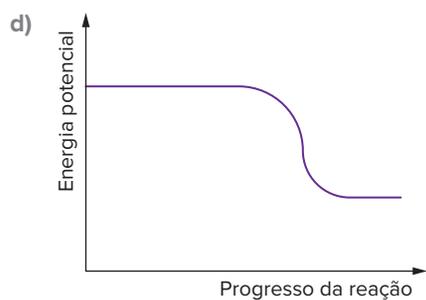
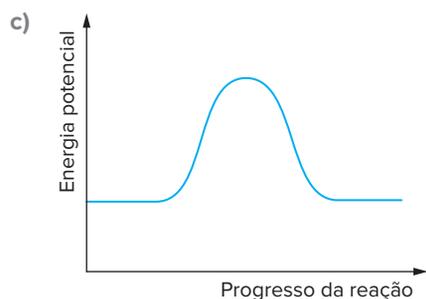
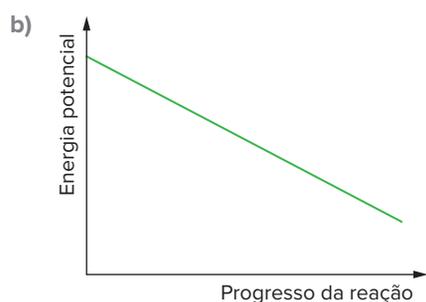
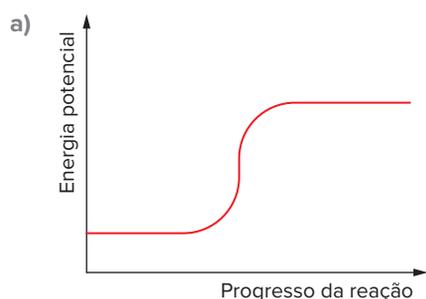
Tempo (s)	0	5	10	15	20
[AB] (×10 ⁻⁶ mol/L)	0	40	65	80	87

A partir dos dados apresentados,

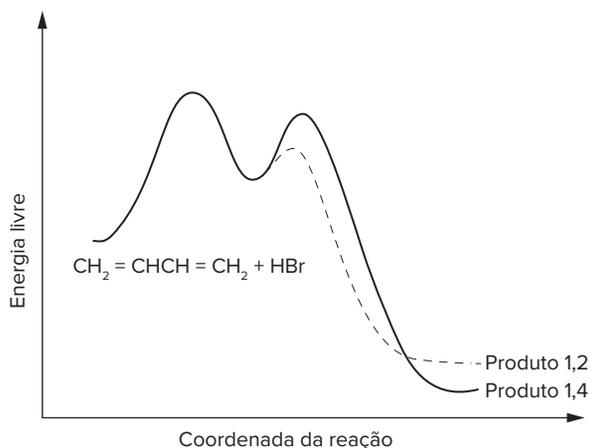
- a) esboce o gráfico que represente a cinética de formação do complexo AB colorido;
 b) calcule a velocidade média da reação.

12. Enem PPL 2021 Grande parte da atual frota brasileira de veículos de passeio tem tecnologia capaz de identificar e processar tanto o etanol quanto a gasolina. Quando queimados, no interior do motor, esses combustíveis são transformados em produtos gasosos, num processo com variação de entalpia menor que zero ($\Delta H < 0$). Esse processo necessita de uma energia de ativação, a qual é fornecida por uma centelha elétrica.

O gráfico que esboça a variação da energia potencial no progresso da reação é representado por:



13. ITA-SP 2019 A reação de adição nucleofílica de dienos conjugados pode levar à formação de produtos 1,2-substituídos ou 1,4-substituídos, dependendo das condições de temperatura e da estrutura do reagente. A figura mostra o diagrama de energia em função da coordenada de reação para a adição de HBr a 1,3-butadieno. Com base nessa figura, sejam feitas as seguintes afirmações:



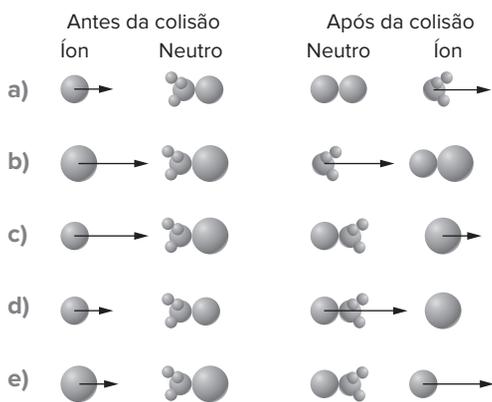
- I. O produto 1,2 deve se formar mais rapidamente que o produto 1,4.
- II. O produto 1,4 é termodinamicamente mais estável que o produto 1,2.
- III. Independentemente da temperatura da reação, há a formação de um intermediário comum a partir do qual os produtos são formados.
- IV. Se a temperatura for suficiente para fornecer energia aos reagentes e intermediários para formar os produtos, mas não for suficiente para reverter produtos em intermediários, o produto 1,2 será formado majoritariamente.

Das afirmações acima, está(ão) CORRETA(S)

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

14. Fuvest-SP 2020 Os movimentos das moléculas antes e depois de uma reação química obedecem aos princípios físicos de colisões. Para tanto, cada átomo é representado como um corpo pontual com uma certa massa, ocupando uma posição no espaço e com uma determinada velocidade (representada na forma vetorial). Costumeiramente, os corpos pontuais são representados como esferas com diâmetros proporcionais à massa atômica. As colisões ocorrem conservando a quantidade de movimento.

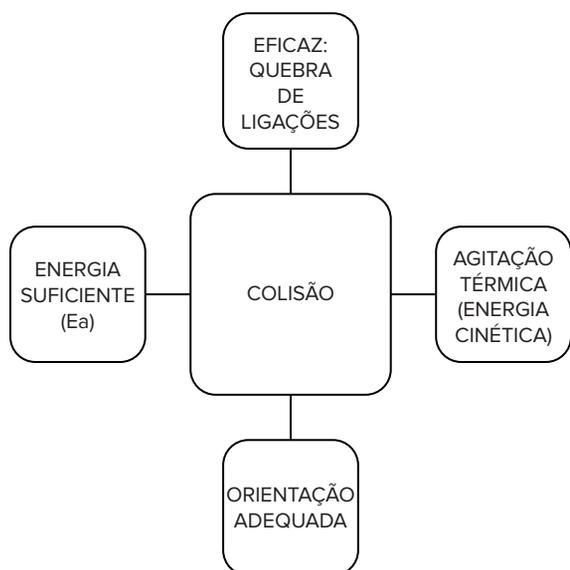
Considerando um referencial no qual as moléculas neutras encontram-se paradas antes e após a colisão, a alternativa que melhor representa o arranjo de íons e moléculas instantes antes e instantes depois de uma colisão que leva à reação $F^- + H_3CCl \rightarrow CH_3F + Cl^-$ é



► **Note e adote:**

Massas atômicas: H = 1 u.m.a., C = 12 u.m.a.,
F = 19 u.m.a. e Cl = 35 u.m.a.
Considere que apenas o isótopo de cloro
Cl = 35 u.m.a. participa da reação.

15. **UFRGS 2022** Uma professora, ao introduzir o conceito de energia de ativação, projetou em sua aula o seguinte modelo teórico.

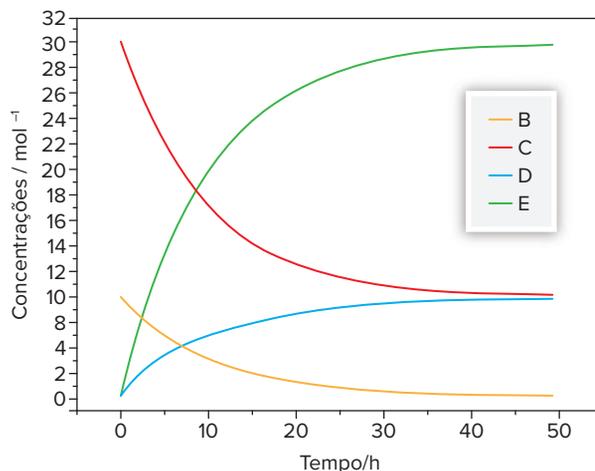


Adaptado de: MARTORANO, S. A. A. A transição progressiva dos modelos de ensino sobre cinética química a partir do desenvolvimento histórico do tema. 2012. Tese (Doutorado em Ensino de Química) Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-25022013-124601/en.php>>. Acesso em: 16 nov. 2021. p. 295.

As teorias que sustentam esse modelo teórico, para explicar a influência de certos fatores na velocidade de uma reação química, são as

- Teoria das colisões e Teoria do complexo ativado.
- Teoria do estado de transição e Teoria de repulsão dos pares eletrônicos de valência.
- Teoria das colisões e Teoria de repulsão dos pares eletrônicos de valência.
- Teoria cinética dos gases e Teoria do complexo ativado.
- Teoria cinética dos gases e Teoria do estado de transição.

16. **PUC-Minas** Considere o gráfico a seguir, no qual estão representados o tempo e a evolução das concentrações das espécies B, C, D e E, que participam de uma reação química.

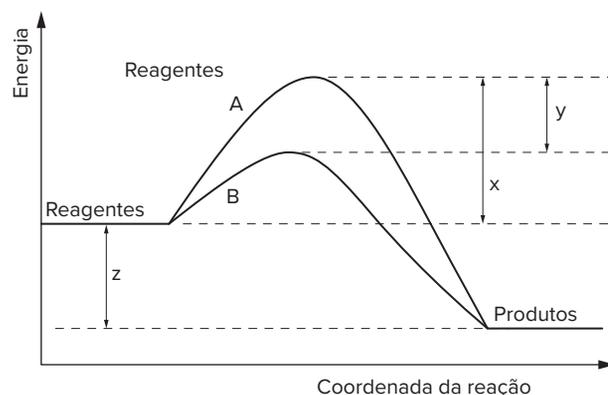


A forma correta de representar essa reação é:

- $B + 3 C \rightarrow D + 2 E$
- $D + 2 E \rightarrow B + 3 C$
- $B + 2 C \rightarrow D + 3 E$
- $D + 3 E \rightarrow B + 2 C$

Fatores que alteram a velocidade das reações

17. **Unioeste-PR 2018** Atualmente, a indústria química se utiliza de uma vasta gama de catalisadores, que possuem a vantagem de tornarem as reações mais rápidas com menores custos. O gráfico abaixo representa a variação de energia de uma reação qualquer na presença e na ausência de catalisador.



Pela análise do gráfico, pode-se afirmar que

- a reação A é exotérmica e a B é endotérmica.
- a curva B representa a reação sem catalisador.
- o valor de y representa a Energia de ativação (E_a) da reação não catalisada.
- o valor de $(x - y)$ representa a Energia de ativação (E_a) da reação catalisada.
- o valor de z representa a energia inicial dos reagentes.

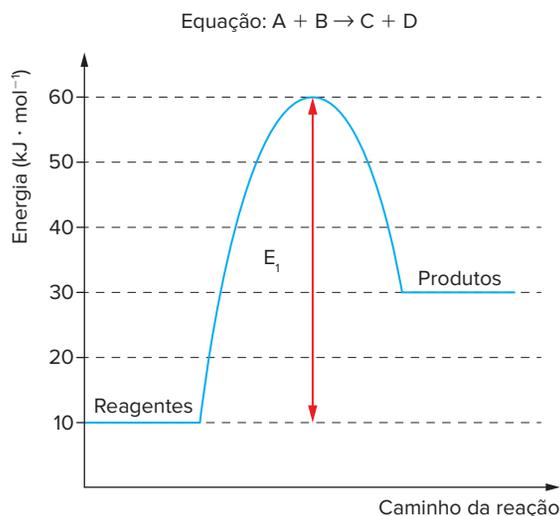
18. UFRGS 2019 De acordo com a teoria das colisões, para ocorrer uma reação química em fase gasosa deve haver colisões entre as moléculas reagentes, com energia suficiente e com orientação adequada. Considere as seguintes afirmações a respeito da teoria das colisões.

- I. O aumento da temperatura aumenta a frequência de colisões e a fração de moléculas com energia suficiente, mas não altera a orientação das moléculas.
- II. O aumento da concentração aumenta a frequência das colisões.
- III. Uma energia de ativação elevada representa uma grande fração de moléculas com energia suficiente para a reação ocorrer.

Quais estão corretas?

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

19. UEPG-PR 2022 Considere a equação e o gráfico que demonstra o caminho energético da reação, representados a seguir, e assinale o que for correto.



- 01 $30 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ é a energia emitida na reação química.
- 02 A energia de ativação da reação é igual a $50 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- 04 O uso de um catalisador pode aumentar o valor de E_1 .
- 08 Para que haja formação dos produtos, o choque entre as moléculas reagentes deverá ter energia igual ou superior a E_1 .
- 16 A taxa de desenvolvimento da reação pode ser modificada se houver aumento da superfície de contato entre os reagentes.

Soma:

20. Enem 2018 O sulfeto de mercúrio(II) foi usado como pigmento vermelho para pinturas de quadros e murais. Esse pigmento, conhecido como *vermilion*, escurece

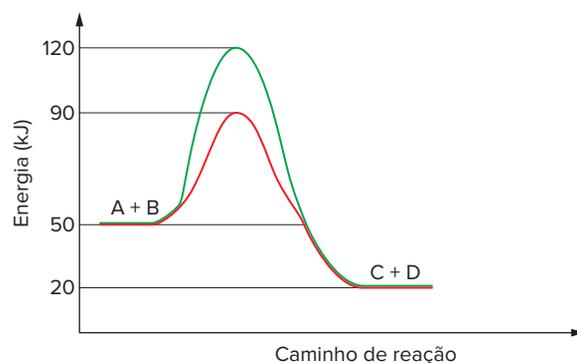
com o passar dos anos, fenômeno cuja origem é alvo de pesquisas. Aventou-se a hipótese de que o *vermilion* seja decomposto sob a ação da luz, produzindo uma fina camada de mercúrio metálico na superfície. Essa reação seria catalisada por íon cloreto presente na umidade do ar.

WOGAN, T. Mercury's Dark Influence on Art. Disponível em: www.chemistryworld.com. Acesso em: 26 abr. 2018 (adaptado).

Segundo a hipótese proposta, o íon cloreto atua na decomposição fotoquímica do *vermilion*

- a) reagindo como agente oxidante.
- b) deslocando o equilíbrio químico.
- c) diminuindo a energia de ativação.
- d) precipitando cloreto de mercúrio.
- e) absorvendo a energia da luz visível.

21. IFSul-RS 2019 (Adapt.) O emprego de catalisadores na indústria química é crescente, pois aceleram a reação química, o que contribui com a diminuição de custos no processo. A seguir está um gráfico de uma reação entre os reagentes A e B, gerando os produtos C e D com emprego ou não de catalisador.

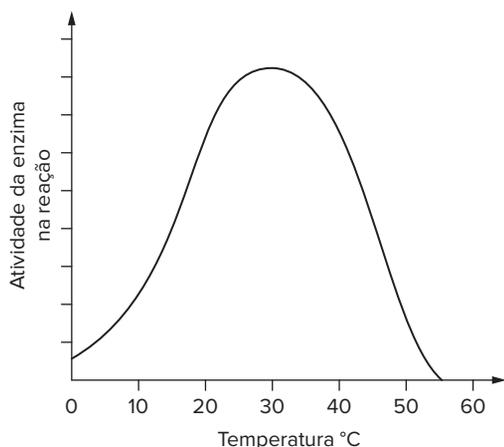


De acordo com o gráfico representado anteriormente, a reação com emprego de catalisador apresenta

- a) 90 kJ de energia no momento de formação do complexo ativado.
 - b) valor de energia de ativação igual a 90 kJ .
 - c) 120 kJ de energia no momento de formação do complexo ativado.
 - d) valor de energia de ativação igual a 50 kJ .
- 22. UFU-MG 2021** A água oxigenada, H_2O_2 , é instável e se decompõe para formar água e gás oxigênio na presença de luz ou catalisador. Em um experimento realizado em uma aula de química, a adição de água oxigenada a um pedaço de fígado cru leva à sua efervescência em quantidade maior que se a água oxigenada estivesse dispersa em um recipiente limpo. Esse aumento da efervescência ocorre, porque
- a) a enzima presente no fígado fornece um caminho para a reação com menor energia de ativação e maior rapidez.
 - b) a temperatura do fígado favorece a decomposição da água oxigenada e aumenta a formação do produto da reação.

- c) o calor liberado pelo fígado cru aumenta a taxa de desenvolvimento da reação química e a formação de gás oxigênio.
- d) o contato da água oxigenada com o fígado aumenta a velocidade da reação química pela elevação da energia de ativação.

23. UFU-MG 2015 Considere o gráfico da atividade catalítica de uma enzima (proteínas) e o aumento progressivo da temperatura da reação.



Sobre esta reação, faça o que se pede:

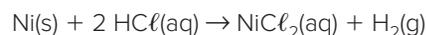
- Indique a função da enzima nas reações bioquímicas.
- Análise o gráfico e explique o que ocorre com a atividade catalítica da enzima e com a velocidade da reação à medida que se aumenta a temperatura.
- Explique o que ocorre com a enzima quando a reação é aquecida continuamente.

24. UFSM-RS 2015 Os sais estão presentes nos *shows* pirotécnicos. Os fogos de artifício utilizam sais pulverizados de diferentes íons metálicos como, por exemplo, o sódio (cor amarela) e o potássio (cor violeta), misturados com material explosivo, como a pólvora. Quando a pólvora queima, elétrons dos metais presentes sofrem excitação eletrônica, liberando a energia na forma de luz.

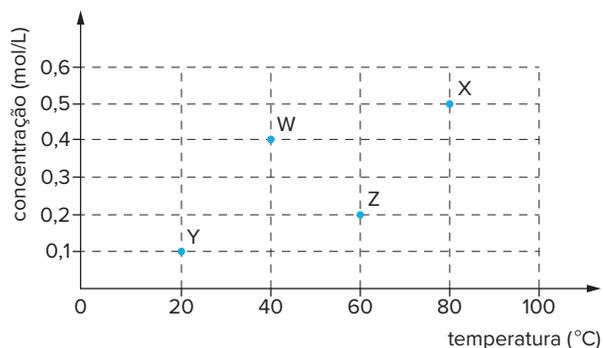
Sobre a cinética da reação, é correto afirmar:

- Quanto maior a superfície de contato entre os reagentes, mais rápida é a reação; assim, quanto mais dividido o reagente sólido, mais a reação será acelerada.
- A queima dos fogos de artifício é facilitada pelo uso de sais pulverizados, pois estes diminuem a energia de ativação da reação.
- A temperatura gerada na queima de fogos de artifício reduz a frequência dos choques entre as partículas de reagentes, tornando a reação mais rápida.
- A reação é mais rápida, pois, ao se utilizar o sal pulverizado, a frequência das colisões é menor, favorecendo, assim, a reação.
- A pólvora age como um catalisador, diminuindo a energia de ativação total da reação química.

25. Uerj 2021 Em um estudo de cinética química, foram realizados os experimentos W, X, Y e Z, nos quais o gás hidrogênio foi obtido a partir da reação química entre níquel e ácido clorídrico, conforme representado abaixo.



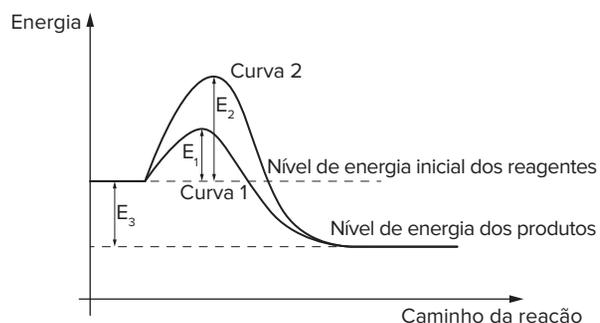
Em cada experimento, foram alteradas tanto a concentração do ácido clorídrico quanto a temperatura do sistema, mantendo-se a massa de níquel e o volume de solução do ácido constantes. Observe o gráfico:



A maior velocidade inicial de formação de gás hidrogênio foi verificada no seguinte experimento:

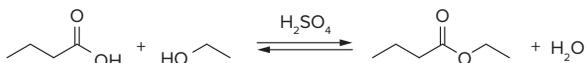
- W
- X
- Y
- Z

26. IME-RJ 2013 O gráfico seguinte ilustra as variações de energia devido a uma reação química conduzida nas mesmas condições iniciais de temperatura, pressão, volume de reator e quantidades de reagentes em dois sistemas diferentes. Estes sistemas diferem apenas pela presença de catalisador. Com base no gráfico, é possível afirmar que:

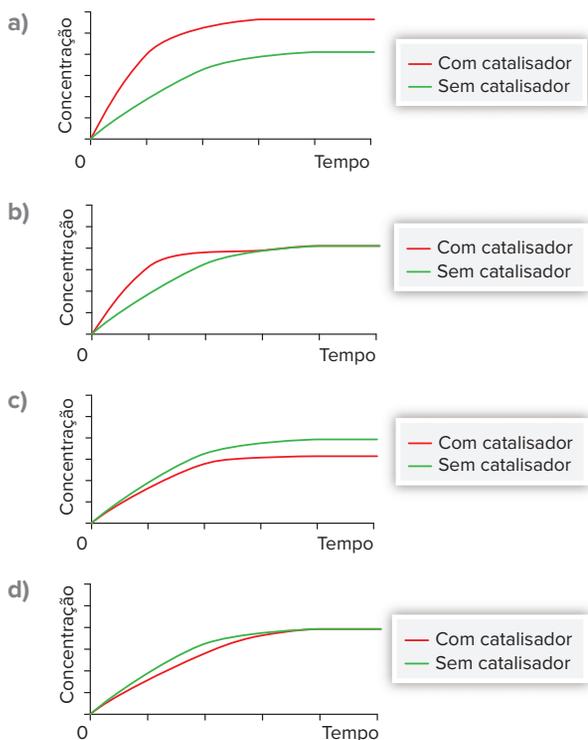


- A curva 1 representa a reação catalisada, que ocorre com absorção de calor.
- A curva 2 representa a reação catalisada, que ocorre com absorção de calor.
- A curva 1 representa a reação catalisada com energia de ativação dada por $E_1 + E_3$.
- A curva 2 representa a reação não catalisada, que ocorre com liberação de calor e a sua energia de ativação é dada por $E_2 + E_3$.
- A curva 1 representa a reação catalisada, que ocorre com liberação de calor e a sua energia de ativação é dada por E_1 .

31. **Uerj** A fim de aumentar a velocidade de formação do butanoato de etila, um dos componentes do aroma de abacaxi, emprega-se como catalisador o ácido sulfúrico. Observe a equação química desse processo:



As curvas de produção de butanoato de etila para as reações realizadas com e sem a utilização do ácido sulfúrico como catalisador estão apresentadas no seguinte gráfico:



32. **UFPA** Os automóveis modernos movidos a gasolina são equipados com dispositivos antipoluição, popularmente conhecidos como “catalisadores”. Os gases que saem do motor são forçados a passar pelo conversor catalítico (catalisador), que contém metais apropriados como Pt e Rh, os quais aumentam a velocidade de uma série de reações. Dessa forma, alguns gases tóxicos são transformados em gases não tóxicos (ou menos tóxicos), o que diminui a poluição atmosférica.

A seguir se tem a representação de reações químicas numeradas de I a V:

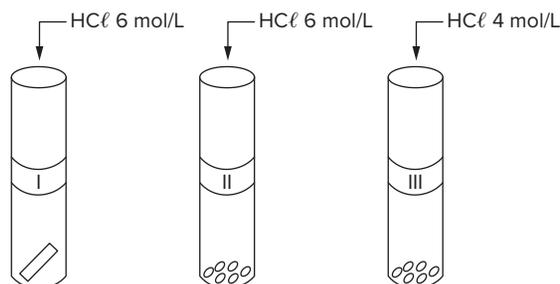
- I. $2 \text{NH}_3(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2\text{O}(\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- II. $2 \text{CO}(\text{g}) + 2 \text{NO}(\text{g}) \rightarrow 2 \text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$
- III. $\text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{NO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}(\text{s}) + 2 \text{NO}(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g})$
- IV. $2 \text{NO}(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
- V. $2 \text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{CO}_2(\text{g})$

Dessas reações, as que são catalisadas em um conversor catalítico automotivo são as de número

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

33. **Unifesp** Em uma aula de laboratório de química, foram realizados três experimentos para o estudo da reação entre zinco e ácido clorídrico.

Em três tubos de ensaio rotulados como I, II e III, foram colocados em cada um $5 \cdot 10^{-3}$ mol (0,327 g) de zinco e 4,0 mL de solução de ácido clorídrico, nas concentrações indicadas na figura. Foi anotado o tempo de reação até ocorrer o desaparecimento completo do metal. A figura mostra o esquema dos experimentos, antes da adição do ácido no metal.



- a) Qual experimento deve ter ocorrido com menor tempo de reação? Justifique.
- b) Determine o volume da solução inicial de HCl que está em excesso no experimento III. Apresente os cálculos efetuados.

34. **UEPG-PR 2019** A poluição atmosférica gerada pelos carros é amenizada pelo uso de conversores catalíticos, que são dispositivos na forma de “colmeias”, contendo catalisadores apropriados para transformar os gases tóxicos da combustão dos combustíveis fósseis em gases não tóxicos. Algumas das reações que ocorrem nos catalisadores estão representadas pelas equações a seguir. Considerando essas informações, assinale o que for correto.

Equação 1



Equação 2



Equação 3



► **Dados:** C = 12 g/mol; N = 14 g/mol; O = 16 g/mol.

- 01 Todas as reações apresentadas são de catálise heterogênea.
- 02 O catalisador aumenta a velocidade de reação, porque diminui a energia de ativação da reação.
- 04 Os conversores catalíticos têm a forma de colmeia, para aumentar a superfície de contato e, conseqüentemente, aumentar a velocidade da reação.
- 08 Na Equação 2, um mol de monóxido de carbono forma, aproximadamente, $6 \cdot 10^{23}$ moléculas de dióxido de carbono.
- 16 O catalisador não é consumido na Equação 3.

Soma:

- 35. Inesper-SP 2019** Foi proposto a um grupo de alunos um experimento sobre a reação da casca de ovos com soluções de ácido clorídrico (HCl), usando os materiais e as condições descritas na tabela.

Casca de ovo Amostra 5,0 g	Soluções de HCl 100 mL
Casca de ovo <i>in natura</i> 	0,5 mol/L em temperatura = 20 °C
	0,5 mol/L em temperatura = 60 °C
Casca de ovo pulverizado 	1,5 mol/L em temperatura = 20 °C
	1,5 mol/L em temperatura = 60 °C

(<http://www.saude.co/> e www.animalnatural.com.br. Adaptado)

O experimento consistia em medir o tempo da reação da solução ácida com a amostra de casca de ovo. Para a preparação do experimento, foi removida a película de material orgânico que compõe a casca de ovo, tanto para o seu uso *in natura* como para preparação da amostra em pó. A combinação que apresentou o menor tempo de reação foi aquela que usou

- a casca do ovo em pó e o HCl 1,5 mol/L a 60 °C.
- a casca de ovo *in natura* e o HCl 0,5 mol/L a 20 °C.
- a casca de ovo *in natura* e o HCl 0,5 mol/L a 60 °C.
- a casca do ovo *in natura* e o HCl 1,5 mol/L a 20 °C.
- a casca do ovo em pó e o HCl 0,5 mol/L a 20 °C.

Lei da ação das massas

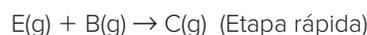
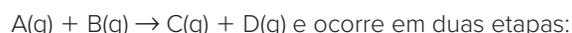
- 36. Uepa 2015** De um modo geral, a ordem de uma reação é importante para prever a dependência de sua velocidade em relação aos seus reagentes, o que pode influenciar ou até mesmo inviabilizar a obtenção de um determinado composto. Sendo assim, os dados da tabela seguinte mostram uma situação hipotética da obtenção do composto "C", a partir dos reagentes "A" e "B".

Experimento	[A] mol · L ⁻¹	[B] mol · L ⁻¹	Velocidade inicial (mol · L ⁻¹ · s ⁻¹)
01	0,1	0,1	4,0 · 10 ⁻⁵
02	0,1	0,2	4,0 · 10 ⁻⁵
03	0,2	0,1	16,0 · 10 ⁻⁵

A partir dos dados da tabela, é correto afirmar que a reação: A + B → C, é de:

- 2ª ordem em relação a "A" e de ordem zero em relação a "B"
- 1ª ordem em relação a "A" e de ordem zero em relação a "B"
- 2ª ordem em relação a "B" e de ordem zero em relação a "A"
- 1ª ordem em relação a "B" e de ordem zero em relação a "A"
- 1ª ordem em relação a "A" e de 1ª ordem em relação a "B"

- 37. UEMG 2017** Uma reação química hipotética é representada pela seguinte equação:

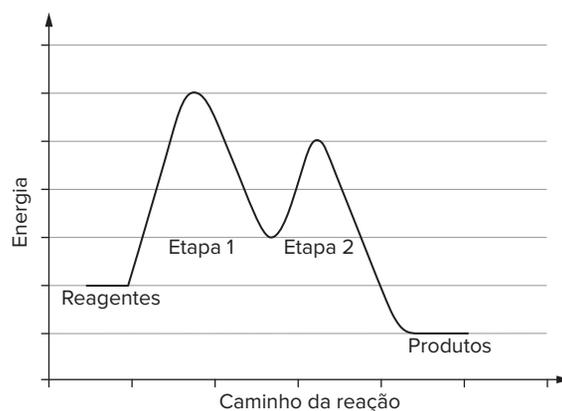


A lei da velocidade da reação pode ser dada por

- $v = k \cdot [A]$
- $v = k \cdot [A][B]$
- $v = k \cdot [C][D]$
- $v = k \cdot [E][B]$

- 38. UFRGS 2015** Para a obtenção de um determinado produto, realiza-se uma reação em 2 etapas.

O caminho dessa reação é representado no diagrama a seguir.



Considere as afirmações a seguir, sobre essa reação.

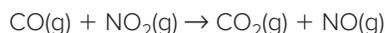
- A etapa determinante da velocidade da reação é a etapa 2.
- A reação é exotérmica.
- A energia de ativação da etapa 1 é maior que a energia de ativação da etapa 2.

Quais estão corretas?

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas III.
- Apenas II e III.
- I, II e III.

- 39. UCS-RS 2021** A reação entre o monóxido de carbono e o dióxido de nitrogênio, que se encontra descrita a seguir foi estudada a 813 °C, a partir de várias concentrações iniciais de CO e NO₂. Os dados obtidos

para essa reação, em diferentes experimentos, estão sumarizados na tabela.

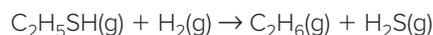


Experimento	Concentrações iniciais (mol L ⁻¹)		Velocidade inicial (mol L ⁻¹ h ⁻¹)
	CO	NO ₂	
1	5,10 · 10 ⁻⁴	3,50 · 10 ⁻⁵	3,4 · 10 ⁻⁸
2	5,10 · 10 ⁻⁴	7,00 · 10 ⁻⁵	6,8 · 10 ⁻⁸
3	5,10 · 10 ⁻⁴	1,75 · 10 ⁻⁵	1,7 · 10 ⁻⁸
4	1,02 · 10 ⁻³	3,50 · 10 ⁻⁵	6,8 · 10 ⁻⁸
5	1,53 · 10 ⁻³	3,50 · 10 ⁻⁵	10,2 · 10 ⁻⁸

Com base nessas informações, é correto afirmar que a constante de velocidade k, em L mol⁻¹ h⁻¹, é de aproximadamente

- 1,9.
- 2,5.
- 3,3.
- 4,0.
- 6,0.

- 40. UEL-PR 2014** O processo de remoção de enxofre em refinarias de petróleo é uma prática que vem sendo cada vez mais realizada com o intuito de diminuir as emissões de dióxido de enxofre de veículos automotivos e o grau de envenenamento de catalisadores utilizados. A dessulfurização é um processo catalítico amplamente empregado para a remoção de compostos de enxofre, o qual consiste basicamente na inserção de hidrogênio. A reação química do composto etanotiol é mostrada a seguir.



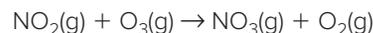
- a) Suponha que a reação de dessulfurização seja realizada em laboratório, na presença de concentrações diferentes de etanotiol e hidrogênio, conforme quadro a seguir.

Experiências	[Etanotiol] (mol/L)	[Hidrogênio] (mol/L)	Velocidade inicial (mol/min)
1	2	1	4
2	2	2	8
3	3	6	8
4	6	6	16

Com base nos dados apresentados nessa tabela, determine a lei da velocidade e a ordem da reação.

- b) Considerando que a velocidade média da reação de dessulfurização, em certo intervalo de tempo, é de 10 mol/s em relação ao etanotiol, determine a velocidade da reação em relação ao gás sulfídrico dada em g/s, no mesmo intervalo de tempo.

- 41. UEPG-PR 2013** No ar poluído pode ocorrer a reação representada a seguir entre o dióxido de nitrogênio (NO₂) e o ozônio (O₃):



Para essa reação, os seguintes dados foram obtidos a 25 °C:

Experimento	Concentração inicial de NO ₂ (mol/L)	Concentração inicial de O ₃ (mol/L)	Velocidade inicial (mol/L·s)
1	5,0 · 10 ⁻⁶	1,0 · 10 ⁻⁶	2,2 · 10 ⁻³
2	5,0 · 10 ⁻⁶	2,0 · 10 ⁻⁶	4,4 · 10 ⁻³
3	2,5 · 10 ⁻⁶	2,0 · 10 ⁻⁶	2,2 · 10 ⁻³

De acordo com os dados da tabela, assinale o que for correto.

- A ordem global da reação é 2.
- A expressão da lei cinética da reação é $v = k [\text{NO}_2][\text{O}_3]$.
- A ordem da reação em relação ao O₃ é 2, pois duplicando a sua concentração a velocidade também é duplicada.
- Utilizando os dados do experimento 1, o valor da constante de velocidade para essa reação é de $4,4 \cdot 10^8 \text{ mol/L} \cdot \text{s}$.
- A velocidade da reação independe da concentração de NO₂.

Soma:

- 42. UPF-RS 2016** Os dados da tabela a seguir foram obtidos experimentalmente, a certa temperatura e pressão constante, para a reação química genérica:



[A] (mol L ⁻¹)	[B] (mol L ⁻¹)	Velocidade (mol L ⁻¹ min ⁻¹)
0,100	0,150	1,8 · 10 ⁻⁵
0,100	0,300	7,2 · 10 ⁻⁵
0,050	0,300	3,6 · 10 ⁻⁵

Considerando-se os dados apresentados e a reação dada, analise as seguintes afirmações:

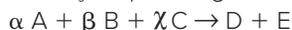
- A equação de velocidade da reação é $v = k [\text{A}][\text{B}]^2$.
- O valor da constante de velocidade, k, é $8,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.
- A ordem global da reação é 3.
- A constante de velocidade, k, depende exclusivamente da concentração dos reagentes da reação.
- A velocidade da reação quando $[\text{A}] = 0,010 \text{ mol L}^{-1}$ e quando $[\text{B}] = 0,010 \text{ mol L}^{-1}$ é:

$$v = 8,0 \cdot 10^{-9} \text{ mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$$

Está **correto** apenas o que se afirma em:

- I, II, III e IV.
- I, II e V.
- II, III e V.
- I, III e V.
- II, III e IV.

43. EsPCEX-SP 2018 O estudo da velocidade das reações é muito importante para as indústrias químicas, pois conhecê-la permite a proposição de mecanismos para uma maior produção. A tabela abaixo apresenta os resultados experimentais obtidos para um estudo cinético de uma reação química genérica elementar.



Experimento	[A]	[B]	[C]	Velocidade (mol · L ⁻¹ · s ⁻¹)
1	0,10	0,10	0,10	4 · 10 ⁻⁴
2	0,20	0,10	0,10	8 · 10 ⁻⁴
3	0,10	0,20	0,10	8 · 10 ⁻⁴
4	0,10	0,10	0,20	1,6 · 10 ⁻³

A partir dos resultados experimentais apresentados na tabela, pode se afirmar que a expressão da equação da lei da velocidade (V) para essa reação química é

- a) $V = k[A]^1[B]^1[C]^2$. d) $V = k[A]^1[B]^1[C]^1$.
 b) $V = k[A]^2[B]^1[C]^2$. e) $V = k[A]^0[B]^1[C]^1$.
 c) $V = k[A]^2[B]^2[C]^1$.

44. UFPA Os resultados de três experimentos, feitos para encontrar a lei de velocidade para a reação $2 \text{NO(g)} + 2 \text{H}_2\text{(g)} \rightarrow \text{N}_2\text{(g)} + 2 \text{H}_2\text{O(g)}$, encontram-se na tabela a seguir.

Tabela 1 – Velocidade inicial de consumo de NO(g)

Experimento	[NO] inicial (mol L ⁻¹)	[H ₂] inicial (mol L ⁻¹)	Velocidade de consumo inicial de NO (mol L ⁻¹ s ⁻¹)
1	4,0 · 10 ⁻³	2,0 · 10 ⁻³	1,2 · 10 ⁻⁵
2	8,0 · 10 ⁻³	2,0 · 10 ⁻³	4,8 · 10 ⁻⁵
3	4,0 · 10 ⁻³	4,0 · 10 ⁻³	2,4 · 10 ⁻⁵

De acordo com esses resultados, é correto concluir que a equação de velocidade é

- a) $v = k[\text{NO}][\text{H}_2]^2$ d) $v = k[\text{NO}]^4[\text{H}_2]^2$
 b) $v = k[\text{NO}]^2[\text{H}_2]^2$ e) $v = k[\text{NO}]^{1/2}[\text{H}_2]$
 c) $v = k[\text{NO}]^2[\text{H}_2]$

45. UEPG/PSS-PR 2021 A reação abaixo é de segunda ordem com respeito ao reagente. Diante disso, assinale o que for correto.



- 01** Dobrando-se a concentração do reagente, quadruplica-se a velocidade da reação.
02 Triplicando-se a concentração do reagente, triplica-se a velocidade da reação.
04 Diminuindo-se a concentração do reagente pela metade, a velocidade da reação diminui quatro vezes.
08 Diminuindo-se a concentração do reagente em quatro vezes, a velocidade da reação diminui quatro vezes.

Soma:

46. UEM-PR Dado que a lei de velocidade, determinada experimentalmente a partir de uma reação elementar, é igual a $v = k[A_2][X_2]^2$, é correto afirmar que

- 01** essa lei de velocidade corresponde à reação elementar $A_2 + 2 X_2 \rightarrow 2 AX_2$.
02 ao dobrarmos a concentração dos dois reagentes envolvidos na lei de velocidade, aquele que proporciona maior influência sobre a velocidade da reação é o X_2 .
04 essa lei de velocidade indica que a molecularidade da reação é indubitavelmente igual a 3.
08 trata-se de uma reação de ordem global igual a 3.
16 por ser uma reação elementar, a mesma ocorre por meio de duas ou mais etapas.

Soma:

47. ITA-SP 2017 Considere que a decomposição do N_2O_5 , representada pela equação química global



apresente lei de velocidade de primeira ordem. No instante inicial da reação, a concentração de N_2O_5 é de $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e a velocidade de consumo desta espécie é de $0,022 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Assinale a opção que apresenta o valor da constante de velocidade da reação global, em min^{-1} .

- a) 0,0022 d) 0,11
 b) 0,011 e) 0,22
 c) 0,022

48. Mackenzie-SP A tabela mostra a variação da velocidade inicial da reação hipotética representada pela equação $A_2\text{(g)} + 2 B\text{(g)} \rightarrow C\text{(g)}$, em função das concentrações iniciais dos reagentes utilizados no processo.

Experimento	[A] _{inicial} (mol/L)	[B] _{inicial} (mol/L)	Velocidade _{inicial} (mol/L · min)	Temperatura (K)
1	1,0	1,0	0,4	338
2	2,0	1,0	0,2	298
3	1,0	1,0	0,1	298
4	2,0	2,0	0,4	298

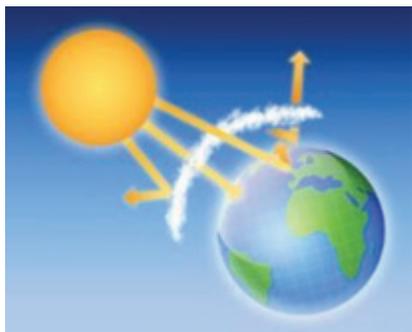
Interpretando-se a tabela, considere as afirmações I, II, III e IV.

- I.** O valor da constante de proporcionalidade k é igual para todos os experimentos.
II. A lei cinética da velocidade pode ser expressa pela equação $v = k \cdot [A] \cdot [B]$.
III. Trata-se de uma reação cuja ordem global é 2.
IV. As ordens para os reagentes A e B são, respectivamente, zero e 2.

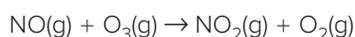
São verdadeiras, apenas as afirmações

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

49. Fepar-PR 2017



Um dos grandes problemas ambientais nas últimas décadas tem sido a redução da camada de ozônio. Uma das reações que contribui para a destruição dessa camada é expressa pela seguinte equação:



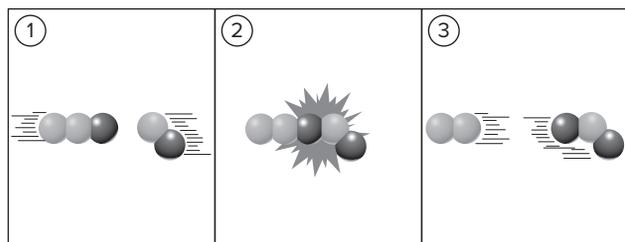
Os dados a seguir foram coletados em laboratório, a 25 °C.

Experiência	[NO]/mol·L ⁻¹	[O ₃]/mol·L ⁻¹	Velocidade/mol·L ⁻¹ ·s ⁻¹
1	1 · 10 ⁻⁶	3 · 10 ⁻⁶	0,66 · 10 ⁻⁴
2	1 · 10 ⁻⁶	6 · 10 ⁻⁶	1,32 · 10 ⁻⁴
3	1 · 10 ⁻⁶	9 · 10 ⁻⁶	1,98 · 10 ⁻⁴
4	2 · 10 ⁻⁶	9 · 10 ⁻⁶	3,96 · 10 ⁻⁴
5	3 · 10 ⁻⁶	9 · 10 ⁻⁶	5,94 · 10 ⁻⁴

Considere os dados e avalie as afirmativas.

- A expressão da lei da velocidade é $v = K \cdot [\text{NO}] \cdot [\text{O}_3]^2$.
- A reação é de segunda ordem.
- O valor da constante da velocidade é $7,3 \cdot 10^{14}$.
- A velocidade fica inalterada se variarmos igualmente as concentrações de NO e O₃.
- Se o uso de um catalisador provocasse o aumento de velocidade da reação, isso seria consequência da diminuição da energia de ativação do sistema.

50. UEM-PR 2018 Considere o seguinte esquema, em nível microscópico, referente a uma reação química elementar. Sabendo que as esferas cinzas representam o elemento nitrogênio e que as esferas pretas representam o elemento oxigênio, assinale o que for **correto**.



- 01 Uma reação química elementar bimolecular é aquela em que as moléculas dos produtos se formam após uma única colisão entre duas moléculas dos reagentes.
- 02 A reação química representativa do esquema dado é $\text{N}_2\text{O} + \text{NO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{NO}_2$.
- 04 A lei cinética dessa reação é $v = k[\text{N}_2] \cdot [\text{NO}_2]$.
- 08 O princípio da conservação da quantidade de movimento não é válido para reações químicas.
- 16 A colisão entre moléculas sempre provoca uma reação química.

Soma:

51. UEM-PR 2013 As tabelas a seguir se referem às velocidades de reações de decomposição de duas substâncias hipotéticas XZ₂ e A₂D₃, em meio aquoso à temperatura constante.

Concentração inicial de XZ ₂ em mol/L	Velocidade da reação em mol/(L · h)
0,1	0,05
0,2	0,15

Concentração inicial de A ₂ D ₃ em mol/L	Velocidade da reação em mol/(L · h)
0,1	0,1
0,2	0,4

Sabendo que a velocidade de reação de uma substância J é dada por $v = k[\text{J}]^m$, onde os números k e m são determinados experimentalmente, e supondo que somente k dependa da temperatura em que a reação ocorre, e levando em conta os seus conhecimentos, assinale o que for correto.

- 01 A constante m para a reação de decomposição da substância XZ₂ é $\log_2 6$.
- 02 O gráfico da velocidade da reação de decomposição de A₂D₃ (em mol/(L·h)), vista como função da concentração (em mol/L) de A₂D₃, é um arco de parábola.
- 04 Se a regra de Van't Hoff é válida para a decomposição de XZ₂, o valor de k dobra, se considerarmos a equação de velocidade da reação a uma temperatura 10 °C maior.
- 08 Se um catalisador for adicionado à reação, ele acelerará a reação até ser inteiramente consumido.
- 16 O valor de m para a decomposição de XZ₂ é maior do que para a decomposição de A₂D₃.

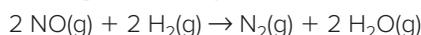
Soma:

52. UFJF-MG 2021 O gás hidrogênio pode reagir com o monóxido de nitrogênio para formar o gás nitrogênio e água líquida. A equação de velocidade da reação, em temperatura e pressão constantes, é dada abaixo: $v = k \cdot [\text{H}_2][\text{NO}]^2$, onde $k = 3 \cdot 10^4 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$

Sobre essa reação, responda:

- Escreva a equação química balanceada entre o H_2 e NO .
- Qual a velocidade da reação quando temos $[NO] = [H_2] = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$?
Obs.: indique a unidade no valor final.
- Admitindo-se que a formação do $N_2(g)$ tem uma velocidade média igual a $0,05 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, qual seria a massa do $H_2O(l)$, em gramas, formada em 1 hora?

- 53. Ufop-MG** O óxido nítrico é um poluente atmosférico que pode ser reduzido na presença de hidrogênio, conforme a seguinte equação:



A velocidade inicial de formação de N_2 foi medida para várias concentrações iniciais diferentes de NO e H_2 , e os resultados são os seguintes:

Experimento N°	[NO] (mol/L)	[H ₂] (mol/L)	Velocidade inicial (mol L ⁻¹ · s ⁻¹)
1	0,20	0,10	$4,92 \cdot 10^{-3}$
2	0,10	0,10	$1,23 \cdot 10^{-3}$
3	0,10	0,20	$2,46 \cdot 10^{-3}$
4	0,05	0,40	$1,23 \cdot 10^{-3}$

Fazendo uso desses dados, determine:

- a equação de velocidade para a reação;
- o valor da constante de velocidade da reação;
- a velocidade inicial da reação quando $[NO] = 0,5 \text{ mol/L}$ e $[H_2] = 1,0 \text{ mol/L}$.

Texto complementar

Entendendo melhor a constante de velocidade

Em 1889, o cientista sueco Svante Arrhenius publicou um trabalho no qual estabelecia que a velocidade de uma reação depende da temperatura. A relação de dependência é dada pela seguinte equação, que ficou conhecida como equação de Arrhenius:

$$k = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

Vamos ao significado de cada termo:

k = constante de velocidade

A = fator pré-exponencial

E_a = energia de ativação

R = constante dos gases

T = temperatura em Kelvin

Aplicando \ln aos dois membros da equação, temos:

$$\begin{aligned} \ln(k) &= \ln\left(A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}}\right) \therefore \ln(k) = \ln(A) + \ln\left(e^{\frac{-E_a}{RT}}\right) \therefore \\ &\therefore \ln(k) = \ln(A) + \frac{-E_a}{RT} \end{aligned}$$

Rearranjando a equação obtida, temos:

$$\frac{\ln k}{y} = \frac{\ln A}{b} - \frac{A_a}{\underbrace{R}_a} \cdot \frac{1}{\underbrace{T}_x}$$

Como se vê, essa é a equação de uma reta, cujo gráfico é apresentado a seguir:

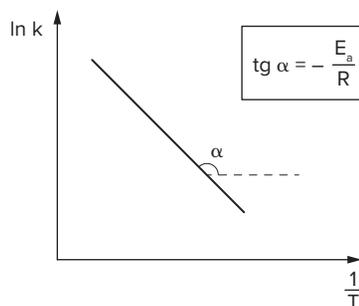


Gráfico que mostra a dependência da constante de velocidade com a temperatura. Através dele, também se pode calcular a energia de ativação da reação.

Portanto, a energia de ativação de uma reação pode ser calculada a partir do coeficiente angular dessa reta.

Algebricamente, isso pode ser feito da seguinte forma: tomamos dois valores de k em duas temperaturas distintas para a mesma reação. Sabendo que a variação da energia de ativação e do fator pré-exponencial são desprezíveis com variações de temperatura não muito acentuadas, temos:

$$k_1 = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT_1}} \quad \text{e} \quad k_2 = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT_2}}$$

Dividindo a primeira pela segunda, obtemos:

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{e^{\frac{-E_a}{RT_1}}}{e^{\frac{-E_a}{RT_2}}} \quad \therefore \quad \frac{k_1}{k_2} = e^{\left(\frac{-E_a}{R}\right) \cdot \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)}$$

$$\ln\left(\frac{k_1}{k_2}\right) = \left(\frac{-E_a}{R}\right) \cdot \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

$$\ln\left(\frac{k_1}{k_2}\right) = \left(\frac{-E_a}{R}\right) \cdot \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1 \cdot T_2}\right)$$

$$E_a = \left(\frac{R \cdot T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1}\right) \cdot \ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right)$$

Outro aspecto que deve ser analisado é o significado químico dos termos. Vamos listá-los:

- O fator catalisador está presente na equação de Arrhenius através do valor da energia de ativação da reação. Quando se adiciona um catalisador à reação, diminui-se o valor da energia de ativação da reação e, conseqüentemente, aumenta-se a sua velocidade.

- O fator exponencial da equação, dado por $e^{\frac{-E_a}{RT}}$, refere-se à taxa de choques que são energéticos, ou seja, à alíquota de choques que têm energia igual ou superior à energia de ativação da reação.

- O fator pré-exponencial A pode ser decomposto em dois fatores, por meio da expressão:

$$A = z \cdot \rho$$

O fator z é chamado de fator de frequência e está relacionado à taxa de frequência de todos os choques entre as moléculas dos reagentes. O fator ρ está relacionado à geometria do choque, ou seja, refere-se à taxa de choques que são frontais. Por isso, também é chamado de fator esteérico. Assim, o fator pré-exponencial está associado à taxa

de frequência de choques de geometria favorável. Como $k = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}}$, então o produto do fator pré-exponencial pelo fator exponencial está associado à taxa de frequência de choques efetivos. Entretanto, pela lei da ação das massas, como $v = k \cdot [A]^\alpha \cdot [B]^\beta$, então o produto da constante de velocidade pelas concentrações dos reagentes está associado à frequência de choques efetivos, que, por sua vez, está ligada de maneira direta à velocidade da reação.

Texto elaborado para fins didáticos.

Exercício resolvido

5. Para uma reação genérica, são fornecidas as seguintes constantes de velocidade em diferentes temperaturas:

k ($L^2/mol^2 \cdot s$)	T (K)
10^{-7}	300
10^{-6}	400
10^{-5}	x

- Qual é a ordem global dessa reação?
- Qual é o valor de x ?
- Qual é a energia de ativação dessa reação?

Resolução:

a) A ordem global pode ser determinada a partir da unidade da constante de velocidade, que é $L^2/mol^2 \cdot s$. Como $v = k \cdot [A]^\alpha \cdot [B]^\beta$, e a unidade de v é $mol/L \cdot s$ e a unidade de concentração é mol/L , por análise dimensional temos:

$$\frac{mol}{L \cdot s} = (L^2/mol^2 \cdot s) \cdot \left(\frac{mol}{L}\right)^\alpha \cdot \left(\frac{mol}{L}\right)^\beta \quad \therefore \quad \alpha + \beta = 3$$

b) Chamando 300 K de T_1 , 400 K de T_2 e x de T_3 , temos:

$$(k_2)^2 = (k_1) \cdot (k_3)$$

No entanto, pela equação de Arrhenius, como $k = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}}$, obtemos:

$$\left(A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT_2}}\right)^2 = \left(A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT_1}}\right) \cdot \left(A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT_3}}\right) \quad \therefore \quad e^{\frac{-2E_a}{RT_2}} = \left(e^{\frac{-E_a}{RT_1}}\right) \cdot \left(e^{\frac{-E_a}{RT_3}}\right) \quad \therefore \quad \frac{2}{T_2} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_3} \quad \therefore$$

$$\therefore \quad \frac{2}{400} = \frac{1}{300} + \frac{1}{T_3} \quad \therefore \quad T_3 = 600 \text{ K}$$

c) Para o cálculo da energia de ativação dessa reação, aplicaremos a expressão já deduzida $E_a = \left(\frac{R \cdot T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1}\right) \cdot \ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right)$

Substituindo valores, temos:

$$E_a = \left(\frac{8,31 \cdot 10^{-3} \cdot 300 \cdot 400}{400 - 300}\right) \cdot \ln\left(\frac{10^{-6}}{10^{-7}}\right) \quad \therefore \quad E_a = 8,31 \cdot 1,2 \cdot \ln 10 \quad \therefore \quad E_a \cong 23 \text{ kJ}$$

Resumindo

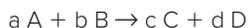
Cinética química

A Cinética Química é a área da Química que estuda as velocidades das reações e os fatores que alteram essas velocidades.

Cálculo da velocidade média de uma reação

- Velocidade em relação a uma substância:

Para uma reação genérica de equação



em que A e B são reagentes, C e D são produtos e a , b , c e d são coeficientes estequiométricos da equação, temos:

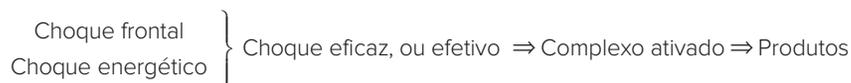
$$v_A = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} \quad v_B = -\frac{\Delta[B]}{\Delta t} \quad v_C = \frac{\Delta[C]}{\Delta t} \quad v_D = \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

- Cálculo da velocidade média global de uma reação:

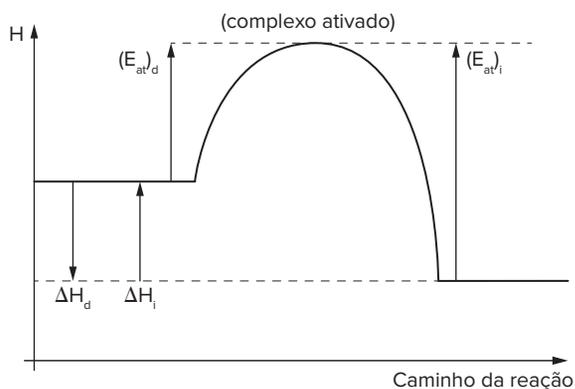
$$v_G = \frac{v_A}{a} = \frac{v_B}{b} = \frac{v_C}{c} = \frac{v_D}{d}$$

Teoria das colisões

- Sequência de eventos para ocorrência de uma reação:



- Energia de ativação é a energia necessária para que uma reação comece, ou seja, para formar o complexo ativado.
- O gráfico de entalpia *versus* caminho da reação é:



$$\begin{aligned} |\Delta H|_{\text{direta}} &= |\Delta H|_{\text{inversa}} \\ (E_{\text{at}})_{\text{direta}} &\neq (E_{\text{at}})_{\text{inversa}} \end{aligned}$$

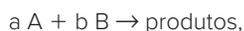
Quanto maior for a (E_{at}) , menor será a velocidade da reação.

Fatores que aumentam a velocidade de uma reação

- Aumento da temperatura
- Aumento da superfície de contato dos reagentes
- Presença de catalisador (substância que não participa da reação global, mas que diminui a sua energia de ativação)
- Aumento da concentração ou da pressão parcial dos reagentes

Lei da ação das massas (lei de Guldberg-Waage)

Para uma reação genérica dada pela equação



a velocidade da reação é dada por:

$$v = k \cdot [A]^\alpha \cdot [B]^\beta \text{ ou } v = k \cdot [P_A]^\alpha \cdot [P_B]^\beta$$

em que:

V é a velocidade da reação;

k é a constante de velocidade (ou constante cinética);

α e β são as ordens da reação.

A soma de todas as ordens da reação é chamada de ordem global da reação.

- Reação elementar é aquela que ocorre em uma etapa.
- Reação não elementar é aquela que ocorre em duas ou mais etapas.
- A etapa lenta é que determina a velocidade de uma reação.

Quer saber mais?



Sites

PHET. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/legacy/gas-properties/:simulation

Simulador de reações e fatores que alteram as velocidades. Acesso em: 29 ago. 2022.

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1291965/mod_resource/content/1/Cin%C3%A9tica%20qu%C3%ADmica__material.pdf

O site traz informações que complementam o estudo da Cinética Química. Acesso em: 29 ago. 2022.

Exercícios complementares

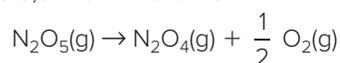
Cálculo de velocidade e teoria das colisões

1. **IFBA 2017** Os gases butano e propano são os principais componentes do gás de cozinha (GLP → Gás Liquefeito de Petróleo). A combustão do butano (C_4H_{10}) correspondente à equação:



Se a velocidade da reação for 0,1 mol butano-minuto qual a massa de CO_2 produzida em 1 hora?

- 1 056 g
 - 176 g
 - 17,6 g
 - 132 g
 - 26,4 g
2. **UFRGS 2019** Sob determinadas condições, verificou-se que a taxa de produção de oxigênio na reação abaixo é de $8,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$.



Se a velocidade permanecer constante, ao longo de 5 minutos, a diminuição da concentração de N_2O_5 será de

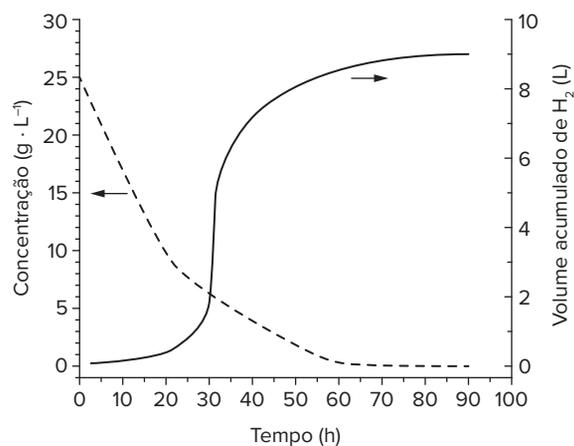
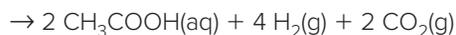
- 8,5 mmol L^{-1} .
 - 51 mmol L^{-1} .
 - 85 mmol L^{-1} .
 - 17 mol L^{-1} .
 - 51 mol L^{-1} .
3. **Unicamp-SP 2019** De tempos em tempos, o mundo se choca com notícias sobre o uso de armas químicas em conflitos. O sarin é um composto organofosforado líquido, insípido, incolor e inodoro, altamente volátil, que se transforma em gás quando exposto ao ar, sendo um dos principais alvos dessas notícias. Em 1955, um projeto confidencial do exército americano estudou a eficiência de hipoclorito na eliminação de sarin em ambientes contaminados. A tabela a seguir mostra alguns resultados obtidos nesse estudo.

pH	$[ClO^-]$ (mmol L^{-1})	$t_{1/2}$ (min)
5	2,8	96
6	2,8	11
7	0,4	13
8	0,04	33
9	0,04	18

Sendo $t_{1/2}$ o tempo para a concentração do sarin cair à metade, de acordo com a tabela a reação é mais rápida em

- maiores concentrações de hipoclorito, mas não há elementos suficientes para analisar a influência da acidez do meio reacional.
 - menores concentrações de hipoclorito, mas não há elementos suficientes para analisar a influência da acidez do meio reacional.
 - meios mais ácidos, mas não há elementos suficientes para analisar a influência da concentração do hipoclorito.
 - meios menos ácidos, mas não há elementos suficientes para analisar a influência da concentração do hipoclorito.
4. **UPE** Admita que uma planta aquática exposta ao CO_2 e luz solar fixa o dióxido de carbono pelo processo de fotossíntese, armazenando-o na forma polimérica, de acordo com a equação simplificada $CO_2(g) + H_2O(l) \xrightarrow{\text{Luz}} (CH_2O)_n + O_2(g)$. Sabe-se que 0,30 g da planta aquática absorve pela fotossíntese $1 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ de CO_2/h retendo os átomos de carbono sob a forma $(CH_2O)_n$. Considere que a velocidade da reação de fotossíntese é constante. Em quanto tempo, a planta aquática terá sua massa triplicada?
- ▶ **Dados:** $m_a(C) = 12 \text{ u}$, $m_a(O) = 16 \text{ u}$, $m_a(H) = 1 \text{ u}$.
- a) 3 h b) 2 h c) 1 h d) 5 h e) 4 h

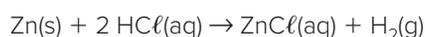
5. **Unicamp-SP 2018** Graças a sua alta conversão energética e à baixa geração de resíduos, o gás hidrogênio é considerado um excelente combustível. Sua obtenção a partir da fermentação anaeróbica de biomassas, como bagaço de cana, glicerol, madeira e resíduos do processamento da mandioca, abundantes e de baixo custo, parece ser uma boa alternativa tecnológica para o Brasil. A velocidade da fermentação, bem como os diferentes produtos formados e suas respectivas quantidades, dependem principalmente do tipo de substrato e do tipo de microrganismo que promove a fermentação. As equações e a figura a seguir ilustram aspectos de uma fermentação de 1 litro de solução de glicose efetuada pela bactéria *Clostridium butyricum*.



- a) Levando em conta as informações presentes no texto e na figura, e considerando que a fermentação tenha ocorrido, concomitantemente, pelas duas reações indicadas, qual ácido estava presente em maior concentração ($mol \cdot L^{-1}$) ao final da fermentação, o butanoico ou o etanoico? Justifique sua resposta.
- b) A velocidade instantânea da fermentação, em qualquer ponto do processo, é dada pela relação entre a variação da quantidade de hidrogênio formado e a variação do tempo. De acordo com o gráfico, quanto tempo após o início da fermentação a velocidade atingiu seu valor máximo? Justifique sua resposta.

► **Dados:** massa molar da glicose: $180 g \cdot mol^{-1}$; volume molar do hidrogênio: $25 L \cdot mol^{-1}$.

6. **Unesp 2013** Uma forma de obter hidrogênio no laboratório é mergulhar zinco metálico em uma solução de ácido clorídrico, conforme a reação descrita pela equação apresentada a seguir.



Considere que uma tira de zinco metálico foi colocada em um recipiente contendo HCl em solução aquosa na concentração de $1 mol/L$. Em 20 segundos a temperatura do recipiente elevou-se em $0,05 ^\circ C$ e $25 mL$ de hidrogênio foram produzidos.

Considerando que essa reação ocorreu a $27 ^\circ C$ e $1 atm$, determine a velocidade da reação em $mL H_2/s$ e em $mol H_2/s$.

► **Dado:** $R = 0,082 L \cdot atm \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$.

7. **Uece 2015** Manchete do jornal *O Estado de São Paulo* em 23.04.2014: "Gás metano produzido por vacas é usado para abastecer veículos". Cientistas argentinos desenvolveram tecnologia para aproveitar o gás metano gerado pelos bovinos, que tem efeito estufa na atmosfera do planeta. Pesquisando o gás metano, um grupo de estudantes da UECE realizou, em laboratório, uma combustão e coletou os dados da tabela a seguir:

Tempo (min)	$[CH_4]$ (mol/L)	$[CO_2]$ (mol/L)
0	0,050	0
10	0,030	0,020
20	0,020	?

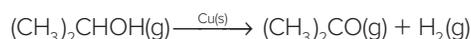
Com os dados da tabela, a velocidade média da reação entre 0 e 20 minutos foi determinada com o valor

- a) $1,2 \cdot 10^{-3} mol \cdot L^{-1} \cdot min^{-1}$.
 b) $0,8 \cdot 10^{-3} mol \cdot L^{-1} \cdot min^{-1}$.
 c) $1,3 \cdot 10^{-3} mol \cdot L^{-1} \cdot min^{-1}$.
 d) $1,5 \cdot 10^{-3} mol \cdot L^{-1} \cdot min^{-1}$.

8. **FMJ-SP 2016** O álcool isopropílico desempenha papel fundamental como antisséptico e desinfetante devido ao seu custo reduzido, baixa toxicidade e facilidade de aquisição e aplicação.

Disponível em: www.anvisa.gov.br. (Adapt.).

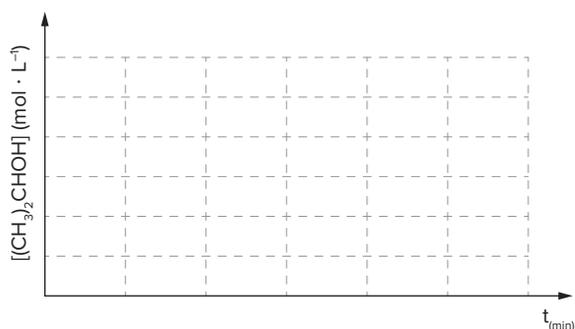
O álcool isopropílico pode ser convertido em acetona pelo processo descrito pela equação, com rendimento de 90%.



A tabela apresenta diferentes concentrações de álcool isopropílico em função do tempo de reação, em minutos.

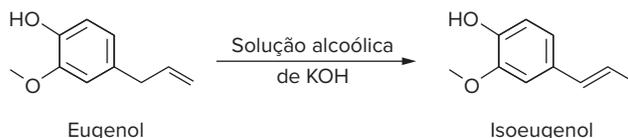
Experimentos	1	2	3	4	5	6
Tempo (min)	0	30	60	90	120	150
$[(CH_3)_2CHOH]$ ($mol \cdot L^{-1}$)	$5 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$

- a) Desenhe a curva representativa dos dados da tabela no gráfico a seguir e explique por que os valores da velocidade de consumo do álcool, em $mol \cdot L^{-1} \cdot min^{-1}$, são diferentes nos intervalos de 0 a 30 minutos e de 30 a 60 minutos.

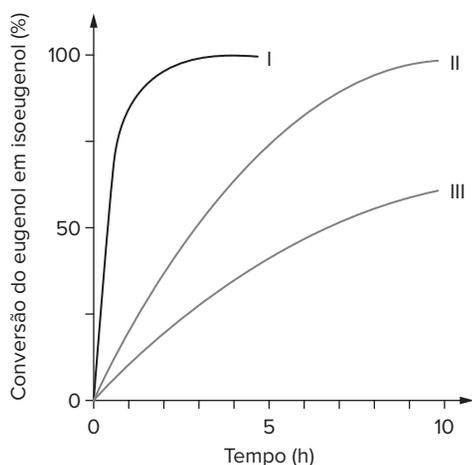


b) Considere que as massas molares do álcool isopropílico e da acetona são, respectivamente, $60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ e $58 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. A partir de 180 g de álcool isopropílico com 100% de pureza, calcule a massa, em gramas, de acetona obtida no processo descrito pela equação.

9. **Fuvest-SP 2015** O eugenol, extraído de plantas, pode ser transformado em seu isômero isoeugenol, muito utilizado na indústria de perfumes. A transformação pode ser feita em solução alcoólica de KOH.



Foram feitos três experimentos de isomerização, à mesma temperatura, empregando-se massas iguais de eugenol e volumes iguais de soluções alcoólicas de KOH de diferentes concentrações. O gráfico a seguir mostra a porcentagem de conversão do eugenol em isoeugenol em função do tempo, para cada experimento.

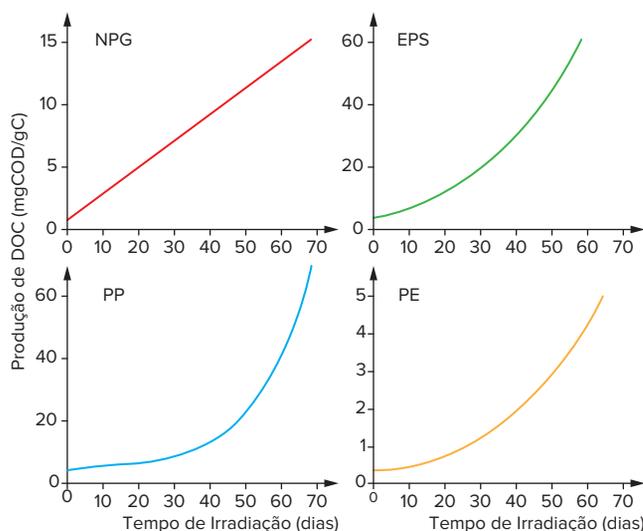


Experimento	Concentração de KOH (mol/L)
I	6,7
II	4,4
III	2,3

Analisando-se o gráfico, pode-se concluir corretamente que

- a isomerização de eugenol em isoeugenol é exotérmica.
- o aumento da concentração de KOH provoca o aumento da velocidade da reação de isomerização.
- o aumento da concentração de KOH provoca a decomposição do isoeugenol.
- a massa de isoeugenol na solução, duas horas após o início da reação, era maior do que a de eugenol em dois dos experimentos realizados.
- a conversão de eugenol em isoeugenol, três horas após o início da reação, era superior a 50% nos três experimentos.

10. **Unicamp-SP 2021** Um estudo recente avaliou como determinados plásticos se degradam na água do mar quando expostos à luz ultravioleta. Os plásticos estudados foram: NPG (plásticos diversos do Giro do Pacífico Norte), EPS (poliestireno expandido), PP (polipropileno) e PE (polietileno). Considerando que somente 2% do plástico despejado no mar está à deriva, esse estudo tentou descobrir para onde vão os microplásticos no ambiente marinho. Um dos resultados do estudo é mostrado nos gráficos abaixo. Nesses gráficos, observam-se as produções de carbono orgânico dissolvido (DOC) por grama de carbono na amostra de plástico utilizado. O DOC foi identificado como o maior subproduto da fotodegradação de plásticos.



(Adaptado de L. Zhu e outros. Journal of Hazardous Materials 383, 2020, 121065.)

Os resultados mostram que

- para os quatro plásticos, a velocidade de degradação aumenta com o tempo de exposição; após 50 dias, a maior degradação foi a do PP.
- para três plásticos, a velocidade de degradação aumenta com o tempo de exposição; após 50 dias, a maior degradação foi a do EPS.
- para apenas um plástico, a velocidade de degradação não aumenta com o tempo de exposição; após 50 dias, a maior degradação foi a do PP.
- duas velocidades de degradação aumentam com o tempo e duas permanecem constantes; após 50 dias, a maior degradação foi a do EPS.

11. **UFSC (Adapt.)** [...] Percorridos alguns quilômetros, Carlos precisou frear bruscamente o veículo, devido a um acidente ocorrido na rodovia. Passado o susto, Eduardo pergunta com ironia:
- Seu carro tem *airbag*?
 - É óbvio que não, responde Carlos.
 - Você saberia me dizer como funciona um *airbag*?
 - Não tenho ideia. O que você acha de consultarmos aquele livro de Química?
 - Legal!

Então, Eduardo estica a mão e pega, no banco de trás, um livro no qual se lê:

O *airbag* é formado por um dispositivo que contém a mistura química de NaN_3 (azida de sódio), KNO_3 e SiO_2 que é responsável pela liberação do gás. Esse dispositivo está acoplado a um balão que fica no painel do automóvel e quando ocorre uma colisão (ou desaceleração), os sensores localizados no para-choque do automóvel transmitem um impulso elétrico (faísca) que causa a detonação da reação. Em aproximadamente 25 milésimos de segundo, o *airbag* está completamente inflado.

Veja as equações do processo:

- I. $2 \text{NaN}_3 \rightarrow 2 \text{Na} + 3 \text{N}_2$
- II. $10 \text{Na} + 2 \text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{O} + 5 \text{Na}_2\text{O} + \text{N}_2$
- III. $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{silicato alcalino}$

Disponível em: www.brasilecola.com/quimica/air-bag-reacao-decomposicao.htm. Acesso em: 12 set. 2011. (Adapt.).

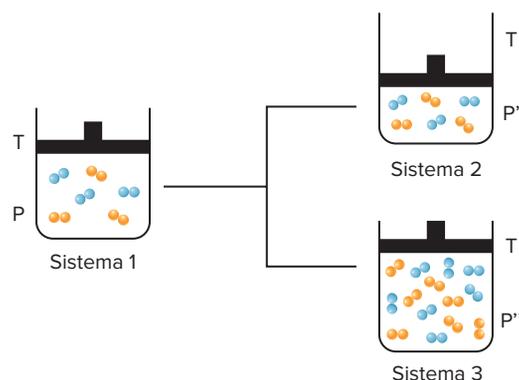
► **Dado:** um *airbag* contém aproximadamente 130 g de azida.

Assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 Considerando apenas a equação I, seriam necessários 650 mg de azida de sódio para gerar 336 mL de N_2 nas CNTP.
- 02 Na reação representada pela equação I, o sódio se oxida e o nitrogênio se reduz.
- 04 Na reação global, 10 mol de azida geram 16 mol de nitrogênio gasoso.
- 08 Considerando apenas a equação I, a massa de azida necessária para a formação de 67,2 L de N_2 nas CNTP seria 130 g.
- 16 Em contato com a água, o sódio metálico reage gerando um forte aquecimento, fenômeno típico de uma reação endotérmica.
- 32 Considerando apenas a equação I, a velocidade de formação do N_2 é igual a 3 mol/s.

Soma:

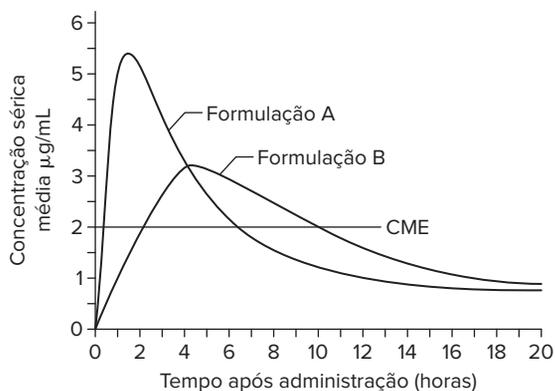
12. **Famerp-SP 2022** Segundo a teoria das colisões efetivas, para que uma reação ocorra é necessário que as moléculas dos reagentes colidam umas com as outras com orientação espacial adequada e energia mínima. Assim, qualquer alteração no meio reacional que interfira nesses dois fatores modifica a velocidade da reação. A figura mostra o sistema reacional gasoso 1 submetido a modificações que proporcionaram os sistemas 2 e 3.



Considerando que as moléculas existentes nesses sistemas reajam entre si, as relações entre as velocidades (V) das reações dos sistemas 1 e 2 e dos sistemas 1 e 3 são, respectivamente,

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

13. **Unicamp-SP** A eficiência na administração oral de um medicamento leva em conta vários parâmetros, dentre os quais: o tempo para se atingir a concentração máxima na corrente sanguínea; a concentração mínima efetiva (CME), que é a concentração mínima necessária para que o paciente apresente resposta adequada ao medicamento; a quantidade total de medicamento no sangue após a sua administração. O diagrama seguinte mostra a variação da concentração no sangue (microgramas por mililitro – $\mu\text{g/mL}$), em função do tempo, para a mesma quantidade de um mesmo medicamento em duas formulações diferentes.

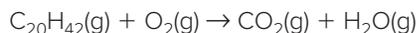


Aspectos cinéticos do uso do medicamento:

- a) Que formulação é absorvida mais rapidamente?
- b) Que formulação apresenta maior tempo de manutenção da concentração mínima efetiva? E qual é esse tempo?
- c) Se o paciente iniciar o tratamento com a formulação A, e em seguida passar para a formulação B, depois de quantas horas da ingestão da formulação A ele deve iniciar a ingestão da formulação B? Explique.

Fatores que alteram a velocidade das reações

14. **UPF-RS 2014 (Adapt.)** A combustão completa da vela, sem o ajuste dos coeficientes estequiométricos, pode ser representada genericamente pela equação:



Considerando que vários fatores podem interferir na rapidez de uma reação química, analise as afirmações a seguir e marque **V** para **verdadeiro** e **F** para **falso**:

- Fatores como o aumento da temperatura e da concentração dos reagentes influenciam na rapidez de uma reação e sempre a tornam mais lenta.
- Para a combustão completa de 1 mol da parafina ($\text{C}_{20}\text{H}_{42}(\text{g})$) serão liberados 880,2 g de $\text{CO}_2(\text{g})$ para a atmosfera.
- Para que uma reação ocorra, é necessário que haja colisão entre as moléculas, orientação favorável e energia suficiente.
- No processo descrito, se a vela for coberta com um recipiente, é possível que a chama se apague.
- Ao aumentar a superfície de contato dos reagentes, a rapidez da reação não será afetada, o que implica maior tempo de reação.

A sequência **correta** de preenchimento de cima para baixo, é:

- a) V – F – F – F – V. d) V – F – V – F – F.
 b) F – V – V – F – F. e) F – V – F – V – F.
 c) F – V – V – V – F.

15. **Enem 2020** A nanotecnologia pode ser caracterizada quando os compostos estão na ordem de milionésimos de milímetros, como na utilização de nanomateriais catalíticos nos processos industriais. O uso desses materiais aumenta a eficiência da produção, consome menos energia e gera menores quantidades de resíduos. O sucesso dessa aplicação tecnológica muitas vezes está relacionado ao aumento da velocidade da reação química envolvida. O êxito da aplicação dessa tecnologia é por causa da realização de reações químicas que ocorrem em condições de

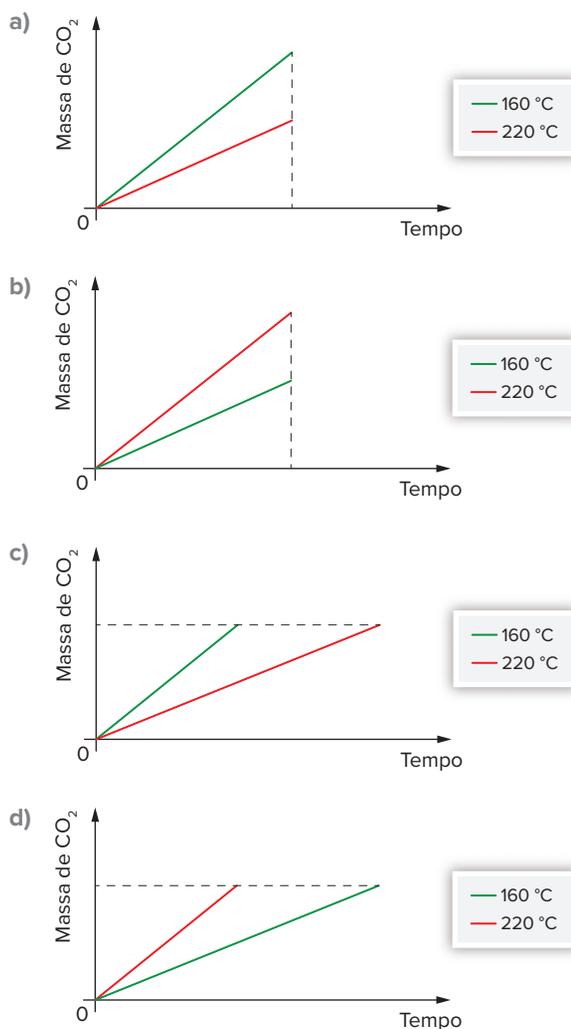
- a) alta pressão.
- b) alta temperatura.
- c) excesso de reagentes.
- d) maior superfície de contato.
- e) elevada energia de ativação.

16. **Uerj 2016** No preparo de pães e bolos, é comum o emprego de fermentos químicos, que agem liberando gás carbônico, responsável pelo crescimento da massa. Um dos principais compostos desses fermentos é o bicarbonato de sódio, que se decompõe sob a ação do calor, de acordo com a seguinte equação química:

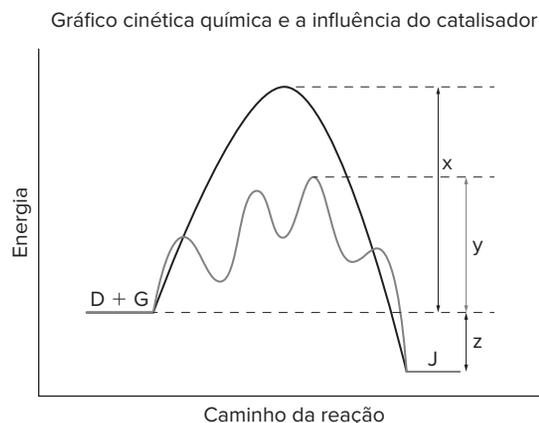


Considere o preparo de dois bolos com as mesmas quantidades de ingredientes e sob as mesmas condições, diferindo apenas na temperatura do forno: um foi cozido a 160 °C e o outro a 220 °C. Em ambos, todo o fermento foi consumido.

O gráfico que relaciona a massa de CO_2 formada em função do tempo de cozimento, em cada uma dessas temperaturas de preparo, está apresentado em:



17. **PUC-SP 2015** Considere uma reação genérica em que os reagentes D e G transformam-se no produto J. A cinética dessa reação pode ser estudada a partir do gráfico a seguir que representa a entalpia de reagentes e produtos, bem como das espécies intermediárias formadas durante o processo. No gráfico, estão representados os caminhos da reação na presença e na ausência de catalisador.



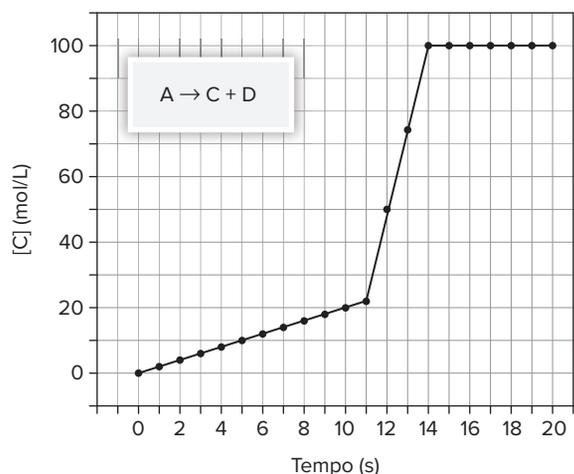
Um aluno ao analisar esse gráfico fez algumas afirmações a respeito da reação $D + G \rightarrow J$:

- I. z representa a variação de entalpia (ΔH) dessa reação.
- II. y representa a energia de ativação dessa reação na presença de catalisador.
- III. $x + z$ representa a energia de ativação dessa reação na ausência de catalisador.
- IV. Essa reação corresponde a um processo endotérmico.

Estão corretas apenas as afirmações

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

18. **UEM-PR** O gráfico a seguir representa a concentração do composto C em função do tempo para a reação destacada. Com base na representação gráfica, assinale o que for correto.



- 01 A velocidade da reação de formação do composto C é igual a zero entre 14 e 20 s.
- 02 Pode-se supor que em 11 s foi adicionado um catalisador no meio reacional.
- 04 A velocidade da reação de formação do composto C é maior entre 0 e 10 s.
- 08 A velocidade instantânea de formação do composto C em 4 s é igual à velocidade média de formação do composto C entre 0 e 10 s.
- 16 A velocidade média de formação do composto C, no intervalo de 12 a 14 s, é igual a $50 \text{ mol/L} \cdot \text{s}$.

Soma:

19. **ITA-SP 2020** A amônia, uma das principais matérias-primas da indústria de fertilizantes, é produzida em escala industrial pelo processo conhecido como Haber-Bosch. Neste, uma reação entre $\text{H}_2(\text{g})$ e $\text{N}_2(\text{g})$ é catalisada com ferro em um reator mantido a 200 atm e 450°C . Sobre essa reação exotérmica, sejam feitas as seguintes proposições:

- I. O aumento da pressão no reator, mediante adição de um gás inerte, aumenta o rendimento do processo.
- II. O uso de um catalisador mais efetivo aumenta o rendimento do processo.

- III. Uma vez atingido o equilíbrio, não ocorrem mais colisões efetivas entre moléculas de $\text{H}_2(\text{g})$ e $\text{N}_2(\text{g})$.
- IV. Considerando que ainda exista superação da energia de ativação, a redução da temperatura no reator diminui a velocidade da reação, mas favorece a formação de amônia.

Assinale a opção que apresenta a(s) afirmação(ões) CORRETA(S) sobre a reação de formação da amônia.

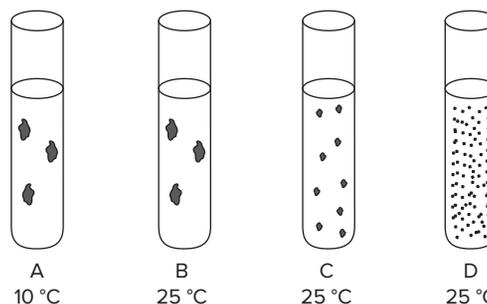
- a) apenas I
- b) apenas I e II
- c) apenas II e III
- d) apenas III e IV
- e) apenas IV

20. **UEPG-PR 2022** Um catalisador é uma substância que pode ser adicionada a uma reação química e que pode aumentar a velocidade dessa reação sem sofrer qualquer alteração química permanente. Considerando o conceito de catalisador, assinale o que for correto.

- 01 No final da reação, o catalisador permanece inalterado em composição e em quantidade.
- 02 O catalisador, em princípio, pode ser recuperado no final da reação e reutilizado em um novo processo.
- 04 Um catalisador altera a velocidade de uma reação química por meio do abaixamento da energia de ativação da reação.
- 08 A presença de um catalisador não altera os valores de energia de reagentes e produtos.
- 16 A catálise é classificada como homogênea quando os reagentes formam um sistema monofásico com o catalisador.

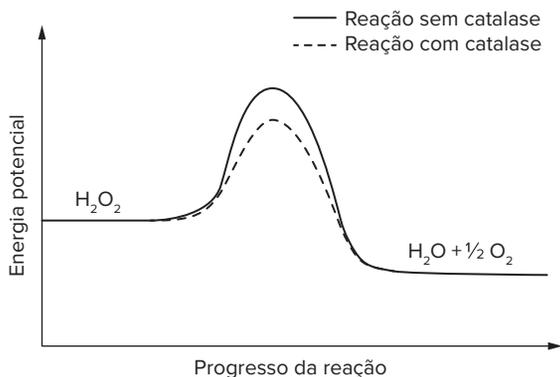
Soma:

21. **UEPG-PR 2016** Nos tubos de ensaio A, B, C e D foram adicionados 2,0 g de zinco e 10 mL de ácido clorídrico 1,0 mol/L. A diferença entre os tubos é a granulometria do zinco e a temperatura. Observou-se o desprendimento de gás nos 4 tubos. A partir do esquema a seguir, que representa o início do processo, assinale o que for correto.



- 01 A velocidade da reação é maior no tubo B do que no tubo A.
- 02 O tubo que apresenta a maior velocidade de reação é o D.
- 04 A reação que ocorre é $\text{Zn}(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{ZnCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$.
- 08 O tubo C apresenta uma velocidade de reação maior que no tubo B porque a superfície de contato do zinco é maior no tubo C.

25. Enem PPL 2020 O peróxido de hidrogênio é um produto secundário do metabolismo celular e apresenta algumas funções úteis, mas, quando em excesso, é prejudicial, gerando radicais que são tóxicos para as células. Para se defender, o organismo vivo utiliza a enzima catalase, que decompõe H_2O_2 em H_2O e O_2 . A energia de reação de decomposição, quando na presença e ausência da catalase, está mostrada no gráfico.



Disponível em: www.pontociencia.org.br. Acesso em: 14 ago. 2013 (adaptado)

Na situação descrita, o organismo utiliza a catalase porque ela

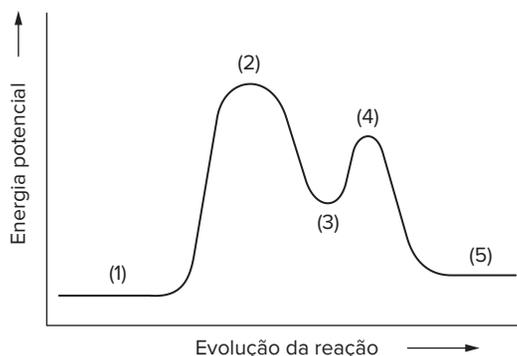
- diminui a energia de ativação.
- permite maior rendimento da reação.
- diminui o valor da entalpia da reação.
- consome rapidamente o oxigênio do reagente.
- reage rapidamente com o peróxido de hidrogênio.

26. IME-RJ 2014 Considere a reação catalisada descrita pelo mecanismo a seguir.

Primeira etapa: $\text{A} + \text{BC} \rightarrow \text{AC} + \text{B}$

Segunda etapa: $\text{AC} + \text{D} \rightarrow \text{A} + \text{CD}$

O perfil energético dessa reação segue a representação do gráfico a seguir.



Diante das informações apresentadas, é correto afirmar que

- os intermediários de reação são representados por (2) e (3) e equivalem, respectivamente, aos compostos BC e AC.
- os reagentes, representados por (1), são os compostos A e D.
- o complexo ativado representado por (4) tem estrutura $\text{A} \text{---} \text{C} \text{---} \text{D}$.

- o produto, representado por (5), é único e equivalente ao composto CD.
- a presença do catalisador A torna a reação exotérmica.

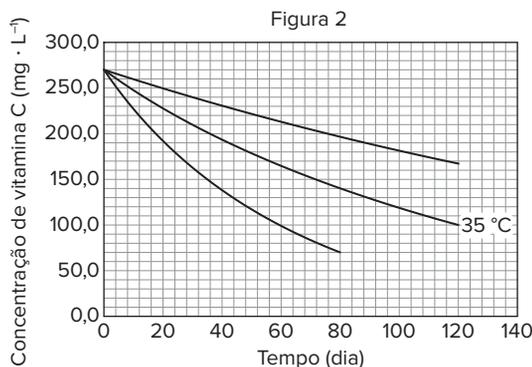
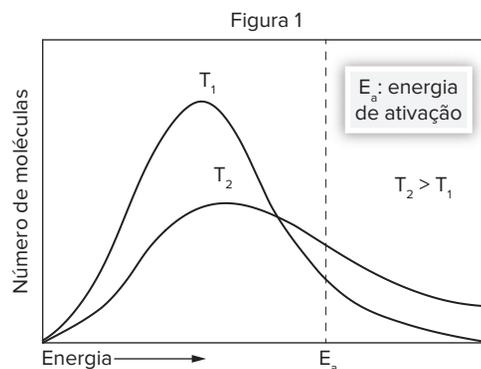
27. Fuvest-SP 2016 A vitamina C, presente em sucos de frutas como a manga, pode sofrer processos de degradação em certas condições. Um pesquisador fez um estudo sobre a degradação da vitamina C contida em sucos de manga comerciais, determinando a variação da concentração dessa vitamina com o tempo, em diferentes temperaturas.

O gráfico da figura 2 representa os dados de degradação da vitamina C em três diferentes temperaturas, 25 °C, 35 °C e 45 °C, estando identificada a curva referente ao experimento realizado a 35 °C.

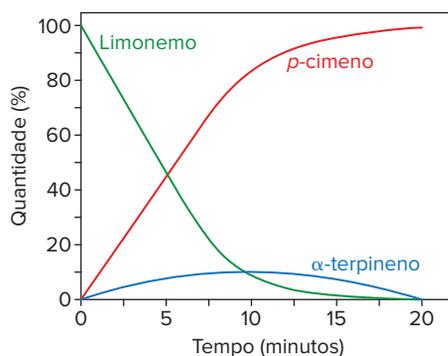
- No estudo a 35 °C a velocidade média de degradação da vitamina C é a mesma nos intervalos de tempo correspondentes aos 30 primeiros dias e aos 30 últimos dias do estudo? Explique, apresentando cálculos das velocidades (em $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$), para esses dois intervalos de tempo.

O número de moléculas com uma determinada energia cinética varia com a temperatura, conforme está ilustrado na figura a seguir. Suponha que a figura se refira à energia das moléculas de vitamina C presentes no suco, cujo processo de degradação está sendo estudado nas temperaturas de 35 °C e de 45 °C. Na figura 1, está representada, também, a energia de ativação desse processo de degradação.

- Identifique, no gráfico da figura 2, qual das curvas representa os dados da variação da concentração de vitamina C com o tempo, a 45 °C. Justifique sua escolha, utilizando a figura 1 para fundamentar sua explicação.



31. **Fuvest-SP 2020** Numa determinada condição experimental e com o catalisador adequado, ocorre uma reação, conforme representada no gráfico, que relaciona porcentagem do composto pelo tempo de reação.



Uma representação adequada para esse processo é:

- a) $\text{limoneno} \rightleftharpoons p\text{-cimeno} \rightarrow \alpha\text{-terpineno}$ d) $\text{limoneno} \xrightarrow[\text{(catalisador)}]{\alpha\text{-terpineno}} p\text{-cimeno}$
 b) $\text{limoneno} \xrightarrow[\text{(catalisador)}]{p\text{-cimeno}} \alpha\text{-terpineno}$ e) $\text{limoneno} \rightarrow \alpha\text{-terpineno} \rightarrow p\text{-cimeno}$
 c) $\text{limoneno} + p\text{-cimeno} \rightleftharpoons \alpha\text{-terpineno}$

32. **Fuvest-SP** Em solução aquosa, iodeto de potássio reage com persulfato de potássio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$). Há formação de iodo e de sulfato de potássio. No estudo cinético desta reação, foram realizadas quatro experiências. Em cada uma delas, foram misturados volumes adequados de soluções-estoque dos dois reagentes, ambas de concentração $4,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$ e, a seguir, foi adicionada água, até que o volume final da solução fosse igual a 1,00 L. Na tabela 1, estão indicadas as concentrações iniciais dos reagentes, logo após a mistura e adição de água (tempo igual a zero).

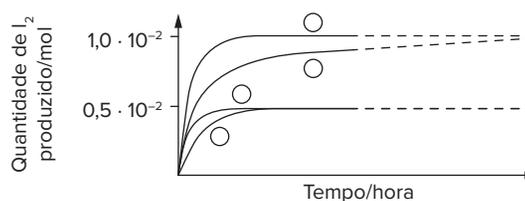
Experiência	Concentrações iniciais em mol/L		Temperatura (°C)
	I^-	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$	
1	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	25
2	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	25
3	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	25
4	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	35

A seguir, está o gráfico correspondente ao estudo cinético citado e, também, a tabela 2 a ser preenchida com os volumes das soluções-estoque e os de água, necessários para preparar as soluções das experiências de 1 a 4.

- a) Escreva a equação química balanceada que representa a reação de oxirredução citada.
 b) Preencha a tabela a seguir.
 c) No gráfico, preencha cada um dos círculos com o número correspondente à experiência realizada. Justifique sua escolha com base em argumentos cinéticos e na quantidade de iodo formado em cada experiência.

► **Dados:** velocidade da reação = $\frac{\text{mols de } \text{I}_2 \text{ produzido}}{\text{tempo}} = k \cdot C(\text{I}^-) \cdot C(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$ = concentrações das respectivas espécies químicas, em mol/L.
 k = constante de velocidade, dependente da temperatura.

Experiência	Volume (mL) de		
	Solução-estoque de iodeto de potássio	Solução-estoque de persulfato de potássio	Água
1			
2			
3			
4			



- 33. IFPE 2019** Existem fatores que alteram a velocidade de uma reação química tornando-as mais rápidas ou lentas. Com o objetivo de estudar esses fatores, um grupo de estudantes preparou os experimentos ilustrados nas figuras abaixo. Em todos os experimentos, uma amostra de ferro foi pendurada sobre um becker contendo solução de ácido clorídrico. A reação $\text{Fe}(s) + 2 \text{HCl}(aq) \rightarrow \text{FeCl}_2(aq) + \text{H}_2(g)$ ocorrerá no momento da imersão da amostra de ferro na solução.



Considerando que os experimentos apresentam massas iguais de ferro e volumes iguais de soluções, analise as figuras e assinale a alternativa que indica a experiência de maior velocidade.

- a) IV b) I c) II d) III e) V

Lei da ação das massas

- 34. UFRGS 2014** O tempo de meia-vida é definido como o tempo necessário para que a concentração inicial de reagente seja reduzida à metade. Uma reação química do tipo $A \rightarrow B$ tem a concentração do reagente A e a velocidade instantânea de decomposição monitoradas ao longo do tempo, resultando na tabela a seguir.

t (min)	[A] (mol L ⁻¹)	v (mol L ⁻¹ min ⁻¹)
0	1,20	0,0832
5	0,85	0,0590
10	0,60	0,0416
15	0,42	0,0294
20	0,30	0,0208

A ordem dessa reação e o tempo de meia-vida do reagente A são, respectivamente,

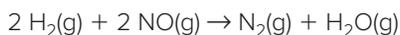
- a) ordem zero, 5 minutos. c) primeira ordem, 10 minutos. e) segunda ordem, 10 minutos.
b) primeira ordem, 5 minutos. d) segunda ordem, 5 minutos.
- 35. UFRGS 2020** A reação do relógio de iodo é bastante comum em feiras de ciências e em demonstrações didáticas. Nela, a ocorrência de várias reações que envolvem iodo e compostos, contendo enxofre em diversos estados de oxidação, leva à formação de uma coloração azul súbita, dependente da concentração dos reagentes. Uma possibilidade de realização dessa reação usa persulfato, tiosulfato e iodeto, e, nesse caso, uma das etapas é a reação entre o íon persulfato ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$) e o íon iodeto (I^-), cuja velocidade de decomposição do persulfato foi determinada e encontra-se na tabela abaixo.

Experimento	Concentrações iniciais (mol L ⁻¹)		Velocidade inicial (mol L ⁻¹ s ⁻¹)
	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$	I^-	
1	0,08	0,16	0,512
2	0,08	0,32	1,024
3	0,32	0,16	2,048
4	0,16	0,40	x

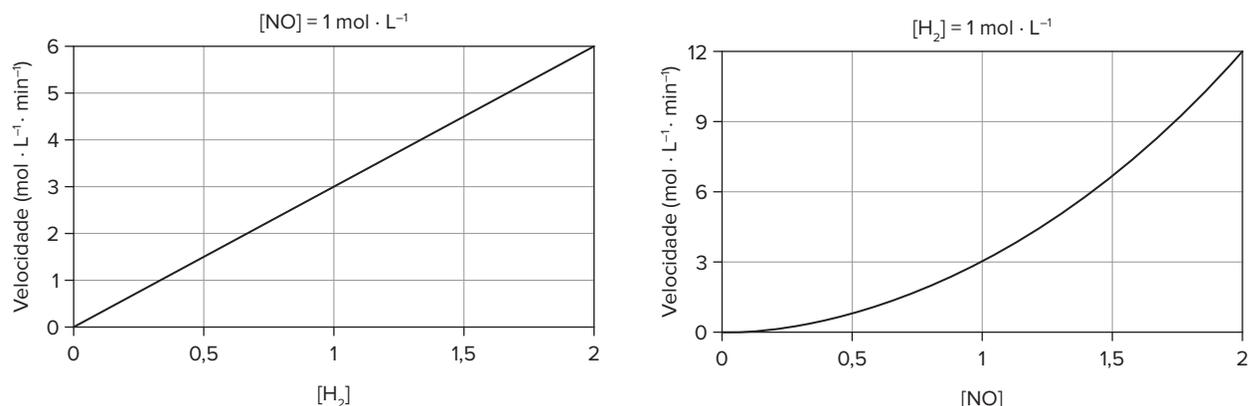
Assinale a alternativa que apresenta a velocidade inicial x do experimento 4, em mol L⁻¹ s⁻¹, tendo em vista as condições expressas acima.

- a) 0,512 c) 2,560 e) 8,120
b) 2,048 d) 6,400

36. Uerj 2014 A reação química entre o gás hidrogênio e o monóxido de nitrogênio, representada a seguir, foi analisada em duas séries de experimentos.



Na primeira série, a velocidade de reação foi medida em função da concentração de hidrogênio, mantendo-se a concentração de monóxido de nitrogênio constante em $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Na segunda série, determinou-se a velocidade em função da concentração de monóxido de nitrogênio, mantendo-se a concentração de hidrogênio constante em $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Os resultados dos experimentos estão apresentados nos gráficos.



Determine a ordem de reação de cada um dos reagentes e calcule o valor da constante cinética.

37. EsPCEX-SP Os dados da tabela a seguir, obtidos experimentalmente em idênticas condições, referem-se à reação:



Experiência	Concentração de A [A] em mol · L ⁻¹	Concentração de B [B] em mol · L ⁻¹	Velocidade v em mol · L ⁻¹ · min ⁻¹
1	2,5	5,0	5,0
2	5,0	5,0	20,0
3	5,0	10,0	20,0

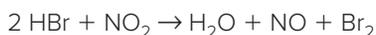
Baseando-se na tabela, são feitas as seguintes afirmações:

- I. A reação é elementar.
- II. A expressão da velocidade da reação é $v = K \cdot [\text{A}]^3 \cdot [\text{B}]^2$.
- III. A expressão da velocidade da reação é $v = K \cdot [\text{A}]^2 \cdot [\text{B}]^0$.
- IV. Dobrando-se a concentração de B, o valor da velocidade da reação não se altera.
- V. A ordem da reação em relação a B é 1 (1ª ordem).

Das afirmações feitas, utilizando os dados apresentados, estão corretas apenas:

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

38. Uerj 2016 Considere a equação química global entre os compostos HBr e NO₂:



Para desenvolver um estudo cinético, foram propostos os mecanismos de reação I e II, descritos na tabela, ambos contendo duas etapas.

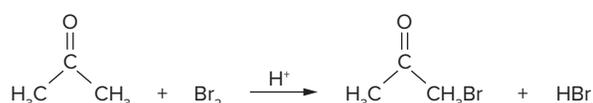
Etapa	Mecanismo	
	I	II
lenta	$\text{HBr} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{HBrO} + \text{NO}$	$2 \text{HBr} \rightarrow \text{H}_2 + \text{Br}_2$
rápida	$\text{HBr} + \text{HBrO} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2$	$\text{H}_2 + \text{NO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NO}$

Realizou-se, então, um experimento no qual foi medida a velocidade da reação em função da concentração inicial dos reagentes, mantendo-se constante a temperatura. Observe os resultados obtidos:

Concentração inicial (mol · L ⁻¹)		Velocidade (mol · L ⁻¹ · min ⁻¹)
HBr	NO ₂	
0,01	0,01	0,05
0,02	0,01	0,10
0,01	0,02	0,10

Determine a ordem global da reação. Em seguida, indique qual dos dois mecanismos propostos representa essa reação global, justificando sua resposta.

- 39. Fuvest-SP** Ao misturar acetona com bromo, na presença de ácido, ocorre a transformação representada pela equação química



Dentre as substâncias presentes nessa mistura, apenas o bromo possui cor e, quando este reagente for totalmente consumido, a solução ficará incolor. Assim sendo, a velocidade da reação pode ser determinada medindo-se o tempo decorrido até o desaparecimento da cor, após misturar volumes definidos de soluções aquosas de acetona, ácido e bromo, de concentrações iniciais conhecidas. Os resultados de alguns desses experimentos estão na tabela apresentada a seguir.

- a) Considerando que a velocidade da reação é dada por $\frac{\text{concentração inicial de Br}_2}{\text{tempo para desaparecimento da cor}}$, complete a tabela.

Experimento	Concentração inicial de acetona (mol · L ⁻¹)	Concentração inicial de H ⁺ (mol · L ⁻¹)	Concentração inicial de Br ₂ (mol · L ⁻¹)	Tempo decorrido até o desaparecimento da cor (s)	Velocidade da reação (mol · L ⁻¹ · s ⁻¹)
1	0,8	0,2	6,6 · 10 ⁻³	132	
2	1,6	0,2	6,6 · 10 ⁻³	66	
3	0,8	0,4	6,6 · 10 ⁻³	66	
4	0,8	0,2	3,3 · 10 ⁻³	66	

- b) A velocidade da reação é independente da concentração de uma das substâncias presentes na mistura. Qual é essa substância? Justifique sua resposta.

- 40. UFJF-MG 2015** Alguns óxidos gasosos de nitrogênio e carbono são poluentes atmosféricos. A reação de NO₂ com monóxido de carbono gera NO e dióxido de carbono. Em um estudo cinético dessa reação, foram obtidos os seguintes dados para a velocidade da reação química em função das concentrações iniciais dos reagentes:

[NO ₂] (mol L ⁻¹)	[CO] (mol L ⁻¹)	Velocidade de reação (mol · L ⁻¹ · s ⁻¹)	Temperatura (K)
0,002	0,002	1,0 · 10 ⁻⁵	350
0,004	0,002	4,0 · 10 ⁻⁵	350
0,004	0,004	4,0 · 10 ⁻⁵	350
0,004	0,004	6,0 · 10 ⁻⁵	?

- a) Escreva a equação química balanceada que representa essa reação.
 b) Qual é a lei de velocidade para essa reação química?
 c) Qual é o valor da constante de velocidade dessa reação a 350 K? Apresente os cálculos.
 d) A temperatura da reação na última linha da tabela é maior, menor ou igual às outras três temperaturas de reação? Justifique sua resposta.

41. ITA-SP 2016 Uma reação hipotética de decomposição de uma substância gasosa catalisada em superfície metálica tem lei de velocidade de ordem zero, com uma constante de velocidade (k) igual a $10^{-3} \text{ atm} \cdot \text{s}^{-1}$. Sabendo que a pressão inicial do reagente é igual a 0,6 atm, assinale a opção que apresenta o tempo necessário, em segundos, para que um terço do reagente se decomponha.

- a) 0,0001 c) 400 e) 693
b) 200 d) 600

42. IME-RJ 2015 Estudos cinéticos demonstram que a reação $4A + B + C \rightarrow 2D + 2E$ ocorre em três etapas, segundo o mecanismo a seguir.

Etapa 1: $A + B + C \rightarrow 2F$ (lenta);

Etapa 2: $2F + A \rightarrow 2G$ (rápida);

Etapa 3: $G + A \rightarrow D + E$ (rápida)

Os dados cinéticos de quatro experimentos conduzidos à mesma temperatura são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados cinéticos da reação em estudo

Experimento	Velocidade inicial ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)	Concentração inicial das espécies químicas ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)				
		A	B	C	F	G
1	90	9	3	3	2	2
2	60	9	2	3	2	1
3	120	9	3	4	1	1
4	30	3	3	3	0,5	0,5

Determine:

- a) a equação da velocidade da reação;
b) a ordem global da reação;
c) o valor da constante de velocidade.

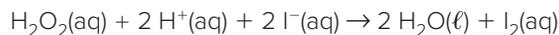
43. ITA-SP 2014 Velocidades iniciais (v_i) de decomposição de peróxido de hidrogênio foram determinadas em três experimentos (A, B e C), conduzidos na presença de $\text{I}^-(\text{aq})$ sob as mesmas condições, mas com diferentes concentrações iniciais de peróxido ($[\text{H}_2\text{O}_2]_i$), de acordo com os dados a seguir:

Experimento	$[\text{H}_2\text{O}_2]_i$ ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	v_i ($10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)
A	0,750	2,745
B	0,500	1,830
C	0,250	0,915

Com base nestes dados, para a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio:

- a) escreva a equação estequiométrica que representa a reação.
b) indique a ordem desta reação.
c) escreva a lei de velocidade da reação.
d) determine o valor numérico da constante de velocidade, k.
e) indique a função do $\text{I}^-(\text{aq})$ na reação.

44. UEPG-PR Uma maneira de se detectar a presença de iodetos em águas salinas é a partir da reação com o peróxido de hidrogênio, conforme equação a seguir:



Utilizando-se essa reação foram realizados experimentos medindo-se o tempo decorrido para a formação de uma mesma concentração de I_2 , variando-se as concentrações iniciais de reagentes, conforme o quadro a seguir:

Experimento	Concentrações iniciais (mol/L)			Tempo da reação (s)
	H_2O_2	I^-	H^+	
I	0,50	0,50	0,50	112
II	0,34	0,50	0,50	174
III	0,50	0,50	0,34	112
IV	0,50	0,34	0,50	170

Com relação aos dados e no que se refere à velocidade da reação, assinale o que for correto.

- 01** É independente da concentração dos íons H^+ .
02 Depende apenas da concentração dos íons H^+ .
04 Independe da concentração dos reagentes.
08 Depende apenas da concentração de H_2O_2 .
16 Depende das concentrações de H_2O_2 e de I^- .

Soma:

45. PUC-Rio 2022 Considere a reação abaixo.



A lei cinética é de primeira ordem em relação ao clorometano e também de primeira ordem em relação ao cianeto de sódio. Quadruplicando-se a concentração do clorometano e, simultaneamente, reduzindo-se à metade a concentração de cianeto de sódio, a velocidade da reação

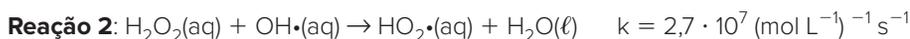
- a) permanecerá constante.
b) quadruplicará.
c) será reduzida à metade.
d) duplicará.

46. UEL-PR 2019 A crescente contaminação ambiental pelas indústrias tem sido combatida com o desenvolvimento de novas técnicas de tratamento de efluentes tóxicos. O processo Fenton, conforme reação 1 a seguir, é um dos procedimentos utilizados no tratamento de efluentes orgânicos.



Na reação 1, há a formação de $\text{OH}\cdot$ (radical hidroxila) com potencial oxidante superior ao H_2O_2 . Assim, a eficiência deste processo se dá pela produção de $\text{OH}\cdot$, capaz de oxidar uma ampla variedade de compostos orgânicos gerando CO_2 , H_2O e íons inorgânicos

provenientes de heteroátomos. Além da reação 1, é possível ocorrer a reação 2, em que há a formação de $\text{HO}_2\cdot$, que, por sua vez, é um oxidante menos reativo que o $\text{OH}\cdot$, diminuindo assim a eficiência do processo Fenton.



Considerando as reações químicas envolvidas e os fatores que podem influenciar na eficiência do processo e com base nos conhecimentos sobre equilíbrio químico, cinética química e eletroquímica, assinale a alternativa correta.

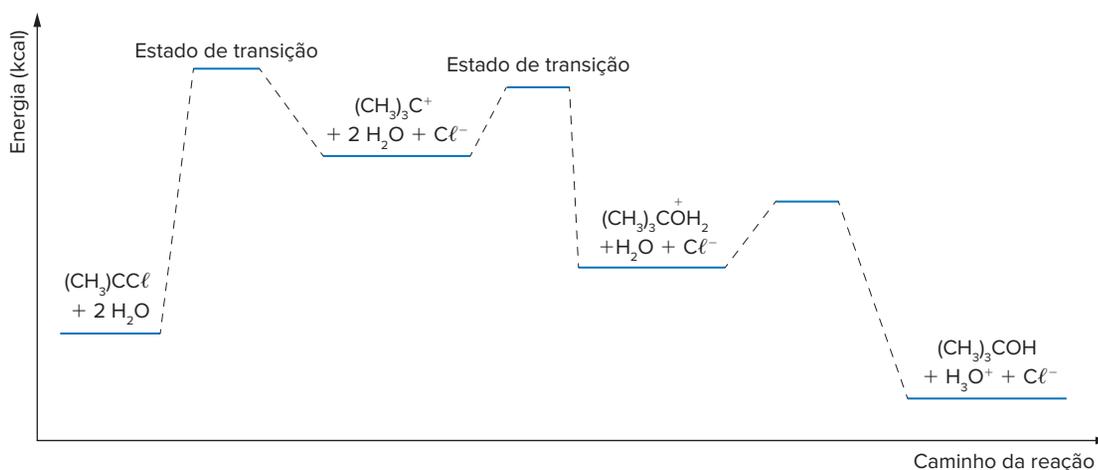
- Na Reação 1, Fe^{2+} é o agente oxidante e H_2O_2 é o agente redutor.
- A eficiência do processo Fenton é maior em meio básico (alcalino).
- O excesso de H_2O_2 em relação a Fe^{2+} diminui a eficiência do processo Fenton.
- Sendo a Reação 1 de segunda ordem, e a concentração de Fe^{2+} e de H_2O_2 iguais a $2,0 \text{ mol L}^{-1}$, a velocidade será de $504 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$.
- A molecularidade de cada uma das equações químicas, reações 1 e 2, é 4.

47. UEPG-PR 2019 Considerando-se a avaliação da velocidade de uma reação química, assinale o que for correto.

- A lei de velocidade de uma reação química pode ser determinada pela análise da equação que representa a reação química.
- A presença de um catalisador promove o aumento da velocidade da reação química por meio da diminuição da Energia de Ativação da reação.
- A presença de um catalisador promove o aumento da velocidade da reação química por meio do aumento da Energia de Ativação da Reação.
- Dentre os fatores que alteram a velocidade de uma reação química pode-se citar: a concentração dos reagentes, a pressão, a temperatura e a presença de um catalisador.
- A presença de um catalisador promove o aumento da velocidade da reação química por meio da diminuição da Energia de Colisão entre os reagentes.

Soma:

48. Famema-SP 2022 O t-butanol (metil-propan-2-ol) pode ser obtido a partir do cloreto de t-butila (2-cloro-metil-propano) em condições reacionais apropriadas. O diagrama a seguir apresenta as etapas dessa transformação.



- Escreva a etapa lenta da reação.
- O diagrama representa um processo que ocorre em quantas etapas? Justifique sua resposta.
- Classifique a transformação representada pelo diagrama de acordo com a energia envolvida. Justifique sua resposta.

49. Udesc 2019 A cinética química é a área da Físico-Química que estuda a velocidade das reações químicas. O estudo cinético de uma reação pode ser dividido em duas categorias: (1) a determinação experimental da velocidade de uma reação e sua dependência com os parâmetros que a influenciam, e (2) a descrição do mecanismo de reação pelo qual se descrevem todas as etapas para a formação do produto. Cinética química também inclui investigações de como diferentes condições experimentais podem influir na velocidade de uma reação química e informações de rendimento sobre o mecanismo de reação e estados de transição, assim como a construção de modelos matemáticos que possam descrever as características de uma reação química.

Na reação de dissociação térmica do iodeto de hidrogênio gasoso, a velocidade de reação é proporcional ao quadrado da concentração molar do iodeto de hidrogênio gasoso. Ao triplicar-se a concentração do HI a velocidade da reação:

- diminuirá 3 vezes.
- aumentará 6 vezes.
- diminuirá 6 vezes.
- diminuirá 9 vezes.
- aumentará 9 vezes.

50. ITA-SP Considere que a reação hipotética representada pela equação química $X + Y \rightarrow Z$ ocorra em três condições diferentes (a, b e c), na mesma temperatura, pressão e composição total (número de moléculas de $X + Y$), a saber:

- a – O número de moléculas de X é igual ao número de moléculas de Y.
- b – O número de moléculas de X é 1/3 do número de moléculas de Y.
- c – O número de moléculas de Y é 1/3 do número de moléculas de X.

Baseando nestas informações, considere que sejam feitas as seguintes afirmações:

- I. Se a lei de velocidade da reação for $v = k[X] \cdot [Y]^2$, então $v_C < v_A < v_B$.
- II. Se a lei de velocidade da reação for $v = k[X] \cdot [Y]$, então $v_B = v_C < v_A$.
- III. Se a lei de velocidade da reação for $v = k[X]$, então $t_{1/2(c)} > t_{1/2(b)} > t_{1/2(a)}$, em que $t_{1/2}$ = tempo de meia-vida.

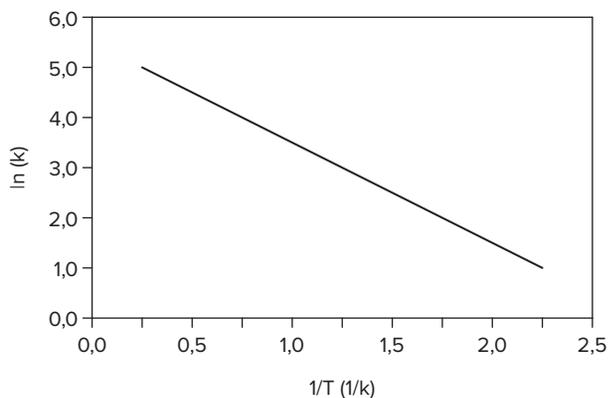
Dessas afirmações, está(ão) correta(s) apenas

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

Equação de Arrhenius

51. ITA-SP Qual foi a contribuição de Arrhenius para o entendimento da cinética das reações químicas?

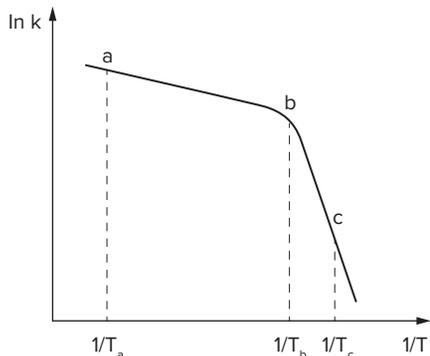
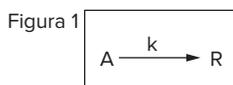
52. ITA-SP A equação de Arrhenius $k = Ae^x$, sendo o expoente $x = E_a/RT$, mostra a relação de dependência da constante de velocidade (k) de uma reação química com a temperatura (T), em Kelvin (K), a constante universal dos gases (R), o fator pré-exponencial (A) e a energia de ativação (E_a). A curva a seguir mostra a variação da constante de velocidade com o inverso da temperatura absoluta, para uma dada reação química que obedece à equação anterior. A partir da análise deste gráfico, assinale a opção que apresenta o valor da razão E_a/R para essa reação.



- a) 0,42
- b) 0,50
- c) 2,0
- d) 2,4
- e) 5,5

53. ITA-SP A figura adiante mostra como o valor do logaritmo da constante de velocidade (k) da reação representada pela equação química na figura 1 varia com o recíproco da temperatura.

Considere que, em relação às informações mostradas na figura, sejam feitas as afirmações seguintes:



- I. O trecho a – b da curva mostra a variação de $\ln k$ da reação direta ($A \rightarrow R$) com o recíproco da temperatura, enquanto o trecho b – c mostra como varia $\ln k$ da reação inversa ($R \rightarrow A$) com o recíproco da temperatura.
- II. Para temperaturas menores que T_b , o mecanismo controlador da reação em questão é diferente daquele para temperaturas maiores que T_b .
- III. A energia de ativação da reação no trecho a – b é menor que a no trecho b – c.
- IV. A energia de ativação da reação direta ($A \rightarrow R$) é menor que a da reação inversa ($R \rightarrow A$).

Das afirmações acima, está(ão) correta(s)

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

- 54. IME-RJ 2016** A reação de Sabatier-Sanderens consiste na hidrogenação catalítica de alcenos ou de alcinos com níquel, para a obtenção de alcanos. Considerando a reação de hidrogenação do acetileno, um engenheiro químico obteve os seguintes resultados:

Tempo (min)	[Acetileno], mol/L	[Hidrogênio], mol/L	[Etano], mol/L
0	50	60	0
4	38	36	12
6	35	30	15
10	30	20	20

A partir dessas informações, determine:

- a) a velocidade média da reação no período de 4 (quatro) a 6 (seis) minutos;
- b) a relação entre a velocidade média de consumo do acetileno e a velocidade média de consumo do hidrogênio;
- c) o efeito do aumento da temperatura de reação na constante de velocidade, considerando a equação de Arrhenius.

- 55. ITA-SP 2016** A respeito de reações químicas descritas pela equação de Arrhenius, são feitas as seguintes proposições:

- I. Para reações bimoleculares, o fator pré-exponencial na equação de Arrhenius é proporcional à frequência de colisões, efetivas ou não, entre as moléculas dos reagentes.
- II. O fator exponencial na equação de Arrhenius é proporcional ao número de moléculas cuja energia cinética relativa é maior ou igual à energia de ativação da reação.
- III. Multiplicando-se o negativo da constante dos gases ($-R$) pelo coeficiente angular da reta $\ln k$ versus $1/T$ obtém-se o valor da energia de ativação da reação.
- IV. O fator pré-exponencial da equação de Arrhenius é determinado pela intersecção da reta $\ln k$ versus $1/T$ com o eixo das abscissas.

Das proposições acima, está(ão) ERRADA(S)

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

- 56. ITA-SP 2017** A reação química genérica $X \rightarrow Y$ tem lei de velocidade de primeira ordem em relação ao reagente X. À medida que a reação ocorre a uma temperatura constante, é ERRADO afirmar que

- a) a constante de velocidade da reação não se altera.
- b) o tempo de meia-vida do reagente X permanece constante.
- c) a energia de ativação da reação não se altera.
- d) a velocidade da reação permanece constante.
- e) a ordem de reação não se altera.

57. **IME-RJ 2017** Um primeiro estudo da cinética da reação $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ foi feito a 250 K, fornecendo os dados da tabela a seguir:

$[\text{SO}_2]$, mol/L	$[\text{O}_3]$, mol/L	Taxa, mol/(L · s)
0,25	0,40	0,118
0,25	0,20	0,118
0,75	0,20	1,062

Um segundo estudo foi então realizado a 400 K, fornecendo:

$[\text{SO}_2]$, mol/L	$[\text{O}_3]$, mol/L	Taxa, mol/(L · s)
0,50	0,30	1,425

Com base nesses dados, estime a energia de ativação da referida reação.

BNCC em foco

EM13CNT303

1. Embora pareça cena de novela ou de um filme de ficção científica, o congelamento de cadáveres é uma prática que vem ganhando adeptos. Nos Estados Unidos, por exemplo, há laboratórios de criogenia que se dedicam ao congelamento de corpos e apenas de parte deles. A criogenia já é amplamente utilizada para o congelamento de embriões humanos e órgãos, mas a criopreservação de humanos ainda é um tema bastante polêmico.

A criogenia tem como princípio a _____. Sabe-se que o metabolismo é um conjunto de reações químicas que decompõem algumas moléculas e formam outras, e que o próprio metabolismo pode gerar substâncias que causam o envelhecimento. Nesse contexto, _____ da temperatura afeta diretamente _____ de reação. Assinale a alternativa que apresenta os termos corretos de acordo com o texto.

- a) Termoquímica; a diminuição; a entalpia.
- b) Cinética Química; o aumento; o produto.
- c) Físico-Química; o aumento; a estequiometria.
- d) Cinética Química; a diminuição; a velocidade.
- e) Termoquímica; a diminuição; o produto.

EM13CNT301

2. Apresentações artísticas envolvendo pirotecnia são comuns em espetáculos e sempre surpreendem o público. Um número bastante comum é o sopro de fogo, apresentação na qual o artista cria uma chama de fogo que parece sair de sua boca e faz o público ter a impressão de que ele está cuspidando fogo.

Em uma das possibilidades para que se realize essa apresentação, o artista coloca em sua boca amido de milho e depois assopra com força contra uma tocha acesa. Isso permite a formação de uma chama de curta duração. Usando seus conhecimentos de Cinética Química, responda por que é possível essa performance artística.

EM13CNT305

3. Células a combustível são reatores eletroquímicos nos quais ocorrem reações químicas que liberam energia elétrica. A célula a combustível mais comum utiliza H_2 e O_2 , produzindo H_2O como resíduo principal. Um dos entraves para a utilização dessa fonte energética em larga escala é o perigo de explosão de tanques contendo H_2 , que é um gás altamente inflamável. Para minimizar esse risco, uma possibilidade é utilizar uma solução alcoólica para fornecer H_2 e uma solução aquosa saturada de O_2 , diminuindo o contato entre os dois reagentes da reação. Entretanto, isso leva à formação de novos produtos de reação, como CO_2 e CO .

O catalisador principal do sistema é uma chapa de platina, porém a presença de CO no sistema diminui a eficiência do catalisador. Pode-se dizer que o CO age no sistema como um

- a) comburente
- b) inibidor
- c) combustível
- d) veneno
- e) promotor

Equipamentos industriais utilizados para a produção de amônia.

saorise2013/Shutterstock.com

FRENTE 3

CAPÍTULO

5

Equilíbrios químicos I

O desenvolvimento da síntese da amônia em larga escala foi uma descoberta que provocou profundas mudanças no século XX. A reação química de formação da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio é reversível, e esse processo industrial pode ser otimizado a partir dos conhecimentos sobre equilíbrios químicos.

Reações reversíveis

Os fenômenos químicos podem ser reversíveis. Assim como existe a possibilidade de choques efetivos entre as partículas dos reagentes, nada impede que ocorram choques efetivos entre as partículas dos produtos. A consequência disso é a ocorrência simultânea dos fenômenos direto e inverso. Não que eles aconteçam com as mesmas energias de ativação nem com as mesmas velocidades, mas a tendência natural é que as velocidades desses dois fenômenos se igualem a partir de certo momento. Em alguns casos, o caminho pelo qual os produtos se transformam em reagentes não é necessariamente o mesmo da reação direta. Como exemplo, podemos citar a queima e a formação da glicose, uma vez que a queima da glicose não ocorre pelo mesmo caminho de seu fenômeno inverso, que é a fotossíntese. Em situações como essa, os fenômenos direto e inverso não ocorrem sequer no mesmo meio reacional, o que impossibilita o sistema de entrar em equilíbrio.

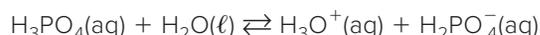
Trataremos, neste capítulo, de sistemas reacionais em que os fenômenos direto e inverso ocorrem no mesmo meio reacional. Para tanto, esse meio deve ser um sistema fechado, ou seja, que não troca matéria com suas vizinhanças. A condição de sistema fechado deve ser satisfeita para que as substâncias não escapem para o meio externo, o que impossibilitaria a ocorrência dos choques efetivos que permitiriam a ocorrência do fenômeno inverso. Veja o exemplo a seguir:



Caso o fenômeno representado pela equação anterior ocorra em recipiente aberto, o CO_2 produzido, por ser gasoso, escapa para o meio externo, não havendo mais a possibilidade de choque de suas moléculas com o composto CaO , fato que impede a ocorrência da reação inversa. Entretanto, se o mesmo fenômeno ocorre em recipiente fechado, o CO_2 produzido continua no meio reacional; assim, há a possibilidade de ocorrência de choques efetivos com o CaO e, conseqüentemente, a do fenômeno inverso.

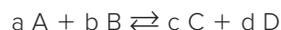
Para que um fenômeno químico seja reversível, é preciso que o sistema seja fechado, isto é, não troque matéria com o meio externo.

É preciso que não se confunda recipiente fechado com sistema fechado. É perfeitamente possível que um sistema fechado esteja em um recipiente aberto. Por exemplo, ácido fosfórico adicionado à água em um béquer é um sistema fechado em um recipiente aberto. Nesse caso, ocorrem os fenômenos direto e inverso mostrados na equação a seguir:



Apesar de o béquer ser um recipiente aberto, as espécies H_3PO_4 , H_3O^+ e H_2PO_4^- não saem do meio aquoso. Dessa forma, se o sistema é o meio aquoso, não há troca de matéria com o meio externo. Portanto, o sistema é fechado.

Feitas essas considerações iniciais, vamos supor uma reação genérica, em sistema fechado, dada pela equação:



As setas apontando para ambas as direções (\rightarrow ou \leftarrow) indicam que o fenômeno ocorre nos dois sentidos, sendo, portanto, reversível. As letras minúsculas a , b , c e d representam os coeficientes estequiométricos, enquanto as letras A , B , C e D representam as substâncias químicas que participam do fenômeno. O fenômeno representado por (\rightarrow) é chamado de reação direta, que será indicada pelo índice 1, enquanto o fenômeno representado por (\leftarrow) é chamado de reação inversa, que será indicada pelo índice 2.

Portanto, supondo que as reações direta e inversa sejam elementares, teremos, pela lei da ação das massas:

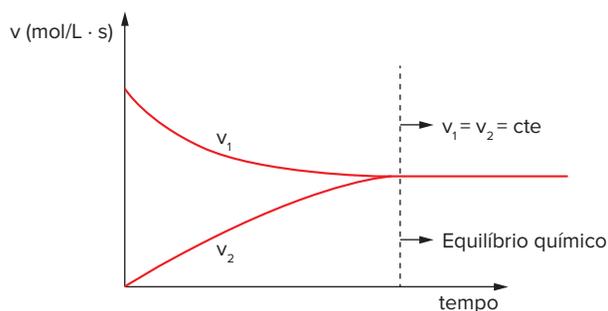
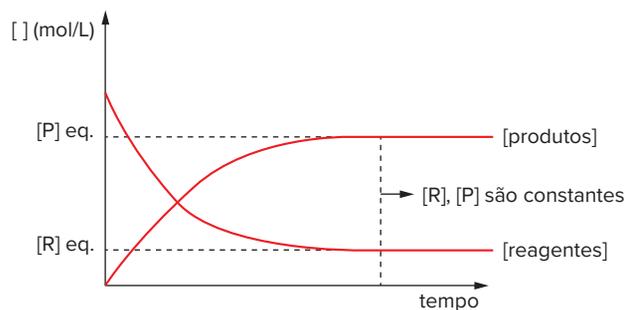
$$v_1 = k_1 \cdot [\text{A}]^a \cdot [\text{B}]^b$$

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

No início do fenômeno, a não ser que se diga explicitamente o contrário, temos apenas os reagentes representados por A e B . Assim, no instante inicial, $[\text{A}]$ e $[\text{B}]$ são máximas, enquanto $[\text{C}]$ e $[\text{D}]$ são nulas. Com isso, segundo as equações apresentadas, v_1 é máxima, e v_2 é nula.

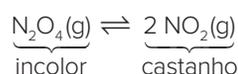
Com o passar do tempo, as substâncias A e B vão se transformando, gradativamente, em C e D . Assim, $[\text{A}]$ e $[\text{B}]$ vão diminuindo devido ao consumo dos reagentes, enquanto $[\text{C}]$ e $[\text{D}]$ vão aumentando devido à formação dos produtos. Pela lei da ação das massas, v_1 vai gradativamente diminuindo, e v_2 , aumentando. Mas, enquanto v_1 for maior do que v_2 , a velocidade resultante ocorre no sentido direto, consumindo mais A e B e produzindo mais C e D . Conseqüentemente, enquanto v_1 for maior do que v_2 , a velocidade v_1 só diminuirá, enquanto v_2 só aumentará. Inevitavelmente, haverá um momento em que v_1 e v_2 serão iguais e, nele, a velocidade resultante do processo será nula. Na mesma velocidade em que as substâncias são consumidas e produzidas pelo processo 1, elas serão, respectivamente, produzidas e consumidas pelo processo 2, com as mesmas velocidades. Assim, $[\text{A}]$, $[\text{B}]$, $[\text{C}]$ e $[\text{D}]$ permanecerão constantes, e, segundo a lei de Guldberg-Waage, v_1 e v_2 também não serão mais alteradas. Nesse instante, temos a impressão macroscópica de que o fenômeno parou de ocorrer. A partir de então, o sistema está em **equilíbrio químico** e passa a ser descrito na equação química por (\rightleftharpoons).

Ao contrário do que nossos sentidos acusam, o equilíbrio químico não é estático, mas, sim, dinâmico, porque os fenômenos direto e inverso não param de acontecer, apenas passam a ocorrer com as mesmas velocidades. Se aos nossos olhos a reação parou de acontecer, microscopicamente seria possível observar os fenômenos direto e inverso ocorrendo de forma simultânea, anulando-se. Veja o que ocorre nos gráficos a seguir.



Gráficos de concentração e velocidade no tempo.

O ponto final de equilíbrio não se altera, desde que a temperatura não se altere e as condições iniciais sejam estequiometricamente equivalentes. Observe o exemplo:



A coloração de um sistema contendo os gases N_2O_4 e NO_2 depende da concentração de $\text{NO}_2(\text{g})$. Quando se parte de um sistema com concentração molar inicial de $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ de 0,1 mol/L a 25 °C, obtém-se um sistema com a mesma coloração de outro sistema em que se parte de $\text{NO}_2(\text{g})$ de 0,2 mol/L a 25 °C. Isso ocorre porque a temperatura é a mesma e as concentrações iniciais são estequiometricamente equivalentes. Nesse caso, se observássemos ambos os sistemas depois que atingiram a situação de equilíbrio, seria impossível identificar a condição de partida de cada um deles.

Grau de equilíbrio (α)

Para que um sistema reacional entre em equilíbrio, é necessário que determinada porcentagem de reagente se converta em produto. Essa porcentagem varia segundo a reação, sua condição inicial e a temperatura em que a reação ocorre.

Grau de equilíbrio (α) é a porcentagem de reagente limitante que efetivamente se converte em produto para que o sistema entre em equilíbrio.

Com essa definição, é possível elaborarmos uma tabela muito importante, em que podemos observar a condição inicial, o que reage e a condição final de equilíbrio. Para tanto, observe os exercícios a seguir.

Exercícios resolvidos

1. Complete a tabela a seguir, dada em mol/L:

($\alpha = 40\%$)	$\text{PCl}_5(\text{g})$	\rightleftharpoons	$\text{PCl}_3(\text{g})$	+	$\text{Cl}_2(\text{g})$
Início	0,2				
Reagiu					
Equilíbrio					

Resolução:

No início da reação, não há produtos, a menos que se diga explicitamente o contrário. Portanto:

($\alpha = 40\%$)	$\text{PCl}_5(\text{g})$	\rightleftharpoons	$\text{PCl}_3(\text{g})$	+	$\text{Cl}_2(\text{g})$
Início	0,2		0		0
Reagiu					
Equilíbrio					

Para que o sistema atinja o equilíbrio, deve-se reagir, efetivamente, 40% de 0,2 mol/L de $\text{PCl}_5(\text{g})$, o que equivale a perder 0,08 mol/L de $\text{PCl}_5(\text{g})$. Na linha da reação, o restante das substâncias deve seguir a mesma proporção dada pelos coeficientes estequiométricos, lembrando que os reagentes são consumidos e os produtos são formados. Logo:

($\alpha = 40\%$)	$\text{PCl}_5(\text{g})$	\rightleftharpoons	$\text{PCl}_3(\text{g})$	+	$\text{Cl}_2(\text{g})$
Início	0,2		0		0
Reagiu	-0,08		+0,08		+0,08
Equilíbrio					

A linha do equilíbrio é obtida por meio da soma da linha de início com a linha da reação:

($\alpha = 40\%$)	$\text{PCl}_5(\text{g})$	\rightleftharpoons	$\text{PCl}_3(\text{g})$	+	$\text{Cl}_2(\text{g})$
Início	0,2		0		0
Reagiu	-0,08		+0,08		+0,08
Equilíbrio	0,12		0,08		0,08

2. Complete a tabela a seguir, dada em mol/L.

($\alpha = 60\%$)	$\text{N}_2(\text{g})$	+	$\text{O}_2(\text{g})$	\rightleftharpoons	$2 \text{NO}(\text{g})$
Início	0,3		0,2		
Reagiu					
Equilíbrio					

Resolução:

No início da reação, não há produtos, a menos que se diga explicitamente o contrário. Portanto:

($\alpha = 60\%$)	$N_2(g)$	+	$O_2(g)$	\rightleftharpoons	$2 NO(g)$
Início	0,3		0,2		0
Reagiu					
Equilíbrio					

Para que o sistema atinja o equilíbrio, deve-se reagir, efetivamente, 60% de 0,2 mol/L de $O_2(g)$, o que equivale a perder 0,12 mol/L desse reagente. A porcentagem deve ser aplicada ao reagente limitante, que, nesse caso, é o gás oxigênio, já que ele seria totalmente consumido se a reação tivesse rendimento de 100%. Na linha da reação, o restante das substâncias deve seguir a mesma proporção dada pelos coeficientes estequiométricos. Logo:

($\alpha = 60\%$)	$N_2(g)$	+	$O_2(g)$	\rightleftharpoons	$2 NO(g)$
Início	0,3		0,2		0
Reagiu	-0,12		-0,12		+0,24
Equilíbrio					

A linha do equilíbrio é obtida por meio da soma da linha de início com a linha da reação:

($\alpha = 60\%$)	$N_2(g)$	+	$O_2(g)$	\rightleftharpoons	$2 NO(g)$
Início	0,3		0,2		0
Reagiu	-0,12		-0,12		+0,24
Equilíbrio	0,18		0,08		0,24

3. Complete a tabela a seguir, dada em mol/L:

($\alpha = 50\%$)	$N_2(g)$	+	$3 H_2(g)$	\rightleftharpoons	$2 NH_3(g)$
Início	0,3		0,6		
Reagiu					
Equilíbrio					

Resolução:

No início da reação, não há produtos, a menos que se diga explicitamente o contrário. Portanto:

($\alpha = 50\%$)	$N_2(g)$	+	$3 H_2(g)$	\rightleftharpoons	$2 NH_3(g)$
Início	0,3		0,6		0
Reagiu					
Equilíbrio					

Para que o sistema atinja o equilíbrio, deve-se reagir, efetivamente, 50% de 0,6 mol/L de $H_2(g)$, o que equivale a perder 0,3 mol/L de $H_2(g)$. A porcentagem deve ser aplicada ao reagente limitante, que, nesse caso, é o gás hidrogênio, já que ele seria totalmente consumido se a reação tivesse rendimento de 100%. Na linha

da reação, o restante das substâncias deve seguir a mesma proporção dada pelos coeficientes estequiométricos. Logo:

($\alpha = 50\%$)	$N_2(g)$	+	$3 H_2(g)$	\rightleftharpoons	$2 NH_3(g)$
Início	0,3		0,6		0
Reagiu	-0,10		-0,30		+0,20
Equilíbrio					

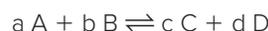
A linha do equilíbrio é obtida por meio da soma da linha de início com a linha da reação:

($\alpha = 50\%$)	$N_2(g)$	+	$3 H_2(g)$	\rightleftharpoons	$2 NH_3(g)$
Início	0,3		0,6		0
Reagiu	-0,10		-0,30		+0,20
Equilíbrio	0,20		0,30		0,20

Constantes de equilíbrio

Constante de equilíbrio em termos de concentrações: (K_C)

Quando o equilíbrio químico é atingido, sabemos que a velocidade da reação direta é igual à velocidade da reação inversa. Portanto, para o fenômeno genérico descrito pela equação:



Pela lei da ação das massas, como foi visto anteriormente, no equilíbrio teremos:

$$v_1 = v_2 \Rightarrow k_1 \cdot [A]^a \cdot [B]^b = k_2 \cdot [C]^c \cdot [D]^d \therefore \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Como k_1 e k_2 são valores constantes, a razão $\frac{k_1}{k_2}$ também é um valor constante, chamado de **constante de equilíbrio**. Nesse caso, como a expressão está em função das concentrações das substâncias, ela é chamada de constante de equilíbrio em termos de concentrações e representada por K_C . De fato:

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

Constante de equilíbrio em termos de pressões parciais: (K_P)

Assim como a lei da ação das massas pode expressar a velocidade em termos das concentrações dos reagentes, ela também pode ser expressa pela pressão parcial dos reagentes, já que entre concentração molar e pressão parcial existe uma relação que pode ser deduzida por meio da equação de Clapeyron:

$$P_x \cdot V = n_x \cdot R \cdot T \Rightarrow P_x = \frac{n_x}{V} \cdot R \cdot T \therefore P_x = [X] \cdot R \cdot T$$

A constante de equilíbrio em termos de pressões parciais é dada por:

$$K_p = \frac{(P_C)^c \cdot (P_D)^d}{(P_A)^a \cdot (P_B)^b}$$

Entre as constantes K_C e K_p , existe uma relação que pode ser deduzida como mostrado a seguir.

$$K_p = \frac{(P_C)^c \cdot (P_D)^d}{(P_A)^a \cdot (P_B)^b} \Rightarrow K_p = \frac{([C] \cdot R \cdot T)^c \cdot ([D] \cdot R \cdot T)^d}{([A] \cdot R \cdot T)^a \cdot ([B] \cdot R \cdot T)^b} \Rightarrow$$

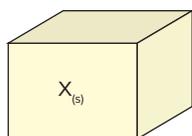
$$\Rightarrow K_p = \left(\frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \right) (RT)^{(c+d) - (a+b)} \therefore K_p = K_C (RT)^{\Delta n}$$

Para o caso particular em que $\Delta n = 0$, temos $K_p = K_C$.

Generalidades das constantes de equilíbrio

Apesar de termos estudado apenas duas constantes de equilíbrio até aqui, existem, na realidade, oito constantes de equilíbrio; a saber: K_C , K_p , K_a , K_b , K_i , K_w , K_h e K_{ps} . Todas elas apresentam características comuns, gerais a todas essas constantes. Essas propriedades são:

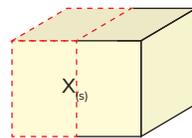
- **Para a constante K_p , as pressões devem ser dadas em atm (condição padrão antiga) ou bar (condição padrão atual).** Para substâncias gasosas, as atividades químicas são aproximadamente as pressões parciais dessas substâncias, desde que dadas em atm/bar. Entretanto, algumas questões de vestibular explicitam, erroneamente, que o valor de K_p dado é para pressões em mmHg. Se não houver nenhuma informação sobre a unidade de pressão, é porque ela é atm/bar.
- **As constantes de equilíbrio são adimensionais.** Observando as expressões das constantes de equilíbrio, podemos ter a impressão de que as constantes têm dimensões $(\text{mol/L})^{\Delta n}$, $(\text{atm})^{\Delta n}$ ou ainda $(\text{bar})^{\Delta n}$. Entretanto, é importante dizer que as constantes de equilíbrio dependem das atividades químicas das substâncias, que são números adimensionais. Essas atividades químicas são aproximadamente as concentrações molares das substâncias em solução ou as pressões parciais das substâncias se estiverem na fase gasosa. Infelizmente, algumas questões, erroneamente, expressam constantes de equilíbrio com dimensão.
- **A concentração molar ou pressão parcial de substâncias sólidas não entram na expressão das constantes de equilíbrio.** As substâncias sólidas têm variações de quantidade, na medida em que a reação ocorre, mas as concentrações desses sólidos se mantêm constantes. Suponha que uma substância, no estado sólido, tenha um número de mols n em um volume V , conforme vemos na figura a seguir.



$$m_x = \frac{n_x}{V_{(l)}}$$

Amostra de substância sólida e cálculo de sua concentração molar.

Se, em determinado instante, metade do sólido foi consumida, então teremos uma sobra de $\frac{n}{2}$ mols em um volume $\frac{V}{2}$, conforme mostrado na figura a seguir.



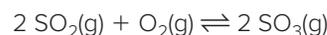
$$m'_x = \frac{\frac{n_x}{2}}{\frac{V_{(l)}}{2}} = \frac{n_x}{V_{(l)}} = m_x$$

Amostra de substância sólida e cálculo de sua concentração molar.

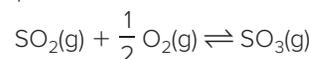
Percebemos, portanto, que a concentração molar de uma substância sólida não se altera com o decorrer da reação, porque a variação de sua quantidade é proporcional à variação de seu volume. Em virtude disso, a concentração molar de sólidos não faz parte da lei da ação das massas, tampouco da expressão que calcula a constante de equilíbrio.

Da mesma forma, se uma substância contida em um meio reacional reversível for o único líquido em meio a outras substâncias gasosas, então sua concentração molar também não varia com o decorrer da reação. Portanto, não entra no cálculo da constante de equilíbrio. Entretanto, se o meio reacional for composto de uma mistura de líquidos miscíveis entre si, todos eles têm suas concentrações variáveis com o decorrer da reação. Portanto, as concentrações de todas as substâncias devem entrar no cálculo da constante de equilíbrio. É o que ocorre em reações de esterificação.

- **As constantes de equilíbrio medem a espontaneidade da reação direta a partir das condições termodinamicamente padrão.** Se dois meios reacionais distintos tiverem reagentes e produtos em solução com concentração molar de 1 mol/L ou forem gasosos com pressão parcial de 1 atm/bar, então será mais espontânea a reação direta com maior constante de equilíbrio.
- **Para determinada equação química, a constante de equilíbrio só varia com a temperatura.** Nesse caso, é importante dizer que reação química é diferente de equação química. Uma reação química pode ser representada por diferentes equações químicas. Como exemplo, a oxidação do dióxido de enxofre pode ser representada por:



bem como por:



A reação representada pelas equações anteriores é a mesma, mas a constante K_C para a primeira equação é dada por:

$$K_{C,I} = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]}$$

Enquanto, para a segunda equação, é dada por:

$$K_{C,II} = \frac{[\text{SO}_3]}{[\text{SO}_2] \cdot [\text{O}_2]^{\frac{1}{2}}}$$

Para uma mesma reação, quando se multiplica uma equação por δ , a constante de equilíbrio deve ser elevada a δ .

Portanto, uma reação química pode ter diferentes constantes de equilíbrio a uma temperatura, porque pode ser representada por equações com diferentes balanceamentos. Entretanto, para uma equação química, a constante de equilíbrio só varia com a temperatura. Quando não se fornece a equação química da reação, devemos considerar as substâncias mencionadas com os menores coeficientes inteiros possíveis.

- **A presença de um catalisador não altera a constante de equilíbrio.** Como um catalisador diminui da mesma forma a energia de ativação da reação direta e da reação inversa, a condição final de equilíbrio não é alterada. Mas devemos salientar que o aumento das velocidades das reações direta e inversa, pela presença do catalisador, faz com que se atinja a mesma situação de equilíbrio em um tempo menor. Observe nos gráficos a seguir.

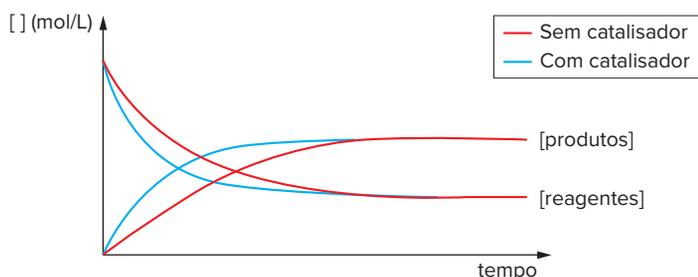


Gráfico de concentração versus tempo na ausência e na presença de um catalisador.

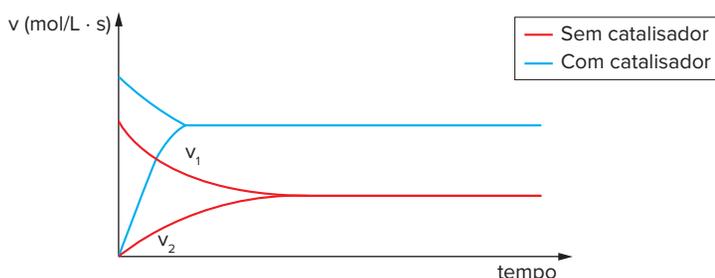


Gráfico de velocidade versus tempo na ausência e na presença de um catalisador.

- **Tudo o que foi deduzido em equilíbrios químicos para reações elementares vale para reações não elementares.** A expressão da constante de equilíbrio é sempre uma razão entre produtos e reagentes da reação global, independentemente dos fenômenos direto e inverso serem ou não elementares. Isso ocorre porque a constante de equilíbrio é função apenas dos estados inicial e final, independentemente do caminho que se percorre entre eles.

Exercícios resolvidos

4. Calcule as constantes de equilíbrio em termos de concentrações e de pressões parciais para:
- exercício resolvido 1;
 - exercício resolvido 2;
 - exercício resolvido 3.

Resolução:

- a) A tabela final obtida para o exercício 1 foi:

$(\alpha = 40\%)$	$\text{PCl}_5(\text{g})$	\rightleftharpoons	$\text{PCl}_3(\text{g})$	+	$\text{Cl}_2(\text{g})$
Início	0,2		0		0
Reagiu	-0,08		+0,08		+0,08
Equilíbrio	0,12		0,08		0,08

A constante K_C é dada por:

$$K_C = \frac{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} \Rightarrow K_C = \frac{0,08 \cdot 0,08}{0,12} \therefore K_C = 5,33 \cdot 10^{-2}$$

A constante K_p , a uma temperatura T, é dada por:

$$K_p = 5,33 \cdot 10^{-2} (\text{RT})^{(2-1)} \therefore K_p = 5,33 \cdot 10^{-2} (\text{RT})$$

b) A tabela final obtida para o exercício 2 foi:

($\alpha = 60\%$)	$N_2(g)$	+	$O_2(g)$	\rightleftharpoons	$2 NO(g)$
Início	0,3		0,2		0
Reagiu	-0,12		-0,12		+0,24
Equilíbrio	0,18		0,08		0,24

A constante K_C é dada por:

$$K_C = \frac{[NO]^2}{[N_2] \cdot [O_2]} \Rightarrow K_C = \frac{0,24^2}{0,18 \cdot 0,08} \therefore K_C = 4$$

A constante K_p , a uma temperatura T, é dada por:

$$K_p = 4(RT)^{(2-2)} \therefore K_p = 4$$

c) A tabela final obtida para o exercício 3 foi:

($\alpha = 50\%$)	$N_2(g)$	+	$3 H_2(g)$	\rightleftharpoons	$2 NH_3(g)$
Início	0,3		0,6		0
Reagiu	-0,10		-0,30		+0,20
Equilíbrio	0,20		0,30		0,20

A constante K_C é dada por:

$$K_C = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \cdot [H_2]^3} \Rightarrow K_C = \frac{0,2^2}{0,2 \cdot 0,3^3} \therefore K_C = 7,41$$

A constante K_p , a uma temperatura T, é dada por:

$$K_p = 7,41(RT)^{(2-4)} \therefore K_p = \frac{7,41}{(RT)^2}$$

5. Para cada uma das equações a seguir, escreva a expressão de K_C :

- $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$
- $CH_3COOH(l) + CH_3OH(l) \rightleftharpoons CH_3COOCH_3(l) + H_2O(l)$
- $Fe_2O_3(s) + 3 CO(g) \rightleftharpoons 2 Fe(s) + 3 CO_2(g)$
- $X(l) \rightleftharpoons 2 Y(g) + Z(g)$

Resolução:

Sólidos não entram nas expressões das constantes de equilíbrio. Substâncias líquidas, quando representam a única heterogeneidade do sistema, não variam suas concentrações molares com o tempo, portanto também não entram na constante de equilíbrio.

- $K_C = [CO_2]$
- $K_C = \frac{[CH_3COOCH_3] \cdot [H_2O]}{[CH_3COOH] \cdot [CH_3OH]}$
- $K_C = \frac{[CO_2]^3}{[CO]^3}$
- $K_C = [Y]^2 \cdot [Z]$

6. Para a reação de equação $2 NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2 NO_2(g)$, a constante de equilíbrio K_C é igual a $1,8 \cdot 10^{-6}$, a 25 °C. Para cada uma das situações propostas, determine se o sistema está ou não em equilíbrio. Em caso negativo, indique para qual sentido a reação deve ocorrer efetivamente para que o sistema entre em equilíbrio.

- $[NO] = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}; [O_2] = 0,05 \frac{\text{mol}}{\text{L}}; [NO_2] = 3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$
- $[NO] = 2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{L}}; [O_2] = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}; [NO_2] = 8 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$
- $[NO] = 0,24 \frac{\text{mol}}{\text{L}}; [O_2] = 0,03 \frac{\text{mol}}{\text{L}}; [NO_2] = 2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$
- $[NO] = 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{L}}; [O_2] = 0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}}; [NO_2] = 6 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

Resolução:

Primeiro, definiremos Q_c como quociente das concentrações. Q_c e K_c têm as mesmas expressões, com a diferença de que as concentrações em Q_c podem ser quaisquer umas, enquanto as concentrações em K_c só podem ser as da situação de equilíbrio.

$$\text{se } Q_c \begin{cases} > K_c \Rightarrow \text{O sistema passou do ponto de equilíbrio} \\ = K_c \Rightarrow \text{O sistema está em equilíbrio} \\ < K_c \Rightarrow \text{O sistema ainda não atingiu o ponto de equilíbrio} \end{cases}$$

Se o sistema já passou do ponto de equilíbrio, a reação deve caminhar no sentido inverso para que se atinja a situação de equilíbrio. Se o sistema ainda não atingiu o ponto de equilíbrio, a reação deve caminhar no sentido direto para que se atinja a situação de equilíbrio.

$$\text{a) } Q_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]} \therefore Q_c = \frac{(3 \cdot 10^{-5})^2}{(0,1)^2 \cdot (0,05)} \therefore Q_c = 1,8 \cdot 10^{-6} = K_c$$

O sistema está em equilíbrio.

$$\text{b) } Q_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]} \therefore Q_c = \frac{(8 \cdot 10^{-4})^2}{(2 \cdot 10^{-2})^2 \cdot (0,1)} \therefore Q_c = 1,6 \cdot 10^{-2} > K_c$$

O sistema não está em equilíbrio, e, para atingi-lo, a reação deve caminhar no sentido inverso.

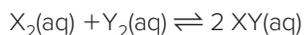
$$\text{c) } Q_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]} \therefore Q_c = \frac{(2 \cdot 10^{-6})^2}{(0,24)^2 \cdot (0,03)} \therefore Q_c = 2,31 \cdot 10^{-9} < K_c$$

O sistema não está em equilíbrio, e, para atingi-lo, a reação deve caminhar no sentido direto.

$$\text{d) } Q_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]} \therefore Q_c = \frac{(6 \cdot 10^{-6})^2}{(0,01)^2 \cdot (0,2)} \therefore Q_c = 1,8 \cdot 10^{-6} = K_c$$

O sistema está em equilíbrio.

7. Seja uma reação em equilíbrio de equação:



No instante inicial, tem-se uma mistura equimolar dos reagentes, com 2 mol de cada um em um volume de solução de 10 L, que se mantém inalterado até o fim do processo. A constante de equilíbrio em termos de concentrações na temperatura em que o fenômeno ocorre vale 49. Qual é a composição molar do sistema no equilíbrio?

Resolução:

Esse é um problema bastante comum e de alta incidência nos vestibulares. Para resolvê-lo, devemos montar a tabela que aprendemos nos exercícios anteriores, com os dados do problema em mols.

	$\text{X}_2(\text{aq})$	+	$\text{Y}_2(\text{aq})$	\rightleftharpoons	$2 \text{XY}(\text{aq})$
Início	2		2		0
Reagiu					
Equilíbrio					

Como não sabemos a quantidade de reagentes que efetivamente vão se converter em produtos, vamos supor que x mols de $\text{X}_2(\text{aq})$ devem reagir para que o sistema atinja o equilíbrio. Além disso, não devemos nos esquecer de que a linha da reação deve obedecer à proporção dos coeficientes estequiométricos. Para obter a linha do equilíbrio, basta somarmos a linha de início e a linha da reação. Portanto:

	$\text{X}_2(\text{aq})$	+	$\text{Y}_2(\text{aq})$	\rightleftharpoons	$2 \text{XY}(\text{aq})$
Início	2		2		0
Reagiu	$-x$		$-x$		$+2x$
Equilíbrio	$(2-x)$		$(2-x)$		$2x$

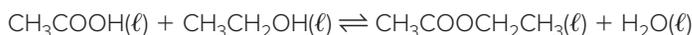
Substituindo na expressão de K_c , temos:

$$K_c = \frac{[XY]^2}{[X_2] \cdot [Y_2]} \Rightarrow 49 = \frac{\left(\frac{2x}{10}\right)^2}{\left(\frac{2-x}{10}\right) \cdot \left(\frac{2-x}{10}\right)} \Rightarrow 7^2 = \left(\frac{2x}{2-x}\right)^2 \Rightarrow 14 - 7x = 2x \therefore x = \frac{14}{9}$$

Portanto, no equilíbrio, a composição molar é dada por:

$$n_{x_2} = n_{y_2} = \frac{4}{9} \text{ mol e } n_{xy} = \frac{28}{9} \text{ mol}$$

8. Considere a reação de esterificação dada pela equação:



Partindo-se de 1 mol/L de cada um dos reagentes, obtém-se um grau de equilíbrio, na temperatura ambiente, de 60%. Depois de estabelecido o equilíbrio, acrescenta-se álcool etílico, até produzir um aumento de 0,4 mol/L na sua concentração. A temperatura não se alterou. Quais são as concentrações de todas as substâncias no momento do equilíbrio?

Resolução:

Primeiro, devemos construir a tabela para que possamos calcular a constante K_c na temperatura do problema.

($\alpha = 60\%$)	$\text{CH}_3\text{COOH}(\ell)$	+	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\ell)$	\rightleftharpoons	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3(\ell)$	+	$\text{H}_2\text{O}(\ell)$
Início	1		1		0		0
Reagiu	-0,6		-0,6		+0,6		+0,6
Equilíbrio	0,4		0,4		0,6		0,6

Calculando-se o K_c , temos:

$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}]} \Rightarrow K_c = \frac{(0,6) \cdot (0,6)}{(0,4) \cdot (0,4)} \therefore K_c = 2,25$$

Agora que o sistema já atingiu o equilíbrio, produz-se um aumento de 0,4 mol/L na concentração de álcool. Com isso, temos:

($\alpha = 60\%$)	$\text{CH}_3\text{COOH}(\ell)$	+	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\ell)$	\rightleftharpoons	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3(\ell)$	+	$\text{H}_2\text{O}(\ell)$
Início	0,4		0,8		0,6		0,6
Reagiu	-y		-y		+y		+y
Equilíbrio	0,4 - y		0,8 - y		0,6 + y		0,6 + y

Como a temperatura não se alterou, a constante de equilíbrio se mantém. Assim:

$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}]}$$

$$2,25 = \frac{(0,6 + y) \cdot (0,6 + y)}{(0,4 - y) \cdot (0,8 - y)}$$

$$2,25 (0,32 - 1,2y + y^2) = 0,36 + 1,2y + y^2$$

$$1,25y^2 - 3,9y + 0,36 = 0$$

$$\begin{cases} y' = 3,025 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{ (não convém)} \\ y'' = 0,095 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{ (convém)} \end{cases}$$

Logo, no equilíbrio final, temos:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,305 \text{ mol/L}, [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}] = 0,705 \text{ mol/L}, [\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3] = [\text{H}_2\text{O}] = 0,695 \text{ mol/L}$$

Há, ainda, outra maneira de terminar o problema. Para a situação final de equilíbrio, não faz diferença adicionar 0,4 mol/L após o estabelecimento do primeiro equilíbrio ou logo no início do processo. Portanto:

	$\text{CH}_3\text{COOH}(\ell)$	+	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\ell)$	\rightleftharpoons	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3(\ell)$	+	$\text{H}_2\text{O}(\ell)$
Início	1		1,4		0		0
Reagiu	-z		-z		+z		+z
Equilíbrio	1-z		1,4-z		z		z

Pela expressão do K_C , temos:

$$K_C = \frac{[\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}]}$$

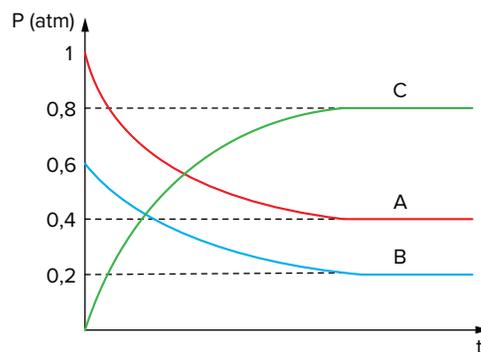
$$2,25 = \frac{(z) \cdot (z)}{(1-z) \cdot (1,4-z)} \Rightarrow 3,15 - 5,4z + 2,25z^2 = z^2$$

$$1,25z^2 - 5,4z + 3,15 = 0$$

$$\begin{cases} z' = 3,625 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{ (não convém)} \\ z'' = 0,695 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{ (convém)} \end{cases}$$

Esse resultado nos conduz às mesmas concentrações finais que já foram calculadas anteriormente.

9. O gráfico a seguir mostra as variações das pressões parciais (em atm) de três substâncias A, B e C, todas gasosas, com o tempo.



Qual é o valor da constante, em termos de concentração (K_C), a uma temperatura T?

Resolução:

Essa é uma questão que exige bastante atenção! Existe uma tendência de se olhar apenas para a situação de equilíbrio, o que conduz ao erro. O correto, nesse caso, é analisarmos o gráfico desde a situação inicial até o equilíbrio.

Primeiro, como não foi dada a equação da reação, devemos considerar que A e B são reagentes, pois, com o decorrer da reação, estão sendo consumidos. Analogamente, C é produto, pois sua concentração está aumentando com o tempo. Construindo a tabela a partir do gráfico, temos:

	A(g)	+	B(g)	\rightleftharpoons	C(g)
Início	1		0,6		0
Reagiu					
Equilíbrio	0,4		0,2		0,8

A linha de início somada à linha da reação tem como resultado a linha de equilíbrio.

	A(g)	+	B(g)	⇌	C(g)
Início	1		0,6		0
Reagiu	-0,6		-0,4		+0,8
Equilíbrio	0,4		0,2		0,8

A linha da reação tem a mesma proporção dos coeficientes estequiométricos. Portanto, a equação da reação é dada por:

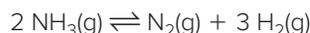


Calculando o K_p , temos:

$$K_p = \frac{(P_C)^4}{(P_A)^3 \cdot (P_B)^2} \Rightarrow K_p = \frac{(0,8)^4}{(0,4)^3 \cdot (0,2)^2} \therefore K_p = 160$$

$$\text{Mas } K_p = K_c(RT)^{\Delta n} \Rightarrow 160 = K_c(RT)^{-1} \therefore K_c = 160(RT)$$

10. Qual é o valor de K_c para o equilíbrio dado por:



em que α é o grau de equilíbrio, P é a pressão total do sistema no equilíbrio, R é a constante dos gases e T é a temperatura em Kelvin?

Resolução:

No início, temos uma pressão inicial desconhecida de amônia, que chamaremos de P_0 . Construindo a tabela, temos:

α	2 NH ₃ (g)	⇌	N ₂ (g)	+	3 H ₂ (g)
Início	P_0		0		0
Reagiu	$-\alpha P_0$		$+\frac{\alpha P_0}{2}$		$+\frac{3\alpha P_0}{2}$
Equilíbrio	$P_0 - \alpha P_0$		$+\frac{\alpha P_0}{2}$		$+\frac{3\alpha P_0}{2}$

Calculando o K_p , temos:

$$K_p = \frac{(P_{\text{N}_2}) \cdot (P_{\text{H}_2})^3}{(P_{\text{NH}_3})^2} \Rightarrow K_p = \frac{\left(\frac{\alpha P_0}{2}\right) \cdot \left(\frac{3\alpha P_0}{2}\right)^3}{(P_0 - \alpha P_0)^2} \therefore K_p = \frac{27}{16} \cdot \frac{\alpha^4 \cdot P_0^2}{(1 - \alpha)^2} \quad (I)$$

A pressão total é a soma das pressões parciais. Assim:

$$P = (P_0 - \alpha P_0) + \left(\frac{\alpha P_0}{2}\right) + \left(\frac{3\alpha P_0}{2}\right) \Rightarrow P = P_0(1 + \alpha) \Rightarrow P_0 = \frac{P}{(1 + \alpha)} \quad (II)$$

Substituindo (II) em (I), temos:

$$K_p = \frac{27}{16} \cdot \frac{\alpha^4 \cdot \left(\frac{P}{(1 + \alpha)}\right)^2}{(1 - \alpha)^2} \therefore K_p = \frac{27}{16} \cdot \frac{\alpha^4 \cdot P^2}{(1 - \alpha)^2}$$

Mas $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$, então:

$$\frac{27}{16} \cdot \frac{\alpha^4 \cdot P^2}{(1 - \alpha)^2} = K_c(RT)^2 \therefore K_c = \frac{27}{16} \cdot \frac{\alpha^4 \cdot P^2}{(1 - \alpha)^2 \cdot (RT)^2}$$

Princípio de Le Chatelier

Henri Louis Le Chatelier foi um químico francês que viveu entre 1850 e 1936. Dedicou a sua vida ao estudo das ciências, mais particularmente ao estudo da Química aplicada.



Reprodução

Henri Louis Le Chatelier.

Le Chatelier foi um famoso químico industrial, engenheiro de minas e também professor universitário, tendo lecionado na famosa Universidade de Sorbonne. Em 1888, deu uma enorme contribuição à ciência ao formular a lei dos equilíbrios. Contribuiu no estudo de obtenção de amônia, entretanto seu trabalho mais reconhecido é a previsão do que ocorre quando se perturba um sistema em equilíbrio, o chamado **princípio de Le Chatelier**. Na época, não passava de uma regra prática que previa o deslocamento do equilíbrio, sem comprovações teóricas, ou seja, era puramente empírico, baseado apenas em resultados experimentais. Hoje, contudo, é possível verificar toda a consistência teórica dos estudos de Le Chatelier, dos pontos de vista cinético e termodinâmico. As fontes divergem quanto à data, mas sabe-se que esse estudo foi realizado entre 1884 e 1888.

Diz o princípio de Le Chatelier:

Quando se perturba um sistema em equilíbrio, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, no sentido de minimizá-la ou anulá-la.

Costuma-se aplicar esse enunciado apenas a situações químicas (para as quais o princípio foi inicialmente observado), mas é inegável sua aplicabilidade a algumas situações físicas, como:

- quando se impulsiona um bloco que estava inicialmente em repouso, apoiado sobre o chão, passa a agir uma força contrária ao movimento, chamada de força de atrito, que minimiza os efeitos da perturbação imposta ao sistema em equilíbrio, até que uma nova situação de equilíbrio se estabeleça;
- quando uma pessoa se apoia a uma parede, a natureza anula a perturbação imposta, já que a parede age em sentido contrário, na mesma direção e com a mesma intensidade. Logo, a ação e a reação podem ser entendidas como uma situação para a qual se aplica o princípio de Le Chatelier.

Na Química, um sistema em equilíbrio pode ser perturbado quando se altera a **concentração das substâncias**, a **temperatura** e a **pressão**. Nesses casos, a natureza agiria contrariamente à perturbação imposta, sendo o deslocamento de equilíbrio a consequência direta dessa modificação de motivação externa. Analisaremos, portanto, cada uma dessas perturbações impostas aos sistemas em equilíbrio.

Concentrações

Seja uma reação genérica reversível representada pela seguinte equação química:



Suponha que esse seja um sistema em equilíbrio. Entretanto, perturba-se esse sistema aumentando-se a concentração de A(aq). Pelo princípio de Le Chatelier, a natureza agirá em sentido contrário ao da perturbação imposta, ou seja, diminuirá a concentração de A(aq). Para tanto, deslocará o equilíbrio no sentido direto, diminuindo a concentração dos reagentes e aumentando a dos produtos.

Se a perturbação desse sistema em equilíbrio é o aumento da concentração de C(aq), então a natureza age contrariamente à perturbação imposta, ou seja, no sentido de diminuir a concentração de C(aq). Portanto, com essa perturbação, o equilíbrio será deslocado no sentido inverso, aumentando a concentração dos reagentes e diminuindo a concentração dos produtos.

Caso a perturbação imposta ao sistema em equilíbrio seja a diminuição da concentração de B(aq), a natureza age no sentido de aumentar essa concentração. Para tanto, o equilíbrio será deslocado no sentido inverso. Analogamente, quando a perturbação imposta ao sistema em equilíbrio é a diminuição da concentração de D(aq), a natureza age no sentido de aumentar essa concentração. Para tanto, o equilíbrio será deslocado no sentido direto.

Portanto, podemos generalizar as perturbações e os deslocamentos da seguinte forma:

↑ [Reagentes] e/ou ↓ [Produtos] ⇒ desloca no sentido DIRETO
↓ [Reagentes] e/ou ↑ [Produtos] ⇒ desloca no sentido INVERSO

Apesar de o princípio de Le Chatelier ser de natureza qualitativa, é possível comprová-lo quantitativamente pela lei dos equilíbrios.

Sabemos que o quociente das concentrações é dado por:

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

Quando as concentrações são as do equilíbrio, temos:

$$K_c = \left(\frac{[C] \cdot [D]}{[A] \cdot [B]} \right)_{eq}$$

Se a perturbação que se impõe a um sistema em equilíbrio for a alteração de uma ou mais concentrações, altera-se com isso o valor de Q_c . Contudo, K_c permanece constante, já que a temperatura não é alterada. Assim, o deslocamento deve ocorrer no sentido de fazer Q_c voltar a ter o valor de K_c , para que o sistema seja reconduzido a uma nova situação de equilíbrio.

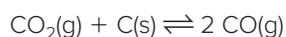
Se a perturbação for o aumento da concentração do(s) reagente(s), isso provoca redução no Q_C . Para que o quociente de concentrações volte a ter o valor de K_C (que não foi alterado), Q_C deve aumentar. Para tanto, a concentração de reagentes deve diminuir, e a de produtos, aumentar, resultando em deslocamento de equilíbrio no sentido direto. Caso a perturbação seja o aumento da concentração do(s) produto(s), isso provoca aumento do Q_C . Para que o quociente de concentrações volte a ter o valor de K_C , Q_C deve diminuir. Para tanto, a concentração de reagentes deve aumentar, e a de produtos, diminuir, resultando em deslocamento de equilíbrio no sentido inverso. Essa análise de cunho quantitativo, que confirma o resultado qualitativo exposto pelo enunciado do princípio de Le Chatelier, permite que se preveja o sentido do deslocamento de equilíbrio em casos de perturbações com alterações de concentração de mais de uma substância.

Assim, podemos resumir essas observações da seguinte maneira: caso as alterações de concentração resultem em redução no Q_C , o equilíbrio é deslocado no sentido direto para que Q_C volte a ter o valor de K_C , mas, se as alterações de concentração resultarem em aumento do Q_C , o equilíbrio será deslocado no sentido inverso.

Nesse momento, é importante salientar que não devemos aplicar o princípio de Le Chatelier para sistemas que não estejam em equilíbrio. E isso deve ser levado em consideração, já que é perfeitamente possível que, em um sistema não equilibrado com $Q_C < K_C$, perturbe-se o sistema aumentando-se a concentração de um produto e, assim mesmo, o sistema continue deslocando-se no sentido direto, ou seja, no sentido de igualar Q_C e K_C . Pode parecer uma contradição em relação ao que foi estudado até agora, mas isso constitui apenas uma aplicação indevida do princípio de Le Chatelier, já que ele só é válido para perturbações em sistemas em equilíbrio.

Exercício resolvido

11. Seja o sistema em equilíbrio, em recipiente fechado e indeformável, dado pela equação:



Em que sentido o equilíbrio será deslocado se o perturbarmos:

- acrescentando $\text{CO}_2(\text{g})$ ao sistema?
- acrescentando $\text{C}(\text{s})$ ao sistema?
- acrescentando $\text{CO}(\text{g})$ ao sistema?

Resolução:

- A natureza agirá no sentido de diminuir a concentração de $\text{CO}_2(\text{g})$, deslocando o equilíbrio no sentido direto.
- O acréscimo de um sólido pode até aumentar a quantidade desse sólido no sistema, mas não altera a sua concentração (conforme explicado

anteriormente). Portanto, não haverá deslocamento de equilíbrio, já que o acréscimo de sólido sequer perturba o sistema em equilíbrio (Q_C não sofre alteração).

- A natureza agirá no sentido de diminuir a concentração de $\text{CO}(\text{g})$, deslocando o equilíbrio no sentido inverso.

É importante salientar que todo deslocamento de equilíbrio ocorre no sentido de manter a constante de equilíbrio fixa, caso a temperatura não seja alterada.

Temperatura

No capítulo de Termoquímica (estudado anteriormente nesta mesma frente), foram estudadas as trocas de calor que ocorrem em reações químicas. As reações que liberam calor são chamadas de exotérmicas. Essas reações têm $\Delta H < 0$ e aquecem o meio reacional. As reações que absorvem calor são chamadas de endotérmicas, têm $\Delta H > 0$ e resfriam o meio reacional. Esquemáticamente:

Reação exo \Rightarrow libera calor $\Rightarrow \Delta H < 0 \Rightarrow$ meio mais quente
 Reação endo \Rightarrow absorve calor $\Rightarrow \Delta H > 0 \Rightarrow$ meio mais frio

Quando se altera a temperatura de um sistema reacional em equilíbrio, perturba-se esse sistema e, conseqüentemente, o equilíbrio é deslocado segundo o princípio de Le Chatelier. Aplicando-se o princípio, quando se aumenta a temperatura de um sistema em equilíbrio, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, resfriando o sistema. Mas, para que o sistema seja resfriado, o equilíbrio deve ser deslocado no sentido endotérmico. Seguindo a mesma linha de raciocínio, quando se diminui a temperatura de um sistema em equilíbrio, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, aquecendo o sistema. Mas, para que o sistema seja aquecido, o equilíbrio deve ser deslocado no sentido exotérmico. Diferentemente do que ocorre quando a perturbação se dá por modificação de concentrações, a perturbação por mudança de temperatura altera o valor da constante de equilíbrio. Se no caso da mudança de concentrações o deslocamento ocorria no sentido de manter fixo o K_C , no caso da mudança de temperatura o deslocamento ocorre no sentido de alterar o K_C .

Portanto:

\uparrow Temperatura \Rightarrow desloca no sentido ENDO
 \downarrow Temperatura \Rightarrow desloca no sentido EXO

É importante estudarmos também de que maneira a variação de temperatura influi na constante de equilíbrio. Por exemplo:

- Para a reação de equação:



- Se o sistema em equilíbrio for aquecido, o deslocamento será no sentido endotérmico, que, nesse caso, é o sentido direto. Portanto, o aquecimento aumenta K_C .

2. Se o sistema em equilíbrio for resfriado, o deslocamento será no sentido exotérmico, que, nesse caso, é o sentido inverso. Portanto, o resfriamento diminui K_C .

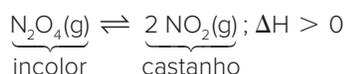
- Para a reação de equação:



- Se o sistema em equilíbrio for aquecido, o deslocamento será no sentido endotérmico, que, nesse caso, é o sentido inverso. Portanto, o aquecimento diminui K_C .
- Se o sistema em equilíbrio for resfriado, o deslocamento será no sentido exotérmico, que, nesse caso, é o sentido direto. Portanto, o resfriamento aumenta K_C .

Exercício resolvido

12. Seja o sistema em equilíbrio, em recipiente fechado e indeformável, dado pela equação:



As cores dos gases participantes no equilíbrio estão indicadas na equação. Em que sentido se desloca o equilíbrio, o que ocorre com a constante de equilíbrio K_C e qual o aspecto (cor) predominante do sistema se:

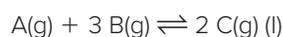
- o sistema for aquecido?
- o sistema for resfriado?

Resolução:

- Pelo princípio de Le Chatelier, se o sistema em equilíbrio for aquecido, o equilíbrio será deslocado no sentido endotérmico, que é o sentido direto. Nesse caso, há aumento da constante de equilíbrio K_C , e a cor predominante será o castanho intenso.
- Pelo princípio de Le Chatelier, se o sistema em equilíbrio for resfriado, o equilíbrio será deslocado no sentido exotérmico, que é o sentido inverso. Nesse caso, há redução no valor da constante de equilíbrio K_C , e a cor predominante será o castanho claro, tendendo a incolor. Esse exemplo que acabamos de analisar tem alta incidência nos principais vestibulares.

Pressão

Quando a perturbação imposta a um sistema em equilíbrio ocorre por mudança de pressão, devemos prestar muita atenção à razão que motivou essa mudança. Observe o caso a seguir.



A pressão total, segundo a lei de Dalton (já estudada nesta mesma frente no capítulo de gases), é a soma das pressões parciais:

$$P = P_A + P_B + P_C$$

Logo, é possível aumentar a pressão total de cinco diferentes maneiras: aumentando a pressão parcial de A,

aumentando a pressão parcial de B, aumentando a pressão parcial de C, diminuindo o volume do recipiente em que os gases se encontram e introduzindo um gás inerte.

Para os três primeiros casos, em que se varia a pressão total alterando-se apenas uma das pressões parciais, o deslocamento é rigorosamente similar ao da variação de concentrações, estudada anteriormente. Mas, se a variação de pressão se dá por variação de volume, a alteração da pressão total é equivalente à alteração de todas as pressões parciais. Por exemplo: se o volume do recipiente é reduzido pela metade, a pressão total dobra, bem como dobram todas as pressões parciais.

Para o caso de variação de pressão por variação de volume, aplicando o enunciado do princípio de Le Chatelier, quando a pressão é aumentada, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, reduzindo a pressão. Para tanto, o equilíbrio deve ser deslocado no sentido em que há a menor quantidade (número de mols) de gás. Para o caso contrário, o raciocínio é similar: quando a pressão é reduzida por variação de volume, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, aumentando a pressão. Para tanto, o equilíbrio deve ser deslocado no sentido em que há a maior quantidade (número de mols) de gás. Portanto, quando se tem variação de volume:

↑ Pressão ⇒ desloca no sentido ↓n(g)
↓ Pressão ⇒ desloca no sentido ↑n(g)

Nesse caso, devemos lembrar que os deslocamentos ocorrem no sentido de manter a constante de equilíbrio fixa, já que a temperatura não é alterada.

Exercício resolvido

13. Seja o sistema em equilíbrio, em um recipiente fechado e deformável, dado pela equação:



Em que sentido se desloca o equilíbrio se:

- a pressão total for aumentada devido à variação de volume?
- a pressão total for reduzida devido à variação de volume?

Resolução:

- Pelo princípio de Le Chatelier, se a pressão foi aumentada, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, no sentido de diminuí-la. Para tanto, o deslocamento deve ocorrer no sentido da menor quantidade de gás. Como $n(\text{g})_{\text{reagentes}} = 1 \text{ mol}$ e $n(\text{g})_{\text{produtos}} = 2,5 \text{ mol}$, o equilíbrio se desloca no sentido inverso.
- Diminuindo-se a pressão, a natureza age no sentido de aumentá-la, deslocando o equilíbrio no sentido de maior quantidade de gás, que, nesse caso, é o sentido direto.

Essa é uma análise qualitativa, baseada apenas no princípio de Le Chatelier. Entretanto, podemos também fazer uma análise quantitativa para comprovar a validade do princípio. Nesse caso, para a equação (I), dobrando-se a pressão total do sistema por redução do volume, teríamos uma alteração de Q_p , dada por:

$$(Q_p)_0 = \frac{(P_C)^2}{(P_A) \cdot (P_B)^3} \quad (\text{quociente de pressões antes da perturbação})$$

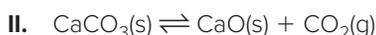
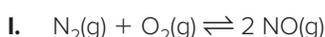
$$(Q_p) = \frac{(2P_C)^2}{(2P_A) \cdot (2P_B)^3} \therefore (Q_p) = \frac{4(P_C)^2}{2(P_A) \cdot 8(P_B)^3}$$

Logo, teremos que $(Q_p) = \frac{1}{4} \cdot (Q_p)_0$ (quociente de pressões após a perturbação).

Como o quociente das pressões foi diminuído, a natureza age no sentido de aumentá-lo para que volte a ter o valor de K_p , já que a temperatura não foi alterada (constante de equilíbrio não se altera). Nesse caso, o deslocamento ocorre no sentido direto. Entretanto, se a soma dos coeficientes dos reagentes fosse menor do que a soma dos coeficientes dos produtos, note que Q_p teria aumentado. Nesse caso, o deslocamento do equilíbrio se daria no sentido inverso.

Exercício resolvido

14. Sejam os sistemas em equilíbrio, em recipientes fechados e deformáveis, dados pelas equações:



Em que sentido deslocam-se os equilíbrios se aumentarmos a pressão total por redução de volume?

Resolução:

No equilíbrio I, como o número de mols de gases nos reagentes (2 mol) é o mesmo número de mols de gases nos produtos (2 mol), a variação de pressão não implica deslocamento de equilíbrio.

No equilíbrio II, o número de mols de sólidos não deve interferir quando a perturbação do equilíbrio se dá por variação de pressão. Portanto, não há reagente gasoso, mas há 1 mol de produto gasoso. Como o aumento de pressão acarreta deslocamento para o lado de menor número de mols de gás, nesse caso o equilíbrio é deslocado no sentido inverso.

Ainda há uma última possibilidade de aumento da pressão total: por introdução de gás inerte. Se for injetado um gás inerte a um meio reacional em equilíbrio contido em um recipiente fechado e indeformável, não há deslocamento de equilíbrio. Isso ocorre porque a introdução de gás inerte não provoca nenhuma alteração nas pressões parciais dos outros gases, por isso Q_p não é alterado. Nesse caso, o equilíbrio sequer foi perturbado, não havendo, portanto, deslocamento.

É importante salientar que catalisadores não deslocam equilíbrios, pois agem na reação direta e na inversa, não alterando a situação de equilíbrio. Os catalisadores apenas fazem com que se atinja o equilíbrio mais rapidamente, sem alterar a situação final que seria obtida em sua ausência.

Síntese de Haber-Bosch

Fritz Haber e Carl Bosch foram dois químicos que viveram na Alemanha e se tornaram célebres por otimizarem a síntese da amônia, NH_3 . O que pode parecer algo pouco importante em uma primeira análise ganha grande destaque sob o ponto de vista das consequências dessa descoberta para toda a humanidade.

Em 1909, o processo de síntese em larga escala foi desenvolvido, sendo patenteado em 1910. A primeira grande aplicação foi durante a Primeira Guerra Mundial, para se produzir explosivos e munições, já que o salitre vindo do Chile, que era usado como matéria-prima, era insuficiente. Mas a grande aplicação da amônia atualmente se dá na produção de fertilizantes de alto desempenho, do tipo NPK (nitrogênio-fósforo-potássio). É difícil calcular a exata influência da síntese industrial da amônia na produção atual de alimentos, mas algumas estimativas chegam a dizer que 40% dos alimentos de origem agrícola produzidos atualmente se devem a isso. Não bastasse isso, há uma produção em larga escala de desinfetantes amoniacaais, que auxiliam nos processos de limpeza caseiros, industriais e até mesmo hospitalares. Certamente, o mundo seria bem diferente sem a síntese industrial da amônia. Foi um processo que provocou profundas mudanças no século XX. Por isso, é de importância extrema, sendo largamente avaliado nos exames vestibulares.

A reação de equação $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightarrow 2 NH_3(g)$ é reversível, e, sendo reversível, seu rendimento melhora segundo fatores externos que podem ser otimizados, garantindo produção de amônia em larga escala. Entretanto, é inegável que não somente o rendimento é importante, mas a velocidade de produção também é fundamental para o processo. A seguir, mostramos um gráfico que expressa o rendimento da síntese da amônia em função de condições de pressão e temperatura.

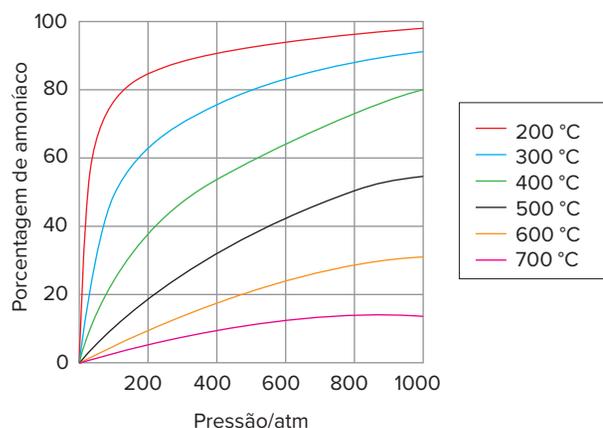
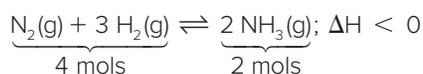


Gráfico de rendimento da síntese de NH_3 em função da pressão e da temperatura.

As condições ótimas podem ser analisadas pelo princípio de Le Chatelier. Observe, pelo gráfico, que o rendimento será melhor quanto menor for a temperatura e maior for a pressão. Analisando a equação da síntese, podemos entender essas influências.



Como a reação de síntese de amônia é exotérmica, ela é certamente favorecida a temperaturas mais baixas. Além disso, como o sentido direto diminui o número de mols de gases, ele é favorecido por pressões altas. Essas seriam, portanto, as condições para a otimização de rendimento. Entretanto, em baixas temperaturas, temos um problema de velocidade de produção, bem como altas pressões acarretam um problema de custo operacional elevado.

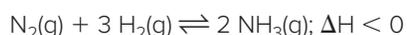
Dado que a temperatura baixa melhora o rendimento e a alta viabiliza a velocidade de produção em larga escala, o melhor compromisso entre esses fatores antagônicos se dá por volta de 450 °C.

Da mesma forma, altas pressões melhoram o rendimento do processo, mas pressões muito altas têm custos operacionais inviáveis. Portanto, o melhor compromisso entre esses fatores se dá por volta de 250 atm.

Além disso, utiliza-se ferro como catalisador heterogêneo do processo. O catalisador não altera a situação final de equilíbrio, mas acelera o tempo em que se chega a ele, aumentando a velocidade de produção da amônia.

Exercício resolvido

15. Para a síntese da amônia, que é dada pela equação:



Explique, baseado no princípio de Le Chatelier, todas as condições para as quais se aumenta o rendimento da reação. Além disso, quais são os fatores que aumentam a velocidade do processo?

Resolução:

O rendimento da reação é melhorado quando as condições favorecem o deslocamento do equilíbrio em seu sentido direto. Nesse caso, devemos aumentar as concentrações de $\text{N}_2(\text{g})$ e $\text{H}_2(\text{g})$ e reduzir a concentração de $\text{NH}_3(\text{g})$ no meio reacional. A temperatura deve ser baixa, o que favorece o sentido exotérmico. A pressão deve ser alta para favorecer o sentido de menor número de mols de gás.

Para aumentar a velocidade de produção de amônia a fim de torná-la industrial, devemos elevar a temperatura de forma a não comprometer demais o rendimento do processo, além da adição de catalisador (o mais empregado é o ferro).

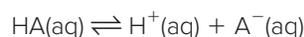
Equilíbrios iônicos

Os equilíbrios são iônicos quando existem íons envolvidos no processo. Nos itens anteriores, só estudamos equilíbrios moleculares, ou seja, equilíbrios em que não havia íons na equação representativa do processo. Para começar o estudo desse assunto, devemos fazer algumas importantes considerações:

- Para que um equilíbrio seja iônico, a substância envolvida deve ser um eletrólito (leia mais sobre eletrólitos na frente 2 desse mesmo volume, em teoria de Arrhenius), que deve estar dissolvido em um solvente que promova a sua ionização/dissociação. O solvente que reúne essas características é a água, um solvente líquido, polar (ideal para a ionização/dissociação de eletrólitos), abundante e solvente da grande maioria das soluções existentes. Vamos trabalhar com equilíbrios iônicos em solução aquosa.
- Quando o eletrólito é muito forte, a ionização/dissociação é total. Portanto, o rendimento é de 100%, e o sistema não entra em equilíbrio. Isso significa que o estudo de um equilíbrio iônico faz mais sentido quando feito para eletrólitos fracos, que atingem a situação final de equilíbrio com muito mais facilidade. Aqui, vamos priorizar o estudo de equilíbrios iônicos para eletrólitos fracos, como exigem os principais vestibulares.
- Nos equilíbrios moleculares, a água é uma substância ativa no processo, podendo ser reagente ou produto. Isso porque a sua concentração varia no decorrer da reação. Entretanto, em equilíbrios iônicos, a água não é substância ativa, mas apenas um meio dispersante. Não é reagente ou produto, apenas um solvente no qual a substância ativa ioniza/dissocia. Sua concentração não se altera de maneira significativa durante o processo. Nesse caso, as constantes de equilíbrio iônico não dependem da concentração da água, já que essa concentração é praticamente constante, como no caso dos sólidos, já estudados anteriormente.
- A ionização dos ácidos (principalmente os fracos), a ionização das bases, a autoionização da água e a hidrólise de íons derivados de ácidos e de bases fracas são os equilíbrios iônicos que estudaremos. Aqui, vale ressaltar que, para as bases, só faz sentido analisarmos os equilíbrios iônicos daquelas que ionizam. Isso porque as que dissociam e são solúveis são fortes, portanto não atingem o equilíbrio.
- A dissociação de compostos praticamente insolúveis, como alguns sais e algumas bases que serão estudadas adiante, em equilíbrios iônicos heterogêneos.

Ionização dos ácidos: (K_a)

Os ácidos sofrem ionização segundo a equação:



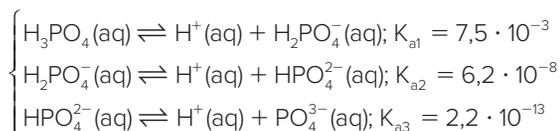
A água, como já vimos, age apenas como dispersante. Portanto, a constante de equilíbrio iônico é dada por:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+(\text{aq})] \cdot [\text{A}^-(\text{aq})]}{[\text{HA}(\text{aq})]}$$

Quando o ácido é forte, sua ionização tende a 100%, e a constante K_a tende a infinito. Como é possível notar, não há sentido químico na análise de equilíbrios de ácidos fortes. Quanto mais um ácido ioniza, mais íons e menos ácido não ionizado haverá no sistema, ou seja, maior será o valor de K_a . Portanto:

↑ força de ácido \Rightarrow ↑ K_a

Se um ácido for poliprótico (com mais de um hidrogênio ionizável), para cada ionização parcial, haverá um K_a . Veja:



Portanto, as expressões de K_a devem ser escritas para eletrólitos monovalentes. Além disso, $K_{a1} > K_{a2} > K_{a3} > K_{a4}$, já que quanto mais um ácido ioniza, mais difícil será a ionização do hidrogênio seguinte. Isso ocorre porque, à medida que se retira um H^+ do eletrólito, a espécie remanescente fica mais negativamente carregada, portanto libera outra carga positiva com mais dificuldade, dada a maior atração eletrostática.

A seguir, temos uma tabela com as equações de ionização e valores de K_a para alguns ácidos:

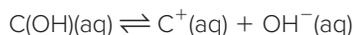
Ácido	Base	K_a
$\text{HClO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}_4^-$		
$\text{HI} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{I}^-$		
$\text{HBr} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Br}^-$		
$\text{HCl} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^-$		
$\text{HNO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$		
$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_4^-$		
$\text{H}_3\text{O}^+ \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$		1,0
$\text{HIO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{IO}_3^-$		$1,7 \cdot 10^{-1}$
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HC}_2\text{O}_4^-$		$5,9 \cdot 10^{-2}$
$\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{SO}_3^-$		$1,5 \cdot 10^{-2}$
$\text{HSO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$		$1,2 \cdot 10^{-2}$
$\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$		$7,5 \cdot 10^{-3}$

Ácido	Base	K_a
$\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5\text{OH}^{2+}$		$6,0 \cdot 10^{-3}$
$\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^-$		$7,1 \cdot 10^{-4}$
$\text{HNO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$		$4,6 \cdot 10^{-4}$
$\text{HF} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$		$3,5 \cdot 10^{-4}$
$\text{HCOOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCOO}^-$		$1,8 \cdot 10^{-4}$
$\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^{2+}$		$1,5 \cdot 10^{-4}$
$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$		$6,5 \cdot 10^{-5}$
$\text{HC}_2\text{O}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$		$6,4 \cdot 10^{-5}$
$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$		$1,8 \cdot 10^{-5}$
$\text{H}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7^{2-}$		$1,7 \cdot 10^{-5}$
$\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^{2+}$		$1,4 \cdot 10^{-6}$
$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$		$4,3 \cdot 10^{-7}$
$\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7^{2-} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$		$4,1 \cdot 10^{-7}$
$\text{HSO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$		$1,0 \cdot 10^{-7}$
$\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^-$		$9,1 \cdot 10^{-8}$
$\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$		$6,2 \cdot 10^{-8}$
$\text{H}_3\text{BO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{BO}_3^-$		$7,3 \cdot 10^{-10}$
$\text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NH}_3$		$5,6 \cdot 10^{-10}$
$\text{HCN} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CN}^-$		$4,9 \cdot 10^{-10}$
$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$		$1,3 \cdot 10^{-10}$
$\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$		$5,6 \cdot 10^{-11}$
$\text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HO}_2^-$		$2,4 \cdot 10^{-12}$
$\text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$		$2,2 \cdot 10^{-13}$
$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$		$1,0 \cdot 10^{-14}$

Valores de K_a , a 25 °C.

Ionização das bases: (K_b)

A ionização das bases fracas pode ser representada pela seguinte equação:



Para esse caso, a constante de ionização é dada por:

$$K_b = \frac{[C^+(aq)] \cdot [OH^-(aq)]}{[C(OH)(aq)]}$$

Assim como no caso dos ácidos, não há sentido quando se aplica K_b para uma base forte, já que o valor tende para o infinito. Para bases fracas, quanto maior a ionização, mais íons e menos base não ionizada há em solução. Com isso, analogamente à K_a , K_b é tanto maior quanto mais forte for a base.

↑ força de ácido \Rightarrow ↑ K_b

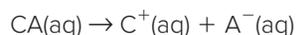
As bases fracas são principalmente as aminas e o NH_4OH . Essas bases são monovalentes. A seguir, temos uma tabela com valores de K_b .

Nome	Fórmula	K_b
Amônia	NH_3	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Metilamina	CH_3NH_2	$4,38 \cdot 10^{-4}$
Etilamina	$C_2H_5NH_2$	$5,6 \cdot 10^{-4}$
Dietilamina	$(C_2H_5)_2NH$	$1,3 \cdot 10^{-3}$
Anilina	$C_6H_5NH_2$	$3,8 \cdot 10^{-10}$
Piridina	C_5H_5N	$1,7 \cdot 10^{-9}$

Valores de K_b , a 25 °C.

Constante de ionização: (K_i)

A constante de ionização (K_i) é uma generalização de todas as constantes de equilíbrio iônico homogêneo, incluindo aquelas que já foram estudadas, como K_a e K_b . Portanto, para um eletrólito genérico em que C é o cátion e A é o ânion, temos:



Para esse equilíbrio, a constante de ionização é dada por:

$$K_i = \frac{[C^+(aq)] \cdot [A^-(aq)]}{[CA(aq)]}$$

Se determinado eletrólito CA for adicionado à água, de modo que sua concentração em quantidade de matéria seja η , uma porcentagem α (chamada de **grau de ionização**) se converterá efetivamente em íons. Com isso, é possível montar a tabela que revela, a partir do início, o que ocorre até que se estabeleça a situação de equilíbrio.

α	CA(aq)	$C^+(aq)$	$A^-(aq)$
Início	η	0	0
Reagiu	$-\eta \cdot \alpha$	$+\eta \cdot \alpha$	$+\eta \cdot \alpha$
Equilíbrio	$\eta - \eta \cdot \alpha$	$\eta \cdot \alpha$	$\eta \cdot \alpha$

Valores ao estabelecer o equilíbrio.

Substituindo as concentrações das espécies no momento do equilíbrio, temos:

$$K_i = \frac{[C^+(aq)] \cdot [A^-(aq)]}{[CA(aq)]} \Rightarrow K_i = \frac{(\eta \cdot \alpha) \cdot (\eta \cdot \alpha)}{(\eta - \eta \cdot \alpha)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow K_i = \frac{\eta^2 \cdot \alpha^2}{\eta \cdot (1 - \alpha)} \therefore K_i = \frac{\eta \cdot \alpha^2}{1 - \alpha}$$

Essa relação matemática é muito importante. Com ela, ganhamos agilidade na resolução de muitas questões e na análise de problemas como diluição de eletrólitos fracos e condutividade de soluções eletrolíticas. Essa relação é conhecida como **lei de Ostwald**.

Para o cálculo da constante de ionização, devemos levar em conta o seguinte:

$$\begin{cases} \text{Se } \alpha > 10\% \Rightarrow K_i = \frac{\eta \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} \\ \text{Se } \alpha < 10\% \Rightarrow (1 - \alpha) \cong 1 \Rightarrow K_i = \eta \cdot \alpha^2 \end{cases}$$

Para eletrólitos fracos, que são o foco do nosso estudo, $\alpha < 10\%$. Portanto, na maioria das vezes, utilizamos a aproximação $K_i = \eta \cdot \alpha^2$.

Outra observação importante pode ser retirada da tabela:

$$[C^+(aq)] = [A^-(aq)] = \eta \cdot \alpha$$

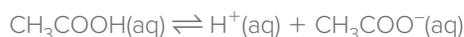
Observe os exemplos a seguir, em que é possível analisar as inúmeras aplicações da **lei de Ostwald**.

Exercícios resolvidos

- 16.** O ácido acético tem, a 25 °C, $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$. Em uma solução 2 mol/L desse ácido, na temperatura ambiente, qual é seu grau de ionização?

Resolução:

O ácido acético ioniza segundo a equação:



Quando a incógnita do problema é o grau de ionização (α), não sabemos se ele é maior ou menor do que 10%. Mas, como na maioria das vezes, lidamos

com eletrólitos muito fracos, então a tendência natural é de que seja menor do que 10%, para a qual vale a aproximação $K_i = \eta \cdot \alpha^2$. Se, usando essa aproximação, $\alpha > 10\%$, então refaça o problema usando

$$K_i = \frac{\eta \cdot \alpha^2}{1 - \alpha}$$

Substituindo valores, temos:

$$K_i = \eta \cdot \alpha^2 \Rightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} = 2 \cdot \alpha^2 \Rightarrow \alpha^2 = 9 \cdot 10^{-6}$$

$$\alpha = 3 \cdot 10^{-3} \text{ ou } 0,3\%$$

Portanto, o grau de ionização encontrado é compatível com a aproximação utilizada de início.

- 17.** Adiciona-se ácido acético à água até que a sua concentração inicial, ou seja, sem levar em conta a sua ionização, seja de $6,8 \cdot 10^{-4}$ mol/L. Sabendo-se que o ácido acético tem, a 25 °C, $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$, responda:
- Na temperatura ambiente, qual o seu grau de ionização?
 - Qual será a concentração de íons H^+ (aq) no equilíbrio?

Resolução:

- a) Pela lei de Ostwald, temos:

$$K_i = \eta \cdot \alpha^2 \Rightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} = 6,8 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha^2 \Rightarrow \alpha^2 = 2,65 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \alpha = 0,163 \text{ ou } 16,3\%$$

Nesse caso, o valor encontrado não é compatível com a aproximação utilizada. Portanto, devemos utilizar a lei de Ostwald sem aproximações:

$$K_i = \frac{\eta \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} \Rightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{6,8 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,02647 = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} \Rightarrow \alpha^2 + 0,02647\alpha - 0,02647 = 0$$

Resolvendo a equação do 2º grau, temos:

$$a = 0,15 \text{ ou } 15\%$$

A outra solução da equação do 2º grau obtida é negativa, portanto incompatível para um grau de equilíbrio.

- b) A concentração de íons H^+ (aq) no equilíbrio será $[H^+(aq)] = \eta \cdot \alpha \Rightarrow [H^+(aq)] = 6,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,15 \Rightarrow [H^+(aq)] \cong 1 \cdot 10^{-4}$ mol/L

- 18.** Uma solução aquosa de um ácido monoprotico fraco, de concentração 0,5 mol/L, tem o ácido 2% ionizado, nas condições do ambiente. Se essa solução for diluída até que a concentração seja reduzida a 0,1 mol/L, qual será o novo grau de ionização desse ácido, na mesma temperatura?

Resolução:

A análise qualitativa desse problema é muito simples: quanto mais diluído um ácido estiver, maior será a sua ionização. Entretanto, o problema quer uma análise quantitativa, que deve ser feita pela lei

de Ostwald. Como a temperatura não muda durante a diluição, a constante de equilíbrio não se altera. Portanto:

$$K_i = \eta \cdot \alpha^2 \Rightarrow (\eta \cdot \alpha^2)_{\text{concentrada}} = (\eta \cdot \alpha^2)_{\text{diluída}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,5 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2 = 0,1 \cdot \alpha_{\text{diluída}}^2 \therefore \alpha_{\text{diluída}} = 4,47\%$$

Observe que, com a diluição, o grau de ionização, de fato, aumentou. O resultado já era qualitativamente esperado.

- 19.** Uma solução aquosa de um ácido monoprotico fraco, de concentração 0,2 mol/L, foi diluída. Discuta, em termos qualitativos:
- O que ocorre com o número de íons durante a diluição?
 - O que ocorre com a concentração de íons durante a diluição?
 - O que ocorre com a condutividade eletrolítica da solução durante a diluição?

Resolução:

- a) Segundo o exemplo anterior, durante uma diluição com temperatura constante, temos: $(\eta \cdot \alpha^2)_{\text{concentrada}} = (\eta \cdot \alpha^2)_{\text{diluída}}$. Portanto, se $\eta_{\text{concentrada}} > \eta_{\text{diluída}}$, então $\alpha_{\text{concentrada}} < \alpha_{\text{diluída}}$. Com o aumento do grau de ionização, o número de íons em solução aumenta durante a diluição. Pela lei de Ostwald, com temperatura constante e diluição, temos:

- b) $K_i = \downarrow \eta \cdot \uparrow \alpha^2$. Portanto, se a diluição provoca redução da concentração e conseqüente aumento do grau de equilíbrio, então:

$$K_i = \downarrow \eta \cdot \uparrow \alpha^2 = \downarrow (\eta \cdot \alpha) \cdot \uparrow \alpha$$

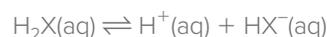
Com isso, notamos que $\eta \cdot \alpha$, que é a concentração dos íons no equilíbrio, diminui.

- c) Como a condutividade eletrolítica de uma solução depende da concentração dos íons em solução, então concluímos que, durante a diluição de uma solução de um ácido fraco, a solução passa a conduzir menos corrente.

- 20.** Seja um diácido fraco, com constantes de equilíbrio $K_{a1} = 10^{-5}$ e $K_{a2} = 10^{-11}$, na temperatura de 25 °C. Para uma solução aquosa 0,1 mol/L desse ácido, calcule a concentração do ânion bivalente no equilíbrio.

Resolução:

A 1ª ionização do ácido é dada por:



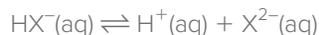
Pela lei de Ostwald, temos:

$$K_{a1} = \eta_1 \cdot (\alpha_1)^2 \Rightarrow 10^{-5} = 0,1 \cdot (\alpha_1)^2 \Rightarrow \alpha_1 = 10^{-2} \text{ ou } 1\%$$

Portanto:

$$[H^+(aq)] = [HX^-(aq)] = \eta \cdot \alpha = 0,1 \cdot 10^{-2} = 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Para a 2ª ionização, temos:



Nesse caso, como $K_{a2} < K_{a1}$, a quantidade de hidrogênio ionizável produzido na 2ª ionização é desprezível em relação ao que foi produzido na 1ª. É bom lembrar que os dois equilíbrios estão ocorrendo no mesmo meio reacional, portanto não há dúvida de que a quantidade de hidrogênio ionizável disseminada no solvente é praticamente aquela que foi gerada na 1ª ionização. Com isso, para o equilíbrio da 2ª ionização, temos:

$$K_{a2} = \frac{[H^+(aq)] \cdot [X^{2-}(aq)]}{[HX^-(aq)]} \Rightarrow 10^{-11} = \frac{10^{-3} \cdot [X^{2-}(aq)]}{10^{-3}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow [X^{2-}(aq)] = 10^{-11} \text{ mol/L}$$

Se $[X^{2-}(aq)] = 10^{-11} \text{ mol/L}$, a concentração de $H^+(aq)$ gerada pela segunda ionização também vale 10^{-11} mol/L . Somado ao 10^{-3} mol/L que foi gerado na 1ª ionização, então $[H^+(aq)]_{eq} = 10^{-3} \text{ mol/L}$.

Aqui, há um resultado notável. O valor da concentração do ânion bivalente no equilíbrio, independentemente da concentração inicial do ácido, será a 2ª constante de ionização do ácido. Portanto:

$$[X^{2-}(aq)] = K_{a2}$$

Esse resultado não se estende para a concentração de outros ânions que não os bivalentes. Por exemplo, $[X^{3-}(aq)] \neq K_{a3}$, $[X^-(aq)] \neq K_{a1}$ etc.

Com isso, é importante salientar que mesmo os ácidos polipróticos se comportam praticamente como monoácidos, já que a $[H^+(aq)]$ é determinada praticamente pela 1ª ionização. Para esse problema,

$$\frac{[H^+(aq)]_{2a}}{[H^+(aq)]_{1a}} = \frac{10^{-11}}{10^{-3}} = 10^{-8} \text{ ou } 0,000001\%, \text{ o que é desprezível.}$$

O único ácido poliprótico para a qual a 2ª ionização não é desprezível frente à 1ª é o ácido sulfúrico, H_2SO_4 .

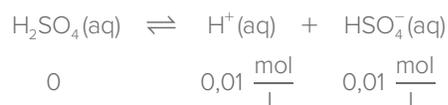
21. Para o ácido sulfúrico, H_2SO_4 , de constantes de ionização $K_{a1} = \text{muito grande}$ e $K_{a2} = 0,012$, na temperatura de

25 °C, calcule, em uma solução aquosa desse ácido de concentração 0,01 mol/L:

- a) a concentração de $H^+(aq)$ no equilíbrio, na temperatura ambiente;
b) a razão entre o $H^+(aq)$ produzido na 2ª ionização e na 1ª ionização.

Resolução:

- a) Para a 1ª ionização, não há equilíbrio, já que o ácido ioniza totalmente. Portanto:



Para a 2ª ionização, temos de montar a tabela dos equilíbrios:

	$HSO_4^-(aq)$	$H^+(aq)$	$SO_4^{2-}(aq)$
Início	0,01	0,01	0
Reagiu	-x	+x	+x
Equilíbrio	0,01 - x	0,01 + x	x

Portanto,

$$K_{a2} = \frac{[H^+(aq)] \cdot [SO_4^{2-}(aq)]}{[HSO_4^-(aq)]} \Rightarrow 0,012 = \frac{(0,01 + x) \cdot x}{(0,01 - x)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x^2 + 0,022x - 12 \cdot 10^{-5} = 0$$

Para essa equação do 2º grau, o único resultado de x que é positivo, portanto compatível, é $x = 4,524 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$.

Assim, $[H^+(aq)] = 1,45 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$.

- b) A razão pedida é dada por:

$$\frac{[H^+(aq)]_{2a}}{[H^+(aq)]_{1a}} = \frac{4,524 \cdot 10^{-3}}{0,01} = 0,4524 \text{ ou } 45,24\%$$

Com esse resultado, é fácil observar que, para o ácido sulfúrico, a 2ª ionização não pode ser desprezada em relação à 1ª.

Revisando

1. **Unesp** Leia a notícia publicada em janeiro de 2013.

China volta a registrar níveis alarmantes de poluição atmosférica
Névoa voltou a encobrir céu de cidades chinesas, como a capital Pequim.
Governo chinês emitiu alerta à população para os próximos dias.

(g1.globo.com)

O carvão mineral é a principal fonte de poluição do ar na China. Diariamente, o país queima milhões de toneladas de carvão para produzir energia elétrica, aquecer as casas e preparar alimentos. Além do carvão, o aumento do número de carros movidos a gasolina tem papel significativo no agravamento da poluição atmosférica.

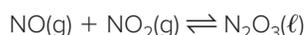
Entre as substâncias que poluem o ar da China estão o SO_2 e compostos relacionados. Considere as equações seguintes:



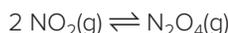
Escreva a equação química que expressa a constante de equilíbrio para a reação (1). Sabendo que uma usina de geração de energia elétrica movida a carvão liberou SO_2 suficiente para formar 1 kg de SO_3 e considerando a reação (2), calcule a massa de H_2SO_4 , em g, que se forma quando há vapor de água suficiente para reagir completamente com a quantidade de SO_3 liberada pela usina.

2. **UnB-DF (Adapt.)** Em um frasco de 1,0 L foram colocados, a determinada temperatura, 0,880 g de N_2O e 1,760 g de O_2 gasosos, para reagir. Após se estabelecer o equilíbrio químico, foi formado 1,012 g de gás NO_2 . Considerando essas condições, calcule a concentração molar de equilíbrio do O_2 e multiplique o resultado por 10^4 . Despreze, caso exista, a parte fracionária do resultado obtido, após ter efetuado todos os cálculos solicitados.

3. **UFPR** O trióxido de dinitrogênio é um líquido de cor azul bastante intenso, formado pela associação de óxido nítrico e dióxido de nitrogênio, conforme a seguinte reação de equilíbrio:



A formação do trióxido de dinitrogênio é favorecida em temperaturas inferiores a -21°C . Num sistema fechado de volume constante, à pressão de 1 atm e à temperatura de 298 K, há uma mistura de NO e NO_2 , cujas frações molares são 0,4 e 0,6, respectivamente. O sistema foi resfriado com uma mistura de acetona e gelo seco até a temperatura de 196 K. Nessa condição, praticamente todo óxido nítrico reage com dióxido de nitrogênio presente. O dióxido de nitrogênio em excesso também reage, formando tetróxido de dinitrogênio, um gás incolor, conforme a reação abaixo. Pode-se considerar que esse equilíbrio é deslocado totalmente no sentido do produto na temperatura da mistura acetona/gelo seco empregada.



Nas condições descritas acima, calcule qual a pressão do sistema a 196 K. Admita que o volume de trióxido de dinitrogênio é desprezível em comparação com o volume do sistema.

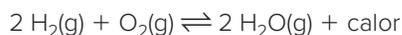
▶ Dado: $R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

4. **Unesp** A produção de grafita artificial vem crescendo significativamente, uma vez que grafita natural de boa qualidade para uso industrial é escassa. Em atmosferas ricas em dióxido de carbono, a 1000°C , a grafita reage segundo a reação:



A 1000°C , no estado de equilíbrio, as pressões parciais de CO e CO_2 são 1,50 atm e 1,25 atm, respectivamente. Calcule o valor da constante de equilíbrio (K_p) para a reação nessa temperatura.

5. **Ufla-MG** De acordo com o Princípio de Le Chatelier, quando um sistema em equilíbrio sofre alguma modificação em parâmetros, como pressão, temperatura ou concentração, as proporções de reagentes e produtos se ajustam, de maneira a minimizar o efeito da alteração. Considerando essa reação em equilíbrio, responda:

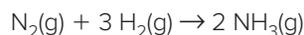


- a) Calcule a constante de equilíbrio para a reação quando a pressão parcial de H_2 for 1 atm, a pressão parcial de O_2 for 1 atm e a pressão parcial de H_2O for 0,5 atm.
- b) Se adicionarmos 0,15 mol de H_2 e 0,7 mol de O_2 ao recipiente de 0,50 L e deixarmos a mistura atingir o equilíbrio a 25°C , observamos que 50% do H_2 foi consumido. Qual é a composição final dessa mistura em mol L^{-1} ?
6. **Ufla-MG** O NO (monóxido de nitrogênio) é um poluente atmosférico formado a temperaturas elevadas pela reação de N_2 e O_2 . A uma determinada temperatura, a constante de equilíbrio para a reação é igual a $5,0 \cdot 10^{-4}$. Nessa temperatura, as concentrações de equilíbrio são: $\text{NO} = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ e $\text{N}_2 = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$.

Pergunta-se:

- a) Qual a concentração molar de O_2 nas condições de equilíbrio?
- b) Sabendo-se que a constante de velocidade para reação direta é igual a $2,0 \cdot 10^{-6}$, nas condições descritas anteriormente, calcule a constante de velocidade para a reação inversa.

7. **UFV-MG** Amônia pode ser preparada pela reação entre nitrogênio e hidrogênio gasosos, sob alta pressão, segundo a equação a seguir:



A tabela a seguir mostra a variação da concentração dos reagentes e produtos no decorrer de um experimento realizado em sistema fechado, a temperatura e pressão constantes.

Intervalo de tempo	[N ₂]/mol/L	[H ₂]/mol/L	[NH ₃]/mol/L
0	10	10	0
1	X	4	4
2	7	1	Y
3	7	1	Y

- a) Os valores de X e Y no quadro anterior são:
 X = _____ mol · L⁻¹
 Y = _____ mol · L⁻¹
- b) Escreva a expressão da constante de equilíbrio para esta reação, em termos das concentrações de cada componente.
 $K_C = \underline{\hspace{2cm}}$
- c) O valor da constante de equilíbrio para esta reação, nas condições do experimento, é _____.

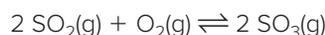
8. **UEM-PR 2015** Assinale o que for **correto**.

- 01 O valor da constante de equilíbrio para uma reação, em uma dada temperatura, não depende das concentrações iniciais de reagentes e de produtos.
- 02 Aquecendo-se 1 mol de trióxido de enxofre em um recipiente fechado com capacidade de 5 litros, observou-se que esta substância apresentava-se 60% dissociada após o sistema ter atingido o equilíbrio. Utilizando-se dessas informações, infere-se que o grau de equilíbrio é 0,6.
- 04 Considere a seguinte reação balanceada: $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$ a qual apresenta uma constante de equilíbrio igual a $9,9 \cdot 10^{25}$. A partir do valor da constante de equilíbrio é possível afirmar que na situação de equilíbrio químico há muito mais reagente do que produto.
- 08 A função de um catalisador é atuar diminuindo a energia de ativação de uma dada reação. A diminuição dessa energia de ativação significa que o equilíbrio da reação se desloca para a maior formação de produtos.
- 16 Para a reação abaixo é necessário trabalhar em temperaturas elevadas para que haja uma grande produção de alumina.



Soma:

9. **UEPG-PR 2015** Considerando a equação em equilíbrio, de síntese do SO₃



As constantes de equilíbrio, K_C , para essa reação em diferentes temperaturas são as seguintes:

K_C	Temperatura (K)
100	1000
2	1200

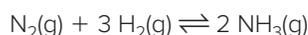
Com base nessa equação e os fatores que podem afetar o seu equilíbrio, assinale o que for correto.

- 01 Para melhorar o rendimento dessa reação pode-se diminuir a concentração de SO₂(g) ou de O₂(g).

- 02 Para que essa reação atinja o equilíbrio mais rapidamente, pode-se aumentar a concentração de $\text{SO}_2(\text{g})$ ou de $\text{O}_2(\text{g})$.
- 04 Para melhorar o rendimento dessa reação pode-se aumentar o volume do recipiente em que a reação ocorre e, desta forma, diminuir a pressão.
- 08 A síntese do SO_3 é uma reação exotérmica.
- 16 Para melhorar o rendimento dessa reação deve-se abaixar a temperatura.

Soma:

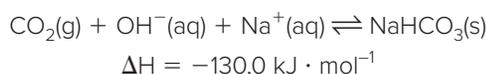
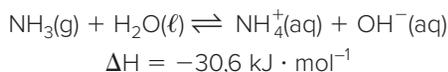
10. **UFJF-MG** A síntese da amônia foi desenvolvida por Haber-Bosh e teve papel importante durante a 1ª Guerra Mundial. A Alemanha não conseguia importar salitre para fabricação dos explosivos e, a partir da síntese de NH_3 , os alemães produziam o HNO_3 e deste chegavam aos explosivos de que necessitavam. A equação que representa sua formação é mostrada abaixo:



- a) A partir da equação química para a reação de formação da amônia, descrita acima, e sabendo que a reação apresenta $\Delta H < 0$, o que aconteceria com o equilíbrio, caso a temperatura do sistema aumentasse?
- b) Calcule a variação de entalpia da formação da amônia, a partir das energias de ligação mostradas na tabela a seguir, a 298 K:

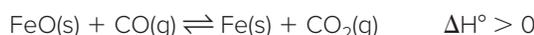
Ligação	Energia de ligação ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)
H-H	436
N-N	944
H-N	390

- c) Suponha que a uma determinada temperatura T foram colocados, em um recipiente de 2,0 litros de capacidade, 2,0 mols de gás nitrogênio e 4,0 mols de gás hidrogênio. Calcule o valor da constante de equilíbrio, K_C , sabendo que havia se formado 2,0 mols de amônia ao se atingir o equilíbrio.
- d) Considere que a lei de velocidade para a reação de formação da amônia é $v = k \cdot [\text{H}_2]^3 \cdot [\text{N}_2]$. Calcule quantas vezes a velocidade final aumenta, quando a concentração de nitrogênio é duplicada e a de hidrogênio é triplicada, mantendo-se a temperatura constante.
11. **UFPR** O bicarbonato de sódio é um produto químico de grande importância. Ele possui diversas aplicações, sendo largamente utilizado como antiácido, para neutralizar a acidez estomacal, e como fermento químico, na produção de pães, bolos etc. Nos EUA, a produção industrial do bicarbonato de sódio utiliza o método de extração do mineral Trona. Já no Brasil e vários países da Europa, o bicarbonato de sódio é produzido industrialmente pelo Processo Solvay, um dos poucos processos industriais não catalíticos. Esse processo consiste em duas etapas. Na primeira, a salmoura é saturada com amônia. Na segunda, injeta-se gás carbônico na salmoura saturada, o que provoca a precipitação do bicarbonato de sódio. As duas etapas podem ser descritas pelas duas equações a seguir:



Sobre essas etapas, responda:

- a) Por que se adiciona amônia na primeira etapa do processo?
- b) Utilizando as informações fornecidas e os conceitos do Princípio de Le Châtelier, que condições experimentais de temperatura e pressão favorecerão maior eficiência do processo nas duas etapas?
12. **UFTM-MG** Uma forma de obter ferro metálico a partir do óxido de ferro(II) é a redução deste óxido com monóxido de carbono, reação representada na equação:



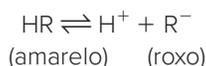
- a) Escreva a expressão da constante de equilíbrio (K_C) da reação apresentada. Como varia essa constante em função da temperatura? Justifique.
- b) De que forma a adição de FeO e o aumento de pressão interferem no equilíbrio representado? Justifique.

13. UFV-MG A tabela a seguir relaciona as constantes de ionização em solução aquosa de alguns ácidos, a 25 °C:

Nome	Fórmula	K_a
Ácido acético	CH_3COOH	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Ácido fórmico	HCOOH	$1,7 \cdot 10^{-4}$
Ácido fluorídrico	HF	$2,4 \cdot 10^{-4}$

- a) Dentre os compostos acima, o ácido mais fraco é _____.
- b) A equação de ionização do ácido fórmico em água é _____.
- c) A expressão da constante de equilíbrio (K_a) para a ionização representada pela equação do item (b) é _____.

14. Unicamp-SP Do repolho roxo pode-se extrair, por fervura com água, uma substância que é responsável pela sua coloração característica. Esta substância é um ânion de um ácido fraco cuja dissociação pode ser escrita como:

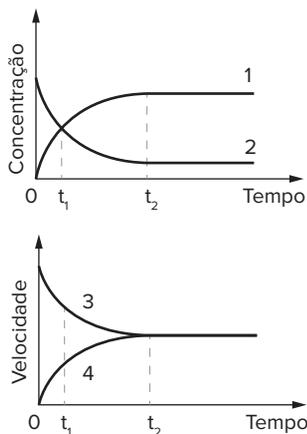


Utilizando este equilíbrio, explique por que a adição de vinagre ou limão (ácidos) a este extrato faz com que ele mude de cor.

Exercícios propostos

Equilíbrios moleculares

1. UFG-GO Os seguintes gráficos representam variáveis de uma reação química.



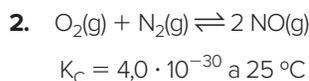
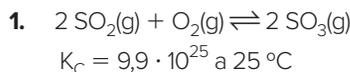
Os gráficos indicam que

- a) no instante t_1 , a velocidade da reação direta é igual a da inversa.
- b) após t_2 , não ocorre reação.
- c) no instante t_1 , a reação atingiu o equilíbrio.
- d) a curva 4 corresponde à velocidade da reação inversa.
- e) no ponto de intersecção das curvas 3 e 4, a concentração de produtos é igual à de reagentes.

2. PUC-Minas 2016 A constante de equilíbrio informa as concentrações dos produtos e reagentes presentes no equilíbrio de uma reação química. É **INCORRETO** afirmar que o valor da constante de equilíbrio:

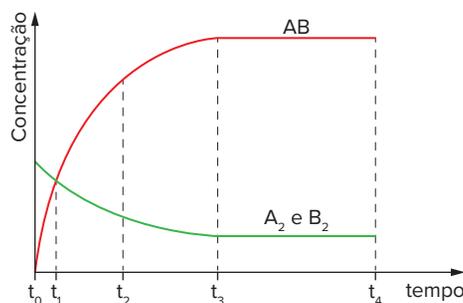
- a) não depende da pressão.
- b) depende da temperatura.
- c) não pode ser negativo.
- d) depende da concentração inicial dos reagentes.

3. Unid-SP 2017 Considere os equilíbrios:



- a) Com base nos valores de K_C , informe a direção preferencial de cada um desses sistemas.
- b) A que fenômeno ambiental a equação 1 pode ser corretamente relacionada? Explique como ela participa da formação desse fenômeno.

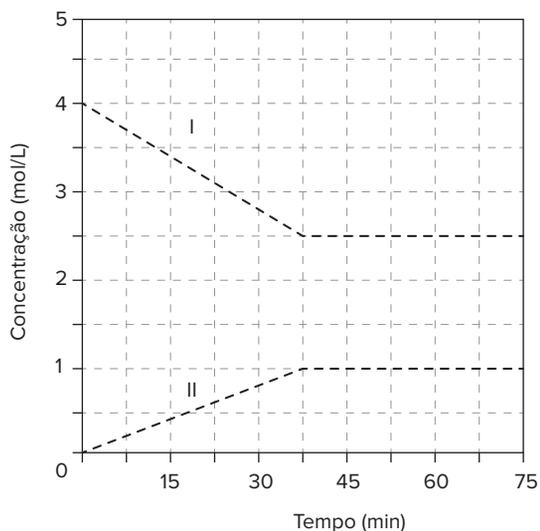
4. UFPA 2016 O gráfico abaixo se refere ao comportamento da reação



Pode-se afirmar que o equilíbrio dessa reação será alcançado quando o tempo for igual a

- a) t_0 b) t_1 c) t_2 d) t_3 e) t_4

5. **Mackenzie-SP** O gráfico mostra a variação da concentração molar, em função do tempo e a uma dada temperatura, para um determinado processo reversível representado pela equação genérica $3 A_2(g) \rightleftharpoons 2 A_3(g)$.

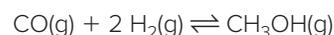


Dessa forma, segundo o gráfico, é incorreto afirmar que

- o sistema entrou em equilíbrio entre 30 e 45 minutos.
 - a curva I representa a variação da concentração molar da substância $A_2(g)$.
 - esse processo tem valor de $K_C = 0,064$.
 - até atingir o equilíbrio, a velocidade média de consumo do reagente é de $0,04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.
 - até atingir o equilíbrio, a velocidade média de formação do produto é de $0,08 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.
6. **UEMG 2018** Para a produção de gás hidrogênio, em um recipiente fechado e à temperatura constante, introduziu-se monóxido de carbono e vapor de água, os quais apresentavam pressões parciais iguais, de 0,90 atm cada. Após um determinado tempo, o equilíbrio químico foi atingido, $\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$, e medindo-se a pressão parcial do monóxido de carbono obteve-se 0,60 atm. Diante dessa afirmação, assinale a alternativa que apresenta o valor da constante de equilíbrio, K_p , para a reação exposta.
- $\frac{1}{4}$
 - $\frac{1}{9}$
 - 0,44
 - 4,0
7. **ITA-SP** Em cinco béqueres foram adicionados 50 mL de uma solução de referência, que consiste de uma solução aquosa saturada em cloreto de prata, contendo corpo de fundo, a 25 °C e 1 atm. A cada béquer, foram adicionados 50 mL de uma solução aquosa diluída diferente, dentre as seguintes:
- Solução de cloreto de sódio a 25 °C.
 - Solução de glicose a 25 °C.
 - Solução de iodeto de sódio a 25 °C.
 - Solução de nitrato de prata a 25 °C.
 - Solução de sacarose a 50 °C.

Considere que o corpo de fundo permanece em contato com as soluções após rápida homogeneização das misturas aquosas e que não ocorre formação de óxido de prata sólido. Nestas condições, assinale a opção que indica a(s) solução(ões), dentre as acima relacionadas, que altera(m) a constante de equilíbrio da solução de referência.

- Apenas I, III e IV
 - Apenas I e IV
 - Apenas II e V
 - Apenas III
 - Apenas V
8. **UFRGS** A constante de equilíbrio da reação



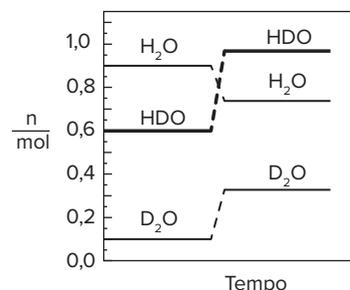
tem o valor de 14,5 a 500 K. As concentrações de metanol e de monóxido de carbono foram medidas nesta temperatura em condições de equilíbrio, encontrando-se, respectivamente, $0,145 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Com base nesses dados, é correto afirmar que a concentração de hidrogênio, em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, deverá ser

- 0,01.
 - 0,1.
 - 1.
 - 1,45.
 - 14,5.
9. **Fuvest-SP** Certas quantidades de água comum (H_2O) e de água deuterada (D_2O) – água que contém átomos de deutério em lugar de átomos de hidrogênio – foram misturadas. Ocorreu a troca de átomos de hidrogênio e de deutério, formando-se moléculas de HDO e estabelecendo-se o equilíbrio (estado I)



As quantidades, em mols, de cada composto no estado I estão indicadas pelos patamares, à esquerda, no diagrama.

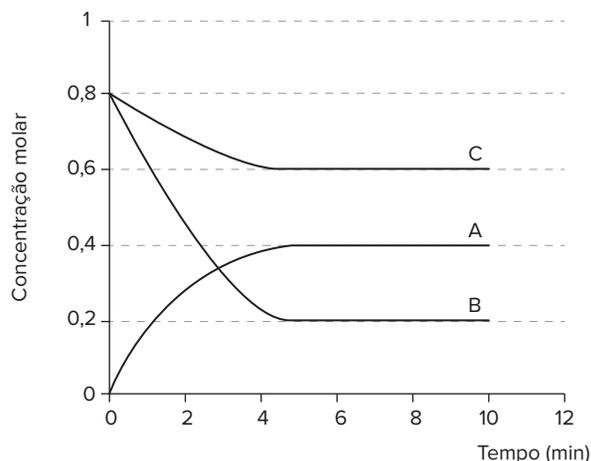
Depois de certo tempo, mantendo-se a temperatura constante, acrescentou-se mais água deuterada, de modo que a quantidade de D_2O no novo estado de equilíbrio (estado II), fosse o triplo daquela antes da adição. As quantidades, em mols, de cada composto envolvido no estado II estão indicadas pelos patamares, à direita, no diagrama.



A constante de equilíbrio, nos estados I e II, tem, respectivamente, os valores

- 0,080 e 0,25
- 4,0 e 4,0
- 6,6 e 4,0
- 4,0 e 12
- 6,6 e 6,6

10. **Cefet-MG 2015** O gráfico a seguir apresenta as variações das concentrações de três substâncias (A, B e C) durante uma reação química monitorada por 10 minutos.



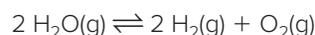
A equação química que representa estequiometricamente essa reação, é

- a) $2 A + B \rightarrow 3 C$
 b) $2 A \rightarrow 3 C + B$
 c) $2 B \rightarrow 2 C + A$
 d) $3 B + C \rightarrow 2 A$
 e) $6 C + 4 A \rightarrow 2 B$
11. **UFF-RJ** Em um recipiente de aço inox com capacidade de 1,0 L foram colocados 0,500 mol de H_2 e 0,500 mol de I_2 . A mistura alcança o equilíbrio quando a temperatura atinge 430 °C. Calcule as concentrações de H_2 , I_2 e HI na situação de equilíbrio, sabendo-se que K_C para a reação $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2 HI(g)$ é igual a 49,0 na temperatura dada.
12. **Uece 2015** O tetróxido de dinitrogênio gasoso, utilizado como propelente de foguetes, dissocia-se em dióxido de nitrogênio, um gás irritante para os pulmões, que diminui a resistência às infecções respiratórias. Considerando que no equilíbrio a 60 °C a pressão parcial do tetróxido de dinitrogênio é 1,4 atm e a pressão parcial do dióxido de nitrogênio é 1,8 atm a constante de equilíbrio K_p será, em termos aproximados,
- a) 1,09 atm.
 b) 1,67 atm.
 c) 2,09 atm.
 d) 2,31 atm.
13. **Udesc 2016** As reações químicas dependem de colisões eficazes que ocorrem entre as moléculas dos reagentes. Quando se pensa em sistema fechado, é de se esperar que as colisões ocorram entre as moléculas dos produtos em menor ou maior grau, até que se atinja o equilíbrio químico. À temperatura ambiente, o $NO_2(g)$, gás castanho-avermelhado, está sempre em equilíbrio com o seu dímero, o $N_2O_4(g)$, gás incolor.

Em um experimento envolvendo a dissociação de $N_2O_4(g)$ em $NO_2(g)$ coletaram-se os seguintes dados: a amostra inicial de $N_2O_4(g)$ utilizada foi de 92 g, em um dado momento a soma dos componentes $N_2O_4(g)$ e $NO_2(g)$ foi de 1,10 mol.

Com base nesses dados, pode-se dizer que a quantidade dissociada em mols de $N_2O_4(g)$ é:

- a) 0,20
 b) 0,10
 c) 0,40
 d) 0,60
 e) 0,80
14. **PUC-Rio** Considere a equação a seguir, $K_p = 1$ a 4 300 K.



Com relação a essa equação, assinale a opção que apresenta a afirmativa correta.

- a) O sistema está em equilíbrio quando as $p_{H_2O(g)} = p_{H_2(g)} = p_{O_2(g)} = 2$ a 4 300 K.
 b) O sistema está em equilíbrio quando as $p_{H_2O(g)} = p_{H_2(g)} = p_{O_2(g)} = 1$ a 4 300 K.
 c) Se a $p_{H_2O(g)}$ diminuir em decorrência do deslocamento do equilíbrio para a direita, o volume do sistema diminui.
 d) A adição de $O_2(g)$ ocasiona a diminuição do p_{H_2O} .
 e) Dobrando a $p_{H_2O(g)}$, $K_p = 2$ a 4 300 K.
15. **Uerj** Em um experimento que verificava o estado de equilíbrio nos processos reversíveis, o etanoato de etila foi sintetizado por meio da seguinte reação química:



Admita que, nesse experimento, $T = 25$ °C; $P = 1$ atm e $K_C = 4,00$.

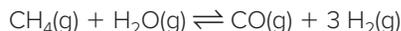
Quatro amostras, retiradas aleatoriamente da mistura reacional, foram submetidas à análise para determinar a quantidade de matéria de cada uma das substâncias presentes. Os resultados em mol/L estão indicados na tabela a seguir:

Amostra	etanoico	etanol	etanoato de etila	água
W	0,04	0,01	0,08	0,02
X	0,01	0,05	0,06	0,01
Y	0,04	0,01	0,04	0,04
Z	0,01	0,02	0,04	0,02

A amostra que ainda não atingiu o estado de equilíbrio é:

- a) W
 b) X
 c) Y
 d) Z

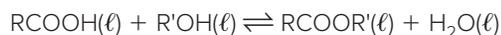
16. **Unesp** O hidrogênio pode ser obtido do metano, de acordo com a equação química em equilíbrio:



A constante de equilíbrio dessa reação é igual a 0,20 a 900 K. Numa mistura dos gases em equilíbrio a 900 K, as pressões parciais de $\text{CH}_4(\text{g})$ e de $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ são ambas iguais a 0,40 atm e a pressão parcial de $\text{H}_2(\text{g})$ é de 0,30 atm.

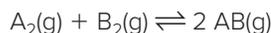
- a) Escreva a expressão da constante de equilíbrio.
b) Calcule a pressão parcial de $\text{CO}(\text{g})$ no equilíbrio.

17. **UFRJ** A reação entre um ácido carboxílico e um álcool é chamada de esterificação e pode ser genericamente representada pela equação a seguir:



- a) Explique por que a adição de um agente desidratante aumenta a formação de éster.
b) Em um recipiente de 1 litro, foram adicionados 1 mol de ácido e 1 mol de álcool. Sabendo que nestas condições $K_C = 4$, calcule a concentração de éster no equilíbrio.
c) Se R é o radical propil e R' é o radical isopropil, dê o nome do éster formado.

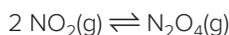
18. **Mackenzie-SP 2017** Em um balão de capacidade igual a 10 L, foram adicionados 1 mol da espécie $\text{A}_2(\text{g})$ e 2 mols da espécie $\text{B}_2(\text{g})$. Tais reagentes sofreram transformação de acordo com a equação a seguir:



Considerando-se que, no estado de equilíbrio químico, a concentração da espécie $\text{AB}(\text{g})$ seja de $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ a constante de equilíbrio (K_C), para esse processo, é aproximadamente igual a

- a) 0,25 c) 5,00 e) 7,50
b) 1,33 d) 6,66

19. **UEM-PR 2018** 1 mol de gás NO_2 é introduzido em um recipiente de 400 mL inicialmente evacuado, obtendo-se uma pressão inicial p_1 à temperatura constante de 300 K. Observa-se que a pressão do sistema diminui com o tempo até uma pressão de equilíbrio igual a $0,6 p_1$ devido à reação de dimerização do NO_2 :



Considere R igual a $0,08 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$. Assinale a(s) alternativa(s) **correta(s)**.

- 01 A pressão inicial (p_1) do sistema é igual a 120 atm.
02 A pressão parcial de $\text{NO}_2(\text{g})$ no equilíbrio é igual a 12 atm.
04 A fração molar de $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ no equilíbrio é igual a 0,5.
08 A constante de equilíbrio K_p para a reação de dimerização do $\text{NO}_2(\text{g})$ a 300 K é igual a 80.
16 A relação entre K_C e K_p para a reação de dimerização de $\text{NO}_2(\text{g})$ é dada pela expressão $K_C = K_p \cdot (R \cdot T)$.

Soma:

20. **Unifesp** A reação



é utilizada tanto para a obtenção de ésteres como de ácidos carboxílicos. É uma reação de equilíbrio, cujo valor da constante apresenta valores baixos e próximos da unidade. Três experiências independentes, I, II e III, foram feitas, nas quais foram utilizadas as quantidades iniciais, em mol, mostradas na tabela.

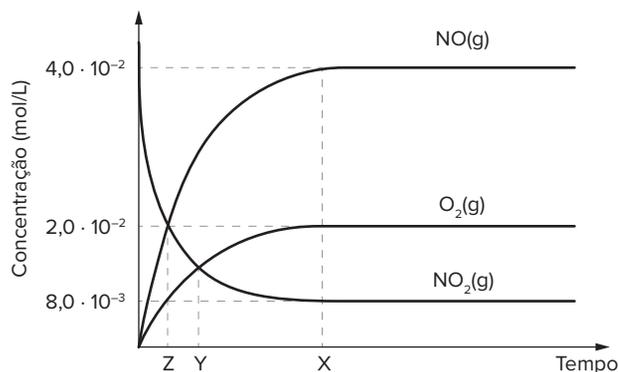
Experiência	$n_{\text{éster}}$	$n_{\text{água}}$	$n_{\text{ácido}}$	$n_{\text{álcool}}$
I	1,0	1,0	–	–
II	–	–	1,0	1,0
III	2,0	1,0	–	–

Atingido o equilíbrio nas três experiências, qual das relações entre as quantidades de ácido é válida?

(Não há necessidade de efetuar cálculos para encontrar alternativa correta.)

- a) $n_I = n_{II} = n_{III}$
b) $n_I = n_{II} < n_{III}$
c) $n_I = n_{II} > n_{III}$
d) $n_I < n_{II} < n_{III}$
e) $n_I > n_{II} = n_{III}$

21. **Uesc-BA**



O gráfico representa a variação da concentração de reagente e de produtos, durante a reação química representada pela equação química $2 \text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$, que ocorre no interior de um recipiente fechado, onde foi colocado inicialmente $\text{NO}_2(\text{g})$, e após ter sido atingido o equilíbrio químico. A partir da análise desse gráfico, é correto afirmar:

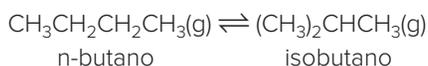
- a) A concentração inicial de NO é $4,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
b) A constante de equilíbrio, K_{eq} , é igual a $2,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
c) A concentração de $\text{NO}_2(\text{g})$, no estado de equilíbrio químico, é a metade da concentração de $\text{NO}(\text{g})$.
d) O equilíbrio químico é inicialmente estabelecido no tempo X, representado no gráfico.
e) A constante de equilíbrio, K_{eq} , possui valores iguais quando o sistema atinge o tempo representado por Z e por Y, no diagrama.

22. **Fuvest-SP** A 800 °C, a constante de equilíbrio, K_p (expressa em termos de pressão parcial em atm), para o equilíbrio representado a seguir vale 0,22.



Explique o que aconteceria se carbonato de cálcio fosse aquecido, a 800 °C, em recipiente aberto

- a) na Terra onde a pressão parcial do CO_2 atmosférico é $3 \cdot 10^{-4}$ atm.
 b) em Vênus onde a pressão parcial do CO_2 atmosférico é 87 atm.
23. **Fuvest-SP** A isomerização catalítica de parafinas de cadeia não ramificada, produzindo seus isômeros ramificados, é um processo importante na indústria petroquímica. A uma determinada temperatura e pressão, na presença de um catalisador, o equilíbrio



é atingido após certo tempo, sendo a constante de equilíbrio igual a 2,5. Nesse processo, partindo exclusivamente de 70,0 g de n-butano, ao se atingir a situação de equilíbrio, x gramas de n-butano terão sido convertidos em isobutano. O valor de x é

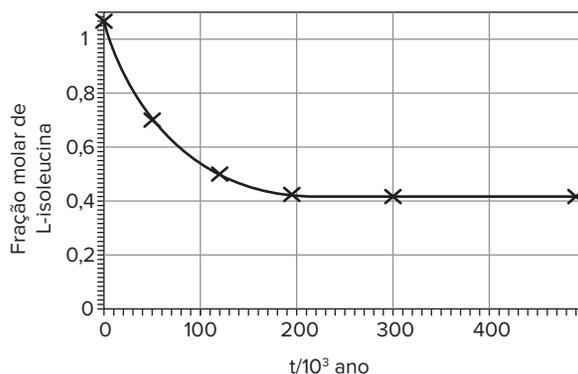
- a) 10,0 d) 40,0
 b) 20,0 e) 50,0
 c) 25,0
24. **ITA-SP** “n” mols de amônia são colocados e selados dentro de uma ampola de um litro mantida a 500 K. Nessa ampola ocorre a reação química representada pela seguinte equação:



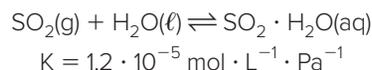
Em relação a esta reação é CORRETO afirmar que

- a) ao atingir o equilíbrio ter-se-ão formados $\frac{n}{2}$ mols de $\text{N}_2(\text{g})$.
 b) ao atingir o equilíbrio ter-se-ão formados $\frac{3 \cdot n}{2}$ mols de $\text{H}_2(\text{g})$.
 c) se a reação de decomposição for total, consumir-se-ão 2 mols de $\text{NH}_3(\text{g})$.
 d) se a reação de decomposição for total, a pressão final na ampola será igual a $4 \cdot 500 \cdot R$.
 e) se a reação de decomposição for total, a variação de pressão na ampola será igual a $n \cdot 500 \cdot R$.

25. **Fuvest-SP** A L-isoleucina é um aminoácido que, em milhares de anos, se transforma no seu isômero, a D-isoleucina. Assim, quando um animal morre e aminoácidos deixam de ser incorporados, o quociente entre as quantidades, em mol, de D-isoleucina e de L-isoleucina, que é igual a zero no momento da morte, aumenta gradativamente até atingir o valor da constante de equilíbrio. A determinação desses aminoácidos, num fóssil, permite datá-lo. O gráfico traz a fração molar de L-isoleucina, em uma mistura dos isômeros D e L, em função do tempo.



- a) Leia no gráfico as frações molares de L-isoleucina indicadas com uma cruz e construa uma tabela com esses valores e com os tempos correspondentes.
 b) Complete sua tabela com os valores da fração molar de D-isoleucina formada nos tempos indicados. Explique.
 c) Calcule a constante do equilíbrio da isomerização $\text{L-isoleucina} \rightleftharpoons \text{D-isoleucina}$.
 d) Qual é a idade de um osso fóssil em que o quociente entre as quantidades de D-isoleucina e L-isoleucina é igual a 1?
26. **Famerp-SP 2021** A solubilização do SO_2 , gás produzido pela combustão do enxofre presente em combustíveis fósseis e responsável pela presença de ácido sulfuroso (H_2SO_3) na atmosfera, ocorre de acordo com a equação:



Em um local onde a atmosfera está submetida a grandes emissões de SO_2 , coletou-se a água da chuva em determinada ocasião. A análise dessa água detectou a presença de $2,4 \cdot 10^{-3}$ mol/L de $\text{SO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. A classificação da qualidade do ar, em relação à presença de dióxido de enxofre na atmosfera, é apresentada na tabela:

Qualidade	Pressão de SO_2 na atmosfera (PASCAL)
Boa	0 a 160
Moderada	160 a 330
Ruim	330 a 3000
Muito ruim	3000 a 6700
Péssima	> 6700

- a) Qual o nome do fenômeno atmosférico relacionado à presença do H_2SO_3 em grandes concentrações na água da chuva? Qual a massa de $\text{SO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (massa molar = 82 g/mol) presente em um litro da água da chuva coletada no experimento descrito?

b) Utilizando a simbologia [] para concentração em mol/L e p () para pressão, escreva a expressão da constante de equilíbrio para a reação de solubilização do SO₂. Com base nas informações apresentadas, classifique a qualidade do ar na ocasião da análise.

27. Unifesp A constante de equilíbrio da reação de dimerização de C₅H₆, representada pela equação $2 \text{C}_5\text{H}_6 \rightleftharpoons \text{C}_{10}\text{H}_{12}$ é igual a 3,0 mol⁻¹ · L a 250 °C.

Nessa temperatura, foram feitas duas misturas do monômero com o dímero, com as seguintes concentrações iniciais, expressas em mol/L:

Mistura 1: [monômero] = 0,50 e [dímero] = 0,75

Mistura 2: [monômero] = 1,00 e [dímero] = 2,50

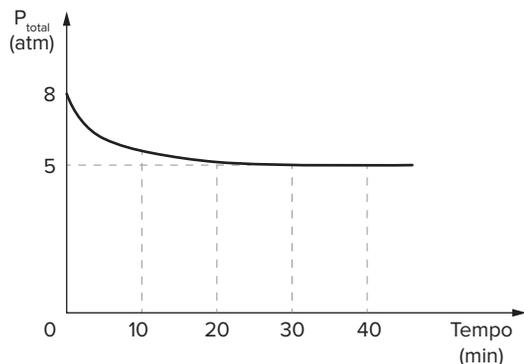
Representando-se:

- situação de equilíbrio por \rightleftharpoons ,
- tendência do equilíbrio se deslocar para a formação do dímero por \rightarrow ,
- tendência do equilíbrio se deslocar para a formação do monômero por \leftarrow ,

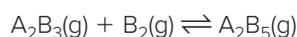
assinale a alternativa que representa a situação correta das misturas 1 e 2 no instante em que elas foram preparadas.

Situação na condição inicial		
	Mistura 1	Mistura 2
a)	\rightleftharpoons	\rightleftharpoons
b)	\rightleftharpoons	\rightarrow
c)	\rightleftharpoons	\leftarrow
d)	\rightarrow	\rightarrow
e)	\leftarrow	\leftarrow

28. Cesgranrio-RJ



Em um recipiente fechado, de 10 L de capacidade, são introduzidas quantidades equimolares das substâncias representadas por A₂B₃ e B₂ que reagem segundo a reação

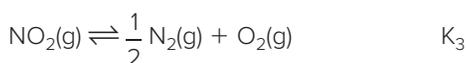
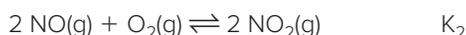


mantidas na temperatura de 727 °C. Com base no gráfico anterior, que ilustra a variação da pressão

interna do sistema em função do tempo, o valor da constante de equilíbrio K_C, em (mol/L)⁻¹, nessas condições, é:

- 3
- 100
- 246
- 320
- 540

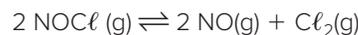
29. ITA-SP 2015 Considere as seguintes reações químicas e respectivas constantes de equilíbrio:



Então, K₃ é igual a

- $\frac{1}{(K_1 \cdot K_2)}$
- $\frac{1}{(2K_1 \cdot K_2)}$
- $\frac{1}{(4K_1 \cdot K_2)}$
- $\left(\frac{1}{K_1 \cdot K_2}\right)^{\frac{1}{2}}$
- $\left(\frac{1}{K_1 \cdot K_2}\right)^2$

30. Fuvest-SP Cloreto de nitrosila puro (NOCl) foi aquecido a 240 °C em um recipiente fechado. No equilíbrio, a pressão total foi de 1,000 atm e a pressão parcial do NOCl foi de 0,640 atm. A equação a seguir representa o equilíbrio do sistema:



- Calcule as pressões parciais do NO e do Cl₂ no equilíbrio.
- Calcule a constante do equilíbrio.

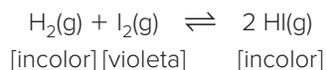
31. Uece Para a reação: $2 \text{X} + \text{Y} \rightarrow 3 \text{T} + 2 \text{Z}$, foram realizados cinco experimentos cujos resultados foram:

Experimento	Concentração (mol/L)			
	X	Y	T	Z
I	5,0	9,0	3,0	5,0
II	1,0	3,0	1,0	2,0
III	2,0	6,0	2,0	3,0
IV	2,0	1,8	0,9	4,0
V	8,0	12,0	4,0	6,0

Sabendo-se que o equilíbrio químico foi atingido em três experimentos, indique os dois que não atingiram:

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

32. Fuvest-SP O equilíbrio



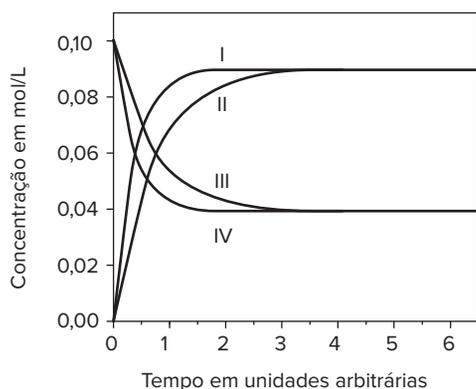
tem, a 370 °C, constante K_C igual a 64.

Para estudar esse equilíbrio, foram feitas 2 experiências independentes A e B:

- A.** 0,10 mol de cada gás, H_2 e I_2 , foram colocados em um recipiente adequado de 1 L, mantido a 370 °C até atingir o equilíbrio (a intensidade da cor não muda mais).
- B.** 0,20 mol do gás HI foi colocado em um recipiente de 1 L, idêntico ao utilizado em A, mantido a 370 °C até atingir o equilíbrio (a intensidade da cor não muda mais).
- a) Atendido o equilíbrio em A e em B, é possível distinguir os recipientes pela intensidade da coloração violeta? Justifique.
- b) Para a experiência A, calcule a concentração de cada gás no equilíbrio. Mostre, em um gráfico de concentração como variam, em função do tempo, as concentrações desses gases até que o equilíbrio seja atingido.

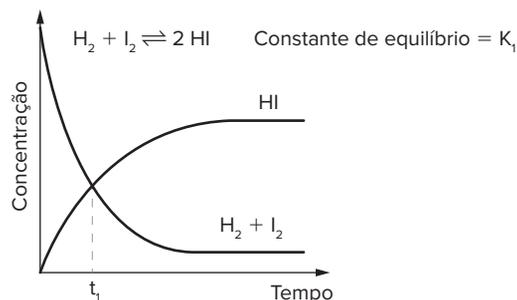
33. Unicamp-SP A figura a seguir representa, sob o ponto de vista cinético, a evolução de uma reação química hipotética na qual o reagente A se transforma no produto B. Das curvas I, II, III e IV, duas dizem respeito à reação catalisada e duas, à reação não catalisada.

- a) Quais das curvas representam as concentrações de A e de B, em função do tempo, para a reação não catalisada? Indique a curva que se refere à concentração de A e a curva que se refere à concentração de B.
- b) Calcule o valor da constante de equilíbrio para a reação de transformação de A em B.

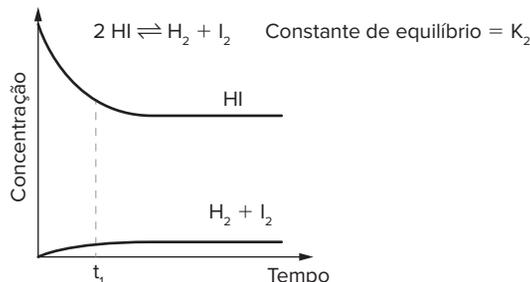


34. Fuvest-SP A uma determinada temperatura, as substâncias HI, H_2 e I_2 estão no estado gasoso. A essa temperatura, o equilíbrio entre as três substâncias foi estudado, em recipientes fechados, partindo-se de uma mistura equimolar de H_2 e I_2 (experimento **A**) ou somente de HI (experimento **B**).

Experimento A



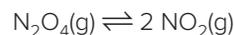
Experimento B



Pela análise dos dois gráficos, pode-se concluir que

- a) no experimento **A**, ocorre diminuição da pressão total no interior do recipiente, até que o equilíbrio seja atingido.
- b) no experimento **B**, as concentrações das substâncias (HI, H_2 e I_2) são iguais no instante t_1 .
- c) no experimento **A**, a velocidade de formação de HI aumenta com o tempo.
- d) no experimento **B**, a quantidade de matéria (em mols) de HI aumenta até que o equilíbrio seja atingido.
- e) no experimento **A**, o valor da constante de equilíbrio (K_1) é maior do que 1.

35. PUC-SP Um frasco a 25 °C foi preenchido, exclusivamente, com tetróxido de dinitrogênio (N_2O_4) ficando com pressão total de 3 atm. Nessas condições, o N_2O_4 se desproporciona formando o dióxido de nitrogênio (NO_2), segundo a equação



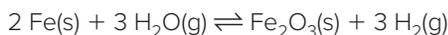
Mantida a temperatura, após atingido o equilíbrio do sistema verifica-se que a pressão parcial do N_2O_4 é de 2,25 atm.

A pressão parcial do NO_2 após atingido o equilíbrio e a constante de equilíbrio de desproporcionamento do N_2O_4 em função das pressões parciais (K_p) são, respectivamente,

- a) 1,5 atm e 1.
 b) 0,75 atm e 0,33.
 c) 0,75 atm e 0,25.
 d) 1,5 atm e 0,67.
 e) 0,75 atm e 3.

Deslocamento de equilíbrio

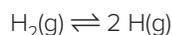
36. **FMC-RJ 2021** Observe a reação abaixo:



Considerando o equilíbrio representado pela reação, conclui-se que:

- As expressões das constantes de equilíbrio K_C e K_P e a relação entre elas podem ser descritas assim: sendo $K_C = [\text{H}_2]^3/[\text{H}_2\text{O}]^3$ e $K_P = p^3\text{H}_2/p^3\text{H}_2\text{O}$ e logo, $K_C = K_P$, pois $\Delta n = 3 - 3 = 0$.
- Se adicionarmos H_2O ao sistema em equilíbrio, a posição de equilíbrio estará deslocada para a esquerda.
- Se retirarmos H_2 do sistema em equilíbrio, a posição de equilíbrio estará deslocada para a esquerda.
- Se acrescentarmos $\text{Fe}(s)$ ao sistema, a posição de equilíbrio estará deslocada para direita.
- Se aumentarmos a pressão sobre o sistema, a posição de equilíbrio se deslocará para a direita.

37. **UFRGS 2020** Em altas temperaturas, o hidrogênio molecular pode estar em equilíbrio com o hidrogênio atômico através da seguinte reação



Sobre essa reação, são feitas as seguintes afirmações.

- A quantidade de hidrogênio atômico aumenta com o aumento da temperatura, porque a reação é endotérmica.
- Em condições de baixa temperatura, não há energia suficiente para romper a ligação.
- A variação de entalpia envolvida na reação é o dobro da entalpia de formação do hidrogênio atômico nas condições da reação.

Quais estão corretas?

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas I e II.
- Apenas II e III.
- I, II e III.

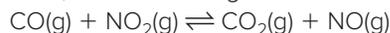
38. **Fuvest-SP 2019** Um antiácido comercial em pastilhas possui, em sua composição, entre outras substâncias, bicarbonato de sódio, carbonato de sódio e ácido cítrico. Ao ser colocada em água, a pastilha dissolve-se completamente e libera gás carbônico, o que causa a efervescência. Para entender a influência de alguns fatores sobre a velocidade de dissolução da pastilha, adicionou-se uma pastilha a cada um dos quatro recipientes descritos na tabela, medindo-se o tempo até a sua dissolução completa.

Solução	Tempo medido até a completa dissolução da pastilha (em segundos)
1. Água mineral sem gás à temperatura ambiente (25 °C)	36
2. Água mineral com gás à temperatura ambiente (25 °C)	35
3. Água mineral sem gás deixada em geladeira (4 °C)	53
4. Água mineral com gás deixada em geladeira (4 °C)	55

Para todos os experimentos, foi usada água mineral da mesma marca. Considere a água com gás como tendo gás carbônico dissolvido. Com base nessas informações, é correto afirmar que

- o uso da água com gás, ao invés da sem gás, diminuiu a velocidade de dissolução da pastilha em cerca de 50%, uma vez que, como já possui gás carbônico, há o deslocamento do equilíbrio para a formação dos reagentes.
- o uso da água com gás, ao invés da sem gás, aumentou a velocidade de dissolução da pastilha em cerca de 33%, uma vez que o gás carbônico acidifica a água, aumentando a velocidade de consumo do carbonato de sódio.
- nem a mudança de temperatura nem a adição de gás carbônico na solução afetaram a velocidade da reação, uma vez que o sistema não se encontra em equilíbrio.
- o aumento da temperatura da água, de 4 °C para 25 °C, levou a um aumento na velocidade da reação, uma vez que aumentou a frequência e a energia de colisão entre as moléculas envolvidas na reação.
- o aumento da temperatura da água, de 4 °C para 25 °C, levou a um aumento na velocidade da reação, uma vez que facilita a liberação de gás carbônico da solução, deslocando o equilíbrio para a formação dos reagentes.

- 43. UFRGS 2018** Considere os dados termodinâmicos da reação abaixo, na tabela a seguir.

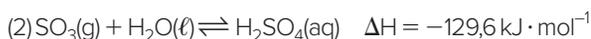
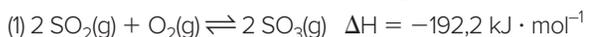


Substância	CO	NO ₂	CO ₂	NO
ΔH_f (kJ mol ⁻¹)	-110,5	33,2	-393,5	90,3

Com base nesses dados, considere as seguintes afirmações sobre o deslocamento do equilíbrio químico dessa reação.

- I. O aumento da temperatura desloca no sentido dos produtos.
 - II. O aumento da pressão desloca no sentido dos produtos.
 - III. A adição de CO₂ desloca no sentido dos reagentes.
- Quais estão corretas?
- a) Apenas I.
 - b) Apenas II.
 - c) Apenas III.
 - d) Apenas I e II.
 - e) I, II e III.

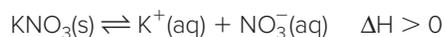
- 44. UEL-PR 2018** O gás sulfídrico é um gás incolor tóxico, irritante e muito solúvel em água. Esse gás também contribui para a intensificação da acidez da água da chuva em função da formação do ácido sulfúrico, de acordo com os sistemas dados a seguir.



Considerando os sistemas (1) e (2) em equilíbrio, responda aos itens a seguir.

- a) Escreva a equação do processo global (conversão do SO₂ a H₂SO₄), calculando a variação de sua entalpia.
- b) Considerando um sistema fechado, explique o que ocorrerá com a concentração de SO₃, ao se aumentar a pressão sobre o sistema (1), e o que ocorrerá no sistema (2), ao se diminuir a temperatura.

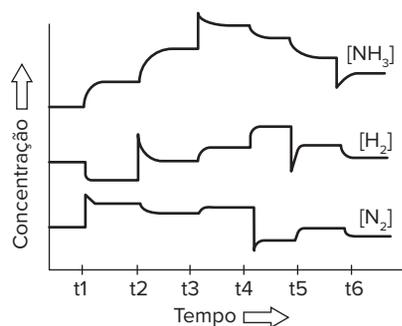
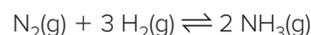
- 45. FICSAE-SP 2021** O equilíbrio químico da dissolução do sal nitrato de potássio em água é representado pela seguinte equação:



Após a imediata dissolução de certa quantidade deste sal em água, ocorre _____ da temperatura da água, já que sua dissolução em água é _____ e sua solubilidade _____ com o aumento da temperatura da água. Os termos que preenchem, respectivamente, as lacunas do texto são:

- a) aumento – exotérmica – diminui
- b) diminuição – endotérmica – aumenta
- c) aumento – endotérmica – diminui
- d) aumento – endotérmica – aumenta
- e) diminuição – exotérmica – aumenta

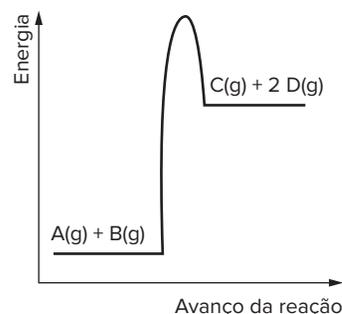
- 46. UFJF-MG 2017** Segundo o princípio de Le Châtelier, se um sistema em equilíbrio é submetido a qualquer perturbação externa, o equilíbrio é deslocado no sentido contrário a esta perturbação. Assim, conforme o sistema se ajusta, a posição do equilíbrio se desloca favorecendo a formação de mais produtos ou reagentes. A figura a seguir mostra diferentes variações no equilíbrio da reação de produção de amônia de acordo com a perturbação que ocorre.



Em quais tempos verifica-se um efeito que desloca o equilíbrio favorecendo os reagentes?

- a) t₁, t₂, t₆
- b) t₁, t₄, t₆
- c) t₂, t₃, t₄
- d) t₃, t₄, t₅
- e) t₃, t₅, t₆

- 47. UFRGS 2017** Observe a figura seguinte, sobre o perfil de energia de uma reação em fase gasosa.



Considere as seguintes afirmações a respeito dessa reação.

- I. A posição de equilíbrio é deslocada a favor dos produtos, sob aumento de temperatura.
- II. A posição de equilíbrio é deslocada a favor dos reagentes, sob aumento de pressão.
- III. A velocidade da reação inversa aumenta com a temperatura.

Quais estão corretas?

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

- 48. Unicid-SP 2016** O metanol, CH_3OH , é utilizado como solvente, anticongelante, material de partida para outros produtos químicos e também na produção de biodiesel. Considere a seguinte reação:

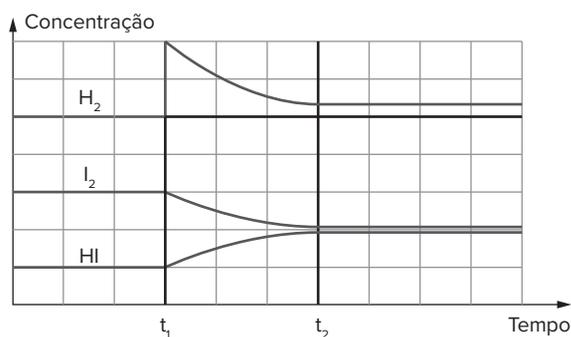


(<http://qnint.sbg.org.br>. Adaptado.)

- a) Escreva a expressão que representa a constante de equilíbrio (K_c) dessa reação e calcule o seu valor para um sistema em que, nas condições de equilíbrio as concentrações de metanol, monóxido de carbono e hidrogênio sejam $0,145 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ respectivamente.
- b) Considerando o princípio de Le Chatelier, o que acontece no sistema em equilíbrio quando a pressão é aumentada? Justifique sua resposta.
- 49. PUC-PR 2016** O Princípio de Le Chatelier infere que quando uma perturbação é imposta a um sistema químico em equilíbrio, este irá se deslocar de forma a minimizar tal perturbação.

Disponível em: <brasilecola.com/exercicios-quimica/exercicios-sobreprincipio-le-chatelier.htm>

O gráfico apresentado a seguir indica situações referentes à perturbação do equilíbrio químico indicado pela equação $\text{H}_2\text{(g)} + \text{I}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{HI(g)}$.

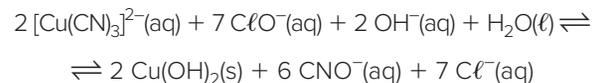


A partir da equação química apresentada e da observação do gráfico, considerando também que a reação é endotérmica em favor da formação do ácido iodídrico, a dinâmica do equilíbrio favorecerá

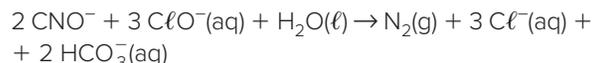
- a) a formação de iodo quando da adição de gás hidrogênio.
- b) o consumo de iodo quando da adição de gás hidrogênio.
- c) a diminuição na quantidade de ácido iodídrico quando do aumento da temperatura.
- d) o aumento na quantidade das substâncias simples quando ocorrer elevação da pressão total do sistema.
- e) formação de gás hidrogênio na reação direta a partir de t_1 , em virtude da adição de ácido iodídrico.
- 50. Fasm-SP 2017** Em indústrias de galvanização, os efluentes são comumente contaminados com íons metálicos provenientes das cubas eletrolíticas. Esses

íons podem ser eliminados dos efluentes por precipitação, formando hidróxidos metálicos insolúveis.

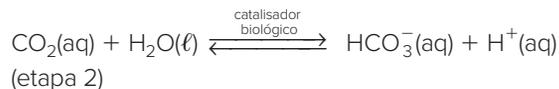
A equação a seguir representa a precipitação de íons Cu^{2+} :



Os íons fulminato (CNO^-) produzidos na reação podem ser eliminados do efluente por adição de íons hipoclorito, conforme a equação a seguir:

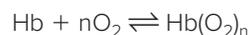


- a) De acordo com o princípio de Le Chatelier, a adição de um ácido ao efluente favorecerá ou prejudicará a precipitação dos íons Cu^{2+} ? Justifique sua resposta.
- b) Considerando $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, calcule o volume de gás nitrogênio produzido quando 10 mols de CNO^- são eliminados de um efluente, a 1 atm e a uma temperatura de 300 K.
- 51. Unesp 2014** Para a produção de energia, os mamíferos oxidam compostos de carbono nos tecidos, produzindo dióxido de carbono gasoso, $\text{CO}_2(\text{g})$ como principal subproduto. O principal meio de remoção do $\text{CO}_2(\text{g})$ gerado nos tecidos envolve sua dissolução em água, seguida da reação do gás dissolvido com a água, sob a ação de um catalisador biológico, a enzima anidrase carbônica, como representado a seguir.



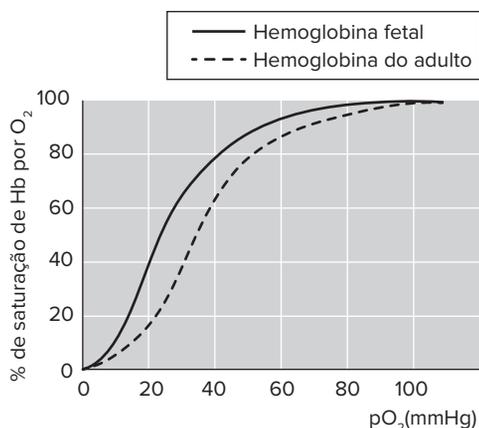
A respeito desse processo, é correto afirmar que

- a) a reação de formação de $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ na etapa 2 só ocorre na presença do catalisador biológico.
- b) a concentração de $\text{CO}_2(\text{aq})$ não influi na acidez do meio.
- c) a concentração de $\text{H}^+(\text{aq})$ aumenta com a elevação da temperatura.
- d) a concentração de $\text{H}^+(\text{aq})$ não varia com a elevação da temperatura.
- e) o aumento da concentração de $\text{CO}_2(\text{aq})$ aumenta a acidez do meio.
- 52. Fuvest-SP 2017** A hemoglobina (Hb) é a proteína responsável pelo transporte de oxigênio. Nesse processo, a hemoglobina se transforma em oxi-hemoglobina ($\text{Hb}(\text{O}_2)_n$). Nos fetos, há um tipo de hemoglobina diferente da do adulto, chamada de hemoglobina fetal. O transporte de oxigênio pode ser representado pelo seguinte equilíbrio:



em que Hb representa tanto a hemoglobina do adulto quanto a hemoglobina fetal.

A figura mostra a porcentagem de saturação de Hb por O₂ em função da pressão parcial de oxigênio no sangue humano, em determinado pH e em determinada temperatura.



A porcentagem de saturação pode ser entendida como:

$$\% \text{ de saturação} = \frac{[\text{Hb}(\text{O}_2)_n]}{[\text{Hb}(\text{O}_2)_n] + [\text{Hb}]} \cdot 100$$

Com base nessas informações, um estudante fez as seguintes afirmações:

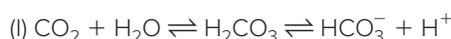
- I. Para uma pressão parcial de O₂ de 30 mmHg, a hemoglobina fetal transporta mais oxigênio do que a hemoglobina do adulto.
- II. Considerando o equilíbrio de transporte de oxigênio, no caso de um adulto viajar do litoral para um local de grande altitude, a concentração de Hb em seu sangue deverá aumentar, após certo tempo, para que a concentração de Hb(O₂)_n seja mantida.
- III. Nos adultos, a concentração de hemoglobina associada a oxigênio é menor no pulmão do que nos tecidos.

► **Note e adote:** pO₂(pulmão) > pO₂(tecidos)

É correto apenas o que o estudante afirmou em

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

53. Fuvest-SP 2021 O gás carbônico atmosférico reage com a água do mar conforme detalhado em (I):



As condições ambientais causadas pelo aumento de gás carbônico na atmosfera influenciam em processos caracterizados pela reação (II) durante o desenvolvimento de diversos organismos marinhos:

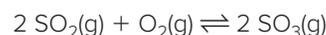


Tendo por base essas afirmações, assinale a alternativa correta:

- a) O processo (I) resulta em diminuição da alcalinidade da água do mar, comprometendo a estruturação de recifes por interferir na formação dos esqueletos calcários dos corais, conforme a reação (II).
- b) O processo (I) resulta em aumento da alcalinidade da água do mar, comprometendo processos de contração muscular de vertebrados marinhos por diminuir o cálcio livre disponível, como demonstrado em (II).
- c) O processo (I) não altera a alcalinidade da água do mar, mas compromete o processo de formação de conchas de moluscos marinhos, nos quais a estrutura básica é o carbonato de cálcio, produto da reação (II).
- d) O processo (I) resulta em diminuição da alcalinidade da água do mar, aumentando o pH e beneficiando o processo demonstrado em (II), o que favorece o crescimento de recifes de algas calcárias.
- e) O processo (I) resulta em aumento da alcalinidade da água do mar, beneficiando os processos de fermentação por bactérias marinhas em regiões de recifes de coral, que são formados pelo processo (II).

► **Note e adote:** Considere o bicarbonato solúvel e o carbonato de cálcio insolúvel.

54. FCMSCSP 2021 No processo de produção de ácido sulfúrico, uma das etapas envolve a reação dos gases dióxido de enxofre e oxigênio, formando o trióxido de enxofre, de acordo com a reação representada pela equação:



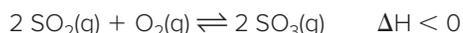
Dados da reação de formação do trióxido de enxofre são apresentados na tabela:

Temperatura (K)	Constante de equilíbrio
298	$4 \cdot 10^{24}$
700	$3 \cdot 10^4$

Trata-se de uma reação _____, favorecida _____ da temperatura. Nessa reação, a formação do gás SO₃ é favorecida _____ da pressão. As lacunas são preenchidas, respectivamente, por:

- a) endotérmica; pela diminuição; pelo aumento.
- b) exotérmica; pela diminuição; pela diminuição.
- c) exotérmica; pelo aumento; pela diminuição.
- d) endotérmica; pelo aumento; pelo aumento.
- e) exotérmica; pela diminuição; pelo aumento.

55. Fuvest-SP 2016 A oxidação de SO_2 a SO_3 é uma das etapas da produção de ácido sulfúrico.

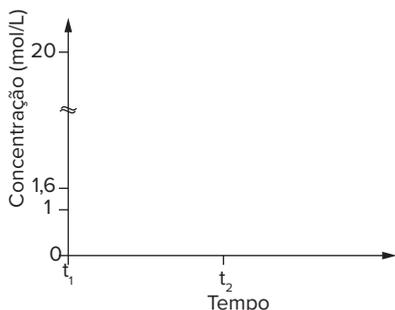


Em uma indústria, diversas condições para essa oxidação foram testadas. A tabela a seguir reúne dados de diferentes testes:

Número do teste	Reagentes	Pressão (atm)	Temperatura (°C)
1	$\text{SO}_2(\text{g})$ + excesso de $\text{O}_2(\text{g})$	500	400
2	excesso de $\text{SO}_2(\text{g})$ + $\text{O}_2(\text{g})$	500	1000
3	excesso de $\text{SO}_2(\text{g})$ + ar	1	1000
4	$\text{SO}_2(\text{g})$ + excesso de ar	1	400

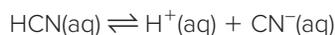
- a) Em qual dos quatro testes houve maior rendimento na produção de SO_3 ? Explique.
- b) Em um dado instante t_1 , foram medidas as concentrações de SO_2 , O_2 e SO_3 em um reator fechado, a 1000°C obtendo-se os valores: $[\text{SO}_2] = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $[\text{O}_2] = 1,6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $[\text{SO}_3] = 20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Considerando esses valores, como é possível saber se o sistema está ou não em equilíbrio? No gráfico a seguir, represente o comportamento das concentrações dessas substâncias no intervalo de tempo entre t_1 e t_2 , considerando que, em t_2 , o sistema está em equilíbrio químico.

► **Note e adote:** Para a reação dada, $K_c = 250$ a 1000°C .



Equilíbrios iônicos

56. Uerj simulado 2018 O cianeto de hidrogênio (HCN) é um gás extremamente tóxico, que sofre ionização ao ser dissolvido em água, conforme a reação a seguir.



Em um experimento, preparou-se uma solução aquosa de HCN na concentração de $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e grau de ionização igual a 0,5%.

A concentração de íons cianeto nessa solução, em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ é igual a:

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

57. UFPE Quando somos picados por uma formiga ela libera ácido metanoico (fórmico), HCOOH . Supondo que a dor que sentimos seja causada pelo aumento da acidez, e que ao picar a formiga libera um micromol de ácido metanoico num volume de um microlitro, qual deve ser a concentração de $\text{H}^+(\text{aq})$ na região da picada? Admita que a solução tem comportamento ideal e que a autoionização da água é desprezível. Dados: $K_a = 10^{-4}$ (constante de dissociação do ácido metanoico).

- a) 1 M
 b) 10^{-1} M
 c) 10^{-2} M
 d) 10^{-3} M
 e) 10^{-4} M

58. Famerp-SP 2019 Analise a tabela que apresenta a fórmula estrutural e as constantes de ionização de alguns ácidos monocarboxílicos encontrados na natureza.

Ácido	Fórmula estrutural	K_a
Fórmico	$\text{H} - \text{COOH}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Acético	$\text{H}_3\text{C} - \text{COOH}$	$1,75 \cdot 10^{-5}$
Butanoico	$\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$	$1,44 \cdot 10^{-5}$

Considere que três soluções de mesma concentração, em mol/L, uma de cada um desses ácidos, foram preparadas à mesma temperatura.

- a) Qual das três soluções preparadas apresentará maior condutividade elétrica? Justifique sua resposta.
- b) Em uma solução de ácido acético, foi adicionada certa quantidade de acetato de sódio (CH_3COONa) mantendo-se a temperatura constante. Indique o que deverá ocorrer com o grau de ionização do ácido acético. Justifique sua resposta com base no princípio de Le Chatelier e na equação de ionização a seguir:



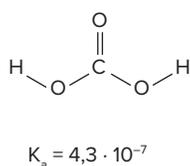
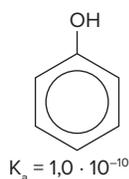
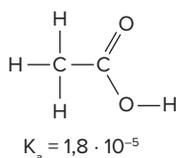
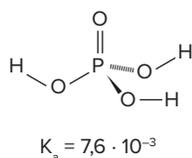
59. PUC-RS Para responder à questão, analise a tabela a seguir, que apresenta soluções aquosas de ácidos de igual concentração, em mol/L, e suas respectivas constantes de dissociação.

	Solução	K_a (25 °C)
I	Ácido acético	$1,8 \cdot 10^{-5}$
II	Ácido cianídrico	$6,2 \cdot 10^{-10}$
III	Ácido cloroso	$1,1 \cdot 10^{-2}$
IV	Ácido fórmico	$1,8 \cdot 10^{-4}$
V	Ácido hipocloroso	$3,0 \cdot 10^{-8}$

Pela análise da tabela, conclui-se que a ordem crescente de acidez das soluções aquosas é

- $I < IV < III < V < II$
- $II < V < I < IV < III$
- $III < I < IV < V < II$
- $IV < I < V < II < III$
- $V < III < II < I < IV$

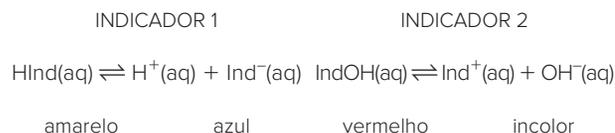
60. Mackenzie-SP Uma substância química é considerada ácida devido a sua tendência em doar íons H^+ em solução aquosa. A constante de ionização K_a é a grandeza utilizada para avaliar essa tendência. Assim, são fornecidas as fórmulas estruturais de algumas substâncias químicas, com os seus respectivos valores de K_a , a 25 °C.



A ordem crescente de acidez das substâncias químicas citadas é

- ácido fosfórico < ácido etanoico < ácido carbônico < ácido fênico.
 - ácido fênico < ácido carbônico < ácido etanoico < ácido fosfórico.
 - ácido fosfórico < ácido carbônico < ácido etanoico < ácido fênico.
 - ácido fênico < ácido etanoico < ácido carbônico < ácido fosfórico.
 - ácido etanoico < ácido carbônico < ácido fênico < ácido fosfórico.
- 61. Unifesp 2018** Indicadores ácido-base são ácidos orgânicos fracos ou bases orgânicas fracas, cujas dissociações em água geram íons que conferem à solução cor diferente da conferida pela molécula não dissociada.

Considere os equilíbrios de dissociação de dois indicadores representados genericamente por HInd e IndOH.



- Qual desses indicadores é o ácido fraco e qual é a base fraca? Justifique sua resposta.
- Que cor deve apresentar uma solução aquosa de ácido clorídrico diluído quando a ela for adicionado o indicador 1? Por que essa solução de ácido clorídrico mantém-se incolor quando a ela é adicionado o indicador 2 em vez do indicador 1?

62. UPF-RS 2015 No quadro, são mostradas diferentes soluções aquosas e seus respectivos valores de K_a , constante de ionização ácida.

I. Ácido nitroso ($HNO_2(aq)$)	$K_a = 5,0 \cdot 10^{-4}$
II. Ácido hipocloroso ($HClO(aq)$)	$K_a = 3,2 \cdot 10^{-8}$
III. Ácido hipobromoso ($HBrO(aq)$)	$K_a = 6,0 \cdot 10^{-9}$
IV. Ácido carbônico ($H_2CO_3(aq)$)	$K_a = 4,4 \cdot 10^{-7}$
V. Ácido bromídrico ($HBr(aq)$)	$K_a > 1$

Analisando os valores de K_a e considerando concentração em quantidade de matéria igual a $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ para as soluções listadas, assinale a alternativa correta.

- A solução aquosa de ácido hipobromoso ($HBrO(aq)$) irá apresentar caráter ácido menos acentuado do que a solução aquosa de ácido bromídrico ($HBr(aq)$).
- A solução aquosa de ácido hipocloroso ($HClO(aq)$) irá apresentar caráter ácido menos acentuado do que a solução aquosa de ácido hipobromoso ($HBrO(aq)$).
- A solução aquosa de ácido carbônico ($H_2CO_3(aq)$) irá apresentar caráter ácido mais acentuado do que a solução aquosa de ácido nitroso ($HNO_2(aq)$).
- O ácido carbônico ($H_2CO_3(aq)$) entre as soluções listadas, apresenta maior grau de ionização e, portanto, irá apresentar maior valor de pH.
- Dentre as soluções listadas, a solução aquosa de ácido bromídrico ($HBr(aq)$), é a que irá apresentar menor grau de ionização e a que será a melhor condutora de eletricidade.

63. UEL-PR A constante de ionização do ácido nítrico é muito grande, tendendo ao ∞ (infinito). Assim, as concentrações de moléculas $\text{HNO}_3(\text{aq})$, de íons $\text{H}^+(\text{aq})$ e de íons $\text{NO}_3^-(\text{aq})$ em uma solução aquosa 1 mol/L desse ácido são próximas, respectivamente, de

- $\infty, 1$ e 1
- $1, \infty$ e ∞
- $1, 1$ e ∞
- $0, 1$ e 1
- ∞, ∞ e ∞

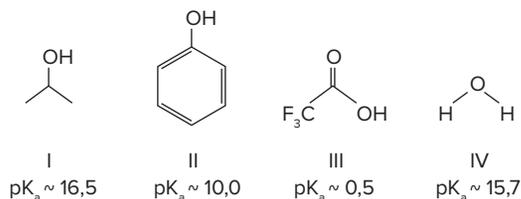
64. UFJF-MG 2021 (Adapt.) Ácidos orgânicos estão presentes em nosso cotidiano, principalmente em nossa alimentação. O vinagre, por exemplo, contém ácido acético a 5% e o ácido propanóico, por sua vez, é o responsável pelo aroma de alguns queijos. O quadro abaixo mostra a constante de acidez para alguns desses ácidos.

Ácido	Constante de acidez
Fórmico	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Acético	$1,8 \cdot 10^{-5}$
1-propanoico	$1,3 \cdot 10^{-5}$
1-butanoico	$1,5 \cdot 10^{-5}$

Sobre os ácidos apresentados, responda o que se pede.

- De acordo com os dados do quadro acima, ordene os ácidos em ordem crescente de força de acidez.
- Escreva a equação matemática da constante de equilíbrio para o ácido fórmico.

65. UFU-MG Considere os compostos de I a IV e seus respectivos pK_a em água.



Com relação a esses compostos, é INCORRETO afirmar que

- II é mais ácido que I.
- I é menos ácido do que a água.
- II e III são os compostos de maior acidez.
- IV é o composto menos ácido entre os demais.

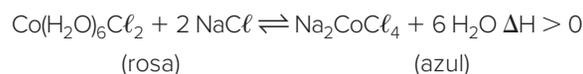
66. UPF-RS 2016 Para os ácidos listados a seguir foram preparadas soluções aquosas de mesmo volume e concentração.

- Ácido cloroso (HClO_2) $K_a = 1,1 \cdot 10^{-2}$
- Ácido fluorídrico (HF) $K_a = 6,7 \cdot 10^{-4}$
- Ácido hipocloroso (HClO) $K_a = 3,2 \cdot 10^{-8}$
- Ácido cianídrico (HCN) $K_a = 4,0 \cdot 10^{-10}$

Considerando as constantes de ionização (K_a), a concentração do íon H_3O^+ é:

- menor na solução do ácido I.
- maior na solução do ácido I.
- igual nas soluções dos ácidos III e IV.
- igual nas soluções dos ácidos I, II, III e IV.
- maior na solução do ácido IV.

67. Udesc Considere a seguinte reação química em equilíbrio:



Esta equação representa a reação química na qual se baseiam alguns objetos decorativos que indicam alteração no tempo, principalmente com relação a mudanças na umidade relativa do ar. A superfície do objeto é revestida com sais a base de cloreto de cobalto(II), que apresenta coloração azul.

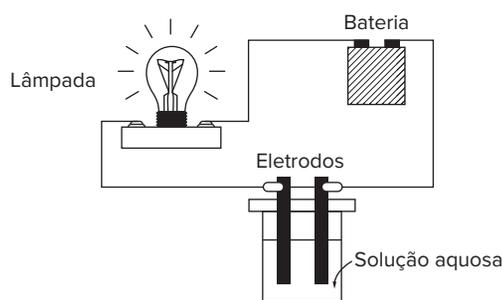
Com relação a esse equilíbrio, assinale a alternativa **correta**.

- A diminuição da temperatura, juntamente com aumento da umidade, desloca o equilíbrio para a direita, tornando azul a superfície do objeto.
- O aumento da umidade faz com que a concentração dos íons cloreto diminua, deslocando assim o equilíbrio para a direita.
- O aumento da umidade do ar faz com que o equilíbrio se desloque para a esquerda, tornando rosa a cor do objeto.
- A diminuição da temperatura, mantendo a umidade constante, torna o objeto azul.
- O aumento da temperatura, mantendo a umidade constante, faz com que haja evaporação da água da superfície do objeto, tornando-o rosa.

68. IFCE O ácido fórmico (HCHO_2) é monoprotico fraco. Quando em solução, numa concentração de 0,2 M, ele se encontra 3,2% ionizado. A constante de ionização do ácido e a concentração molar do íon H^+ são, respectivamente:

- $K_a = 2,05 \cdot 10^{-4}$ e $[\text{H}^+] = 6,4 \cdot 10^{-3}$ M
- $K_a = 6,4 \cdot 10^{-3}$ e $[\text{H}^+] = 5,0 \cdot 10^{-5}$ M
- $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$ e $[\text{H}^+] = 3,2 \cdot 10^{-3}$ M
- $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$ e $[\text{H}^+] = 6,4 \cdot 10^{-3}$ M
- $K_a = 2,05 \cdot 10^{-3}$ e $[\text{H}^+] = 6,4 \cdot 10^{-4}$ M

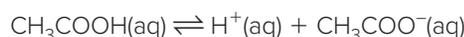
69. **FMJ-SP 2016** Considere o esquema de um sistema utilizado para demonstrar a condutividade elétrica de soluções e a tabela que apresenta três soluções aquosas, de mesma concentração, testadas nesse sistema.



	Soluções	Constante ácida 25 °C (K_a)
1	HClO ₂	$1,1 \cdot 10^{-2}$
2	CH ₃ COOH	$1,8 \cdot 10^{-5}$
3	C ₆ H ₅ OH	$1,3 \cdot 10^{-10}$

O circuito elétrico desse sistema se fecha quando os eletrodos são imersos numa solução contendo íons livres, um material condutor. A lâmpada brilha com intensidade proporcional à passagem de corrente elétrica e à concentração de íons livres na solução.

- a) A lâmpada apresentou menor intensidade luminosa quando qual solução foi testada? Justifique sua resposta.
 b) O equilíbrio químico envolvido na ionização do composto presente na solução de número 2 pode ser representado pela equação:

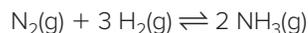


Considerando que uma amostra desse ácido foi diluída com água até se obter uma solução com concentração de íons H⁺ igual a $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ a 25 °C, determine o valor da concentração, em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ do ânion e do ácido nessa solução. Apresente os cálculos efetuados.

70. **Ufes** Uma solução é preparada introduzindo-se 14,1 g de ácido nitroso em um balão volumétrico de 1000 cm³ e completando-se com água destilada. Sabendo-se que 4,1% do ácido se dissociou, determine os valores das concentrações dos produtos no equilíbrio e o valor do K_a para o ácido nitroso.

► **Dados:** Massas atômicas: H = 1 u; N = 14 u; O = 16 u.

71. **UFJF-MG 2020** A amônia, NH₃, é amplamente utilizada na indústria de fertilizantes, e em outras sínteses industriais, principalmente na do ácido nítrico. Foi Fritz Haber, um químico alemão quem mostrou, em 1908, que uma pequena quantidade de amônia é gerada quando se mistura nitrogênio e hidrogênio gasosos sob certas condições especiais, segundo a equação:



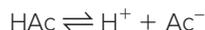
O processo foi amplamente estudado em função da temperatura e da pressão, para maximizar o rendimento de NH₃. O valor da constante de equilíbrio (K_p) da reação de formação da amônia a partir do nitrogênio e do hidrogênio, em várias temperaturas e em pressão constante, é mostrado na tabela abaixo:

Temperatura (°C)	300	400	500	600
K_p	$4,34 \cdot 10^{-3}$	$1,64 \cdot 10^{-4}$	$1,45 \cdot 10^{-5}$	$2,25 \cdot 10^{-6}$

Considerando as informações fornecidas, assinale a alternativa **CORRETA**:

- a) A síntese da amônia é um processo endotérmico e o aumento da pressão favorece a produção de NH₃.
 b) A síntese da amônia é um processo endotérmico e a diminuição da pressão favorece a produção de NH₃.
 c) A síntese da amônia é um processo exotérmico e o aumento da pressão favorece a produção de NH₃.
 d) A síntese da amônia é um processo exotérmico e a diminuição da pressão favorece a produção de NH₃.
 e) A síntese da amônia não é influenciada pela temperatura, pois a constante de equilíbrio se adequa a essa mudança e também não é influenciada pela pressão, pois os componentes são todos gasosos e em equilíbrio.

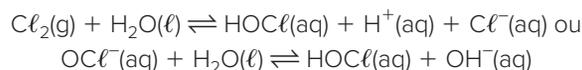
72. **PUC-Minas** Numa solução de ácido acético (HAc), temos o seguinte equilíbrio:



Se adicionarmos acetato de sódio (NaAc) a essa solução:

- a) a concentração de íons H^+ deverá diminuir.
- b) a concentração de íons H^+ permanecerá a mesma.
- c) a concentração de íons H^+ deverá aumentar.
- d) a concentração de HAc não dissociado diminuirá.
- e) nada acontecerá com o equilíbrio.

73. **UFMG** O ácido hipocloroso, HOCl , é um poderoso agente desinfetante utilizado no tratamento da água. Por ser instável para ser armazenado na forma concentrada, normalmente, o HOCl é gerado, no momento do uso, por meio de uma das seguintes reações:



Com relação a esses processos, é INCORRETO afirmar que

- a) a adição de gás cloro a águas alcalinas pode levar à conversão indesejada do HOCl em OCl^- .
- b) a adição de gás cloro provoca uma diminuição do pH da água.
- c) a condutividade elétrica da água aumenta após a adição do $\text{Cl}_2(\text{g})$.
- d) a formação do HOCl a partir do hipoclorito é favorecida em águas alcalinas.

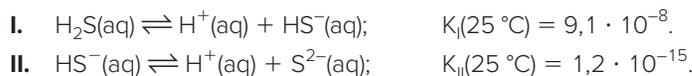
74. **UFRGS 2018** Considere as seguintes afirmações sobre o comportamento de ácidos em solução aquosa.

- I. O grau de ionização de um ácido fraco, como o ácido acético, aumenta com o aumento da diluição.
- II. A maior concentração de um ácido forte acarreta maior grau de ionização e maior constante de ionização.
- III. A segunda constante de ionização de um ácido poliprótico é sempre menor que a primeira constante.

Quais estão corretas?

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

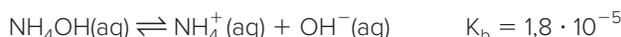
75. **ITA-SP** Na temperatura de 25°C e pressão igual a 1 atm, a concentração de H_2S numa solução aquosa saturada é de aproximadamente $0,1 \text{ mol L}^{-1}$. Nesta solução, são estabelecidos os equilíbrios representados pelas seguintes equações químicas balanceadas:



Assinale a informação ERRADA relativa a concentrações aproximadas (em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) das espécies presentes nesta solução.

- a) $[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}] \approx 1 \cdot 10^{-23}$.
- b) $[\text{S}^{2-}] \approx 1 \cdot 10^{-15}$.
- c) $[\text{H}^+] \approx 1 \cdot 10^{-7}$.
- d) $[\text{HS}^-] \approx 1 \cdot 10^{-4}$.
- e) $[\text{H}_2\text{S}] \approx 1 \cdot 10^{-1}$.

76. **PUC-RS** Tem-se 250 mL de uma solução $0,100 \text{ mol/L}$ de hidróxido de amônio, à temperatura de 25°C . Nesta solução ocorre o equilíbrio



Se esta solução for diluída a 500 mL com água pura, e a temperatura permanecer constante, a concentração, em mol/L, de íons OH^- _____, e a quantidade, em mol, de íons OH^- _____.

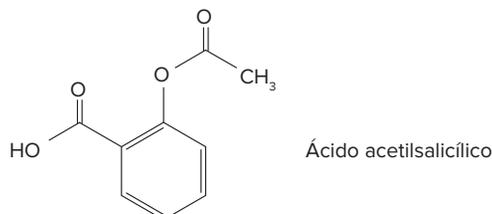
- a) diminuirá – aumentará
- b) diminuirá – diminuirá
- c) aumentará – aumentará
- d) aumentará – diminuirá
- e) ficará constante – ficará constante

77. **Fuvest-SP 2017** Muitos medicamentos analgésicos contêm, em sua formulação, o ácido acetilsalicílico, que é considerado um ácido fraco (constante de ionização do ácido acetilsalicílico $3,2 \cdot 10^{-4}$). A absorção desse medicamento no estômago do organismo humano ocorre com o ácido acetilsalicílico em sua forma não ionizada.

- a) Escreva a equação química que representa a ionização do ácido acetilsalicílico em meio aquoso, utilizando fórmulas estruturais.
- b) Escreva a expressão da constante de equilíbrio para a ionização do ácido acetilsalicílico. Para isto, utilize o símbolo AA para a forma não ionizada e o símbolo AA^- para a forma ionizada.

- c) Considere um comprimido de aspirina contendo 540 mg de ácido acetilsalicílico, totalmente dissolvido em água, sendo o volume da solução 1,5 L. Calcule a concentração, em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ dos íons H^+ nessa solução. Em seus cálculos, considere que a variação na concentração inicial do fármaco, devido à sua ionização, é desprezível.
- d) No pH do suco gástrico, a absorção do fármaco será eficiente? Justifique sua resposta.

► **Note e adote:** pH do suco gástrico: 1,2 a 3,0
Massa molar do ácido acetilsalicílico: $180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$



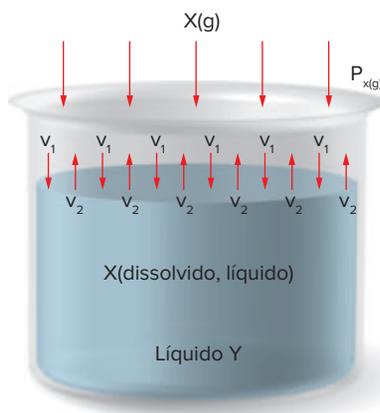
78. ITA-SP Um indicador ácido-base monoprótico tem cor vermelha em meio ácido e cor laranja em meio básico. Considere que a constante de dissociação desse indicador seja igual a $8,0 \cdot 10^{-5}$. Assinale a opção que indica a quantidade, em mols, do indicador que, quando adicionada a 1 L de água pura, seja suficiente para que 80% de suas moléculas apresentem a cor vermelha após alcançar o equilíbrio químico.

- a) $1,3 \cdot 10^{-5}$ c) $9,4 \cdot 10^{-5}$ e) $1,6 \cdot 10^{-3}$
b) $3,2 \cdot 10^{-5}$ d) $5,2 \cdot 10^{-4}$

Texto complementar

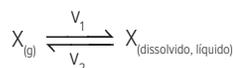
No início do século XIX, entre 1801 e 1803, o cientista inglês William Henry enunciou uma lei que trata da solubilidade de gases em líquidos:

A *solubilidade de gases em líquidos*, a uma dada temperatura, é diretamente proporcional à pressão parcial que esse gás exerce na superfície do líquido.



Equilíbrio dinâmico entre substância gasosa e a mesma substância dissolvida em líquido.

Portanto, segundo o enunciado da lei de Henry, para o equilíbrio de equação:



no qual teremos:

$$S_x = k_x \cdot P_x$$

em que S_x é a solubilidade de um gás X em um líquido, em mol/L, k_x é a constante de Henry para um gás X dissolvido em um líquido, a uma dada temperatura, e P_x é a pressão parcial que um gás X exerce na superfície de um líquido.

Essa lei só é válida quando o gás e a solução apresentam comportamento ideal, ou seja, quando o gás não exerce sobre o líquido uma pressão muito grande e quando a concentração do gás dissolvido no líquido é pequena.

Quando um gás se dissolve em um líquido, estabelece com ele interações intermoleculares. A formação dessas ligações é sempre exotérmica. Portanto, a dissolução de gases em líquidos libera calor. Pelo princípio de Le Chatelier, o processo de dissolução de gases em líquidos é favorecido por temperaturas baixas. Assim, para diminuir a solubilidade de um gás em um líquido, basta aquecê-lo. Logo, a constante de Henry, k_x , diminui com o aumento da temperatura. Isso explica por que é mais fácil criar peixes em águas mais frias, já que, em temperaturas mais baixas, há mais gás oxigênio dissolvido. Ainda, vale dizer que, para manter o gás dos refrigerantes, é preciso mantê-lo resfriado o tempo todo depois de aberto.

Entretanto, a constante de Henry não depende somente da temperatura. Quanto maiores forem as interações entre líquidos e os gases neles dissolvidos, maiores serão as constantes de Henry para uma dada temperatura. Por exemplo, CO_2 interage mais fortemente com a água que o O_2 , pois, apesar de ambos os gases serem apolares, o CO_2 apresenta ligações polares, que intensificam as interações com os polos da água. A seguir, temos uma tabela com algumas constantes de Henry.

Gás	$K \cdot (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1})$
Argônio	$1,5 \cdot 10^{-3}$
Dióxido de carbono	$2,3 \cdot 10^{-2}$
Hélio	$3,7 \cdot 10^{-4}$
Hidrogênio	$8,5 \cdot 10^{-4}$
Neônio	$5,0 \cdot 10^{-4}$
Nitrogênio	$7,0 \cdot 10^{-4}$
Oxigênio	$1,3 \cdot 10^{-3}$

Constantes de Henry de gases em água, em 20 °C.

O aumento da pressão parcial que o gás exerce sobre a superfície do líquido é muito importante. Quanto maior for a pressão parcial que um gás exerce sobre a superfície do líquido, maior será a solubilidade daquele gás nesse líquido. Isso explica, por exemplo, por que uma garrafa fechada de refrigerante ou de champanhe mantém o gás, mas, ao abrir a garrafa, com a diminuição da pressão parcial do CO_2 sobre a superfície do líquido, o gás perde a solubilidade. Como consequência, vemos as bolhas de gás saindo do líquido com o passar do tempo.

Outro exemplo da influência da pressão parcial está relacionado à prática do mergulho. Ao mergulhar em grandes profundidades, respiramos com uma pressão maior. Com isso, os gases se dissolvem mais no sangue. Quando se retorna à superfície muito depressa, a solubilidade desses gases no sangue diminui, podendo ocorrer um borbulhamento nas veias e nas artérias, problema chamado de embolia, o que torna o mergulho um esporte que requer cuidado e perícia. Para que a embolia não ocasione a morte de um mergulhador, é preciso que, na subida, ele faça paradas de segurança, para que o excesso de gases dissolvidos possa sair pelos pulmões. Também é preciso que, no cilindro de gás que o mergulhador leva para respirar, o teor de O_2 seja menor do que no ar atmosférico. Para que a concentração de gás oxigênio no sangue durante o mergulho seja a mesma de uma pessoa fora da água, compensa-se a maior pressão durante o mergulho com menor fração molar de O_2 na mistura, para que a pressão parcial de oxigênio se mantenha a mesma. Com isso, a solubilidade de O_2 no sangue se mantém a mesma.

Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

- Fenômenos químicos reversíveis são aqueles que podem ocorrer tanto no sentido direto quanto no sentido inverso. Eles não acontecem com as mesmas energias de ativação nem com as mesmas velocidades, mas a tendência natural é de que as velocidades das reações direta e inversa se igualem a partir de certo momento e o sistema entre em **equilíbrio químico**. Para que um fenômeno químico seja reversível, é preciso que o sistema seja fechado, isto é, não troque matéria com o meio externo.
- Grau de equilíbrio (α) é a porcentagem de reagente limitante que efetivamente se converte em produto para que o sistema entre em equilíbrio.
- Para uma reação genérica descrita pela equação:



a constante de equilíbrio em termos de concentrações é dada pela seguinte expressão:

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

e a constante de equilíbrio em termos de pressões parciais é dada por:

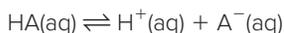
$$K_p = \frac{(P_C)^c \cdot (P_D)^d}{(P_A)^a \cdot (P_B)^b}$$

A relação entre K_c e K_p é: $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$.

As constantes de equilíbrio são adimensionais.

- O princípio de Le Chatelier diz que: quando se perturba um sistema em equilíbrio, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, no sentido de minimizá-la ou de anulá-la.
- Um sistema em equilíbrio pode ser perturbado quando se alteram a **concentração das substâncias**, a **temperatura** e a **pressão**.
 - ↑ [Reagentes] e/ou ↓ [Produtos] ⇒ desloca no sentido DIRETO
 - ↓ [Reagentes] e/ou ↑ [Produtos] ⇒ desloca no sentido INVERSO
 - ↑ Temperatura ⇒ desloca no sentido ENDO
 - ↓ Temperatura ⇒ desloca no sentido EXO
 - ↑ Pressão ⇒ desloca no sentido ↓ n(g)
 - ↓ Pressão ⇒ desloca no sentido ↑ n(g)

- A ionização dos ácidos acontece segundo a equação:



e a constante de equilíbrio iônico é dada por:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+(\text{aq})] \cdot [\text{A}^-(\text{aq})]}{[\text{HA(aq)}]}$$

↑ força do ácido \Rightarrow ↑ K_a

Se um ácido for poliprótico, para cada ionização parcial, haverá um K_a , sendo $K_{a1} > K_{a2} > K_{a3} > K_{a4}$.

- A ionização das bases fracas acontece segundo a equação:



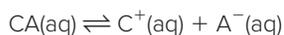
e a constante de ionização é dada por:

$$K_b = \frac{[\text{C}^+(\text{aq})] \cdot [\text{OH}^-(\text{aq})]}{[\text{C(OH)(aq)}]}$$

↑ força da base \Rightarrow ↑ K_b

Não há sentido em aplicar K_a e K_b para ácidos e bases fortes.

- A constante de ionização (K_i) é uma generalização de todas as constantes de equilíbrio iônico homogêneo. Para um eletrólito genérico em que C é o cátion e A é o ânion, teremos:



em que a constante de ionização é dada por:

$$K_i = \frac{[\text{C}^+(\text{aq})] \cdot [\text{A}^-(\text{aq})]}{[\text{CA(aq)}]}$$

- Lei de Ostwald:

$$\text{Se } \alpha > 10\% \Rightarrow K_i = \frac{\eta \cdot \alpha^2}{1 - \alpha}$$

$$\text{Se } \alpha < 10\% \Rightarrow (1 - \alpha) \cong 1 \Rightarrow K_i = \eta \cdot \alpha^2$$

em que η é a concentração em quantidade de matéria.

Quer saber mais?



Sites

<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc21/v21a09.pdf>

No experimento apresentado neste artigo são abordados os conceitos referentes à chuva ácida, ao equilíbrio químico e à acidez e basicidade. Acesso em: 30 ago. 2022.

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/acid-base-solutions

Nesse simulador podem ser analisadas soluções de ácidos e de bases quanto a suas concentrações, íons dissolvidos, pH e outros parâmetros. Acesso em: 30 ago. 2022.

Exercícios complementares

Equilíbrios moleculares

1. **Mackenzie-SP 2018** Considerando-se o equilíbrio químico equacionado por $\text{A(g)} + 2 \text{B(g)} \rightleftharpoons \text{AB}_2(\text{g})$, sob temperatura de 300 K, a alternativa que mostra a expressão correta da constante de equilíbrio em termos de concentração em mols por litro é

a) $\frac{[\text{AB}_2]}{[\text{A}] \cdot [\text{B}]^2}$

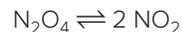
d) $\frac{[\text{A}] + [\text{B}]^2}{[\text{AB}_2]}$

b) $\frac{[\text{A}] \cdot [\text{B}]^2}{[\text{AB}_2]}$

e) $\frac{[\text{AB}_2]^2}{[\text{A}] \cdot [\text{B}]^2}$

c) $\frac{[\text{AB}_2]}{[\text{A}] + [\text{B}]^2}$

2. **Fuvest-SP** N_2O_4 e NO_2 , gases poluentes do ar, encontram-se em equilíbrio, como indicado:



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) $2,4 \cdot 10^{-3}$

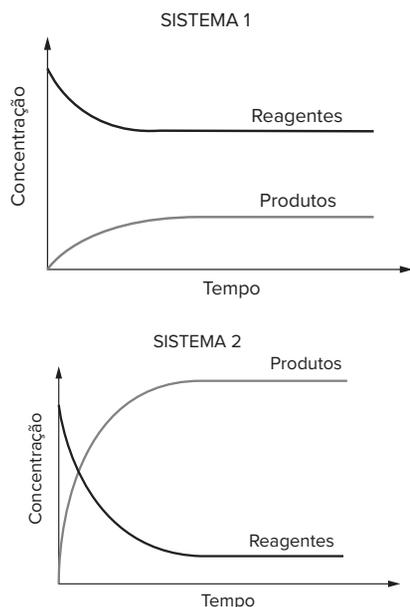
b) $4,8 \cdot 10^{-3}$

c) $5,0 \cdot 10^{-3}$

d) $5,2 \cdot 10^{-3}$

e) $8,3 \cdot 10^{-2}$

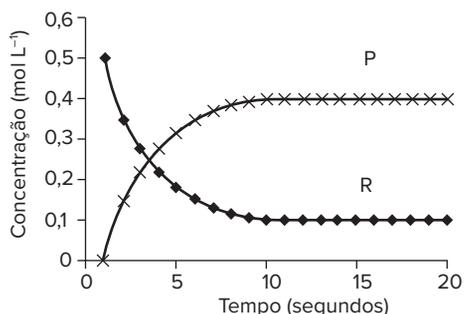
3. **Fasm-SP 2017** Analise os gráficos dos sistemas 1 e 2.



Os gráficos mostram a variação da concentração de reagentes e de produtos em dois sistemas, em que ocorrem, respectivamente, as reações genéricas $A \rightleftharpoons B$ e $X \rightleftharpoons Y$, até que ambos entrem em equilíbrio dinâmico.

- Considerando que ambos os equilíbrios ocorrem na mesma temperatura, determine qual das reações apresenta a maior constante de equilíbrio. Justifique sua resposta.
- Considere que, em um recipiente de 5 litros, foi adicionado 0,3 mol da substância A. Calcule a concentração da substância B no sistema em equilíbrio e a constante de equilíbrio para o sistema 1, sabendo que apenas 20% de A se converteu em B.

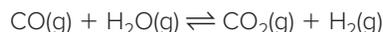
4. **PUC-Rio 2016** O gráfico a seguir mostra o caminho da reação de conversão de um reagente (R) em um produto (P), tendo r e p como coeficientes estequiométricos. A cinética da reação é de primeira ordem.



A partir das informações do gráfico é certo que

- a reação é completa.
- o valor da constante de equilíbrio é 4.
- o equilíbrio reacional é alcançado somente a partir de 15 s.
- a velocidade da reação é maior em 10 s do que em 5 s.
- a reação tem os coeficientes r e p iguais a 2 e 1 respectivamente.

5. **Unifesp** A constante de equilíbrio para a reação na fase gasosa



vale 25, a 600 K.

Foi feita uma mistura contendo 1,0 mol de CO, 1,0 mol de H₂O, 2,0 mol de CO₂ e 2,0 mol de H₂ em um frasco de 1,0 L, a 600 K. Quais as concentrações de CO(g) e CO₂(g), em mol/L, quando for atingido o equilíbrio?

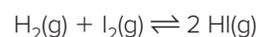
- 3,5 e 1,5.
- 2,5 e 0,5.
- 1,5 e 3,5.
- 0,5 e 2,5.
- 0,5 e 3,0.

6. **UEG-GO** Considere um recipiente fechado contendo 1,2 mol de uma espécie química AB(g), a certa temperatura. Depois de certo tempo, verificou-se que AB(g) foi decomposto em A₂(g) e B₂(g) até atingir o equilíbrio químico, em que se constatou a presença de 0,45 mol de B₂(g). O grau de dissociação, em porcentagem, de AB(g) nas condições apresentadas é igual a:

- 25
- 50
- 75
- 90

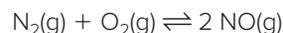
7. **UFPR** Considere os sistemas químicos descritos a seguir.

- Uma mistura de hidrogênio, iodo e iodeto de hidrogênio é introduzida num recipiente aquecido a 783 K. Cada um dos componentes da mistura encontra-se no estado gasoso e na concentração de $2,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Nesse sistema ocorre a reação



cuja constante de equilíbrio é igual a 46.

- Uma mistura de N₂(g), O₂(g) e NO(g) é introduzida num recipiente aquecido a 800 K. A concentração de cada um dos seus componentes é igual a $2,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Nesse sistema ocorre a reação



cuja constante de equilíbrio é igual a $3,40 \cdot 10^{-21}$.

Sobre os sistemas I e II, é correto afirmar:

- As constantes de equilíbrio indicam que a velocidade da reação no sistema I é maior que a velocidade da reação no sistema II.
- Quando o sistema I atinge o estado de equilíbrio, predomina a espécie HI.
- Quando o sistema II atinge o estado de equilíbrio, predomina a espécie NO.
- No sistema I, ocorre o consumo de gás hidrogênio até que o estado de equilíbrio seja atingido.
- No sistema II, a concentração do gás nitrogênio aumenta até que o estado de equilíbrio seja atingido.
- No sistema II, após o equilíbrio ser atingido, a concentração de oxigênio é igual à concentração de nitrogênio.

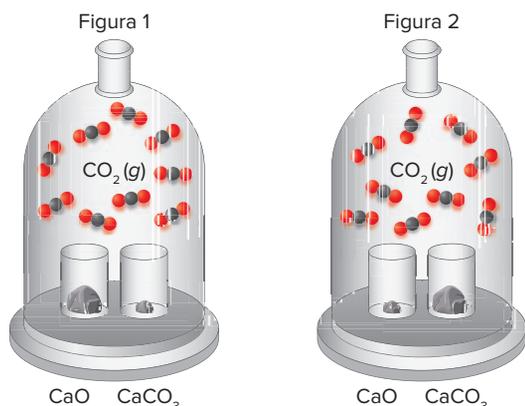
Soma:

8. **Unicamp-SP 2017** Uma equação química é uma equação matemática no sentido de representar uma igualdade: todos os átomos e suas quantidades que aparecem nos reagentes também devem constar nos produtos.

Considerando uma equação química e sua correspondente constante de equilíbrio, pode-se afirmar corretamente que, multiplicando-se todos os seus coeficientes por 2, a constante de equilíbrio associada a esta nova equação será

- o dobro da constante da primeira equação química, o que está de acordo com um produto.
- o quadrado da constante da primeira equação, o que está de acordo com um produto.
- igual à da primeira equação, pois ela é uma constante, o que está de acordo com um somatório.
- a constante da primeira equação multiplicada por $\ln 2$, o que está de acordo com um somatório.

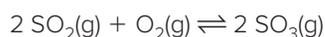
9. **FICSAE-SP 2022** As figuras 1 e 2 representam o equilíbrio _____ entre carbonato de cálcio (CaCO_3), óxido de cálcio (CaO) e dióxido de carbono (CO_2). Nesse equilíbrio, verifica-se que a pressão parcial do gás _____ da quantidade de sólidos presente no sistema e que a constante de equilíbrio para a decomposição do CaCO_3 é expressa por _____.



(Theodore L. Brown et al. Química, a ciência central, 2005.)

As lacunas do texto são preenchidas, respectivamente, por:

- heterogêneo; independente; $K_C = [\text{CO}_2]$
 - heterogêneo; independente; $K_C = \frac{[\text{CaO}] \cdot [\text{CO}_2]}{[\text{CaCO}_3]}$
 - homogêneo; independente; $K_C = [\text{CO}_2]$
 - heterogêneo; depende; $K_C = [\text{CO}_2]$
 - homogêneo; depende; $K_C = \frac{[\text{CaO}] \cdot [\text{CO}_2]}{[\text{CaCO}_3]}$
10. **UEM-PR** Em um reator fechado, mantido sob pressão de 6,0 atm, encontra-se o sistema gasoso em equilíbrio a 300 K:



As quantidades dos participantes no equilíbrio são: 1,0 mol de oxigênio, 2,0 mols de dióxido de enxofre e 3,0 mols de trióxido de enxofre.

Assinale o que for **correto**.

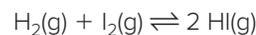
- O valor da constante de equilíbrio do sistema, em termos de pressões parciais, a 300 K, é $2,25 \text{ atm}^{-1}$.
- O valor da constante de equilíbrio irá mudar com a alteração da temperatura.

- Na situação de equilíbrio, as reações direta e inversa param de ocorrer.
- O valor da constante de equilíbrio, em termos de concentração, a 300 K, é de aproximadamente $55,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- A partir do instante em que o sistema atinge o estado de equilíbrio, as concentrações (em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) dos participantes se igualam.

Soma: _____

11. **ITA-SP** Em um balão fechado e sob temperatura de 27°C , $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ está em equilíbrio com $\text{NO}_2(\text{g})$. A pressão total exercida pelos gases dentro do balão é igual a 1,0 atm e, nestas condições, $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ encontra-se 20% dissociado.
- Determine o valor da constante de equilíbrio para a reação de dissociação do $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$. Mostre os cálculos realizados.
 - Para a temperatura de 27°C e pressão total dos gases dentro do balão igual a 0,10 atm, determine o grau de dissociação do $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$. Mostre os cálculos realizados.

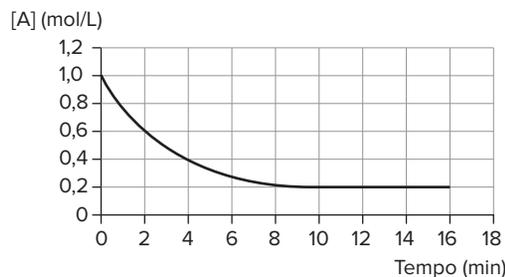
12. **Fuvest-SP** Um recipiente fechado de 1 litro contendo inicialmente, à temperatura ambiente, 1 mol de I_2 e 1 mol de H_2 é aquecido a 300°C . Com isto estabelece-se o equilíbrio



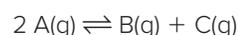
cujas constantes são iguais a $1,0 \cdot 10^2$. Qual a concentração, em mol/L, de cada uma das espécies $\text{H}_2(\text{g})$, $\text{I}_2(\text{g})$ e $\text{HI}(\text{g})$, nessas condições?

- 0, 0, 2
- 1, 1, 10
- $\frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{5}{3}$
- $\frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{5}{6}$
- $\frac{1}{11}, \frac{1}{11}, \frac{10}{11}$

13. **UFRJ** Em um recipiente de um litro foi adicionado um mol de uma substância gasosa A, que imediatamente passou a sofrer uma reação de decomposição. As concentrações molares de A foram medidas em diversos momentos e verificou-se que, a partir do décimo minuto, a sua concentração se tornava constante, conforme os dados registrados no gráfico a seguir.



A decomposição de A ocorre segundo a equação:



- Determine a velocidade média de decomposição de A durante os primeiros quatro minutos.
- Calcule a constante de equilíbrio K_C .

14. Mackenzie-SP Sob condições adequadas de temperatura e pressão, ocorre a formação do gás amônia. Assim, em um recipiente de capacidade igual a 10 L, foram colocados 5 mol de gás hidrogênio junto com 2 mol de gás nitrogênio. Ao ser atingido o equilíbrio químico, verificou-se que a concentração do gás amônia produzido era de $0,3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Dessa forma, o valor da constante de equilíbrio (K_C) é igual a

- a) $1,80 \cdot 10^{-4}$ d) $3,60 \cdot 10^1$
 b) $3,00 \cdot 10^{-2}$ e) $1,44 \cdot 10^4$
 c) $6,00 \cdot 10^{-1}$

15. FMJ-SP 2021 Em um recipiente com capacidade para 0,5 L é colocado N_2O_4 , que sofre decomposição de acordo com a equação a seguir:



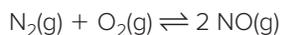
Esse equilíbrio, a 25°C , apresenta constante de equilíbrio $K_p = 0,16$. Quando o equilíbrio é atingido, verifica-se que a pressão parcial do N_2O_4 , medida a 25°C , é igual a $0,25 \text{ atm}$.

- a) Escreva a expressão da constante de equilíbrio em função das pressões parciais dos gases (K_p) para a decomposição do N_2O_4 . Calcule a pressão parcial do NO_2 quando o equilíbrio é atingido, a 25°C .
 b) O que acontecerá com o rendimento da reação se o sistema inicial for transferido para um recipiente com capacidade para 1 L? O que acontecerá com o valor da constante de equilíbrio se a temperatura do sistema for aumentada?

16. ITA-SP 2016 Quantidades iguais de $\text{H}_2(\text{g})$ e $\text{I}_2(\text{g})$ foram colocadas em um frasco, com todo o sistema à temperatura T, resultando na pressão total de 1 bar. Verificou-se que houve a produção de $\text{HI}(\text{g})$, cuja pressão parcial foi de $22,8 \text{ kPa}$. Assinale a alternativa que apresenta o valor que mais se aproxima do valor CORRETO da constante de equilíbrio desta reação.

- a) 0,295 c) 0,490 e) 0,700
 b) 0,350 d) 0,590

17. Unirio-RJ A produção de NO através da reação de N_2 e O_2 em motores automotivos é uma das principais fontes de poluição ambiental.



Partindo de 112 g de N_2 e 128 g de O_2 , contidos em frasco fechado de 2 litros, numa temperatura $T(^\circ\text{C})$:

- a) determine a constante de equilíbrio (K_C), à temperatura T, sabendo que a massa de NO equilíbrio é de 120 g;
 b) considerando a formação de NO uma reação exotérmica, explique como irá variar a constante de equilíbrio (K_C) ao aumentarmos a temperatura.

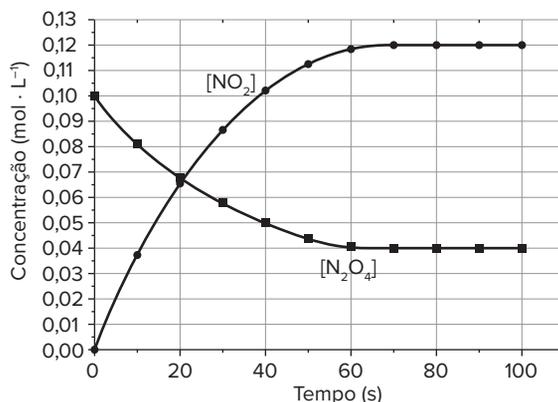
► **Dados:** N = 14 u; O = 16 u.

18. PUC-SP O gás incolor N_2O_4 foi aprisionado em um frasco fechado sob temperatura constante. Em seguida, observou-se o aparecimento de uma coloração

castanha no interior do tubo, atribuída à reação de dissociação do N_2O_4 , com a formação do gás NO_2 .



O acompanhamento das concentrações das substâncias envolvidas no equilíbrio está representado no gráfico a seguir.



Sobre o sistema foram feitas as seguintes afirmações:

- I. Nas condições do experimento, a extensão da reação de dissociação é de 60%.
- II. Nas condições do experimento, $K_C = 0,36$, no sentido da formação do gás NO_2 .
- III. O equilíbrio foi atingido entre 20 e 30 segundos após o início do experimento.
- IV. Se a concentração inicial de N_2O_4 no frasco fechado fosse de $0,04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, nas mesmas condições de temperatura e pressão do experimento realizado, não haveria formação de NO_2 .

Estão corretas somente as afirmações

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

19. ITA-SP O transporte de oxigênio (O_2) no organismo de vertebrados, via fluxo sanguíneo, é feito pela interação entre hemoglobina (Hb) e oxigênio. O monóxido de carbono (CO) em concentrações não tão elevadas (700 ppm) substitui o oxigênio na molécula de hemoglobina. As interações entre O_2 e CO com a molécula de hemoglobina podem ser representadas, respectivamente, pelas seguintes equações químicas:

- I. $\text{Hb} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{HbO}_2$; $K_C, \text{ I}$
- II. $\text{Hb} + \text{CO} \rightleftharpoons \text{HbCO}$; $K_C, \text{ II}$

em que $K_C, \text{ I}$ e $K_C, \text{ II}$ são as constantes de equilíbrio para as respectivas interações químicas.

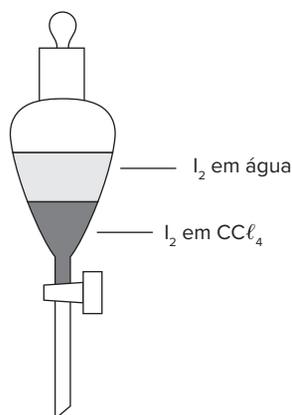
A formação de HbCO é desfavorecida pela presença de azul de metileno (AM). Esta substância tem maior tendência de interagir com o CO do que este com a hemoglobina. A reação do CO com o AM pode ser representada pela equação química:

- III. $\text{AM} + \text{CO} \rightleftharpoons \text{AMCO}$; $K_C, \text{ III}$

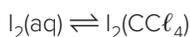
Com base nestas informações, para uma mesma temperatura, é CORRETO afirmar que

- a) $K_C, \text{ I} < K_C, \text{ II} < K_C, \text{ III}$. d) $K_C, \text{ II} < K_C, \text{ I} < K_C, \text{ III}$.
 b) $K_C, \text{ I} < K_C, \text{ III} < K_C, \text{ II}$. e) $K_C, \text{ III} < K_C, \text{ I} < K_C, \text{ II}$.
 c) $K_C, \text{ II} < K_C, \text{ III} < K_C, \text{ I}$.

- 20. Fuvest-SP** Em um funil de separação, encontram-se, em contato, volumes iguais de duas soluções: uma solução aquosa de I_2 , de concentração $0,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, e uma solução de I_2 em CCl_4 , de concentração $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.



Considere que o valor da constante K_C do equilíbrio

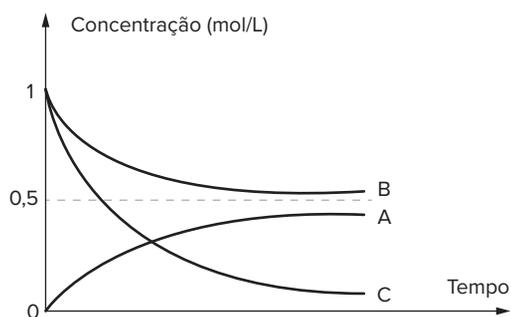


é igual a 100, à temperatura do experimento, para concentrações expressas em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Assim sendo, o que é correto afirmar a respeito do sistema descrito?

- Se o sistema for agitado, o I_2 será extraído do CCl_4 pela água, até que a concentração de I_2 em CCl_4 se iguale a zero.
- Se o sistema for agitado, o I_2 será extraído da água pelo CCl_4 , até que a concentração de I_2 em água se iguale a zero.
- Mesmo se o sistema não for agitado, a concentração de I_2 no CCl_4 tenderá a aumentar e a de I_2 , na água, tenderá a diminuir, até que se atinja um estado de equilíbrio.
- Mesmo se o sistema não for agitado, a concentração de I_2 na água tenderá a aumentar e a de I_2 , no CCl_4 , tenderá a diminuir, até que se atinja um estado de equilíbrio.
- Quer o sistema seja agitado ou não, ele já se encontra em equilíbrio e não haverá mudança nas concentrações de I_2 nas duas fases.

- 21. PUC-SP 2017** Durante uma transformação química as concentrações das substâncias participantes foram determinadas ao longo do tempo. O gráfico a seguir resume os dados obtidos ao longo do experimento.



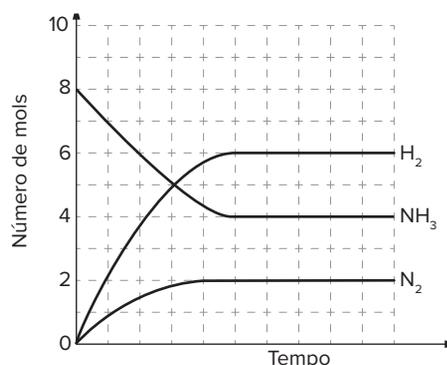
A respeito do experimento, foram feitas algumas afirmações:

- A e B são reagentes e C é o produto da reação estudada.
- A reação química estudada é corretamente representada pela equação: $B + 2C \rightleftharpoons A$
- Não houve consumo completo dos reagentes, sendo atingido o equilíbrio químico.
- A constante de equilíbrio dessa reação, no sentido da formação de A, nas condições do experimento é menor do que 1.

Estão corretas apenas as afirmações:

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

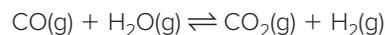
- 22. Fatec-SP** O gráfico mostra a variação das concentrações de NH_3 , H_2 e N_2 durante a reação de decomposição de 8 mols de amônia, num balão de 2 L a uma temperatura de 480°C em função do tempo. A equação da reação é:



A análise dos dados mencionados nos permite concluir que o valor numérico da constante de equilíbrio, K_C , dessa reação é aproximadamente:

- 0,07.
- 2,3.
- 3,7.
- 6,8.
- 27.

- 23. Fuvest-SP** Considere o equilíbrio, em fase gasosa,



cuja constante K , à temperatura de 430°C , é igual a 4. Em um frasco de 1,0 L, mantido a 430°C , foram misturados 1,0 mol de CO , 1,0 mol de H_2O , 3,0 mol de CO_2 e 3,0 mol de H_2 . Esperou-se até o equilíbrio ser atingido.

- Em qual sentido, no de formar mais CO ou de consumi-lo, a rapidez da reação é maior, até se igualar no equilíbrio? Justifique.
- Calcule as concentrações de equilíbrio de cada uma das espécies envolvidas.

Dado: $4 = 2^2$.

Observação: Considerou-se que todos os gases envolvidos têm comportamento de gás ideal.

24. UFJF-MG 2017 O ozônio é um gás que existe em pequenas quantidades (cerca de 10%) na troposfera, mas em maior concentração na estratosfera, constituindo a camada de ozônio.

a) Na troposfera, o ozônio reage com o óxido de nitrogênio produzindo oxigênio e dióxido de nitrogênio, cuja constante de equilíbrio é $6,0 \cdot 10^{34}$. De acordo com as concentrações descritas a seguir, verifique se o sistema está em equilíbrio.

Composto	O ₃	NO	O ₂	NO ₂
Concentração (mol · L ⁻¹)	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$

b) Utilizando os dados para a reação do ozônio com o dióxido de nitrogênio na atmosfera, fornecidos a seguir, determine a expressão da velocidade e calcule o valor da constante de velocidade dessa reação $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NO}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

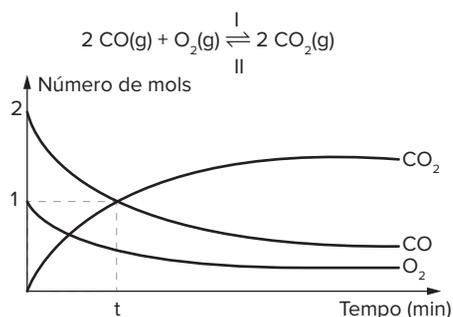
[NO ₂]/mol · L ⁻¹	[O ₃]/mol · L ⁻¹	Velocidade/mol · L ⁻¹ · s ⁻¹
$5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$
$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$4,4 \cdot 10^{-2}$
$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$

c) Na troposfera, o ozônio também reage com compostos orgânicos insaturados prejudicando a qualidade de vida dos organismos vivos. Escreva a reação de ozonólise do 2-metilbuteno na troposfera.

25. ITA-SP 2022 Em um reator mantido à temperatura constante, $\text{PCl}_5(\text{g})$ encontra-se em equilíbrio com 1 atm de $\text{Cl}_2(\text{g})$ e 2 atm de $\text{PCl}_3(\text{g})$. Sabendo-se que a constante de equilíbrio da reação de dissociação do $\text{PCl}_5(\text{g})$ nessa temperatura é $K_p = 4$, assinale a alternativa que apresenta a nova pressão de equilíbrio do $\text{PCl}_5(\text{g})$ (em atm) após adição de mais 2 atm desse gás ao reator.

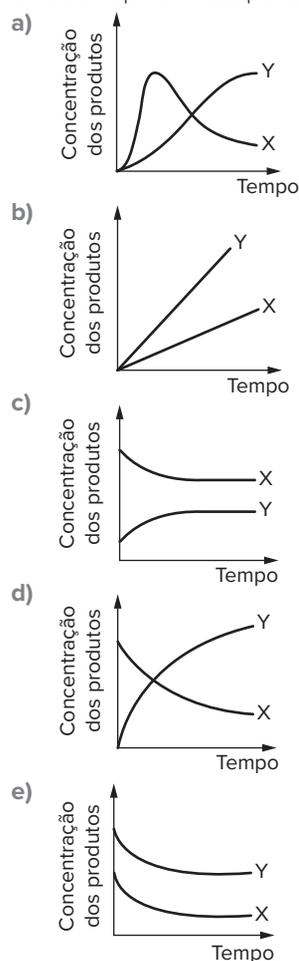
- a) 1,0 c) 2,0 e) 3,5
b) 1,5 d) 2,5

26. UFRJ O monóxido de carbono e o dióxido de carbono coexistem em equilíbrio quando são colocados em um recipiente fechado, a temperatura constante. O gráfico a seguir representa a variação do número de mols com o tempo quando a reação apresentada é realizada em um recipiente de 1 litro.



Sabendo-se que, até atingir o equilíbrio, 1,5 mols de monóxido de carbono foram consumidos, calcule a razão entre as velocidades das reações I e II $\left(\frac{v_1}{v_2}\right)$ no instante t indicado no gráfico.

27. Fatec-SP Considere um sistema fechado que contém inicialmente apenas os reagentes A e B. Essas substâncias podem reagir entre si formando dois produtos diferentes: Reação 1: $A + B \rightleftharpoons X$ $K_1 = 10$
Reação 2: $A + B \rightleftharpoons Y$ $K_2 = 1,0 \cdot 10^3$
A rapidez da reação 1 é muito maior que a rapidez da reação 2. Entretanto, observa-se que a constante de equilíbrio para a reação 2 é muito maior que para a reação 1. Assim, se observarmos a variação nas quantidades de X e Y dentro do recipiente e esperarmos tempo suficiente para que o sistema atinja o equilíbrio, essa variação poderá ser representada por um gráfico como:



28. UFPE O valor da constante de equilíbrio para a reação $n\text{-butano} \rightleftharpoons \text{isobutano}$

é 2,5. 140 moles de n-butano são injetados num botijão de 20 litros. Quando o equilíbrio for atingido, quantos moles de n-butano restarão?

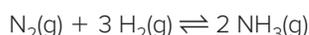
29. UEM-PR 2014 A uma determinada temperatura, foram colocados, em um recipiente fechado de capacidade 5 litros, 2 mols de $\text{N}_2(\text{g})$ e 4 mols de $\text{H}_2(\text{g})$. Após certo tempo, verificou-se que o sistema havia entrado em

equilíbrio e que havia se formado 1,5 mol de $\text{NH}_3(\text{g})$. Com relação a esse experimento, assinale o que for **correto**.

- 01** A constante de equilíbrio K_C é aproximadamente $0,34 (\text{mol/litro})^{-2}$.
- 02** Se dobrarmos os valores das quantidades iniciais (em mols) dos gases $\text{N}_2(\text{g})$ e $\text{H}_2(\text{g})$, a constante de equilíbrio também dobra de valor.
- 04** No equilíbrio, restou 1,75 mol de $\text{H}_2(\text{g})$.
- 08** A concentração em quantidade de matéria do $\text{N}_2(\text{g})$, no equilíbrio, é 0,25 mol/litro.
- 16** O grau de equilíbrio de reação em relação ao gás nitrogênio é 37,5%.

Soma:

- 30. Uerj** Em um experimento realizado em um reator fechado e na presença de um catalisador, sob condições controladas de temperatura e pressão, verificou-se a velocidade da seguinte reação:



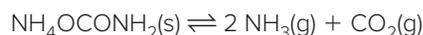
Um cronômetro foi disparado no momento em que os reagentes foram postos em contato. Decorrido um determinado tempo T , foi atingido o estado de equilíbrio. A velocidade média da reação no período de tempo T foi igual a $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

No estado de equilíbrio, as concentrações dos reagentes nitrogênio e hidrogênio eram, respectivamente, $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Admita que a reação se comporte segundo a lei da ação das massas e que sua constante de equilíbrio seja igual a $6,4 \cdot 10^2 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2$.

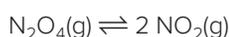
Determine o tempo decorrido, em minutos, entre o início da reação e o momento em que o estado de equilíbrio é atingido. Em seguida, explique a consequência da retirada do catalisador sobre o valor da constante de equilíbrio.

- 31. Fuvest-SP** O carbamato de amônio sólido, $\text{NH}_4\text{OCONH}_2$, se decompõe facilmente formando os gases NH_3 e CO_2 . Em recipiente fechado estabelece-se o equilíbrio:



A 20°C , a constante desse equilíbrio, em termos de concentração $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, é igual a $4 \cdot 10^{-9}$.

- a)** Um recipiente de 2 L, evacuado, contendo inicialmente apenas carbamato de amônio na quantidade de $4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ foi mantido a 20°C até não se observar mais variação de pressão. Nessas condições, resta algum sólido dentro do recipiente? Justifique com cálculos.
- b)** Para a decomposição do carbamato de amônio em sistema fechado, faça um gráfico da concentração de NH_3 em função do tempo, mostrando a situação de equilíbrio.
- 32. ITA-SP** Considere a reação de dissociação do $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ representada pela seguinte equação:



Assinale a opção com a equação CORRETA que relaciona a fração percentual (α) de $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ dissociado com a pressão total do sistema (P) e com a constante de equilíbrio em termos de pressão (K_p).

- a)** $\alpha = \sqrt{\frac{K_p}{(4 \cdot P + K_p)}}$ **d)** $\alpha = \frac{2 \cdot P + K_p}{K_p}$
- b)** $\alpha = \sqrt{\frac{4 \cdot P + K_p}{K_p}}$ **e)** $\alpha = \frac{K_p}{(2 + P)}$
- c)** $\alpha = \frac{K_p}{(2 \cdot P + K_p)}$

- 33. IME-RJ 2015** Tomou-se uma amostra de 130 g de zinco metálico para reagir com uma solução aquosa diluída de ácido clorídrico em quantidade estequiométrica. Dessa reação, observou-se a formação de gás, que foi aquecido a 227°C e transportado para um balão fechado de 50 L. Esse balão continha, inicialmente, iodo em fase gasosa a 227°C e 3,28 atm. Após o equilíbrio, verificou-se que a constante de equilíbrio K_C a 227°C é igual a 160. Considerando que a temperatura permaneceu constante durante o processo, determine a pressão final total no balão.

- 34. IME-RJ 2014** 1,0 mol de ácido acético é adicionado a uma solução de 1,0 mol de álcool etílico e 36 g de água. Aguarda-se que o meio formado atinja o equilíbrio à temperatura T_{eq} , quando se verifica que a sua composição contém 0,5 mol de éster e o restante de ácido acético, etanol e H_2O . Calcule quantos mols de éster poderiam ser formados no equilíbrio, à mesma temperatura T_{eq} , se 2,0 mols de etanol puro fossem misturados a 1,0 mols de ácido acético num recipiente seco.

- 35. Acafe-SC 2019** Considere os equilíbrios químicos genéricos a seguir e suas respectivas constantes, sob temperatura de 25°C :

- I.** $\text{A} \rightleftharpoons \text{B} + \text{C}$ $K_1 = 3 \cdot 10^{-2}$
- II.** $\text{D} \rightleftharpoons 2 \text{B} + \text{E}$ $K_2 = 2 \cdot 10^{-5}$
- III.** $2 \text{A} + \text{E} \rightleftharpoons 2 \text{C} + \text{D}$ $K_3 = ?$

Baseado nos conceitos químicos e nas informações fornecidas, assinale a alternativa correta que contém o valor da constante K_3 :

- a)** $6 \cdot 10^{-7}$ **b)** 3000 **c)** 45 **d)** 1500

- 36. Famerp-SP 2021** Considere as equações químicas:

- I.** $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$
- II.** $\text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s})$
- III.** $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g})$
- IV.** $\text{Sn}(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- V.** $4 \text{Al}(\text{s}) + 3 \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$

Considerando x um dos compostos químicos presentes nas equações citadas, a expressão da constante de equilíbrio representada por $K_p = \frac{1}{p(x)}$ descreve corretamente o equilíbrio representado na equação

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

Deslocamento de equilíbrio

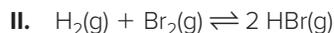
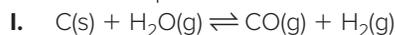
37. UFJF-MG 2021 O ácido clorídrico e o hidróxido de sódio, ambos os compostos comercializados com os nomes de ácido muriático e soda cáustica, respectivamente, podem reagir entre si quando em solução aquosa, formando um sal e água, numa reação de neutralização, como descrito abaixo:



A partir da reação de neutralização, assinale a alternativa CORRETA.

- A reação direta é endotérmica, com liberação de energia.
- A diminuição da temperatura favorece a reação direta.
- O aumento da concentração de NaCl(aq) favorecerá a reação direta.
- A diminuição da concentração de HCl(aq) favorece a reação direta.
- O aumento da temperatura aumentará também o valor da constante de equilíbrio.

38. UEM-PR Analise os seguintes sistemas em equilíbrio e assinale o que for **correto**.



01 No sistema I, tem-se uma reação de equilíbrio químico heterogêneo.

02 Um aumento da pressão do sistema II não altera a condição de equilíbrio da reação.

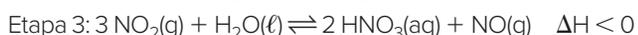
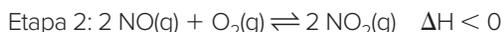
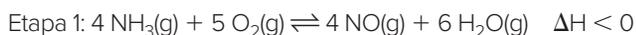
04 Se um aumento da temperatura do sistema I desloca a reação no sentido de formação de CO e H₂, a reação no sentido direto é endotérmica.

08 Para deslocar o equilíbrio no sentido da produção de CO e H₂, podemos adicionar carvão ao sistema.

16 Devido a todos os componentes do sistema II serem gasosos, o K_p para essa reação é independente da temperatura.

Soma:

39. Unifesp 2016 Na indústria, a produção do ácido nítrico (HNO₃) a partir da amônia (NH₃) se dá em três etapas:

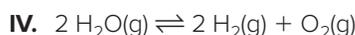
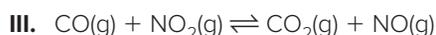
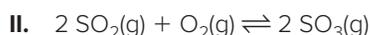
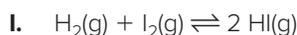


A fim de verificar as condições que propiciam maior rendimento na produção de NO na etapa 1, um engenheiro realizou testes com modificações nos parâmetros operacionais desta etapa, indicadas na tabela.

Teste	Modificações da etapa 1
1	aquecimento e aumento de pressão
2	aquecimento e diminuição de pressão
3	resfriamento e aumento de pressão
4	resfriamento e diminuição de pressão

- Com base nas três etapas, escreva a equação balanceada para a reação global de obtenção do ácido nítrico cujos coeficientes estequiométricos são números inteiros. Essa reação tem como reagentes NH₃ e O₂ e como produtos HNO₃, H₂O e NO, sendo que o coeficiente estequiométrico para o HNO₃ é 8.
- Qual teste propiciou maior rendimento na produção de NO na etapa 1? Justifique sua resposta.

40. Uerj 2020 Considere as quatro reações químicas em equilíbrio apresentadas abaixo.



Após submetê-las a um aumento de pressão, o deslocamento do equilíbrio gerou aumento também na concentração dos produtos na seguinte reação:

- a) I b) II c) III d) IV

41. UFJF-MG 2021 (Adapt.) O carbonato de cálcio está presente em nossa alimentação como fonte de reposição de cálcio. Esse composto é utilizado nos complexos vitamínicos e também encontrado em fertilizantes. Em determinada temperatura o carbonato de cálcio pode se decompor em:



- De acordo com o princípio de Le Chatelier indique quais fatores poderiam promover o deslocamento desse equilíbrio químico.
- A partir da equação de decomposição, explique o motivo de não considerarmos o CaCO₃(s) para explicar o princípio de Le Chatelier.
- O que acontece com o equilíbrio químico quando CO₂(g) é removido do sistema?

42. UEPG-PR 2022 O químico alemão Fritz Haber, laureado com o Prêmio Nobel de Química em 1918, desenvolveu o processo catalítico de produção de amônia (NH₃) utilizando nitrogênio e hidrogênio molecular (N₂ e H₂), conforme a equação química a seguir:



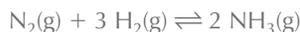
Considerando que a velocidade de produção de amônia foi medida como:

Velocidade = $\frac{\Delta[\text{NH}_3]}{\Delta t} = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$, assinale o que for correto.

- A velocidade de consumo de N₂(g) é de $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$.
- Aumentando-se a concentração de N₂(g), aumenta-se a velocidade de consumo de H₂(g).
- Aumentando-se a concentração de H₂(g), aumenta-se a velocidade de consumo de N₂(g).
- A velocidade de consumo de H₂(g) é de $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

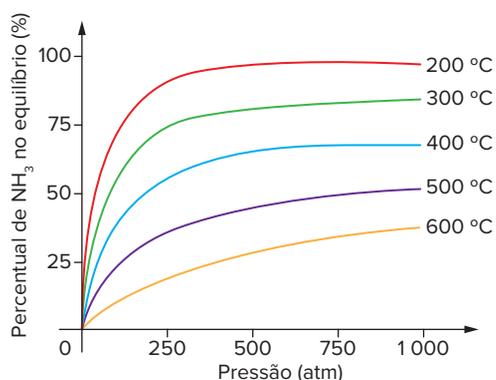
Soma:

47. UCS-RS 2022 A síntese da amônia, a partir dos gases hidrogênio e nitrogênio, foi um dos maiores desafios já enfrentados pela humanidade. O maior problema dessa reação, à época, era a baixa conversão em NH_3 . Como a intenção da indústria química sempre foi a produção dessa substância em larga escala, as condições experimentais que interferiam diretamente no rendimento dessa reação tiveram que ser melhor avaliadas e ajustadas. Em outras palavras, o equilíbrio descrito abaixo precisava ser, de alguma maneira, deslocado preferencialmente para a direita.



Esse processo foi inicialmente desenvolvido, em nível laboratorial, por Fritz Haber em 1908, sendo posteriormente adaptado para a indústria por Carl Bosch entre 1912 e 1913, o que acabou por lhes valer o Prêmio Nobel de Química. O entendimento de como os parâmetros temperatura e pressão influenciavam tal reação foi extremamente importante para que a produção de fertilizantes pudesse ser impulsionada. Só para se ter uma ideia, estimativas indicam que mais de um terço da população mundial deve seus alimentos diretamente a esse processo que atualmente é conhecido como Haber-Bosch.

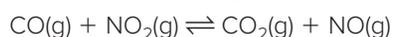
Disponível em: https://www.fc.up.pt/pessoas/jfgomes/pdf/vol_1_num_1_26_art_processoHaberBosch.pdf. Acesso em: 16 jun. 2021. (Parcial e adaptado.)



Levando em consideração o equilíbrio descrito acima, assim como o gráfico que mostra a influência conjunta da temperatura e da pressão sobre o percentual de amônia nessa condição, assinale a alternativa correta.

- O processo de obtenção da amônia é favorecido em condições extremamente altas de temperatura e pressão.
- A constante de equilíbrio K_C independe da temperatura, além de não influenciar no percentual de amônia no equilíbrio.
- O percentual de amônia no equilíbrio, a 400 °C, apresenta comportamento linear para pressões inferiores a 500 atm.
- A adição de um catalisador deslocará o equilíbrio para a direita, aumentando o percentual de amônia no equilíbrio.
- O percentual de amônia no equilíbrio, na pressão de 250 atm e na temperatura de 200 °C, é superior a 80%.

48. UFRGS 2018 Considere os dados termodinâmicos da reação abaixo, na tabela a seguir.



Substância	CO	NO ₂	CO ₂	NO
ΔH_f (kJ · mol ⁻¹)	-110,5	33,2	-393,5	90,3

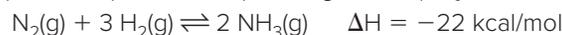
Com base nesses dados, considere as seguintes afirmações sobre o deslocamento do equilíbrio químico dessa reação.

- O aumento da temperatura desloca no sentido dos produtos.
- O aumento da pressão desloca no sentido dos produtos.
- A adição de CO_2 desloca no sentido dos reagentes.

Quais estão corretas?

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas III.
- Apenas I e II.
- I, II e III.

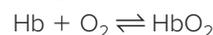
49. Uerj 2019 Na Copa do Mundo de 2018, os jogadores russos, durante as partidas, inalavam amônia, substância cujo uso não é proibido pela Agência Mundial Antidoping. Segundo o técnico da seleção, essa prática melhorava o fluxo sanguíneo e respiratório dos atletas. Industrialmente, a amônia é obtida a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio, conforme o equilíbrio químico representado pela seguinte equação:



Nomeie a geometria da molécula de amônia e aponte, de acordo com a teoria de Lewis, a característica responsável pelo caráter básico dessa substância.

Indique, também, as alterações na pressão e na temperatura do sistema necessárias para aumentar a produção de amônia.

50. UEL-PR 2017 Maratonistas percorrem distâncias de 40 km mas dependem de uma boa oxigenação nos músculos. Se isso não ocorre, o cansaço é extremo e pode causar desmaios. A utilização do oxigênio (O_2) pelas células ocorre, inicialmente, pela combinação do O_2 com a hemoglobina do sangue (Hb), formando a oxiemoglobina (HbO_2), conforme o equilíbrio a seguir.

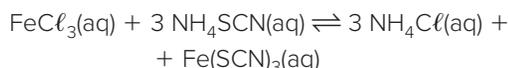


Esta HbO_2 é o agente de transporte do O_2 para as células dos músculos, já que o O_2 não se dissolve bem no plasma sanguíneo.

Sobre esse tema, responda aos itens a seguir.

- Sabendo que o aumento da acidez no plasma sanguíneo favorece a dissociação da HbO_2 , explique por que, para um indivíduo que possui elevada atividade respiratória (com grande produção de CO_2), a quantidade de O_2 liberada nos tecidos é elevada.
- O desempenho de um atleta em uma maratona realizada em uma cidade com altos índices de monóxido de carbono (CO) é prejudicado. Se a constante de equilíbrio da reação entre $\text{HbO}_2(\text{aq})$ e $\text{CO}(\text{g})$ é 200 e a pressão parcial de O_2 é 10 vezes maior que a de $\text{CO}(\text{g})$, determine quantas vezes a concentração de $\text{HbCO}(\text{aq})$ deve ser maior que a de $\text{HbO}_2(\text{aq})$.

- 51. Mackenzie-SP 2016** Em uma aula prática, alguns alunos investigaram o equilíbrio existente entre as espécies químicas em solução aquosa. A equação química que representa o fenômeno estudado é descrita por



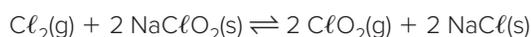
Nessa investigação, os alunos misturaram quantidades iguais de solução de cloreto de ferro III e de tiocianato de amônio e a mistura produzida foi dividida em três frascos, A, B e C. A partir de então, realizaram os seguintes procedimentos:

- I. no frasco A, adicionaram uma ponta de espátula de cloreto de amônio sólido e agitaram até completa dissolução desse sólido.
- II. no frasco B, adicionaram algumas gotas de solução saturada de cloreto de ferro III.
- III. no frasco C, adicionaram algumas gotas de solução saturada de tiocianato de amônio.

Considerando-se que em todas as adições tenha havido deslocamento do equilíbrio, é correto afirmar que esse deslocamento ocorreu no sentido da reação direta

- a) apenas no procedimento I.
- b) apenas no procedimento II.
- c) apenas nos procedimentos I e II.
- d) apenas nos procedimentos II e III.
- e) em todos os procedimentos.

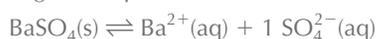
- 52. IME-RJ 2017** Considere a reação, em equilíbrio, de produção do alvejante gasoso dióxido de cloro, que ocorre em um sistema reacional:



Nessa situação, assinale a alternativa correta.

- a) A adição de mais clorito de sódio ao sistema desloca o equilíbrio da reação, de forma a produzir mais alvejante gasoso.
- b) A razão entre as constantes de equilíbrio $\frac{K_p}{K_c}$ é igual a $0,0820568 \cdot T$, em que T é a temperatura do sistema reacional, medida em kelvin.
- c) A retirada parcial de cloreto de sódio do sistema desloca o equilíbrio da reação, de forma a produzir menos alvejante gasoso.
- d) A constante de equilíbrio K_p é igual à constante de equilíbrio K_c .
- e) Para duas diferentes temperaturas do sistema reacional, desde que elevadas e compatíveis com a manutenção do equilíbrio, o valor numérico da constante de equilíbrio K_p é o mesmo, mantendo inalterada a produção de alvejante gasoso.

- 53. Enem PPL 2018** O sulfato de bário (BaSO_4) é mundialmente utilizado na forma de suspensão como contraste em radiografias de esôfago, estômago e intestino. Por se tratar de um sal pouco solúvel, quando em meio aquoso estabelece o seguinte equilíbrio:



Por causa da toxicidade do bário (Ba^{2+}), é desejado que o contraste não seja absorvido, sendo totalmente eliminado nas fezes. A eventual absorção de íons Ba^{2+} , porém, pode levar a reações adversas ainda nas primeiras horas após sua administração, como vômito, cólicas, diarreia, tremores, crises convulsivas e até mesmo a morte.

PEREIRA, L. F. Entenda o caso da intoxicação por Celobar®. Disponível em: www.unifesp.br. Acesso em: 20 nov. 2013 (adaptado).

Para garantir a segurança do paciente que fizer uso do contraste, deve-se preparar essa suspensão em

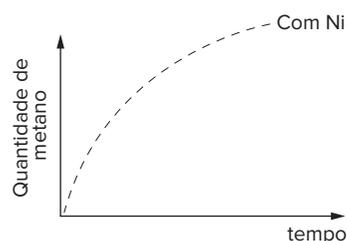
- a) água destilada.
- b) soro fisiológico.
- c) solução de cloreto de bário, BaCl_2 .
- d) solução de sulfato de bário, BaSO_4 .
- e) solução de sulfato de potássio, K_2SO_4 .

- 54. Fuvest-SP 2022** Para possibilitar a exploração de Marte, é necessário viabilizar a viagem de retorno à Terra. Uma das formas de tornar os voos de retorno possíveis é produzir combustível a partir da água encontrada em Marte. Para tanto, o hidrogênio seria gerado por eletrólise da água e, posteriormente, utilizado na reação de Sabatier. Nessa reação, o combustível é gerado pela reação do hidrogênio com dióxido de carbono em temperaturas e pressões elevadas na presença de um catalisador de níquel, resultando na produção de metano e água e na liberação de aproximadamente 165 kJ de energia por mol de CO_2 .

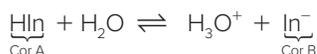
- a) No gráfico a seguir, está representada a quantidade de metano gerado pela reação de Sabatier em função do tempo na temperatura T_1 , depois que o equilíbrio foi estabelecido. Nesse mesmo gráfico, represente a quantidade de metano em função do tempo em uma temperatura T_2 maior que T_1 , após o estabelecimento do equilíbrio.



- b) No gráfico a seguir, está representada a quantidade de metano gerado pela reação de Sabatier em função do tempo na presença de Ni. No mesmo gráfico, represente a quantidade de metano esperada em função do tempo na ausência de Ni. Explique o efeito do catalisador na energia de ativação da reação de Sabatier.



- 61. UFSM-RS** Um indicador ácido-base apresenta, em solução aquosa, o equilíbrio



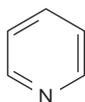
Com relação ao comportamento do indicador frente à substância 1, pode-se afirmar que sua coloração será 2, porque o equilíbrio desloca-se no sentido da espécie 3. Com base nessa afirmação, escolha a alternativa que apresenta, corretamente, a substituição de 1, 2 e 3.

- a) 1 – vinagre; 2 – cor A; 3 – ionizada.
 b) 1 – amoníaco; 2 – cor B; 3 – ionizada.
 c) 1 – acetado de sódio; 2 – cor A; 3 – ionizada.
 d) 1 – soda; 2 – cor B; 3 – não ionizada.
 e) 1 – suco de limão; 2 – cor B; 3 – não ionizada.

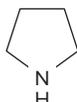


Texto para responder à questão **62**.

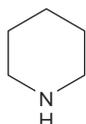
Para responder à questão, considere as fórmulas estruturais e suas respectivas constantes de basicidades de quatro aminas cíclicas fornecidas abaixo.



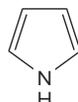
Piridina



Pirrolidina



Piperidina



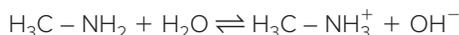
Pirrol

► **Dados:** Piridina $K_b = 1,8 \cdot 10^{-9}$, Pirrolidina: $K_b = 1,9 \cdot 10^{-3}$, Piperidina: $K_b = 1,3 \cdot 10^{-3}$ e Pirrol: $K_b < 10^{-10}$.

- 62. Acafe-SC 2015** Assinale a alternativa que contém a ordem crescente de basicidade das aminas cíclicas citadas anteriormente:

- a) pirrolidina < piperidina < piridina < pirrol
 b) pirrol > piridina > piperidina > pirrolidina
 c) pirrolidina > piperidina > piridina > pirrol
 d) pirrol < piridina < piperidina < pirrolidina

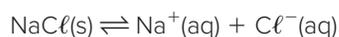
- 63. PUC-SP** Peixes mortos têm cheiro desagradável devido à formação de substância provenientes da decomposição de proteínas. Uma dessas substâncias é a metilamina que, em presença de água, apresenta o seguinte equilíbrio:



Para diminuir o cheiro desagradável da metilamina, o mais adequado é adicionar ao sistema

- a) sabão porque dissolve a amina.
 b) cal porque fornece íons OH^- .
 c) salmoura porque reage com a amina.
 d) limão porque desloca o equilíbrio no sentido da direita para esquerda.
 e) vinagre porque desloca o equilíbrio no sentido da esquerda para direita.

- 64. Unesp 2018** Sob temperatura constante, acrescentou-se cloreto de sódio em água até sobrar sal sem se dissolver, como corpo de fundo. Estabeleceu-se assim o seguinte equilíbrio:



Mantendo a temperatura constante, foi acrescentada mais uma porção de $\text{NaCl}(s)$. Com isso, observa-se que a condutibilidade elétrica da solução sobrenadante _____, a quantidade de corpo de fundo _____ e a concentração de íons em solução _____.

As lacunas do texto devem ser preenchidas, respectivamente, por:

- a) não se altera – aumenta – aumenta
 b) não se altera – não se altera – não se altera
 c) não se altera – aumenta – não se altera
 d) aumenta – diminui – aumenta
 e) diminui – aumenta – aumenta

- 65. UEG-GO** A presença de tampão é fundamental para manter a estabilidade de ecossistemas menores, como lagos, por exemplo. Íons fosfato, originários da decomposição da matéria orgânica, formam um tampão, sendo um dos equilíbrios expressos pela seguinte equação:



Se no equilíbrio foram medidas as concentrações molares

$$[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1},$$

$$[\text{HPO}_4^{2-}] = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ e}$$

$$[\text{H}^+] = 0,2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1},$$

o valor da constante de equilíbrio é:

- a) 2 b) 0,2 c) 0,1 d) 0,01

- 66. ITA-SP** Numa solução aquosa $0,100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de um ácido monocarboxílico, a 25°C , o ácido está 3,7% dissociado após o equilíbrio ter sido atingido. Assinale a opção que contém o valor correto da constante de dissociação desse ácido nesta temperatura.

- a) 1,4 c) $1,4 \cdot 10^{-4}$ e) $3,7 \cdot 10^{-4}$
 b) $1,4 \cdot 10^{-3}$ d) $3,7 \cdot 10^{-2}$

- 67. ITA-SP** Considere soluções aquosas diluídas de ácido acético, a 25°C , em equilíbrio. A equação a seguir, na qual HA significa ácido acético e A^- o íon acetato, representa este equilíbrio:

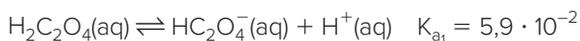


Considerando um comportamento ideal das soluções e a notação $[\text{H}^+]$, $[\text{A}^-]$ e $[\text{HA}]$ para representar as respectivas concentrações em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e definindo $\alpha = [\text{A}^-] / ([\text{A}^-] + [\text{HA}])$ e $C = ([\text{A}^-] + [\text{HA}])$, assinale a opção cuja afirmação está ERRADA:

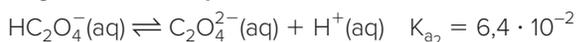
- a) A pressão parcial do HA sobre a solução é proporcional ao produto $(1 - \alpha) \cdot C$.
 b) A condutividade elétrica é proporcional ao produto $\alpha \cdot C$.
 c) O abaixamento da temperatura do início de solidificação no resfriamento é proporcional ao produto $(1 + \alpha) \cdot C$.
 d) O produto $\alpha \cdot C$ é uma função crescente de C.
 e) Considerando também a dissociação iônica do solvente, conclui-se que a $[\text{H}^+]$ é menor do que a $[\text{A}^-]$.

68. Unifesp 2017 Certo produto utilizado como “tira-ferrugem” contém solução aquosa de ácido oxálico, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ a 2% (m/V). O ácido oxálico é um ácido diprótico e em suas soluções aquosas ocorrem duas reações de dissociação simultâneas, representadas pelas seguintes equações químicas:

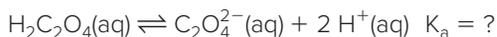
Primeira dissociação:



Segunda dissociação:



Equilíbrio global:



- a) Expresse a concentração de ácido oxálico no produto em $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ e em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- b) Escreva a expressão da constante K_a do equilíbrio global e calcule seu valor numérico a partir das constantes K_{a1} e K_{a2} .

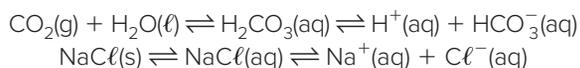
► **Dados:** C = 12; H = 1; O = 16.

69. Uece A concentração $[\text{H}^+]$ de uma solução $6 \cdot 10^{-7}$ mols/litro do ácido H_2S , com uma constante de ionização K_a de 10^{-7} , é igual a:

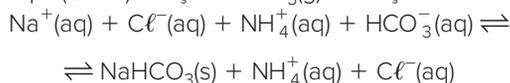
- a) $5 \cdot 10^{-7}$ mols/litro c) $3 \cdot 10^{-6}$ mols/litro
b) $6 \cdot 10^{-7}$ mols/litro d) $2 \cdot 10^{-7}$ mols/litro

70. UEL-PR A barrilha, nome dado comercialmente ao carbonato de sódio (Na_2CO_3), matéria-prima para a fabricação de vidros, é um dos produtos químicos mais produzidos no mundo. É obtida pelo processo Solvay, cujas etapas são mostradas a seguir.

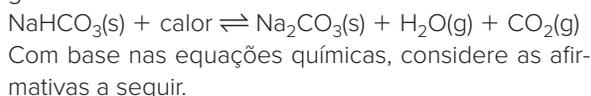
1ª etapa (20 °C): Borbulhamento de CO_2 em uma solução aquosa de NaCl .



2ª etapa (20 °C): Adição de $\text{NH}_3(\text{g})$ à solução da 1ª etapa.



3ª etapa: Filtração e aquecimento a 300 °C do hidrogenocarbonato de sódio.



- I. A concentração de HCO_3^- na solução da 1ª etapa não ultrapassou o limite de solubilidade do NaHCO_3 .
- II. A adição de NH_3 ao equilíbrio da 1ª etapa remove íons H^+ da solução e aumenta a concentração de íons HCO_3^- .
- III. Na 2ª etapa, o limite de solubilidade do NaHCO_3 a 20 °C é ultrapassado.
- IV. O aquecimento realizado na 3ª etapa é para a purificação do $\text{NaHCO}_3(\text{s})$.

Assinale a alternativa CORRETA.

- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
b) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.

- d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
e) Somente as afirmativas I, III e IV são corretas.

71. UFRGS 2017 O ácido fluorídrico, solução aquosa do fluoreto de hidrogênio (HF) com uma constante de acidez de $6,6 \cdot 10^{-4}$ tem, entre suas propriedades, a capacidade de atacar o vidro, razão pela qual deve ser armazenado em recipientes plásticos.

Considere as afirmações a seguir, a respeito do ácido fluorídrico.

- I. É um ácido forte, pois ataca até o vidro.
II. Tem, quando em solução aquosa, no equilíbrio, concentração de íons fluoreto muito inferior à de HF.
III. Forma fluoreto de sódio insolúvel, quando reage com hidróxido de sódio.

Quais estão corretas?

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

72. ITA-SP Uma solução aquosa 0,15 mol/L de um ácido fraco HX é isotônica com uma solução aquosa 0,20 mol/L de glicose. Qual é o grau de dissociação, $\alpha = \frac{[\text{X}^-]}{[\text{X}^-] + [\text{HX}]}$, do HX na solução 0,15 mol/L?

- a) $\frac{1}{4}$ b) $\frac{1}{3}$ c) $\frac{1}{2}$ d) $\frac{2}{3}$ e) 1

73. UFF-RJ O gás sulfídrico, H_2S , é extremamente venenoso, incolor e seu odor lembra ovos estragados. Respirar este gás pode ser fatal e, em baixas concentrações, causa dores de cabeça e tonteira. É especialmente perigoso, pois, como inibe o sentido do olfato, o aumento de sua concentração deixa de ser percebido.

Se uma solução de H_2S , à temperatura ambiente e pressão de 1,0 atm, tem concentração aproximada de 0,1 M, então a $[\text{S}^{2-}]$ em mols/L da solução é, aproximadamente:

► **Dados:** $K_{a1} = 1,0 \cdot 10^{-7}$ e $K_{a2} = 3,0 \cdot 10^{-13}$.

- a) $3,0 \cdot 10^{-20}$ d) $1,0 \cdot 10^{-8}$
b) $3,0 \cdot 10^{-13}$ e) $1,0 \cdot 10^{-4}$
c) $3,0 \cdot 10^{-6}$

74. UFPR 2018 O ácido isocianico (HNCO) é um isômero do ácido cianico (HOCN). Ambos são considerados ácidos fracos e possuem o mesmo valor de $\text{p}K_a = 3,5$ e constante ácida $K_a = 3,2 \cdot 10^{-4}$.

- a) Escreva a equação balanceada da reação de neutralização do ácido isocianico por hidróxido de potássio (KOH), incluindo os estados físicos das espécies.
- b) Escreva a equação balanceada de equilíbrio da reação de ionização do ácido isocianico em água, incluindo os estados físicos das espécies.
- c) Considere uma solução aquosa $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de ácido isocianico. Monte um esquema indicando as concentrações das espécies na situação imediata após dissolução do ácido e na situação de equilíbrio ácido-base conjugada.

- d) Calcule a concentração de íons H_3O^+ na condição de equilíbrio estabelecido do item anterior. Mostre os cálculos.

▶ **Dado:** $\sqrt{3,2} = 1,8$.

75. UFSM-RS Na construção de barragens, usa-se o concreto. Nos primeiros dias de confecção, o concreto tem pH alcalino, o que protege a ferragem da oxidação. Com o tempo, o pH diminui pela carbonatação do concreto que se dá pela reação com o H_2CO_3 .

Em um teste de carbonatação feito em laboratório, foi usada uma solução de H_2CO_3 de concentração $0,02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, a qual apresenta um grau de dissociação de 0,45%, a 25°C . O valor da primeira constante de ionização do H_2CO_3 , nessa temperatura, é, aproximadamente,

- a) $0,9 \cdot 10^{-5}$ c) $0,4 \cdot 10^{-7}$ e) $4 \cdot 10^{-7}$
b) $9 \cdot 10^{-5}$ d) $9 \cdot 10^{-7}$

76. FGV-SP 2015 Estudos ambientais revelaram que o ferro é um dos metais presentes em maior quantidade na atmosfera, apresentando-se na forma do íon de ferro 3+ hidratado, $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$. O íon de ferro na atmosfera se hidrolisa de acordo com a equação

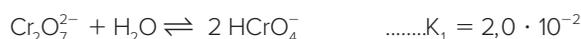


(Química Nova, vol. 25, nº. 2, 2002. Adaptado)

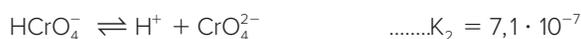
Um experimento em laboratório envolvendo a hidrólise de íons de ferro em condições atmosféricas foi realizado em um reator de capacidade de 1,0 L. Foi adicionado inicialmente 1,0 mol de $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ e, após a reação atingir o equilíbrio, havia sido formado 0,05 de íons H^+ . A constante de equilíbrio dessa reação nas condições do experimento tem valor aproximado igual a

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

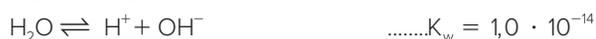
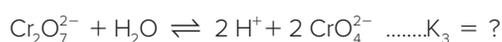
77. Fuvest-SP Considere uma solução aquosa diluída de dicromato de potássio, a 25°C . Dentre os equilíbrios que estão presentes nessa solução, destacam-se: Constantes de equilíbrio (25°C)



íon dicromato



íon cromato



- a) Calcule o valor da constante de equilíbrio K_3 .
b) Essa solução de dicromato foi neutralizada. Para a solução neutra, qual é o valor numérico da relação $[\text{CrO}_4^{2-}]^2 / [\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$? Mostre como obteve esse valor.
c) A transformação de íons dicromato em íons cromato, em meio aquoso, é uma reação de oxirredução? Justifique.

78. Enem 2016 Após seu desgaste completo, os pneus podem ser queimados para a geração de energia. Dentre os gases gerados na combustão completa da borracha vulcanizada, alguns são poluentes e provocam a chuva ácida. Para evitar que escapem para a atmosfera, esses gases podem ser borbulhados em uma solução aquosa contendo uma substância adequada. Considere as informações das substâncias listadas no quadro.

Substância	Equilíbrio em solução aquosa	Valor da constante de equilíbrio
Fenol	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{O}^- + \text{H}_3\text{O}^+$	$1,3 \cdot 10^{-10}$
Piridina	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_5\text{H}_5\text{NH}^+ + \text{OH}^-$	$1,7 \cdot 10^{-9}$
Metilamina	$\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$	$4,4 \cdot 10^{-4}$
Hidrogenofosfato de potássio	$\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^-$	$2,8 \cdot 10^{-2}$
Hidrogenossulfato de potássio	$\text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$	$3,1 \cdot 10^{-2}$

Dentre as substâncias listadas no quadro, aquela capaz de remover com maior eficiência os gases poluentes é o(a)

- a) fenol.
b) piridina.
c) metilamina.
d) hidrogenofosfato de potássio.
e) hidrogenossulfato de potássio.

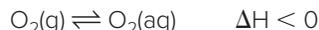
79. Unifesp 2020 Considere o experimento:

Uma porção de iodeto de sódio sólido, radioativo, cujo ânion $^{131}\text{I}^-$ é radioativo, foi adicionada a uma solução aquosa saturada, sem corpo de fundo, de iodeto de sódio (NaI) não radioativo, formando uma solução saturada com corpo de fundo. Após algum tempo, a mistura foi filtrada e a intensidade da radiação foi verificada no sólido retido no filtro e na solução saturada. Foi constatado que a solução saturada, inicialmente não radioativa, tornou-se radioativa, e que o sólido apresentou menor intensidade de radiação do que apresentava antes de ser adicionado à solução.

- a) Calcule o número de nêutrons e de elétrons do ânion $^{131}\text{I}^-$.
b) Escreva a equação química que representa o equilíbrio de solubilidade do iodeto de sódio em água. Baseando-se no conceito de equilíbrio químico e no comportamento das espécies químicas em nível microscópico, justifique por que a radioatividade do sólido diminuiu e a solução saturada tornou-se radioativa.

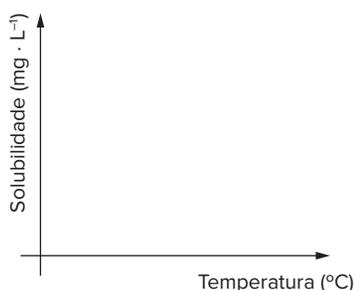
Lei de Henry

80. USCS-SP 2016 O equilíbrio de dissolução do gás oxigênio (massa molar $32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) na água é descrito pela equação:



A constante de equilíbrio K_H dessa reação é definida como a relação entre a concentração em quantidade de matéria de O_2 dissolvido e a pressão parcial do oxigênio atmosférico.

- a) Considere um aquário que contém água a uma temperatura de 20°C no qual foi colocado um aquecedor que pode elevar a temperatura da água até 50°C . Esboce, utilizando o plano cartesiano presente a seguir, um gráfico que represente a concentração de O_2 dissolvido na água em função da variação de temperatura. Justifique sua resposta.

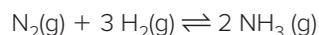


- b) Para uma dada temperatura, o valor da constante K_H para o oxigênio é igual a $1,2 \cdot 10^{-3}$ e sua solubilidade em água nessa mesma temperatura é igual a $8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Determine a pressão parcial do gás oxigênio, em atm, nessas condições.
- 81. ITA-SP** A 25°C e 1 atm, uma amostra de 1,0 L de água pura foi saturada com oxigênio gasoso (O_2) e o sistema foi mantido em equilíbrio nessas condições. Admitindo-se comportamento ideal para o O_2 e sabendo-se que a constante da Lei de Henry para esse gás dissolvido em água é igual a $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ atm}^{-1}$, nas condições do experimento, assinale a opção CORRETA que exprime o valor calculado do volume, em L, de O_2 solubilizado nessa amostra.

- a) $1,3 \cdot 10^{-3}$
- b) $2,6 \cdot 10^{-3}$
- c) $3,9 \cdot 10^{-3}$
- d) $1,6 \cdot 10^{-2}$
- e) $3,2 \cdot 10^{-2}$

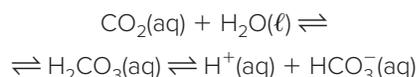
82. UEM-PR 2016 Assinale o que for **correto**.

- 01** A expressão matemática que estabelece a relação entre K_C e K_P do equilíbrio a seguir é $K_P = K_C \cdot (R \cdot T)^2$.



- 02** Considere a equação química a seguir, que representa um equilíbrio presente no sangue. É sabido que quando o teor de bicarbonato (HCO_3^-) na urina é maior, sua concentração no sangue fica menor.

Quando isso acontece o equilíbrio é deslocado para a direita, aumentando a $[\text{H}^+]$ e diminuindo o pH sanguíneo.



- 04** A dissolução de gases inertes em solventes é favorecida em altas temperaturas.
- 08** A retirada do catalisador, após o equilíbrio ter sido atingido, diminui o valor da constante de equilíbrio.
- 16** A constante de equilíbrio de uma reação não é alterada quando se altera a temperatura do sistema.

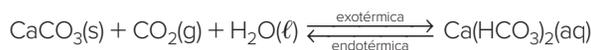
Soma:

83. ITA-SP O dióxido de carbono representa, em média, 0,037% da composição volumétrica do ar seco atmosférico, nas condições ambientes. Esse gás, dissolvido em água, sofre um processo de hidratação para formar um ácido diprótico, que se ioniza parcialmente no líquido.

Admitindo-se que água pura seja exposta a $\text{CO}_2(\text{g})$ atmosférico, nas condições ambientes, e sabendo que o equilíbrio entre as fases gasosa e líquida desse gás é descrito pela lei de Henry, calcule:

- a) a solubilidade do $\text{CO}_2(\text{aq})$, expressa em $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, nas condições especificadas acima, sabendo que a constante da lei de Henry para CO_2 gasoso dissolvido em água a 25°C é $3,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$.
- b) a concentração molar do ânion bicarbonato, expressa em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, sabendo que a constante de dissociação ácida para o primeiro equilíbrio de ionização do ácido diprótico a 25°C é $4,4 \cdot 10^{-7}$.

84. UEPG-PR 2022 Corais marinhos, em regiões tropicais, podem formar recifes nos quais desenvolvem uma base de carbonato de cálcio, que faz parte de sua constituição e sobre a qual ocorre sua fixação. Em contato com a água e com o gás carbônico dissolvido, se estabelece o seguinte equilíbrio:



Sobre esse sistema, assinale o que for correto.

Dados: Ca = 40 u; C = 12 u; O = 16 u.

- 01** Quando a concentração de CO_2 se torna mais elevada, o equilíbrio se desloca no sentido direto, e ocorre maior desgaste da base dos corais.
- 02** Quando a temperatura da água diminui, a solubilidade do gás carbônico também é reduzida, favorecendo o deslocamento do equilíbrio no sentido da reação inversa.
- 04** O aumento da temperatura da água do mar favorece a reação no sentido inverso e, conseqüentemente, a deposição de carbonato de cálcio nos recifes.
- 08** Na reação direta, para cada 100 g de CaCO_3 são consumidos 22,4 L de CO_2 , considerando as CNTP.

16 O produto da reação direta é um sal inorgânico denominado bicarbonato de cálcio.

Soma:

85. **Enem 2015** Hipóxia ou mal das alturas consiste na diminuição de oxigênio (O_2) no sangue arterial do organismo. Por essa razão, muitos atletas apresentam mal-estar (dores de cabeça, tontura, falta de ar etc.) ao praticarem atividade física em altitudes elevadas. Nessas condições, ocorrerá uma diminuição na concentração de hemoglobina oxigenada (HbO_2) em equilíbrio no sangue, conforme a relação:

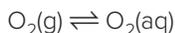


Mal da montanha. Disponível em: www.feng.pucrs.br. Acesso em: 11 fev. 2015 (adaptado).

A alteração da concentração de hemoglobina oxigenada no sangue ocorre por causa do(a)

- elevação da pressão arterial.
- aumento da temperatura corporal.
- redução da temperatura do ambiente.
- queda da pressão parcial de oxigênio.
- diminuição da quantidade de hemácias.

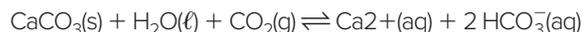
86. **UEMG** A presença do oxigênio gasoso (O_2) na água se deve, em parte, à dissolução do ar atmosférico na água. A equação, a seguir, representa o equilíbrio de dissolução do O_2 em água:



Baseando-se nessas informações e em outros conhecimentos sobre o assunto, é INCORRETO afirmar que

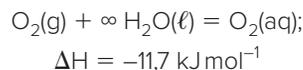
- a solubilidade do O_2 aumenta em temperaturas mais elevadas.
- a solubilidade do O_2 é baixa, devido ao caráter polar da molécula de água.
- a disponibilidade de O_2 em águas superficiais é influenciada pela altitude.
- a ligação entre átomos de oxigênio ocorre por compartilhamento de elétrons.

87. **Fuvest-SP** Recifes de coral são rochas de origem orgânica, formadas principalmente pelo acúmulo de exoesqueletos de carbonato de cálcio secretados por alguns cnidários que vivem em colônias. Em simbiose com os pólipos dos corais, vivem algas zooxantelas. Encontrados somente em mares de águas quentes, cujas temperaturas, ao longo do ano, não são menores que $20^\circ C$, os recifes de coral são ricos reservatórios de biodiversidade. Como modelo simplificado para descrever a existência dos recifes de coral nos mares, pode-se empregar o seguinte equilíbrio químico:



- Descreva o mecanismo que explica o crescimento mais rápido dos recifes de coral em mares cujas águas são transparentes.
- Tomando como base o parâmetro solubilidade do CO_2 em água, justifique por que ocorre a formação de recifes de coral em mares de água quente.

88. **Unicamp-SP** O processo de dissolução do oxigênio do ar na água é fundamental para a existência de vida no planeta. Ele pode ser representado pela seguinte equação química:



Observação: o símbolo ∞ significa grande quantidade de substância.

- Considerando que a altitude seja a mesma em que lago há mais oxigênio dissolvido: em um de águas a $10^\circ C$ ou em outro de águas a $25^\circ C$? Justifique.
- Considerando uma mesma temperatura, onde há mais oxigênio dissolvido, em um lago no alto da cordilheira dos Andes ou em outro em sua base? Justifique.

89. **UFRJ** Na fabricação de cerveja, adiciona-se gás carbônico durante o processo de engarrafamento (parte do CO_2 já é produzido durante a fermentação). Isto faz com que o produto final apresente uma acidez maior. Por outro lado, o CO_2 em solução fica em equilíbrio com o CO_2 não solubilizado, como representado a seguir:



- Suponha que a geração de espuma esteja relacionada à quantidade de gás liberado durante a abertura da garrafa de cerveja. Se duas cervejas são abertas no mesmo bar, uma a $6^\circ C$ e outra a $25^\circ C$, qual apresentará a maior quantidade de espuma? Justifique sua resposta.
- Explique por que o CO_2 , em solução aquosa, pode ser considerado um ácido.

90. **ITA-SP** Um recipiente aberto contém água em equilíbrio com o ar atmosférico e está na temperatura ambiente. Com um tubo, passa-se a borbulhar através dessa água uma mistura de $N_2(g)$ e $O_2(g)$, em que a fração molar de ambos componentes é 0,50. Se for atingido o regime estacionário, decorrente deste borbulhamento, pode-se garantir que:

- A constante de equilíbrio, K_C , da reação $N_2(g) \rightleftharpoons N_2(aq)$ ficará igual a 1.
- A concentração de $O_2(aq)$ diminuirá.
- A concentração de $N_2(aq)$ aumentará.
- A pressão de vapor da água aumentará.
- A concentração de $CO_2(aq)$ diminuirá.

91. **Unesp 2019**

Para se criar truta...

A água é o principal fator para a instalação de uma truiticultura. Para a truta arco-íris, entre as principais características da água, estão:

- Temperatura: os valores compreendidos entre $10^\circ C$ e $20^\circ C$ são indicados para o cultivo, sendo $0^\circ C$ e $25^\circ C$ os limites de sobrevivência.
- Teor de oxigênio dissolvido (OD): o teor de OD na água deve ser o de saturação. A solubilidade do oxigênio na água varia com a temperatura e a pressão atmosférica, conforme a tabela.

Solubilidade do oxigênio na água (mg/L)

Temperatura (°C)	Pressão Atmosférica (mm de Hg)				
	680	700	720	740	760
10	9,8	10,0	10,5	10,5	11,0
12	9,4	9,6	9,9	10,0	10,5
14	8,9	9,2	9,5	9,7	10,0
16	8,6	8,8	9,1	9,3	9,6
18	8,2	8,5	8,7	8,9	9,2
20	7,9	8,1	8,4	8,8	8,8

(Yara A. Tabata. "Para se criar truta". www.aquicultura.br. Adaptado.)

- a) O que acontece com o teor de OD em uma dada estação de truticultura à medida que a temperatura da água aumenta? Mantida a temperatura constante, o que acontece com o teor de OD à medida que a altitude em que as trutas são criadas aumenta?
- b) A constante da lei de Henry (K_H) para o equilíbrio da solubilidade do oxigênio em água é dada pela expressão $K_H = [O_2(aq)]/p_{O_2}$, em que $[O_2(aq)]$ corresponde à concentração de oxigênio na água, em mol/L, e p_{O_2} é a pressão parcial de oxigênio no ar atmosférico, em atm. Sabendo que a participação em volume de oxigênio no ar atmosférico é 21%, calcule o valor da constante K_H , a 16 °C e pressão de 1 atm.

BNCC em foco

EM13CNT302

1. Considere a seguinte reação hipotética em equilíbrio: $A(g) \rightleftharpoons B(g)$. Sobre ela, faça as representações solicitadas.
- a) Gráfico de concentração de reagentes e produtos, pelo tempo de reação, até atingir o equilíbrio.
- b) Gráfico se o sistema tivesse, também, a presença de um catalisador.



Leia o texto a seguir para responder às questões 2 e 3.

O equilíbrio químico está diretamente relacionado com o equilíbrio da vida. No mar, por exemplo, existem os recifes de corais, que são o hábitat de diversas espécies de animais, plantas e algas. Porém, as ações humanas atuais podem afetar drasticamente a vida dos corais e, conseqüentemente, de todos os seres vivos que estão diretamente e simbioticamente vinculados a eles.

O coral é um animal marinho que precisa de cálcio para crescer e viver, pois possui um esqueleto feito de carbonato de cálcio. Esse sal encontra-se em equilíbrio com íons cálcio e bicarbonato nas águas dos oceanos, segundo a reação química representada a seguir.



EM13CNT203

2. Qual das alternativas a seguir traz uma ação humana que afeta a vida dos recifes de coral e de tantos outros seres que vivem associados a eles?
- a) Com o aumento da extração de sal dos oceanos, houve diminuição da quantidade disponível de Ca^{2+} , o que desloca o equilíbrio para a formação de bicarbonato e leva à dissolução do esqueleto dos corais.
- b) O aquecimento global tem levado ao derretimento das calotas polares, o que aumenta a quantidade de água disponível e afeta o equilíbrio, formando bicarbonato e levando à dissolução do esqueleto dos corais.
- c) O aumento da temperatura nas regiões polares, associado a uma diminuição de temperatura em regiões próximas à linha do Equador, tem levado a uma migração dos corais.
- d) O aumento da quantidade de CO_2 atmosférico nas últimas décadas e o aumento da temperatura do planeta, deslocam o equilíbrio químico na direção do bicarbonato, levando à dissolução do esqueleto dos corais.
- e) O aumento da quantidade de CO_2 atmosférico aumentou a temperatura da água, o que desloca o equilíbrio para a formação de bicarbonato e leva à dissolução do esqueleto dos corais, já que a reação direta é exotérmica.

EM13CNT304

3. O aumento da quantidade de CO_2 atmosférico nas últimas décadas é um problema global, e há muitas estratégias de diminuição da emissão desse gás sendo debatidas atualmente. Uma das alternativas estudadas envolve a "fertilização" das águas com íons de ferro em locais onde a produtividade biológica é limitada por esse elemento. Dessa forma, haveria maior crescimento de organismos fotossintetizantes, especialmente o fitoplâncton, e mais CO_2 seria retirado da atmosfera.
- Quais são as vantagens e as desvantagens dessa estratégia?

Frente 1

Capítulo 4 – Propriedades físicas das substâncias

Revisando

- I. Dipolo induzido, pois são moléculas apolares.
II. Dipolo permanente, pois são moléculas polares.
III. Ligação de hidrogênio, pois são polares e apresentam hidrogênio ligado a oxigênio.
- Como todas as moléculas apresentam o mesmo grupo funcional, carbonila (C=O), e realizam o mesmo tipo de interação intermolecular (dipolo permanente), o fator determinante das temperaturas de ebulição será o tamanho/massa das moléculas. Dessa forma, temos:
Propanona = 56 °C
Butanona = 80 °C
Pentan-3-ona = 101 °C
Hexan-3-ona = 124 °C
- Esse comportamento é observado em virtude das ligações de hidrogênio existentes entre as moléculas do butan-1-ol, que são interações mais fortes que as encontradas no éter (dipolo permanente).

- Compostos I e IV, respectivamente.
A substância I realiza ligações de hidrogênio, portanto apresenta a maior temperatura de ebulição. A substância IV é apolar (hidrocarboneto) e realiza interações do tipo dipolo induzido, portanto apresenta a menor temperatura de ebulição.

- Como todas as moléculas realizam o mesmo tipo de interação intermolecular (dipolo permanente), o fator determinante das temperaturas de ebulição será o tamanho/massa das moléculas. Dessa forma, teremos:

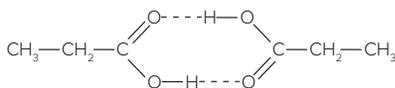
Composto	Massa molecular (u)
H ₂ S	34
H ₂ Se	81
H ₂ Te	129



- Os compostos I e II são hidrocarbonetos (apolares) e realizam uma interação fraca (dipolo induzido). Como ambos apresentam a mesma massa, o fator determinante das temperaturas de ebulição será a superfície de contato. Quanto maior o número de ramificações, menor a superfície de contato, menor a atração intermolecular e, consequentemente, menor a temperatura de ebulição.
Conclusão: II < I.
A presença de grupo hidroxila (–OH) indica forças do tipo ligação de hidrogênio,

que são mais intensas que o dipolo induzido presente nos hidrocarbonetos.
Conclusão final: II < I < III.

- a) A vitamina C, pois apresenta maior quantidade de grupos (–OH) e, consequentemente, interage de forma mais eficiente com a água presente na urina.
b) A vitamina C apresenta maior temperatura de fusão, por apresentar maior quantidade de grupos (–OH) e, consequentemente, realizar um número maior de interações do tipo ligação de hidrogênio.
- a) III, pois realiza ligação de hidrogênio.
b) I, pois é um hidrocarboneto (apolar) e não interage de forma eficiente com a água.
c) III, observe a figura a seguir.



- a) Vitamina B₅

Hidrossolúvel:
vários grupos OH

- b) Vitamina C

Hidrossolúvel:
– vários grupos OH

- c) Vitamina A

Lipossolúvel:
– cadeia extensa
– apenas um grupo OH

10.

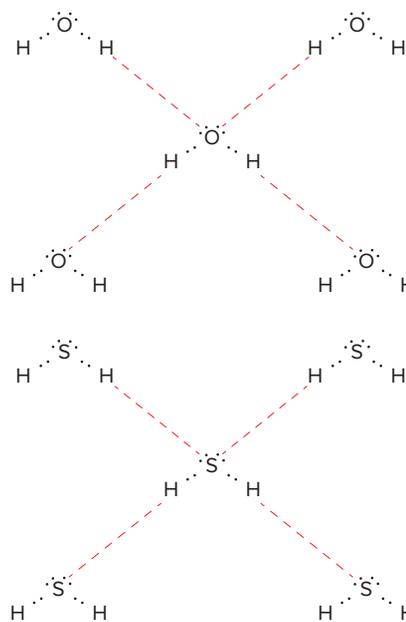
Exercícios propostos

- E
- A
- A
- D

- C
- D
- A
- D
- C
- As moléculas que formam o sabão apresentam duas regiões, uma apolar e outra polar. A membrana lipoproteica hidrofóbica do vírus, que é apolar, interage com a região apolar das moléculas do sabão. A água, por sua vez, que é polar, é atraída pela região polar das moléculas do sabão.
- C
- B
- C
- A
- B
- D
- A
- Soma: 08
- A
- E

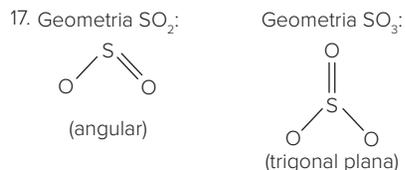
Exercícios complementares

- D
- C
- C
- B
- A
- Soma: 02 + 16 = 18
- B
- a) As interações intermoleculares presentes na água e no sulfeto de hidrogênio podem ser representadas como:



- b) A interação que se estabelece entre as moléculas de sulfeto de hidrogênio é do tipo dipolo-dipolo.

9. C
10. A
11. A
12. A
13. B
14. B
15. C
16. A



O SO₂ é solúvel em água porque, por sua geometria angular, é possível observar que é polar. Já o SO₃ tem geometria trigonal plana e é apolar, portanto é insolúvel em água.

18. B
19. E
20. D
21. B

22. a) A fibra de algodão é composta de celulose com diversos grupos —OH que podem interagir fortemente com a água (umidade) por meio de ligações de hidrogênio, tornando esse tecido um bom absorvedor.

b) As fibras são atraídas por ligações de hidrogênio entre os grupos —OH das moléculas de celulose.

23. a) Na acetona (propanona) predomina o dipolo permanente; no isopropanol, a ligação de hidrogênio.

b) A temperatura de ebulição do isopropanol é maior, pois realiza ligações de hidrogênio mais fortes que as forças dipolo permanente presentes na propanona.

24. a) Somente o papel não encerado absorveu água.

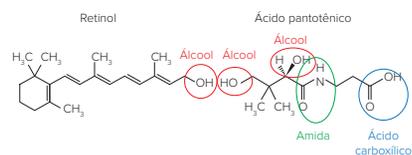
b) O papel não encerado faz as hidroxilas da celulose interagirem por ligações de hidrogênio com as moléculas da água, resultando na absorção de água por esse material.

A cera é formada por hidrocarbonetos (apolar), portanto o papel encerado não interage com a água (polar).

Os pedaços de plástico não absorveram a água, já que o polietileno é apolar e não interage com a água, que é polar.

25. B

26. Funções orgânicas presentes em cada vitamina:

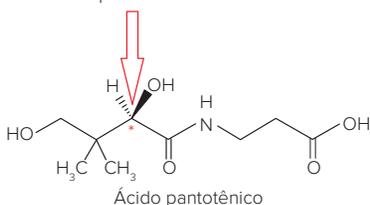


A vitamina B₅ (ácido pantotênico) é hidrossolúvel, pois apresenta as funções álcool, amida e ácido carboxílico. Todas essas funções fazem ligação de hidrogênio com a água.

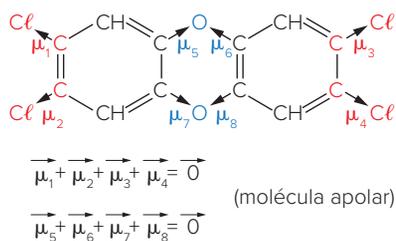
A vitamina A (retinol) é lipossolúvel, pois é predominantemente apolar, realizando interações do tipo dipolo induzido com as cadeias carbônicas da gordura.

A vitamina que apresenta isomeria óptica é a B₅, pois apresenta um carbono assimétrico.

* Carbono quiral ou assimétrico

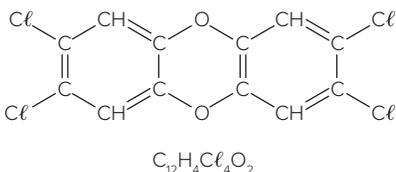


27. a) Com base na análise da estrutura do TCDD, temos:



Já que o momento de dipolo resultante é zero, a molécula é apolar.

b) Fórmula molecular



$$M_{C_{12}H_4Cl_4O_2} = 322 \text{ g/mol}$$

$$10^{-6} \text{ g (massa letal)} \quad \text{---} \quad 1000 \text{ g}$$

(massa corpórea)

$$m_{\text{letal}} \quad \text{---} \quad 966 \text{ g}$$

(massa da cobaia)

$$m_{\text{letal}} = 966 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-3} = 9,66 \cdot 10^{-7} \text{ g}$$

$$n_{\text{letal}} = \frac{m}{M} = \frac{9,66 \cdot 10^{-7} \text{ g}}{322 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$n_{\text{letal}} = 3,0 \cdot 10^{-9} \text{ mol}$$

28. a) O enunciado diz que a conserva de pimenta e óleo comestível é mais picante que a conserva de pimenta e vinagre, indicando que as interações intermoleculares entre o óleo e a capsaicina são mais fortes que as da capsaicina com o vinagre. Se usado com o objetivo de eliminar o ardor da pimenta, o óleo é mais eficiente que o vinagre.

b) A sensação de salgado é diminuída em razão da presença de água no leite, o que dilui o excesso de sal.

A sensação de ardência é diminuída em razão da presença de gordura (predominantemente apolar) no leite, já que, de acordo com o enunciado, a capsaicina se dissolve melhor com o óleo (também predominantemente apolar) do que com o vinagre, indicando, assim, que interage de maneira mais eficiente em solventes apolares.

29. a) Não, o urso cinza não usa o termo “dissolvendo” de forma cientificamente correta. Esse termo se aplica a processos que envolvem soluto e solvente de naturezas distintas, não se aplicando a substâncias idênticas em equilíbrio de fases. Nesse caso, o certo seria usar o termo “fundindo” (passagem da água do estado sólido para o estado líquido).

b) Na última fala do urso branco, a palavra “polar” tem duplo significado: polar pode se referir a um habitante das regiões polares do planeta (urso-polar = urso de cor branca) e também a substâncias cujas moléculas apresentam dipolo elétrico em razão da distribuição não uniforme de cargas. O efeito cômico da tirinha vem do fato de que o urso de cor branca atribui o termo polar a si no sentido de ser uma substância com caráter polar, portanto solúvel em água.

30. a) De acordo com o gráfico, quanto menor o número de átomos de carbono na cadeia da molécula do álcool primário de cadeia linear (apolar), maior sua solubilidade em água (polar).

b) O 1-dodecanol tem 10 carbonos e baixa solubilidade em água. Na temperatura do experimento (15 °C), apresenta-se no estado sólido. O químico, então, observou uma mistura bifásica, em que o álcool 1-dodecanol estava no estado sólido e fluando na solução, pois sua densidade é menor do que a de soluções diluídas de etanol em água.

BNCC em foco

1. a) Porque as moléculas de óleo são predominantemente apolares; portanto, tendem a não se misturar com a água do mar.

b) Toda substância tem certo grau de solubilidade em outra. Logo, mesmo que o óleo seja imiscível com a água, ainda há moléculas das substâncias que formam o óleo dissolvidas na água e podem causar danos à vida marinha. O excesso de óleo também pode aprisionar animais nas manchas, causando intoxicações e mortes. Além disso, o óleo prejudica a passagem de luz, afetando a sobrevivência de animais fotossintetizantes.

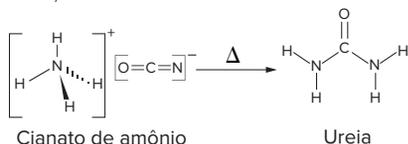
2. B

3. D

Capítulo 5 – Introdução à Química Orgânica

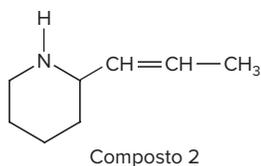
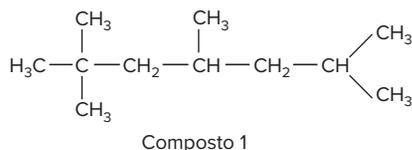
Revisando

1. a)



b) Um composto orgânico que supostamente só poderia ser sintetizado por seres vivos foi sintetizado em laboratório a partir de uma substância inorgânica. Dessa forma, provou-se que não havia a necessidade da força vital para a produção de compostos orgânicos.

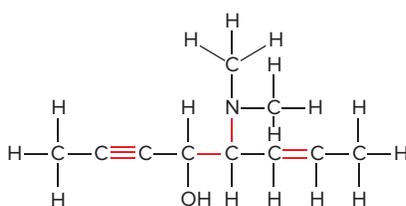
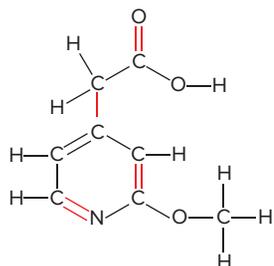
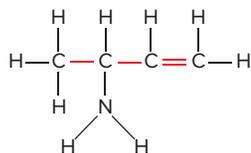
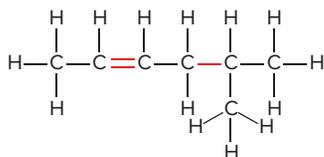
2. Carbono 1^o: ligado a 1 carbono.
Carbono 2^o: ligado a 2 carbonos.
Carbono 3^o: ligado a 3 carbonos.
Carbono 4^o: ligado a 4 carbonos.



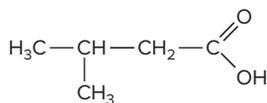
Assim, a tabela fica:

Classificação do carbono	Composto 1	Composto 2
1 ^o	6	2
2 ^o	2	6
3 ^o	2	–
4 ^o	1	–

3.

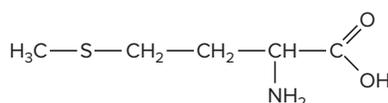


4. a)



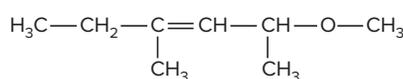
– Aberta
– Ramificada
– Homogênea
– Saturada (somente ligações simples entre carbonos)

b)



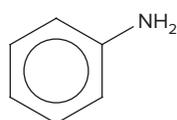
– Aberta
– Normal (sem ramificação)
– Heterogênea
– Saturada

c)



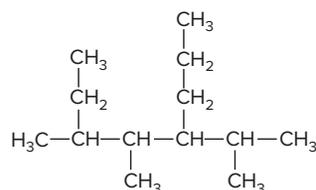
– Aberta
– Ramificada
– Heterogênea
– Insaturada

d)

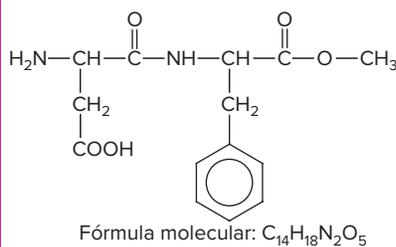


– Fechada
– Aromática (contém anel aromático)
– Homocíclica (apenas um ciclo)
– Mononuclear

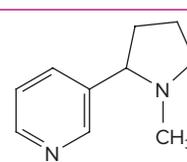
5.



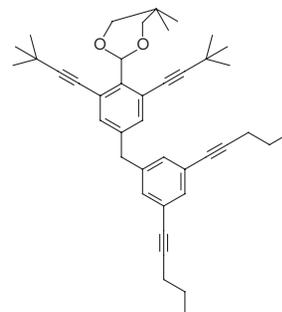
Fórmula molecular: $\text{C}_{13}\text{H}_{28}$



Fórmula molecular: $\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_5$



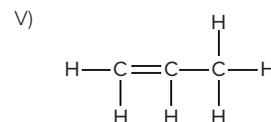
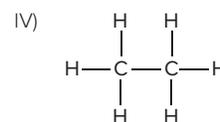
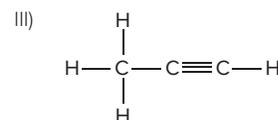
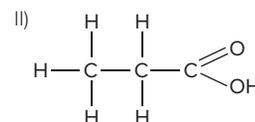
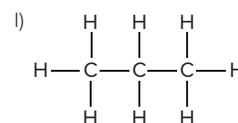
Fórmula molecular: $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2$



Fórmula molecular: $\text{C}_{41}\text{H}_{50}\text{O}_2$

6. Com base nos conceitos de classificação de cadeia carbônica, temos: 5, 7, 4, 2, 6, 8, 1, 3.

7. Os compostos que apresentam apenas ligações sigma são: I e IV.

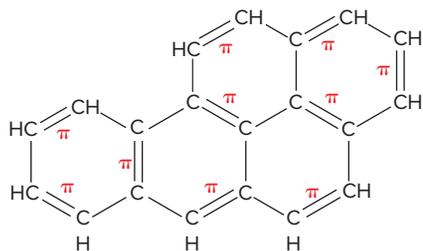


8. Composto I = insaturado, pois apresenta ligação dupla entre carbonos, e aromático, pois apresenta núcleo ou anel aromático.

Composto II = insaturado, pois apresenta ligação tripla entre carbonos, e alifático, pois não apresenta núcleo ou anel aromático.

9. Sua cadeia carbônica é classificada em aromática (apresenta ressonância eletrônica); mista (tem uma parte fechada e uma parte aberta); insaturada (apresenta ligação dupla entre carbonos); e heterogênea (apresenta heteroátomo).

10. a) $C_{20}H_{12}$
 b) São 10 ligações pi (π)

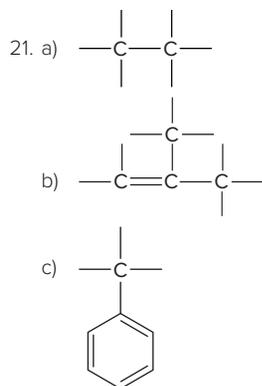


Exercícios propostos

- | | |
|-------|-------------------------------|
| 1. B | 11. Soma: $04 + 08 = 12$ |
| 2. E | 12. B |
| 3. E | 13. D |
| 4. A | 14. A |
| 5. A | 15. D |
| 6. D | 16. D |
| 7. B | 17. C |
| 8. B | 18. D |
| 9. B | 19. D |
| 10. A | 20. Soma: $01 + 02 + 04 = 07$ |

Exercícios complementares

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| 1. Soma: $04 + 08 = 12$ | 11. Soma: $04 + 16 = 20$ |
| 2. A | 12. C |
| 3. D | 13. A |
| 4. D | 14. B |
| 5. D | 15. A |
| 6. A | 16. D |
| 7. C | 17. B |
| 8. C | 18. E |
| 9. C | 19. C |
| 10. D | 20. A |



- | | | |
|-------|-------|-------|
| 22. C | 25. A | 28. D |
| 23. A | 26. A | 29. E |
| 24. A | 27. E | 30. D |

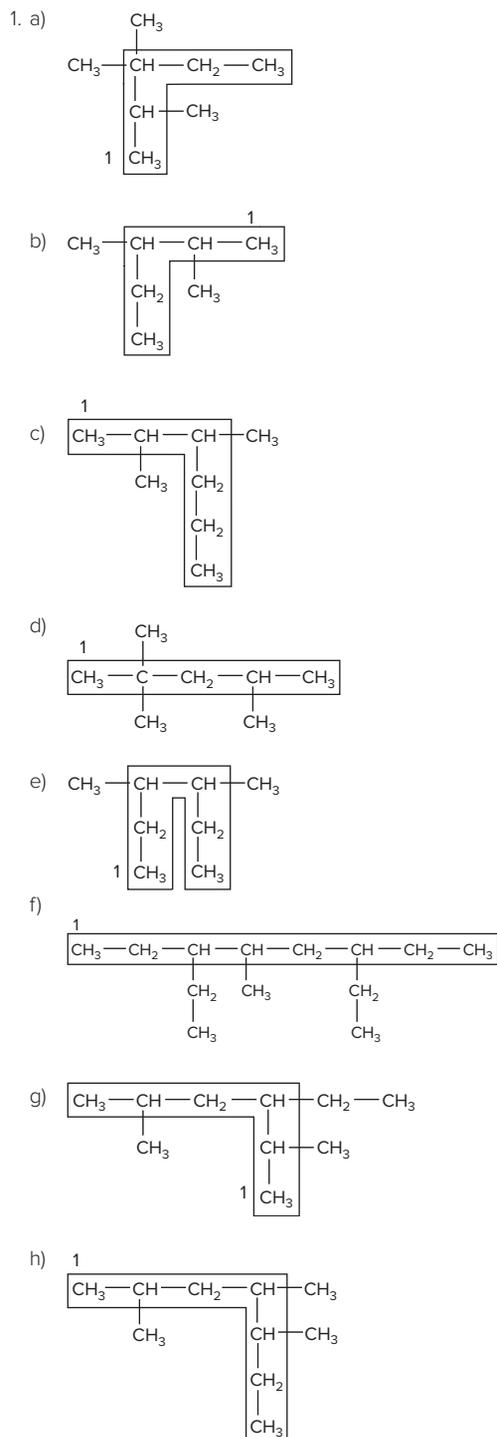
BNCC em foco

1. A teoria da força vital (chamada neste texto de "élan vital"). Resumidamente, essa teoria dizia que compostos orgânicos poderiam ser obtidos apenas a partir de seres vivos, que teriam "força vital" dentro de si; e ela foi superada por Wöhler, que foi o primeiro cientista a sintetizar um composto orgânico (ureia) a partir de um composto inorgânico (cianato de amônio).

2. B
3. Se o carbono não apresentasse as características que permitam a ocorrência de grande quantidade de compostos baseados nesse elemento químico, a vida na Terra até poderia existir, mas certamente seria muito diferente de como a conhecemos.

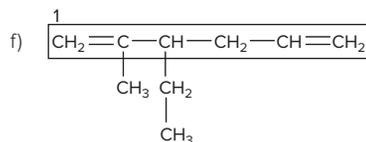
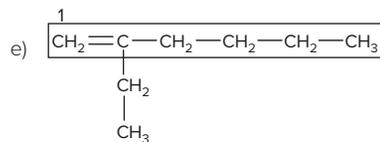
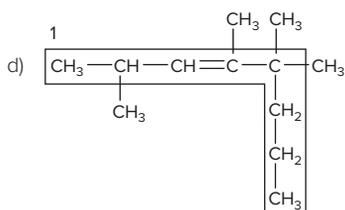
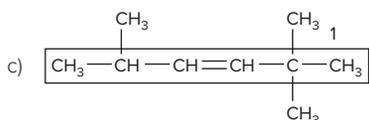
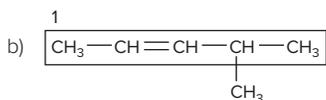
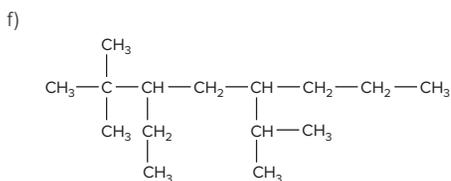
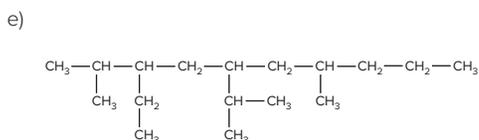
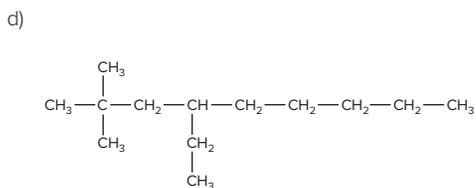
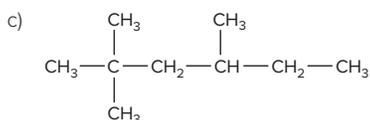
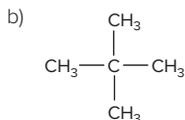
Capítulo 6 – Nomenclatura dos compostos orgânicos

Revisando

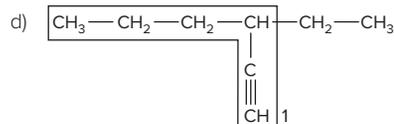
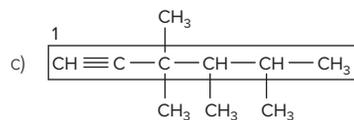
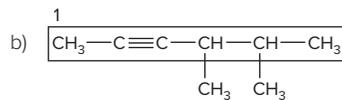
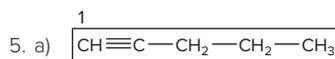
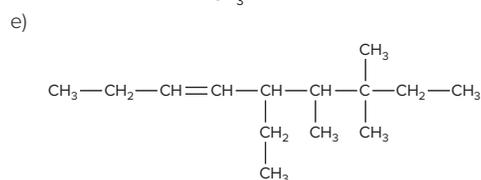
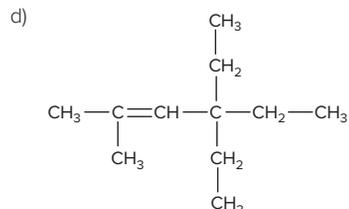
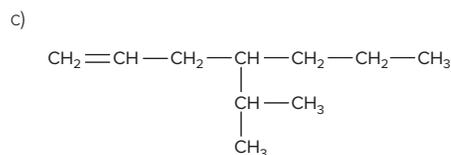
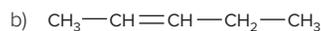
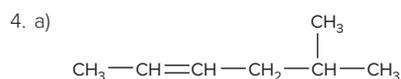


- a) 2,3,3-trimetilpentano.

- b) 2,3-dimetilpentano.
 c) 2,3-dimetilhexano.
 d) 2,2,4-trimetilpentano.
 e) 3,4-dimetilhexano.
 f) 3,6-dietil-4-metiloctano.
 g) 3-etil-2,5-dimetilhexano.
 h) 2,4,5-trimetilheptano.
2. a) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

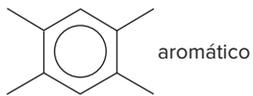
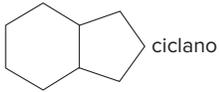
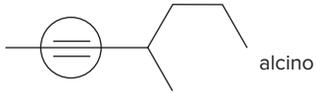
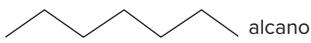


- a) pent-1-eno.
 b) 4-metilpent-2-eno.
 c) 2,2,5-trimetilhex-3-eno.
 d) 2,4,5,5-tetrametiloct-3-eno.
 e) 2-etilhex-1-eno.
 f) 3-etil-2-metilhexa-1,5-dieno.

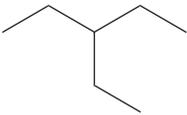


- a) Pent-1-ino.
 b) 4,5-dimetilhex-2-ino.
 c) 3,3,4,5-tetrametilhex-1-ino.
 d) 3-etilhex-1-ino.

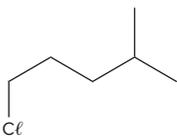
6.



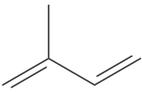
7. a)



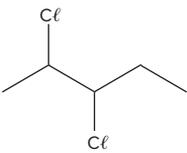
b)



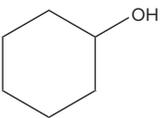
c)



d)

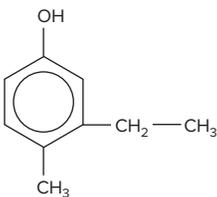


e)

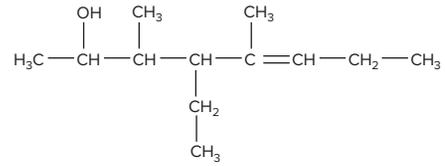


f) $\text{CH}_3\text{—O—CH}_2\text{—CH}_3$

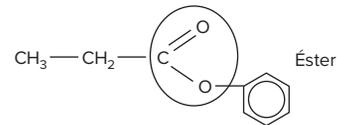
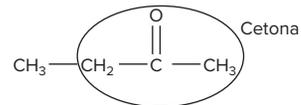
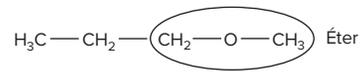
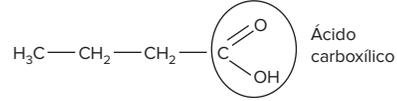
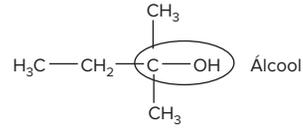
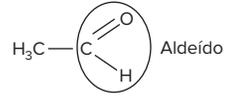
g)



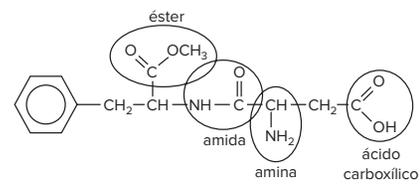
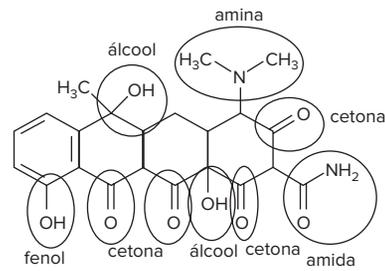
h)



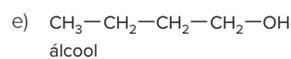
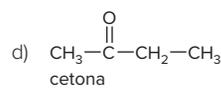
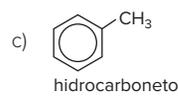
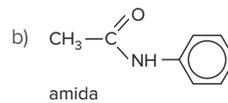
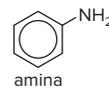
8.

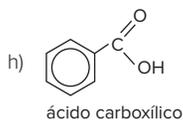
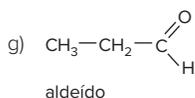
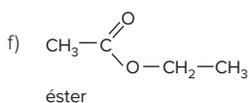


9.



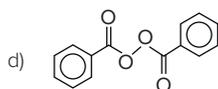
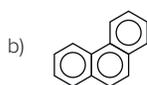
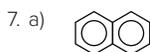
10. a)





Exercícios propostos

1. A 3. B
2. B 4. A



8. C 12. C
9. C 13. C
10. A 14. C
11. B

15. Soma: $01 + 08 = 09$

16. B 20. D
17. D 21. D
18. A 22. C
19. D 23. A

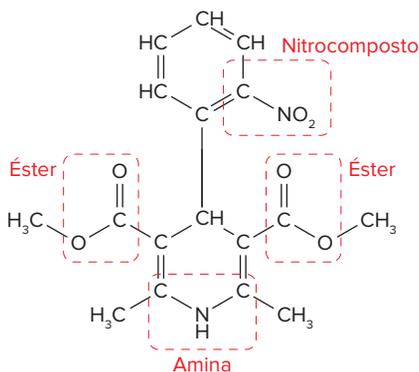
24. a) $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$.
b) 2 grupos metil.

25. C
26. E
27. Soma: $01 + 02 = 03$

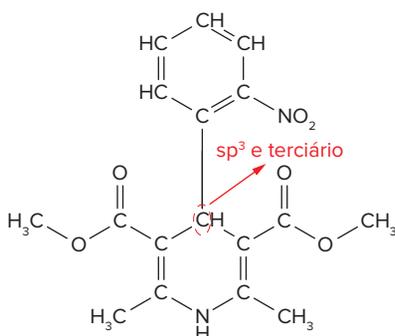
28. A 41. D
29. B 42. E
30. B 43. D
31. B 44. B
32. C 45. E
33. C 46. D
34. B 47. D
35. E 48. B
36. A 49. A
37. B 50. E
38. A 51. B
39. B 52. C
40. D 53. D

54. Soma: $01 + 08 + 32 = 41$
55. E
56. C
57. D
58. A

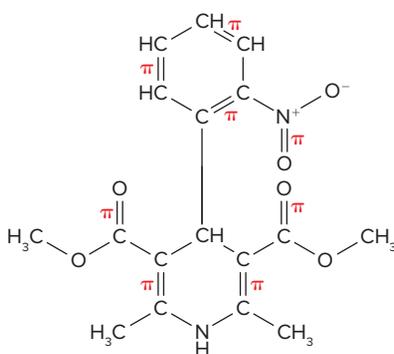
59. B
60. E
61. B
62. Soma: $01 + 02 + 04 + 08 = 15$
63. Soma: $02 + 04 + 08 + 16 = 30$
64. B 66. D 68. B
65. E 67. E
69. a) Funções orgânicas presentes: nitrocomposto, éster e amina



b) Carbono terciário com hibridização sp^3 .



c) Há oito ligações π .



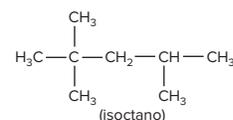
70. E
71. D
72. B
73. C
74. C
75. A
76. D
77. A
78. A
79. D
80. D
81. C

82. C
83. D
84. C
85. A
86. C
87. B
88. C
89. C
90. B

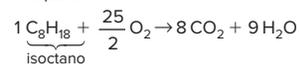
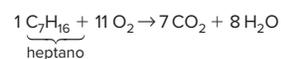
Exercícios complementares

1. D
2. A
3. Série dos hidrocarbonetos alcenos C_nH_{2n} :
1º: $\text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2$
2º: $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH}_3$
3º: $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \rightarrow$
 \rightarrow But-1-eno
4. B 5. C 6. D
7. Soma: $01 + 02 = 03$
8. C 9. B
10. V, V, V, F, F
11. Soma: $02 + 08 = 10$
12. E 16. C
13. B 17. C
14. D 18. E

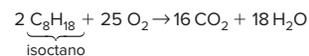
19. a) As fórmulas estruturais são:
 $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ (heptano)



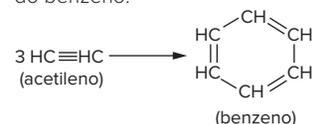
b) As equações químicas são:



ou

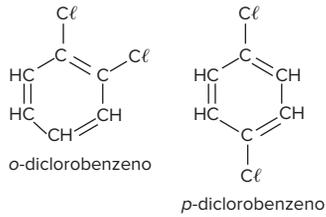


20. a) Equação química da reação de trimerização do acetileno para produção do benzeno:

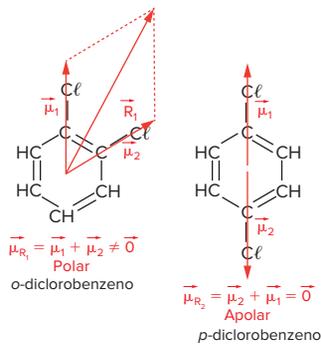


- b) O benzeno é uma molécula apolar que realiza interações do tipo dipolo induzido-dipolo induzido. Portanto, é amplamente usado como solvente orgânico, já que os compostos orgânicos são predominantemente apolares.
c) O anel benzênico é mais estável que o do ciclo-hexano em razão do fenômeno de ressonância.

21. a) As fórmulas estruturais são:



- b) Nomes sistemáticos de acordo com a IUPAC:
o-diclorobenzeno: 1,2-diclorobenzeno.
p-diclorobenzeno: 1,4-diclorobenzeno.
- c) Analisando esses dois isômeros, quanto maior o vetor momento dipolo elétrico resultante, maior a força intermolecular e maior a temperatura de ebulição. Portanto, o o-diclorobenzeno tem a maior temperatura de ebulição.



22. A

24. E

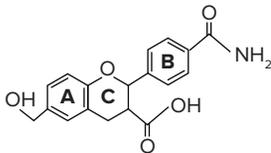
26. B

23. D

25. D

27. B

28. a)



b) $sp^3 = 3$; $sp^2 = 12$.

29. B

42. E

30. D

43. D

31. B

44. B

32. B

45. E

33. C

46. E

34. A

47. C

35. C

48. C

36. C

49. E

37. Soma: $04 + 16 = 20$

50. A

38. D

51. E

39. A

52. C

40. A

53. A

41. Soma: $01 + 04 + 08 = 13$

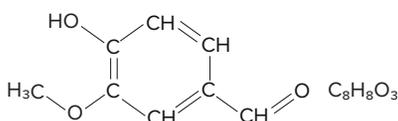
54. C

55. a) A função orgânica presente exclusivamente na estrutura da flavona é a cetona e na do flavonol, o álcool.

b) As hibridizações dos átomos numerados de 1 a 4 no flavonol são: sp^3 , sp^3 , sp^2 e sp^2 .

c) Classificação dos átomos de carbono na molécula de flavona: secundário, secundário, terciário e secundário.

d) A fórmula molecular do flavonol é:



56. C

64. B

57. C e E

65. E

58. B

66. D

59. E

67. Soma: $02 + 04 + 08 = 14$

60. C

68. B

61. B

69. C

62. a) $C_{30}H_{30}O_8$

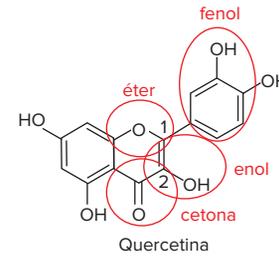
70. C

b) Aldeído e fenol.

71. E

63. B

72. a) As funções químicas oxigenadas são fenol, éter, enol e cetona.



b) A fórmula molecular é $C_{15}H_{10}O_7$.

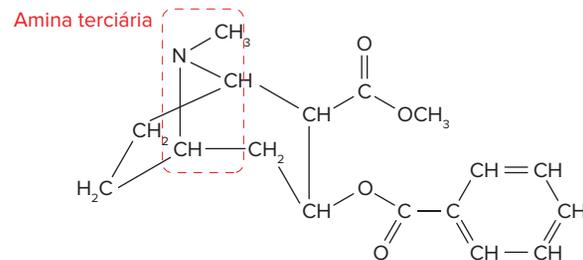
c) A correlação dos carbonos numerados com a classificação segue no quadro:

Carbono	Classificação
C ₁	secundário
C ₂	secundário
C ₃	secundário
C ₄	quaternário
C ₅	primário

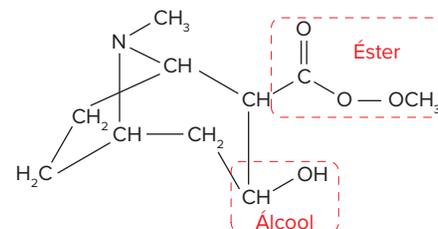
d) A correlação dos carbonos numerados com a hibridização segue no quadro:

Carbono	Hibridização
C ₁	sp^2
C ₂	sp^2
C ₃	sp^3
C ₄	sp^3
C ₅	sp

73. a) Função orgânica nitrogenada presente: amina terciária.



b) Funções orgânicas oxigenadas presentes: éster e álcool.



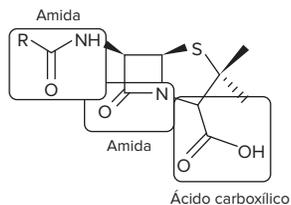
c) Benzoato de metila.

d) Fórmula molecular do benzoato de metila: $C_8H_8O_2$.

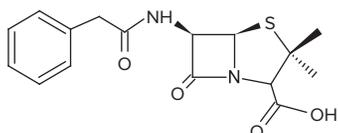
$$M_{C_8H_8O_2} = 8 \cdot 12 \text{ g/mol} + 8 \cdot 1 \text{ g/mol} + 2 \cdot 16 \text{ g/mol} = 136 \text{ g/mol}$$

e) $m_{C_8H_8O_2} = 0,068 \text{ g}$

74. a) As funções orgânicas oxigenadas presentes são ácido carboxílico e amida.



- b) Como a estrutura da penicilina G é resultado da substituição do radical R pelo benzil, ela pode ser representada por:



Sua fórmula molecular é $C_{16}H_{18}N_2O_4S$.

75. C
76. C
77. C
78. E
79. E
80. A
81. D
82. E
83. D
84. E
85. D
86. E
87. A
88. B
89. D
90. D
91. B
92. C
93. C
94. B
95. D
96. C
97. B
98. Soma: 16
99. B
100. D
101. A
102. C
103. D
104. V, F, V, F, V
105. B
106. A
107. A
108. B
109. A
110. A
111. Soma: $01 + 08 = 09$
112. A
113. A
114. E
115. B
116. B
117. D
118. D
119. A
120. Álcool. Felicidade (dopamina = 153 u e adrenalina = 183 u).
121. D
122. E
123. D
124. E
125. Soma: $01 + 02 + 08 = 11$
126. C
127. C
128. • Insaturada e mista.
• Cortisol: cetona. Melatonina: amida.

BNCC em foco

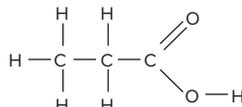
1. E
2. a) O etanol e a glicerina são compostos de átomos de hidrogênio, carbono e oxigênio, e ambas as estruturas apresentam a função álcool em sua composição. O peróxido de hidrogênio não tem átomos de carbono, portanto não é uma molécula orgânica.
b) Moléculas diferentes com a mesma função orgânica podem apresentar algumas características em comum, em especial propriedades físico-químicas, mas não todas. Ou seja, o fato de a glicerina ter mais grupamentos $-OH$ não significa que ela seria mais eficiente contra o vírus Sars-Cov-2 que o etanol.
3. As forças intermoleculares são as principais responsáveis pela diferença de temperatura de ebulição entre os compostos orgânicos com massas similares.

Capítulo 7 – Isomeria

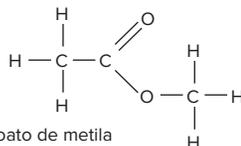
Revisando

1. Isômeros são substâncias diferentes que têm a mesma fórmula molecular.

Exemplo:



Ácido propanoico
 $C_3H_6O_2$



Etanoato de metila
 $C_3H_6O_2$

2. A isomeria pode ser dividida em duas principais categorias:
- Isomeria plana ou constitucional: isômeros diferem na conectividade dos átomos (cadeia, posição, metameria, função e tautomeria).
 - Isomeria espacial ou estereoisomeria: isômeros têm a mesma conectividade entre os átomos, mas diferem na posição espacial deles (geométrica e óptica).
3. 1) a – b
 $CH_3 - O - CH_3$
 $CH_3 - CH_2 - OH$
2) c – h

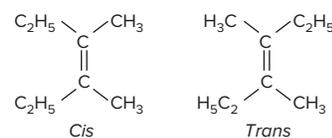
3) f – g

4.

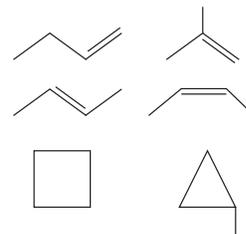
Substâncias	Isomeria
$CH_3 - C(=O) - H$ e $CH_2 = CH - OH$	Tautomeria ou isomeria dinâmica (equilíbrio entre duas funções diferentes).
$CH_3 - O - CH_2 - CH_2 - CH_3$ e $CH_3 - CH_2 - O - CH_2 - CH_3$	Isomeria de compensação ou metameria (mudança na posição do heteroátomo).
$CH_3 - O - CH_3$ e $CH_3 - CH_2 - OH$	Isomeria de função (os compostos apresentam funções orgânicas diferentes).
$CH_3 - CH = CH - CH_3$ e $CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$	Isomeria de posição (os compostos apresentam diferença na posição da insaturação).

5. a) I. $H - C \equiv C - CH_2 - CH_3$
II. $H_3C - C \equiv C - CH_3$
III. $H_2C = C = CH - CH_3$
IV. $H_2C = CH - CH = CH_2$
V. $H - C = C - H$
 $\quad \quad | \quad \quad |$
 $\quad \quad H_2C - CH_2$
b) I. But-1-ino
II. But-2-ino
III. Buta-1,2-dieno
IV. Buta-1,3-dieno
V. Ciclobuteno

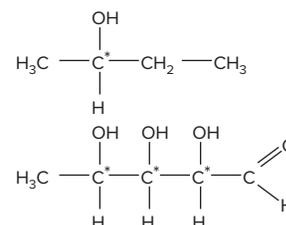
6. a) Isomeria espacial geométrica.
b) Observe as figuras a seguir.

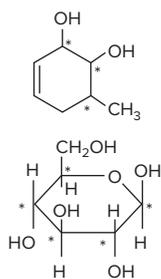


7.



8. Carbono assimétrico, ou quiral, é o carbono que tem quatro ligantes diferentes entre si.
9. Carbono quiral: os quatro ligantes do carbono são diferentes entre si. Assim:





10.

Composto	Número de isômeros ativos	Número de misturas racêmicas
	$2^2 = 4$	$2^{2-1} = 2$
	$2^5 = 32$	$2^{5-1} = 16$
	2	1

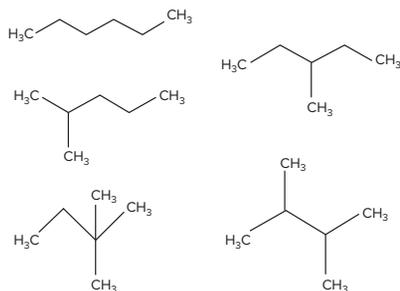
Exercícios propostos

- B
- Soma: $01 + 02 + 04 + 08 = 15$
- C
- A
- D
- B
- B
- Soma: $04 + 16 = 20$
- C
- D
- C
- D
- C
- B
- A
- D
- A
- C
- B
- C
- E
- Soma: $01 + 02 + 04 + 08 = 15$
- A
- E
- Soma: $01 + 08 = 09$
- A

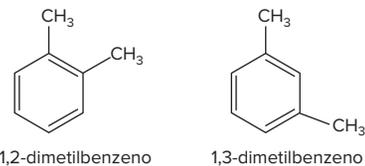
- E
- B
- As funções correspondentes aos grupos funcionais que estabelecem ligação direta com os carbonos alifáticos são álcool e amina. O salbutamol tem três carbonos terciários. A terbutalina tem dois isômeros ópticos devido à presença de um carbono quiral.
- E
- Soma: $02 + 04 + 08 + 16 = 30$
- A
- E
- B
- Soma: $02 + 04 = 06$
- B
- A
- F, F, V, V, V
- D
- D
- Soma: $01 + 02 + 04 = 07$
- B
- B
- A
- Soma: $02 + 16 = 18$
- C
- A
- E
- C
- D
- E
- D
- E
- B
- B
- E
- A
- D

Exercícios complementares

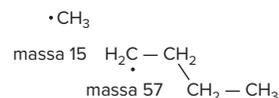
- D
- a) Pelos critérios de massa molecular e superfície de contato, é possível colocar os compostos em ordem crescente de temperaturas de ebulição da seguinte forma:
 $V < IV < III < I < II$
- O hexano tem um total de cinco isômeros, que estão representados a seguir.



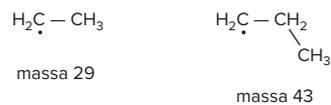
- a) Biodegradação e adsorção de contaminantes, pois ambos envolvem uma reação química e, consequentemente, a mudança na estrutura da molécula dos reagentes.
 b) Nomes oficiais: 1,2-dimetilbenzeno e 1,3-dimetilbenzeno. As fórmulas estruturais estão representadas a seguir.



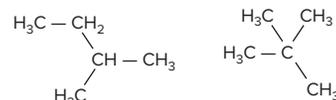
- a) Como produto da ruptura da ligação entre os carbonos 1 e 2, teremos os seguintes fragmentos:



Como resultado da ruptura da ligação entre os carbonos 2 e 3, teremos:



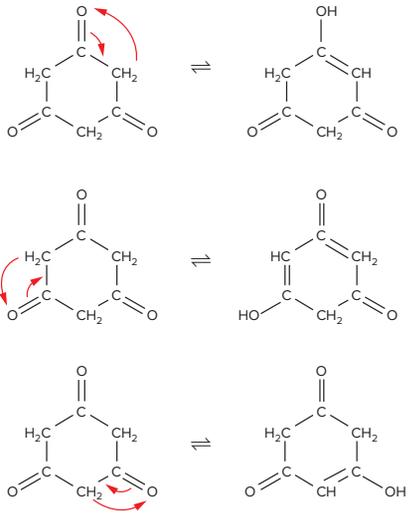
- b) As duas possibilidades de isômeros da molécula do *n*-pentano são:



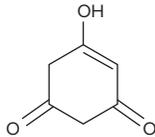
- D
- C
- C
- D
- B
- a)
- b)
- Nonan-5-ona e cetona dibutílica.

- B
- A
- D
- E
- B
- A
- A
- B
- C
20.
 Propan-1-ol ou *n*-propanol metoxietano

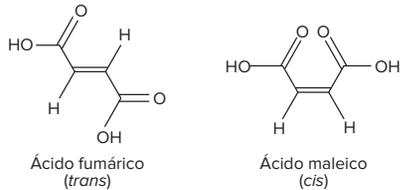
21. a) A tautomeria é um tipo de isomeria que envolve um equilíbrio químico. A seguir, as imagens representam as possibilidades do composto presente no equilíbrio.



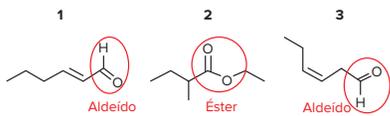
Fórmula do tautômero em bastão:



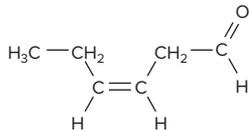
b) As fórmulas estruturais são as seguintes:



22. a) Substância 1: aldeído
Substância 2: éster
Substância 3: aldeído

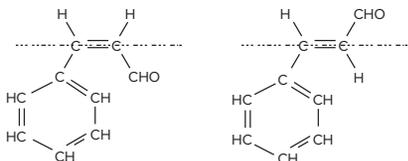


b) A substância 3 é a única em que está representada isomeria geométrica na forma *cis*. Sua fórmula estrutural é:



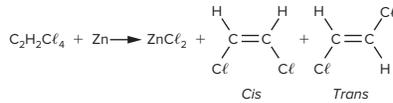
23. D

24. Formas isoméricas do 3-fenil-propenal e suas denominações quanto aos isômeros *cis* e *trans* na figura a seguir.

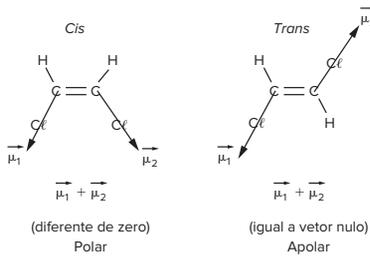


Na forma *cis*, os átomos de hidrogênio estão do mesmo lado do plano; na forma *trans*, estão em lados opostos ao plano.

25. a) Os dois compostos isoméricos formados na reação são do tipo *cis-trans*:

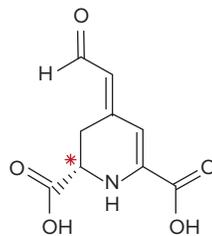


b) Como a temperatura de ebulição depende, nesse caso, da interação intermolecular, devemos analisar primeiro a polaridade das moléculas:

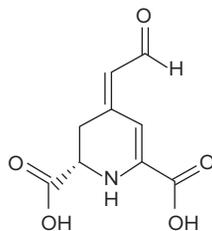


Dessa forma, o isômero *cis* (polar) realiza interação do tipo dipolo permanente e o isômero *trans* (apolar), dipolo induzido. Como a interação dipolo permanente é mais intensa, o isômero *cis* terá a maior temperatura de ebulição, possibilitando, então, a separação deles por destilação fracionada.

26. A
27. A
28. A
29. C
30. Soma: 02 + 16 = 18
31. E
32. B
33. a) Ácido carboxílico e aldeído.
b)

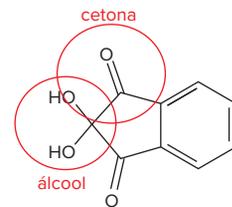


Isômero (isomeria *cis-trans*):



34. Soma: 01 + 02 + 04 + 08 = 15
35. B
36. C
37. D

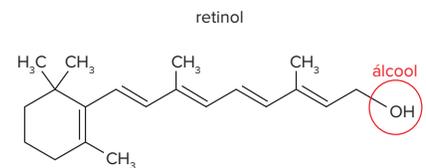
38. C
39. C
40. C
41. B
42. B
43. B
44. D
45. E
46. Soma: 01 + 02 + 04 + 08 = 15
47. B
48. A
49. D
50. B
51. Soma: 02 + 16 + 32 = 50
52. E
53. a) As funções orgânicas presentes são cetona e álcool.



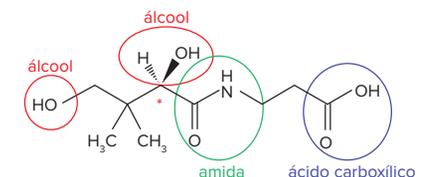
ninidrina

b) O nome do composto é 3-metil-butanal. Esse composto não apresenta isomeria óptica, pois não tem carbono quiral.

54. C
55. E
56. A
57. As funções orgânicas presentes em cada vitamina são:
Retinol: álcool.
Ácido pantotênico: álcool, amida e ácido carboxílico.

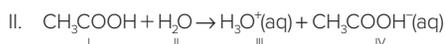


ácido pantotênico



A vitamina B₅ é hidrossolúvel, já que contém grupos que fazem ligações de hidrogênio com a água, como as funções álcool, ácido carboxílico e amida. A vitamina A é lipossolúvel, pois é predominantemente apolar, então faz ligações do tipo dipolo induzido-dipolo induzido com as moléculas de gordura.

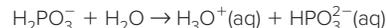
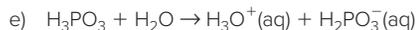
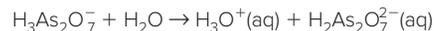
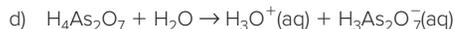
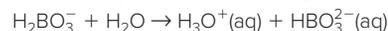
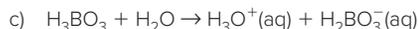
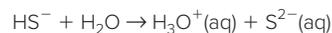
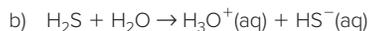
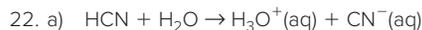
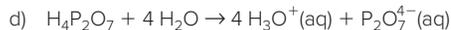
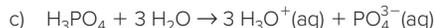
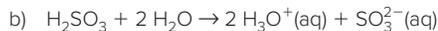
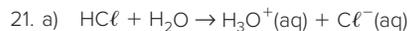
17. I. Vinagre.



18. Soma: 01 + 08 = 09

19. A

20. B



23. E

29. D

24. D

30. B

25. C

31. C

26. B

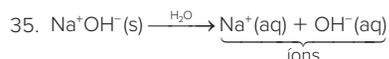
32. Soma: 01 + 08 = 09

27. Soma: 01 + 02 + 16 = 19

33. Soma: 04 + 16 = 20

28. D

34. A



36. a) hidróxido de sódio

b) hidróxido de alumínio

c) hidróxido de ferro III (ou férrico)

37. Soma: 01 + 02 + 16 = 19

38. Hidróxidos.

Nomenclatura: hidróxido + de + nome do metal ou radical.

a) hidróxido de cromo III

b) hidróxido de estanho II (ou estanoso)

c) hidróxido de platina IV

d) hidróxido de mercúrio II

39. E

40. E

41. B

42. C

43. a) Hidróxido de magnésio: $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Hidróxido de alumínio: $\text{Al}(\text{OH})_3$. Ácido clorídrico: HCl .

b) Sim, os compostos citados formam soluções aquosas condutoras de eletricidade.

44. E

45. B

46. C

Exercícios complementares

1. C

7. E

2. C

8. Soma: 01 + 02 + 04 + 08 = 15

3. B

9. E

4. A

10. A

5. C

11. E

6. A

12. a) Íon sulfeto: $_{16}\text{S}^{2-} \Rightarrow 18$ elétrons \Rightarrow $_{17}\text{Cl}^{1-}$
Ânion: cloreto; béquer "A".

b) Ânion: nitrato $\Rightarrow \text{NO}_3^{1-}$; cátion: Mg^{2+} ; sal: $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$

13. D

14. D

15. D

16. Soma: 01 + 04 + 08 = 13

17. Apenas um, pois há um H ligado diretamente ao átomo de oxigênio.

18. a) O H_2S é um ácido.

b) Estrutura de Lewis:



Geometria molecular: angular.

c) As forças intermoleculares existentes são do tipo dipolo-dipolo. Essas interações podem ser menos intensas, de forma a possibilitar que o composto exista no estado gasoso.

d) Conduz corrente elétrica, uma vez que um ácido dissolvido em água sofre ionização.

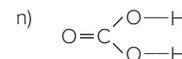
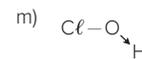
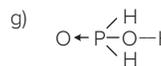
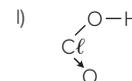
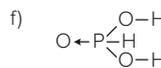
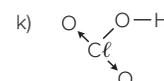
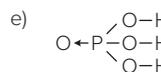
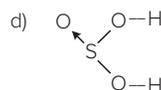
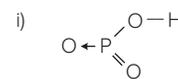
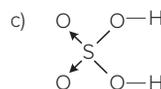
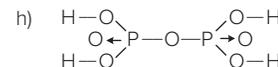
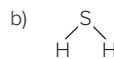
19. B

20. C

21. C

22. Soma: 01 + 08 + 16 = 25

23. a) $\text{H}-\text{Cl}$



24. $\alpha_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{1}{10} = 10\%$

$\alpha_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{2}{3} = 66,7\%$

$\alpha_{\text{HNO}_3} = \frac{8}{10} = 80\%$

$\text{H}_2\text{S} < \text{H}_2\text{SO}_4 < \text{HNO}_3$

25. E

29. E

33. B

37. C

26. A

30. E

34. E

38. B

27. D

31. C

35. C

39. A

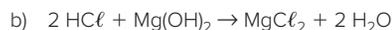
28. A

32. E

36. E

40. B

41. a) Usar um antiácido.



d) 112 mL

BNCC em foco

- O indicador fica avermelhado em ácidos, por exemplo, o ácido clorídrico, o ácido sulfúrico e ácidos orgânicos como o acético, o metanoico etc. A cor se altera para verde em meios básicos, como a soda cáustica, uma solução de água sanitária, o hidróxido de magnésio etc.
 - a) Porque esse gás pode matar um ser humano em até 8 segundos de exposição. O íon cianeto (CN^-) inibe a cadeia respiratória, levando a pessoa à morte por asfixia.
 - b) Podem ser citadas armas químicas e armas biológicas em geral, bombas atômicas etc. Geralmente, são armas usadas para extermínio em massa tanto de militares quanto de civis.
3. E

Capítulo 5 – Sais e óxidos

Revisando

- Hipoclorito de sódio e cloreto de sódio.
- Hipoclorito de sódio: sal de fórmula NaClO ; vinagre: ácido de fórmula $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$; bicarbonato de sódio: NaHCO_3 , é um sal.
- SO_x é um óxido ácido que, ao reagir com água, pode formar um ácido. Ao se adicionar CaCO_3 , uma base, esse óxido sofre uma reação que será sal e água, o que torna o solo mais apropriado para o plantio.
- D
Pois, ao contrário das outras opções, ele não é um ácido, e sim um sal que pode neutralizar ácidos.
- A acidificação da água do mar ocorreria devido à formação de ácido carbônico e consequente liberação de cátions H^+ no meio:
 $\text{CO}_2(\ell) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq})$
Os esqueletos de corais constituídos por carbonato de cálcio (CaCO_3) sofreriam graves danos pois o meio ácido reagiria da seguinte maneira:
 $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq})$, provocando a dissolução do carbonato de cálcio.
- Iônico e apresenta fórmula mínima XJ_2 .

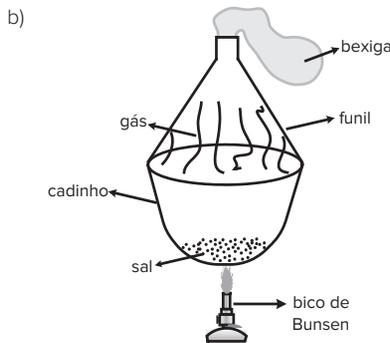
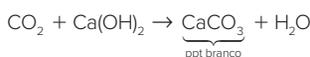
Exercícios propostos

- Soma: $01 + 02 + 04 = 07$
- C
- A
- B
- B
- MgSO_4 – sulfato de magnésio
 MgSO_3 – sulfito de magnésio
 CaSO_4 – sulfato de cálcio
 CaSO_3 – sulfito de cálcio

- C
- a) $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$
b) (orto) fosfato de cálcio
c) $2 \text{H}_3\text{PO}_4 + 3 \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$
d) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
 $(3 \cdot 40) + (2 \cdot 31) + (8 \cdot 16) = 120 + 62 + 128$
MF = 310 u
e) Ligação covalente
- D
- a) H_2SO_4 – ácido sulfúrico
 NH_3 – amônia
b) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NH}_3 \rightarrow \underbrace{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}_{\text{sulfato de amônio}}$

- a) $\text{KClO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{KCl} + \frac{3}{2} \text{O}_2$
O gás oxigênio aviva a cabeça do palito de fósforo recém-apagado:
 $2 \text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

O CO_2 turva a água de cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), segundo a seguinte equação:

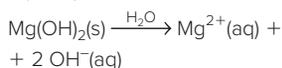


- B
- A
- E
- C
- B

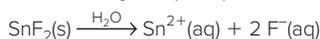
- a) Ácido fosfórico: H_3PO_4 .
Hidróxido de magnésio: $\text{Mg}(\text{OH})_2$.
Fluoreto de estanho (II): SnF_2 .

- b) H_3PO_4 – Ácido (sofre ionização e libera H^+ ou H_3O^+ em solução aquosa)
 $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\ell) \longrightarrow$
 $\longrightarrow 3 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{PO}_4^{3-}(\text{aq})$

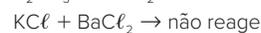
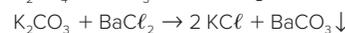
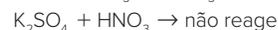
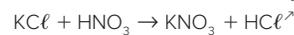
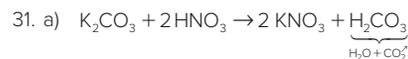
$\text{Mg}(\text{OH})_2$ – Base ou hidróxido (sofre dissociação e libera OH^- em solução aquosa)



SnF_2 – Sal inorgânico (sofre dissociação e libera cátion diferente do H^+ ou H_3O^+ e ânion diferente de OH^- em solução aquosa)



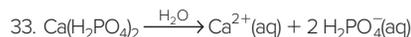
- Soma: $04 + 08 = 12$
- B e D
- D
- Soma: $02 + 04 = 06$
- C
- A
- E
- D
- E
- C
- B



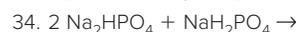
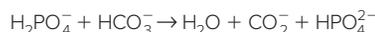
Pelo que podemos observar das equações, o frasco contendo K_2CO_3 é aquele que produz gás no primeiro caso e é precipitado no segundo. O frasco contendo KCl é aquele que só produz gás no primeiro caso. O frasco contendo K_2SO_4 é aquele que só produz precipitado no segundo caso.

- b) Vide equações do item a.

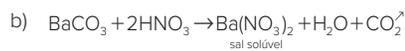
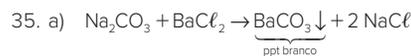
- E



A reação entre os ânions é dada por:



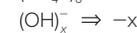
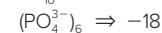
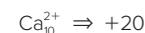
Nesse caso, basta seguir a orientação do problema e balancear a equação por tentativa.



36. a) Cálcio, pois é metal e o elemento químico mais eletropositivo.

- b) Para substituir um elemento químico mantendo as propriedades do composto, deve-se trocá-lo por outro do mesmo grupo da Tabela Periódica. Como o cálcio pertence ao grupo 2, poderemos trocá-lo por Mg, Sr ou Ba, por exemplo.

- c) $\text{Ca}_{10}^{2+}(\text{PO}_4)_6^{3-}(\text{OH})_x^-$. A soma das cargas deve ser nula.



$$20 - 18 - x = 0$$

$$x = 2$$

37. C

38. Toma-se o pó branco e o adiciona à H₂O. Se não houver dissolução, o pó branco só poderá ser o CaCO₃, sal insolúvel, como diz o próprio enunciado da questão. Se for solúvel, existem duas possibilidades:

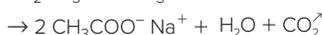
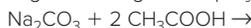


Nesse caso, adiciona-se HCl ao pó branco. Se não produzir efervescência, só pode ser o NaCl. Se produzir efervescência, é o Na₂CO₃.

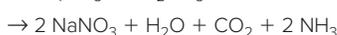
39. C

40. O primeiro passo é descobrir qual das amostras é o Na₂CO₃.

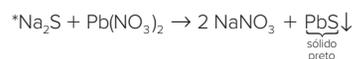
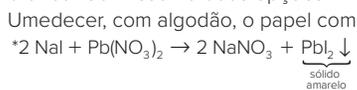
Para isso, basta acrescentar vinagre a uma porção de cada um dos três pós. O que produzir efervescência é o Na₂CO₃, segundo a seguinte equação:



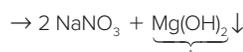
Posteriormente, adiciona-se o Na₂CO₃(aq) aos outros dois pós. O que efervesce e produzir cheiro de desinfetante de cozinha é o NH₄NO₃, segundo a equação:



41. O ideal é que o sólido formado não seja branco. Com isso há duas opções:



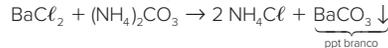
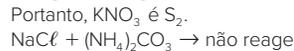
42. a) De acordo com a tabela:



- b) O Zn²⁺, pois de acordo com as experiências e os procedimentos, não precipitará em hipótese alguma. Com isso, estar presente, ou não, não faria a menor diferença nos resultados experimentais.

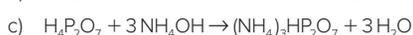
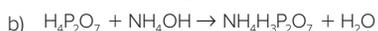
43. $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} \downarrow + \text{NaNO}_3$
 $\text{BaCl}_2 + 2 \text{AgNO}_3 \rightarrow 2 \text{AgCl} \downarrow + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
 $\text{KNO}_3 + \text{AgNO}_3 \rightarrow$ não reage

Portanto, KNO₃ é S₂.



Portanto, BaCl₂ é S₁ e NaCl é S₃.

44. a) $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaHPO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$



45. Soma: 01 + 02 + 08 = 11

46. a) MgFe₂O₄

- b) O composto de fórmula mínima MgFe₂O₄ é um minério composto de MgO e Fe₂O₃, que são óxidos.

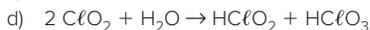
47. a) $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$

- b) Porque com a formação do Ca(OH)₂, que é uma base, o excesso de ácido no solo é neutralizado.

48. a) Nitrito de sódio

- b) Iodeto de bário

- c) Óxido de cálcio



– Anidrido cloroso-clórico

– Dióxido de cloro

- e) Óxido de alumínio

49. C

50. D

51. C

52. B

53. A

54. a) O óxido X₂O é básico.

- b) KCl é cloreto de potássio.

55. B

56. a) Óxido e sal.

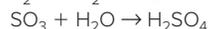
- b) Soma dos coeficientes: 12.

Número de mols do ácido clorídrico: 0,012 mol.

57. a) Como A é riscado apenas pelo aço, que na escala de dureza proposta é o mais duro, A é o mineral que risca os outros dois. Pelo enunciado do problema, é o MnO(OH). C libera gás na reação com ácidos, por isso deve ser um carbonato. Portanto, C é o CaCO₃ e B é o SrSO₄.

- b) O CaCO₃, pois somente os carbonatos reagem com ácidos produzindo gás (CO₂).

58. A



- b) $\text{K}_2\text{O} \rightarrow$ óxido básico



- c) $2 \text{KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$

60. A

61. A

62. a) $2 \text{NaHCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$



- b) O problema ambiental é o efeito estufa. A queima de combustíveis fósseis, como carvão, derivados de petróleo e gás natural, é a principal fonte de CO₂. As queimadas também contribuem para a emissão de gás carbônico.

63. A

64. A

65. E

66. a) O CO₂ produzido é um óxido, que confere à solução resultando o caráter ácido.

- b) Massa de gás carbônico: 8,8 g.

Rendimento: 90%.

67. Sal e base.

68. C

69. D

70. E

71. D

Exercícios complementares

1. B

2. B

3. C

4. D

5. D

6. A

7. D

8. C

9. B

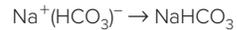
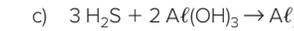
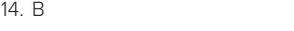
10. E

11. A

12. Soma: 01 + 02 + 04 = 07

13. B

14. B



- b) $\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow$ nitrito de amônio

$\text{PbI}_2 \rightarrow$ iodeto de chumbo II (ou

plumboso)

17. D

18. E

19. D

20. A

21. C

22. A

23. A

24. B

25. D

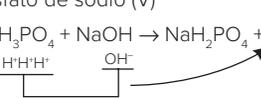
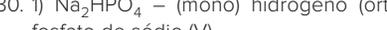
26. C

27. B

28. A

29. C

30. 1) Na_2HPO_4 – (mono) hidrogeno (orto) fosfato de sódio (V)



31. E

32. E

33. A

34. B

35. E

36. A

37. D

38. A

39. A

40. E

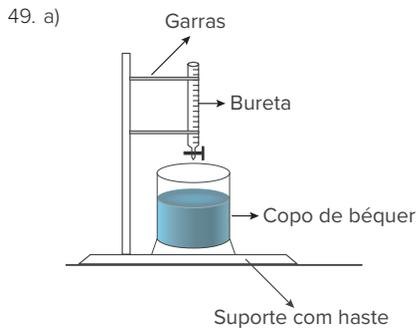
41. B

42. A

43. C

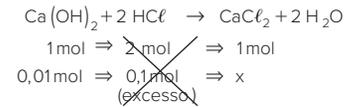
44. B

28. D
 29. C
 30. Soma: 01 + 02 + 04 + 08 = 15
 31. C
 32. C
 33. C
 34. a) Gás carbônico dissolvido.
 b) Amostra 3: água do mar; amostra 1: água de chuva em região costeira; amostra 2: água de rio doce.
 c) Menor, pois o intemperismo, a lixiviação, a laterização e a evaporação contribuem para a incorporação de íons cloreto.
 35. E
 36. D
 37. a) 0,080 mol/L
 b) 1344 L
 38. B
 39. E
 40. B
 41. C
 42. E
 43. C
 44. Soma: 01 + 02 + 04 + 08 = 15
 45. E
 46. A
 47. a) 0,024 mol/L
 b) $6,0 \cdot 10^{-4}$ mol
 $2 \text{HCl} + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 48. a) O meio será básico.
 b) 0,025 mol/L (base)
 c) 7



- b) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$
 3,99%
 50. Soma: 01 + 08 = 09
 51. a) Cálculo do número de mols de Ca(OH)_2 :
 1 mol Ca(OH)_2 — 74 g
 n mol Ca(OH)_2 — 0,74 g
 $n(\text{Ca(OH)}_2) = 0,01$ mol
 Cálculo do número de mols de HCl :
 $[\text{HCl}] = 1 \text{ mol/L} = 1 \text{ mol}/1000 \text{ mL}$
 1 mol de HCl — 1000 mL
 n mol de HCl — 100 mL
 $n(\text{HCl}) = 0,1$ mol

Reação de neutralização:



$x = 0,01$ mol de CaCl_2 .
 A quantidade máxima de cloreto de cálcio, em mol, que pode ser obtida é de 0,01 mol.

- b) De acordo com o conceito de Arrhenius, as bases são substâncias que sofrem dissociação iônica em solução aquosa liberando um único tipo de íon negativo, o ânion hidróxido (OH^-), também conhecido como hidroxila ou oxidrila quando está representado na fórmula da base.
 52. B 54. C 56. D 58. C
 53. D 55. C 57. A
 59. a) $2 \text{HCl} + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 O meio será alcalino.
 b) 0,1 mol/L
 60. E
 61. B
 62. a) (i) $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 (ii) $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$
 (iii) $2 \text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_3\text{BO}_3$
 b) 1,19 g
 c) 0,252 g
 d) 0,84%

63. a) Como a proporção de ácido para base é de 1 para 2, teremos:
 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 ácido — base
 1 mol — 2 mol

$$n_{(\text{NaOH})} = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \frac{n}{V} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,500 = \frac{n}{16,0 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = 0,008 \text{ mol}$$

Ácido oxálico — base
 1 mol — 2 mol
 0,004 mol — 0,008 mol

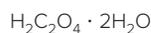
Então:

$$n_{(\text{oxálico})} = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \frac{n}{V} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-3}} = 0,16 \text{ mol/L}$$

- b) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$
 $126 = (2 + 2 \cdot 12 + 4 \cdot 16) + x \cdot 18 \rightarrow$
 $\rightarrow x = 2$

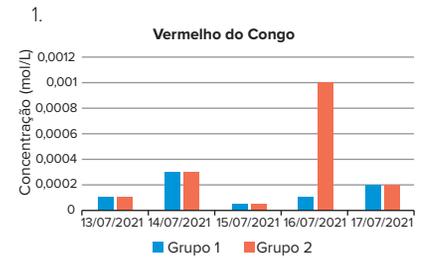
A fórmula será dada por:



$$\text{Molaridade} = \frac{\text{massa}}{\text{M} \cdot \text{Volume}}$$

$$0,16 \text{ mol/L} = \frac{5,04 \text{ g}}{\text{M} \cdot 0,250 \text{ L}} \Rightarrow \text{M} = 126 \text{ g/mol}$$

BNCC em foco



2. C
 3. B

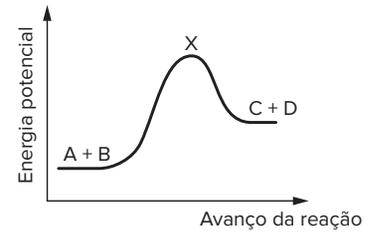
Frente 3

Capítulo 4 – Cinética Química Revisando

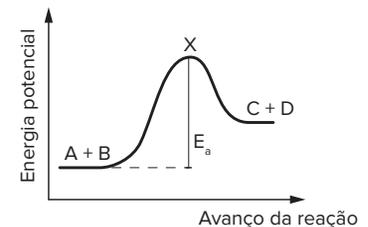
1. Velocidade média de formação de produto: $24,4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.
 Rendimento: 40%.

2. 4 mol/s

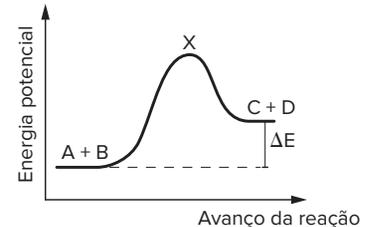
3. a) Diagrama 1:



- b) Diagrama 2:



- c) Diagrama 3:



4. 81,6 mol/min

5. a)

Tempos/s	0	100	200
$\frac{[i - P]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$	0,0	1,8	2,0
$\frac{[PA^-]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$	0,0	6,8	7,7
$\frac{[P]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$	-	-	-

b)

Tempos/s	0	100	200
$\frac{[i - P]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$	0,0	1,8	2,0
$\frac{[PA^-]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$	0,0	6,8	7,7
$\frac{[P]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$	9,7	1,1	0,0

c) A reação de hidrólise é a mais rápida. De acordo com os gráficos, observamos que, para um mesmo intervalo de tempo, ocorre maior formação de PA^- do que de $i - P$.

6. B

7. a) $a \cong 1$; $b \cong 2$

b) $k = \text{torr}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

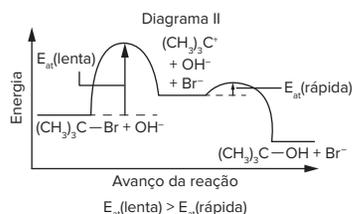
8. a) $v = k \cdot [A]^1[B]^1[C]^2$

b) $v = 1,28 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

9. a) A velocidade da reação depende da concentração de $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{Br}$. Pela tabela, verificamos que a velocidade dobra quando a concentração de $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{Br}$ é duplicada.

b) 1. O diagrama correto é o II.

2.



Exercícios propostos

1. A

2. B

3. E

4. B

5. A

6. $t_1 = 10 \text{ h}$; $v = 5 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

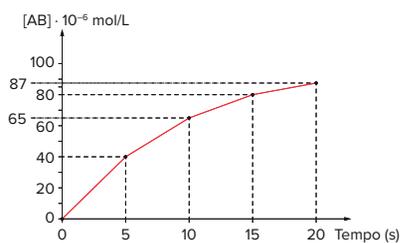
7. $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2 \text{HNO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$
 $v = 0,003 \text{ mol/min}$

8. Soma: $01 + 02 + 04 + 16 = 23$

9. A

10. B

11. a)



b) $v = \frac{(87 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L} - 0)}{(20 \text{ s} - 0 \text{ s})}$

$v = 4,35 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$

12. E

13. E

14. C

15. A

16. C

17. D

18. D

19. Soma: $02 + 08 + 16 = 26$

20. C

21. A

22. A

23. a) A função da enzima nas reações bioquímicas é de catalisador (diminui a energia de ativação).

b) A atividade catalítica da enzima aumenta de 0°C a 30°C , ou seja, a velocidade da reação aumenta. A atividade catalítica da enzima diminui de 30°C a 55°C , ou seja, a velocidade da reação volta ao patamar sem catalisador.

c) Quando a reação é aquecida continuamente, a enzima sofre desnaturação, ou seja, perde o efeito catalisador sobre a reação química.

24. A

25. B

26. E

27. C

28. B

29. D

30. B

31. B

32. D

33. a) Experimento II, pois ocorre com a maior concentração de ácido e maior superfície de contato.

b) $v_{\text{excesso}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ L}$ ou $1,5 \text{ mL}$

34. Soma: $01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31$

35. A

36. A

37. A

38. D

39. A

40. a) $v = k \cdot [\text{H}_2]^1 \cdot [\text{etanotiol}]^1$

Ordem da reação em relação a H_2 : 1

Ordem da reação em relação ao etanotiol: 1

Ordem geral da reação: $1 + 1 = 2$

b) $v = 340 \text{ g/s}$

41. Soma: $01 + 02 + 08 = 11$

42. B

43. A

44. C

45. Soma: $01 + 04 = 05$

46. Soma: $01 + 02 + 04 + 08 = 15$

47. D

48. C

49. F, V, F, F, V

50. Soma: $01 + 02 = 03$

51. Soma: $02 + 04 = 06$

52. a) $2 \text{H}_2(\text{g}) + 2 \text{NO}(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\ell)$

b) $v = 3 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

c) $m_{\text{H}_2\text{O}} = 108 \text{ g}$

53. a) $v = k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{H}_2]^1$

b) $k = 1,23$

c) $v = 0,3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

Exercícios complementares

1. A

2. B

3. D

4. B

5. a) Por meio de cálculos, encontramos que a quantidade de ácido butanoico produzida foi maior; então, a sua concentração será maior ao final do processo.

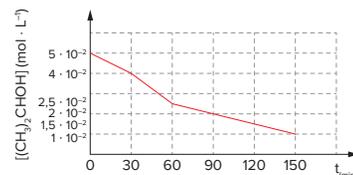
b) A velocidade atingiu seu valor máximo após 30 horas.

6. Velocidade da reação em $\text{mL H}_2/\text{s}$: $1,25 \text{ mL/s}$.

Velocidade da reação em $\text{mol H}_2/\text{s}$: $5,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol/s}$.

7. D

8. a) Curva representativa dos dados da tabela:



As variações de concentrações dos reagentes são diferentes no mesmo intervalo de tempo, ou seja, em 30 minutos. As concentrações dos reagentes e a velocidade de consumo diminuem.

b) $156,6 \text{ g}$

9. B

10. B

11. Soma: $01 + 04 + 08 = 13$

12. A

13. a) A formulação A.

b) De acordo com o gráfico, B: aproximadamente 8 horas.

c) Como o paciente deve manter a concentração mínima efetiva (CME) entre as duas formulações, deve ocorrer uma diferença de cerca de seis horas.

14. C

15. D

16. D

17. A

18. Soma: $01 + 02 + 08 = 11$

19. E

20. Soma: $01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31$

21. Soma: $01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31$

22. C

23. a) Tempo de aproximadamente 85 dias.

b) $2,83 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$

24. D

25. A

26. C

27. a) Podemos calcular a velocidade média de degradação da vitamina C nos 30 primeiros dias e nos últimos 30 dias da experiência a partir do gráfico fornecido no enunciado.

$\Delta t = 30 \text{ dias}$

$\Delta \text{concentração} = 270,0 - 210,0 = 60 \text{ mg/L}$

$$v_{\text{m\u00e9dia de degrada\u00e7\u00e3o (0 - 30)}} = \frac{\Delta \text{concentra\u00e7\u00e3o}}{\Delta t} = \frac{60 \text{ mg/L}}{30 \text{ dias}}$$

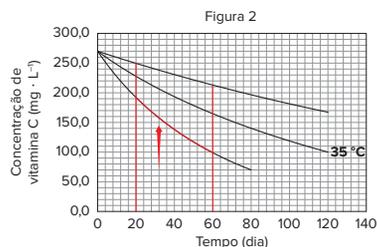
$$v_{\text{m\u00e9dia de degrada\u00e7\u00e3o (0 - 30)}} = 2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$$

$\Delta \text{concentra\u00e7\u00e3o} = 130,0 - 100,0 = 30 \text{ mg/L}$

$$v_{\text{m\u00e9dia de degrada\u00e7\u00e3o (90 - 120)}} = \frac{\Delta \text{concentra\u00e7\u00e3o}}{\Delta t} = \frac{30 \text{ mg/L}}{30 \text{ dias}}$$

$$v_{\text{m\u00e9dia de degrada\u00e7\u00e3o (90 - 120)}} = 1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$$

b) Com o aumento da temperatura, ocorre o aumento do n\u00famero de mol\u00e9culas com energia maior que a de ativa\u00e7\u00e3o da rea\u00e7\u00e3o. Assim, a rea\u00e7\u00e3o vai ocorrer com maior velocidade, ou seja, haver\u00e1 maior varia\u00e7\u00e3o na concentra\u00e7\u00e3o de vitamina C em um menor intervalo de tempo, como mostrado na curva escolhida.



28. a) Por meio da tabela fornecida, observa-se que a cada intervalo de tempo varia o volume de H_2 .

b) Utilizando-se raspas de magn\u00e9sio, a rea\u00e7\u00e3o seria mais r\u00e1pida, devido ao aumento da superf\u00edcie de contato do reagente s\u00f3lido.



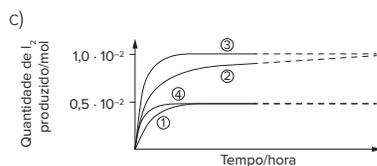
29. A

30. C

31. E

32. a) $2 \text{ KI} + \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8 \rightarrow 2 \text{ K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2$

E X P E R I M E N T A	Volume (mL) de		
	Solu\u00e7\u00e3o-estoque de iodeto de pot\u00e1ssio	Solu\u00e7\u00e3o-estoque de persulfato de pot\u00e1ssio	\u00c1gua
1	25 mL	25 mL	950 mL
2	50 mL	25 mL	925 mL
3	50 mL	50 mL	900 mL
4	25 mL	25 mL	950 mL



1. Temperatura menor e menor concentra\u00e7\u00e3o.
2. $[\text{I}^-] \cdot [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}] >$ experi\u00eancias 1 e 4 e menor do que na experi\u00eancia 3.
3. $[\text{I}^-] \cdot [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$ \u00e9 maior.
4. A temperatura \u00e9 maior.

33. A

34. C

35. C

36. $v = k \cdot [\text{H}_2]^1 \cdot [\text{NO}]^2$
 $k = 3 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$

37. D

38. A lei de velocidade ser\u00e1 dada por:

$$v = k \cdot [\text{HBr}]^1 \cdot [\text{NO}_2]^1$$

Ordem global: $1 + 1 = 2$

O mecanismo I representa a rea\u00e7\u00e3o global, pois \u00e9 aquele da etapa lenta e que apresenta os reagentes HBr e NO_2 , cujas ordens s\u00e3o iguais a 1.

39. a)

Experimento	Velocidade da rea\u00e7\u00e3o ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)
1	$5 \cdot 10^{-5}$
2	$1 \cdot 10^{-4}$
3	$1 \cdot 10^{-4}$
4	$5 \cdot 10^{-5}$

b) A velocidade da rea\u00e7\u00e3o n\u00e3o depende da concentra\u00e7\u00e3o de Br_2 (bromo).

40. a) $\text{NO}_2 + \text{CO} \rightarrow \text{NO} + \text{CO}_2$

b) $v = k \cdot [\text{NO}_2]^2$

c) $v = k \cdot [\text{NO}_2]^2$

$$1,0 \cdot 10^{-5} = k \cdot (0,002)^2$$

$$k = \frac{10^{-5}}{4 \cdot 10^{-6}} = 0,25 \cdot 10 = 2,5$$

d) Analisando-se as duas \u00faltimas linhas da tabela, percebe-se que a concentra\u00e7\u00e3o de NO_2 e de CO permanece constante, por\u00e9m a velocidade da rea\u00e7\u00e3o aumenta. Conclus\u00e3o: a temperatura da rea\u00e7\u00e3o na \u00faltima linha da tabela \u00e9 maior do que 350 K.

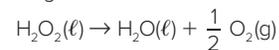
41. B

42. a) $v = k[\text{A}]^1[\text{B}]^1[\text{C}]^1$

b) 3

$$c) k = \frac{10}{9} \text{ L}^2/\text{mol}^2 \cdot \text{s}$$

43. a) Decomposi\u00e7\u00e3o de per\u00f3xido de hidr\u00f3g\u00e9nio:



b) A rea\u00e7\u00e3o \u00e9 de primeira ordem, ou ordem 1.

c) Lei de velocidade da rea\u00e7\u00e3o:

$$v = k \cdot [\text{H}_2\text{O}_2]$$

d) $k = 3,66 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

e) O \u00edon iodeto \u00e9 catalisador da rea\u00e7\u00e3o de decomposi\u00e7\u00e3o do per\u00f3xido de hidr\u00f3g\u00e9nio.

44. Soma: $01 + 16 = 17$

45. D

46. C

47. Soma: $02 + 08 = 10$

48. I. $(\text{CH}_3)\text{CCl} \rightarrow (\text{CH}_3)_3\text{C}^+ + \text{Cl}^-$

II. Tr\u00eas etapas.

III. A transforma\u00e7\u00e3o \u00e9 exot\u00e9rmica.

49. E

50. B

51. Em 1889, Svante Arrhenius deduziu uma equa\u00e7\u00e3o que relaciona a temperatura com a constante de velocidade da rea\u00e7\u00e3o, que \u00e9 mostrada a seguir.

$$k = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

A equa\u00e7\u00e3o mostra que a constante k \u00e9 diretamente proporcional \u00e0 frequ\u00eancia das colis\u00f5es (A) \u00e0 temperatura (T) e inversamente proporcional \u00e0 energia de ativa\u00e7\u00e3o (E_a).

52. C

53. D

54. a) $1,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

$$b) \frac{v_{\text{C}_2\text{H}_2}}{v_{\text{H}_2}} = \frac{1}{2}$$

c) Equa\u00e7\u00e3o de Arrhenius, em que k \u00e9 a constante de velocidade:

$$k = A \cdot e^{\frac{-E_{\text{ativa\u00e7\u00e3o}}}{R \cdot T}}$$

$$k = \left. \frac{A}{e^{\left(\frac{E_{\text{ativa\u00e7\u00e3o}}}{R \cdot T}\right)}} \right\} \begin{array}{l} \text{aumenta} \\ \text{diminui} \end{array}$$

55. E

56. D

57. $E_a \cong 6,097 \text{ kJ/mol}$

BNCC em foco

- D
- Ao soprar o amido de milho, o artista joga contra a chama o material bastante pulverizado, e, com isso, amplia-se a superfície de contato, tornando o material mais sujeito a combustão. Como o material é lançado em uma tocha acesa, o fogo se espalha.
- D

Capítulo 5 – Equilíbrios químicos I

Revisando

- Equações que podem expressar a constante de equilíbrio:

$$K = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]} \text{ ou } K_p = \frac{p_{\text{SO}_3}^2}{p_{\text{SO}_2}^2 \cdot p_{\text{O}_2}}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1225 \text{ g}$$

- 385 mol · L⁻¹
- 0,066 atm
- K_p = 1,80
- a) 0,25 atm⁻¹
b) 0,15 mol/L de H₂, 1,325 mol/L de O₂ e 0,15 mol/L de H₂O.
- a) 5,0 · 10⁻⁵ mol · L⁻¹ de O₂
b) 4,0 · 10⁻³
- a) X = 8 mol/L
Y = 6 mol/L
b) $K_C = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}$
c) K_C = 5,14 (mol · L⁻¹)⁻²
- Soma: 01 + 02 = 03
- Soma: 08 + 16 = 24
- a) Como a reação de formação de amônia é exotérmica, com a elevação da temperatura, o equilíbrio deslocaria no sentido endotérmico, ou seja, para a esquerda.
$$\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons[\text{esquerda}]{} 2 \text{NH}_3(\text{g}) + \text{calor}$$

b) ΔH_{formação}(NH₃) = -44 kJ · mol⁻¹
c) K_C = 16
d) v_{final} = 54 · v_{inicial}
- a) Adicionando-se amônia, o primeiro equilíbrio desloca para a direita. Consequentemente, aumenta a concentração do ânion hidróxido, e o segundo equilíbrio também desloca para a direita, e a formação do NaHCO₃ é favorecida.
b) A diminuição da temperatura favorece a reação exotérmica. Nesse caso, os dois equilíbrios são favorecidos e deslocam para a direita (reações exotérmicas).
A elevação da pressão favorece o deslocamento do equilíbrio no sentido da reação que produz menor

número de mols de gás, ou seja, menor volume. Nesse caso, os dois equilíbrios são favorecidos e deslocam para a direita.

$$12. \text{ a) } K_C = \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{CO}]}$$

Como a variação de entalpia da reação direta é positiva, o valor da constante aumenta com a elevação da temperatura (favorecimento da reação endotérmica) e diminui com a redução da temperatura (favorecimento da reação exotérmica).

- A adição de FeO não altera o equilíbrio, pois está no estado sólido e apresenta concentração constante. O aumento da pressão não interfere no equilíbrio, pois verifica-se a presença de 1 mol de CO(g) em equilíbrio com 1 mol de CO₂(g), ou seja, os volumes são iguais.
 - Ácido acético.
 - HCOOH + H₂O ⇌ H₃O⁺ + HCOO⁻
 - $K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{HCOO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$
14. A adição de ácidos (H⁺) desloca o equilíbrio para a esquerda, mudando a cor roxa para amarela.

Exercícios propostos

- D
- D
- a) K_C alto indica deslocamento para o lado dos produtos, pois o K_C é diretamente proporcional a [SO₃]. K_C baixo indica deslocamento para o lado dos reagentes, pois o K_C é inversamente proporcional a [O₂] e [N₂].
b) A formação da chuva ácida.
- D
- E
- A
- E
- B
- B
- D
- [H₂] = 0,111 mol/L
[I₂] = 0,111 mol/L
[HI] = 0,778 mol/L
- D
- B
- B
- B
- a) $K_p = \frac{p_{\text{CO}} \cdot p_{\text{H}_2}^3}{p_{\text{CH}_4} \cdot p_{\text{H}_2\text{O}}}$
b) p(CO) = 1,185 atm
- a) O agente desidratante retira água, deslocando o equilíbrio no sentido da produção de éster.
b) $x = [\text{RCOOR}'] = \frac{2}{3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
c) Butanoato de isopropila

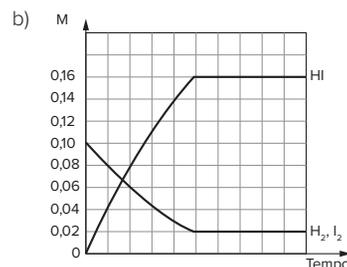
- B
- Soma: 02 + 16 = 18
- B
- D
- a) Na Terra, o CaCO₃ vai se transformar completamente em CaO e CO₂.
b) Em Vênus, não haverá transformação de CaCO₃ em CaO e CO₂.
- E
- E
- a)

Tempo (t/10 ³ ano)	Fração molar de L-iso-leucina
0	1
50	0,68
125	0,50
200	0,44
300	0,42
450	0,42

b)

Tempo (t/10 ³ ano)	Fração molar de L-iso-leucina	Fração molar de D-iso-leucina
0	1	0
50	0,68	0,32
125	0,50	0,50
200	0,44	0,56
300	0,42	0,58
450	0,42	0,58

- K = 1,38
 - A idade será 125 · 10³ anos.
26. a) O fenômeno se chama chuva ácida.
m = 0,1968 g
b) $K = \frac{[\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}]}{p(\text{SO}_2)}$
- Qualidade do ar na ocasião da análise: moderada.
- B
 - C
 - D
 - a) P_(NO) = 0,240 atm
P_(Cl₂) = 0,120 atm
b) K_p = 0,017 atm
 - C
 - a) Tendo em vista que nos dois equilíbrios, A e B, a concentração de I₂ é a mesma, não é possível distinguir os recipientes pela intensidade da coloração violeta proveniente do I₂.

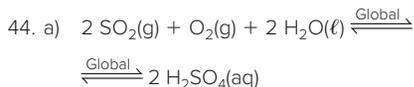


33. a) Concentração A: curva III
Concentração B: curva II
- b) 0,456 mol/L
34. E
35. A
36. A
37. E
38. D
39. C
40. a) Caso seja adicionado ácido clorídrico, o equilíbrio será deslocado para a esquerda e a cor predominante será laranja, pois a concentração de cátions H^+ aumentará.
- b) A variação do número de oxidação do cromo no processo de redução é de +6 para +3.

41. 1

42. B

43. C



$$\Delta H_{\text{total}} = -451,4 \text{ kJ (para 2 mols de } H_2SO_4)$$

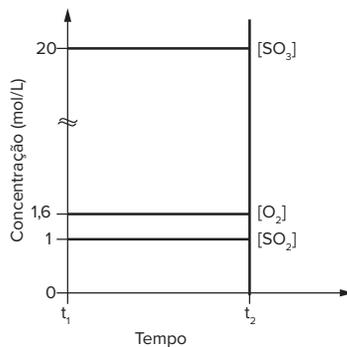
Para 1 mol de $H_2SO_4(aq)$, dividindo por 2, temos:



$$\Delta H = -225,7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

- b) Se a pressão aumentar, o equilíbrio será deslocado para a direita e favorecerá a formação de SO_3 . Se a temperatura diminuir, o equilíbrio vai se deslocar para a direita e favorecerá a formação de ácido sulfúrico.
45. B
46. D
47. E
48. a) $K_C = \frac{[CH_3OH]}{[CO] \cdot [H_2]^2}$
- $$K_C = \frac{(0,145)}{(1) \cdot (0,1)^2} = 14,5$$
- b) O equilíbrio será deslocado no sentido de menor volume molar; nesse caso, no sentido de formação de produto.
49. B
50. a) A adição de um ácido (H^+) consumirá os ânions OH^- , e o equilíbrio será deslocado para a esquerda, prejudicando a precipitação dos íons Cu^{2+} na forma de $Cu(OH)_2$.
- b) $V(N_2) = 123 \text{ L}$
51. E
52. C
53. A
54. E

55. a) Maior rendimento na produção de SO_3 significa deslocamento para a direita.
- Comparativamente, o processo deve ocorrer em temperatura baixa e pressão elevada, ou seja, o teste número 1.
- b) Para o sistema estar em equilíbrio, o quociente de equilíbrio deve coincidir com a constante de equilíbrio.
- Comportamento das concentrações dessas substâncias no intervalo de tempo entre t_1 e t_2 , considerando que, em t_1 e t_2 , o sistema esteja em equilíbrio químico:



56. B

57. C

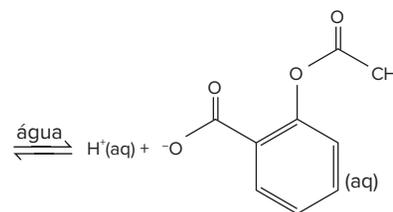
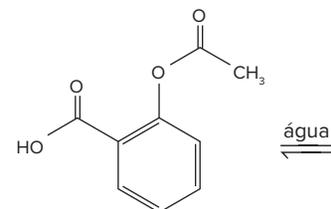
58. a) A solução de ácido fórmico, pois ela apresenta a maior constante de ionização.
- b) Ao se adicionar acetato de sódio à solução, o grau de ionização do ácido acético vai diminuir, pois haverá aumento da concentração de íons acetato, o que deslocará o equilíbrio no sentido do reagente.

59. B

60. B

61. a) Ácido fraco: HInd (indicador 1), pois libera cátions H^+ em solução aquosa. Base fraca: IndOH (indicador 2), pois libera ânions OH^- em solução aquosa.
- b) Amarela, pois o equilíbrio do indicador 1 será deslocado para a esquerda no sentido de HInd, devido ao aumento da concentração de cátions H^+ . Já o equilíbrio 2 será deslocado para a direita no sentido do cátion Ind^+ , que não colore o sistema.
62. A
63. D
64. a) 1-propanoico < 1-butanoico < Acético < Fórmico
- b) $K_a = \frac{[H^+][HCOO^-]}{[HCOOH]}$
65. D
66. B
67. C
68. A

69. a) A lâmpada apresentou menor intensidade luminosa quando foi testada na solução de C_6H_5OH (solução 3), pois, para essa substância, a constante ácida é menor ($1,3 \cdot 10^{-10}$).
- b) $[CH_3COOH] \cong 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
70. $[H^+] = 1,23 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$
 $[NO_2^-] = 1,23 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$
 $K_a = 5,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$
71. C
72. A
73. D
74. D
75. C
76. A
77. a)



$$b) K = \frac{[H^+] \cdot [AA^-]}{[AA]}$$

$$c) [H^+] = 8 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

- d) A absorção do fármaco será eficiente. O pH do suco gástrico é ácido, varia entre 1,2 e 3,0. O fármaco (AA) é absorvido de modo mais eficiente se o equilíbrio estiver deslocado para a esquerda, ou seja, se a forma não ionizada predominar.

78. E

Exercícios complementares

1. A

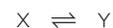
2. C

3. a) $A \rightleftharpoons B$

$$K_1 = \frac{[B]}{[A]}$$

$$[A] > [B]$$

$$K_1 < 1$$



$$K_2 = \frac{[Y]}{[X]}$$

$$[Y] > [X]$$

$$K_2 > 1$$

Logo, $K_2 > K_1$.

- b) $[B] = 0,012 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 $K_1 = 0,25$

4. B
 5. D
 6. C
 7. Soma: $02 + 08 + 16 + 32 = 58$
 8. B
 9. A
 10. Soma: $01 + 02 + 08 = 11$

11. a) $K_p = \frac{1}{6}$
 b) Grau de dissociação = 54%

12. C
 13. a) $V = 0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
 b) $K_C = 4$

14. E
 15. a) $K_p = \frac{(p\text{NO}_2)^2}{p\text{N}_2\text{O}_4}$
 $P = 0,2 \text{ atm}$

b) Se o sistema inicial for transferido para um recipiente com capacidade para 1 L, o rendimento da reação aumentará. Se a temperatura do sistema for aumentada, o valor da constante de equilíbrio também aumentará.

16. B
 17. a) $K_C = 4$

b) O aumento da temperatura do sistema favorecerá o sentido endotérmico. Como esse é o sentido de consumo de NO e, consequentemente, de formação de N_2 e O_2 , a constante de equilíbrio (K_C) vai diminuir.

18. A
 19. A
 20. C
 21. B
 22. D

23. a) As concentrações de $\text{CO}(\text{g})$ e $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ aumentarão, enquanto as concentrações de $\text{CO}_2(\text{g})$ e $\text{H}_2(\text{g})$ diminuirão, ou seja, o equilíbrio se deslocará para a esquerda.

b) $[\text{CO}] = \frac{4}{3} \text{ mol/L}$

$[\text{H}_2\text{O}] = \frac{4}{3} \text{ mol/L}$

$[\text{CO}_2] = \frac{8}{3} \text{ mol/L}$

$[\text{H}_2] = \frac{8}{3} \text{ mol/L}$

24. a) $\text{O}_3(\text{g}) + \text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{O}_2(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g})$

$Q_C = \frac{[\text{O}_2] \cdot [\text{NO}_2]}{[\text{O}_3] \cdot [\text{NO}]}$

$= \frac{(8 \cdot 10^{-3}) \cdot (2 \cdot 10^{-4})}{(1 \cdot 10^{-6}) \cdot (1 \cdot 10^{-5})} = 6 \cdot 10^4$

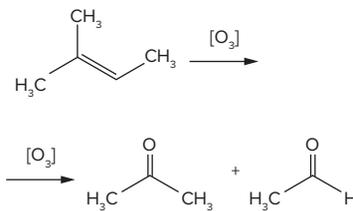
Pelo valor do Q calculado, o sistema não está em equilíbrio, pois é menor do que o K_{eq} .

b) Expressão de velocidade:

$v = k \cdot [\text{NO}_2] \cdot [\text{O}_3]$

$k = 4,4 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$

c) Temos:



25. B
 26. $\frac{V_1}{V_2} = 18$

27. A
 28. 40 mol
 29. Soma: $04 + 08 + 16 = 28$
 30. $\Delta t = 0,4 \text{ min}$

Não há alteração do valor numérico da constante de equilíbrio, já que o efeito do catalisador seria apenas sobre a velocidade do processo, não afetando o equilíbrio.

31. a) Seja x o número de mols de reagente gasto até atingir o equilíbrio, temos:
 $\text{NH}_4\text{OCOH}_2(\text{s}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$
 $x \text{ gasto} \quad \quad \quad 2x \quad \quad x \text{ formados}$

Substituindo na expressão de K_C , lembrando que o volume do recipiente é 2 L, temos:

$K_C = [\text{NH}_3]^2 \cdot [\text{CO}_2]$

$K_C = \left(\frac{2x}{2}\right)^2 \cdot \left(\frac{x}{2}\right)$

$x = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

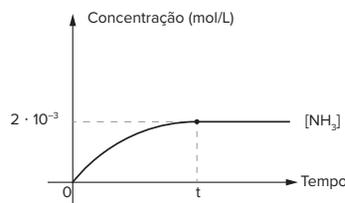
Como foi colocada uma quantidade inicial maior do que essa ($4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ é maior do que $2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$), concluímos que, uma vez atingido o equilíbrio, ainda restará sólido dentro do recipiente.

b) No equilíbrio, a concentração molar de NH_3 será:

$[\text{NH}_3]_{\text{eq}} = \frac{2x \text{ mol}}{2 \text{ L}} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{2 \text{ L}}$

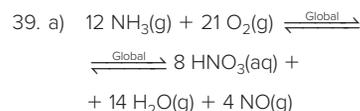
$= 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Assim, o gráfico é:



32. A
 33. $p_{\text{final}} = 4,92 \text{ atm}$
 34. Número de mols de etanoato de etila formado: 0,867 mol.
 35. C

36. D
 37. B
 38. Soma: $01 + 02 + 04 = 07$



b) O teste 4 propiciou maior rendimento na produção de NO na etapa 1. A etapa 1 apresenta variação de entalpia negativa ($\Delta H < 0$), logo é exotérmica, sendo favorecida pelo resfriamento. A diminuição de pressão desloca o equilíbrio no sentido do maior volume, ou seja, para a direita.

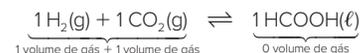
40. B
 41. a) Concentração dos componentes, pressão e temperatura.
 b) A concentração molar de sólidos não é considerada na expressão que calcula a constante de equilíbrio.
 c) O equilíbrio é deslocado para a direita.

42. Soma: $01 + 02 + 04 = 07$

43. D
 44. D

45. a) A primeira vantagem, de acordo com o texto, seria a utilização de energia eólica nesse processo (energia limpa). A segunda seria a retirada de CO_2 da atmosfera para a reação de formação do ácido fórmico utilizado como combustível, já que o uso direto do gás hidrogênio produzido na eletrólise da água poderia provocar explosões, e o ácido fórmico é estável. Além disso, a queima do ácido fórmico produzido nesse processo não provocaria aumento na concentração atmosférica de CO_2 .

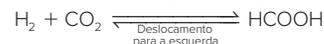
b) Analisando o equilíbrio citado no texto, temos:



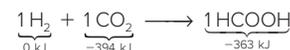
2 volumes \rightleftharpoons 0 volume

$P \cdot V = k$ (temperatura constante)

$P \downarrow \cdot V \uparrow \Rightarrow$ Deslocamento no sentido do maior volume (esquerda)



Portanto, a concentração de ácido fórmico diminui.

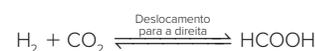


$\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}$

$\Delta H = -363 \text{ kJ} - [0 \text{ kJ} + (-394 \text{ kJ})]$

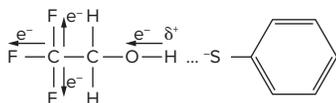
$\Delta H = +31 \text{ kJ}$ (reação endotérmica)

O aumento da temperatura desloca o equilíbrio para a direita.



A concentração de ácido fórmico aumenta com a elevação da temperatura.

46. a) O rendimento da reação direta diminui com a elevação da temperatura, portanto é um processo exotérmico.
 b) A presença dos átomos de flúor, que são muito eletronegativos, retira elétrons da hidroxila e aumenta a polarização da ligação entre o H e o oxigênio do grupo O-H. Essa maior polarização aumenta a força da ligação íon-dipolo mostrada a seguir.



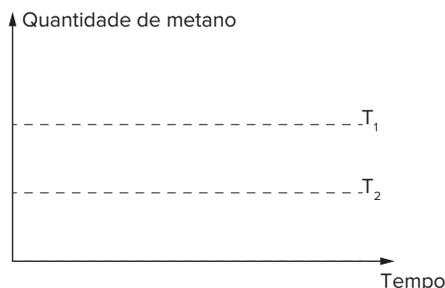
47. E
 48. C
 49. A molécula da amônia tem geometria piramidal. A característica responsável pelo caráter básico da amônia é o par de elétrons não ligantes no átomo de nitrogênio.
 Variação na pressão: aumentar.
 Variação na temperatura: diminuir.

50. a) De acordo com o texto, o aumento da acidez no plasma sanguíneo favorece a dissociação da HbO₂. Logo:

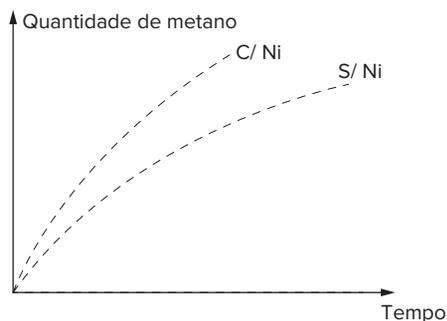


Como em meio ácido o equilíbrio se desloca para a esquerda, a quantidade de O₂ liberada nos tecidos aumenta.

- b) $[\text{HbCO}] = 20 \cdot [\text{HbO}_2]$
 51. D
 52. B
 53. E
 54. a)

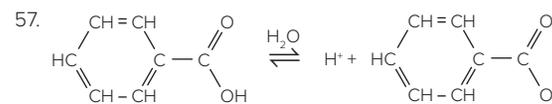


- b) O catalisador diminui a energia de ativação da reação, tornando-a mais rápida, mas sem alterar a quantidade final no equilíbrio. Um esboço de como seria o gráfico pode ser visto na figura a seguir.



- c) $4 \text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 Como a concentração de dióxido de carbono na atmosfera da Terra é muito baixa, não seria recomendável fazer a reação nela, sendo muito mais efetivo fazê-la em Marte.
 55. $K_p \cong 6,25$
 Como o aumento da temperatura favorece a reação direta (já que K_p aumenta), a reação entre CO₂(g) e C(s) é endotérmica, segundo o princípio de Le Chatelier.

56. A



$$\text{Expressão da constante de equilíbrio: } K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2^-]}{[\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2]}$$

$$[\text{H}^+] = 7 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

58. a) As duas concentrações molares (molaridades) eram iguais, pois, ao mergulhar nas soluções os eletrodos de um aparelho para medir a condutibilidade elétrica, a intensidade da luz da lâmpada do aparelho era a mesma para as duas soluções.

Nas duas soluções, a concentração de cátions H⁺ era a mesma (4,2 · 10⁻³ mol/L), pois, ao adicionar a mesma quantidade de indicador universal para ácidos e bases a amostras de mesmo volume das duas soluções, a coloração final observada era a mesma.

- b) $K_a = 1,764 \cdot 10^{-5}$
 59. A 61. B 63. E 65. C 67. E
 60. D 62. D 64. C 66. C
 68. a) $2\% \text{ (m/V)} \rightarrow \frac{2 \text{ g}}{100 \text{ mL}} = \frac{2 \text{ g}}{100 \cdot 10^{-3} \text{ L}} = \frac{2 \text{ g}}{10^{-1} \text{ L}} = 20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$



$$n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{m}{M} = \frac{20 \text{ g}}{90 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,22 \text{ mol}$$

$$[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] = 0,22 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

b) $K_{\text{global}} = \frac{[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] \cdot [\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]}$

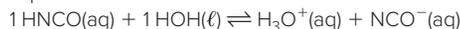
$$K_{\text{global}} = 3,776 \cdot 10^{-3}$$

69. D 71. B 73. B
 70. D 72. B

74. a) $1 \text{HNCO(aq)} + 1 \text{KOH(aq)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{KNC}(\text{aq})$
 b) $1 \text{HNCO(aq)} + 1 \text{HOH}(\ell) \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{NCO}^-(\text{aq})$
 c) $1 \text{HNCO(aq)} + 1 \text{HOH}(\ell) \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{NCO}^-(\text{aq})$

	HNCO(aq)	H ₃ O ⁺	NCO ⁻
Início	1 mol/L	0	0
Durante	-x	+x	+x
Equilíbrio	(1 - x) mol/L	x	x

- d) Cálculo da concentração de íons H₃O⁺ na condição de equilíbrio:



	HNCO	H ₃ O ⁺	NCO ⁻
Início	1 mol/L	0	0
Durante	-x	+x	+x
Equilíbrio	(1 - x) mol/L	x	x

Por se tratar de um ácido fraco, assumimos que $1 - x \cong 1$.

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{NCO}^-]}{[\text{HNCO}]}$$

$$K_a = 3,2 \cdot 10^{-4}$$

$$3,2 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{1}$$

$$x = \sqrt{3,2 \cdot 10^{-4}} = \sqrt{3,2} \cdot \sqrt{10^{-4}}$$

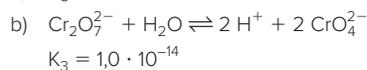
$$\sqrt{3,2} = 1,8$$

$$x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

75. E

76. B

77. a) $K_3 = 1,0 \cdot 10^{-14}$



Como $K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-14}$, temos:

$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$

$$K_3 = \frac{[\text{CrO}_4^{2-}]^2 [\text{H}^+]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]} \Rightarrow 1,0 \cdot 10^{-14} = \frac{[\text{CrO}_4^{2-}]^2 (1,0 \cdot 10^{-7})^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}$$

$$\Rightarrow \frac{[\text{CrO}_4^{2-}]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{1,0 \cdot 10^{-14}} = 1,0$$

c) Não, pois não há variação no número de oxidação dos átomos dos reagentes e produtos. Nesse caso, o número de oxidação do cromo permanece constante e é igual a 6.

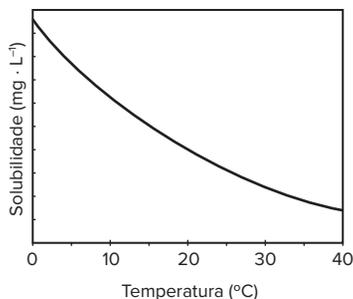
78. D

79. a) $n = 78$; $e^- = 54$.



Ao adicionar iodeto radioativo em uma solução saturada do mesmo composto (não radioativo), o sólido entra em equilíbrio dinâmico com o sal já dissolvido, havendo, assim, fluxo de íons entre a amostra sólida e a solução. Dessa forma, parte do iodeto radioativo migra para a solução, deixando-a radioativa, portanto diminuindo a atividade na amostra sólida.

80. a)



b) $p_{\text{O}_2(\text{g})} = 0,2 \text{ atm}$

81. E

82. Soma: 02

83. a) 0,554 mg/L

b) $2,35 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$

84. Soma: 01 + 04 + 08 + 16 = 29

85. D

86. A

87. a) Em águas transparentes, há maior incidência de luz, então as algas associadas aos pólipos de corais realizam fotossíntese consumindo o CO_2 ; isso faz o equilíbrio da reação se deslocar para a esquerda (princípio de Le Chatelier), no sentido de formação do CaCO_3 , principal constituinte inorgânico que entra na formação das estruturas dos corais.



b) Em águas quentes, a solubilidade de gases é menor, o que diminui a concentração de CO_2 . Logo, o equilíbrio se desloca para a esquerda, o que favorece a formação de carbonato de cálcio sólido, componente do exoesqueleto dos corais. Em águas frias, o equilíbrio se desloca no sentido inverso, o que leva à dissolução do carbonato de cálcio e impede a sobrevivência dos recifes de coral.

88. a) O lago com águas mais frias terá maior concentração de oxigênio, pois o processo de dissolução do oxigênio na água é exotérmico.

b) O lago localizado na base dos Andes terá mais oxigênio dissolvido. Nesse local, a pressão atmosférica é maior e também será maior a pressão parcial do oxigênio.

89. a) A cerveja que se encontra a 25 °C. Como o processo de transformação de $\text{CO}_2(\text{aq})$ em $\text{CO}_2(\text{g})$ é endotérmico, quanto maior a temperatura, maior será a quantidade de gás liberado (espuma).

b) Porque há a formação de ácido carbônico:
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 2 \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$

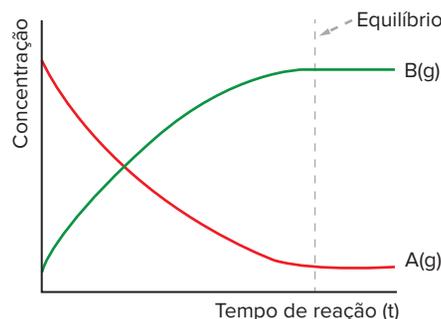
90. E

91. a) À medida que a temperatura da água aumenta, o teor de OD diminui. À medida que a altitude aumenta, o teor de OD também diminui.

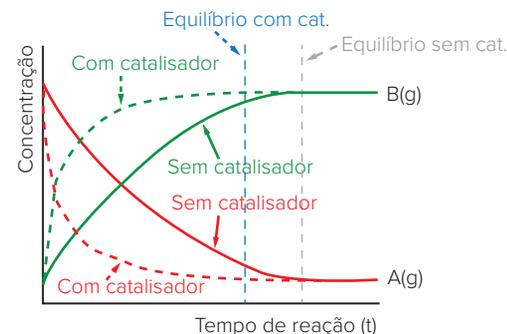
b) $K_H \cong 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$

BNCC em foco

1. a) Gráfico de concentração de reagentes e produtos pelo tempo de reação, sem catalisadores.



b) Gráfico de concentração de reagente e produto pelo tempo de reação, com catalisador.



2. D

3. A fertilização do oceano tem a vantagem de ser um método que tornaria possível o aproveitamento, também, do CO_2 que já está dissolvido na água do mar, diminuindo a pressão ambiental sobre os corais e outros organismos que têm formações calcárias (todos os que possuem conchas). Contudo, um aumento da quantidade de fitoplâncton levará também a um aumento da decomposição desses organismos, o que reduziria os níveis de oxigênio na água e poderia levar à eutrofização dessas áreas marinhas. Além disso, o aumento da população de determinadas espécies pode levar a outros tipos de desequilíbrio no delicado ecossistema marinho.