

Prof. Marcus Ennes
Prof. Felipe Garcia

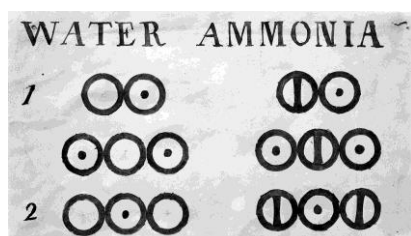
Química geral

UNIDADE 16: Fórmulas químicas

O conhecimento sobre átomos e moléculas criou uma necessidade sobre como representá-los. No início do século XIX os elementos químicos eram representados com símbolos. Em seguida, ainda na primeira metade do século os símbolos foram substituídos pelo padrão de letras, que representavam uma espécie de sigla do nome.

Conforme as substâncias eram descobertas, suas representações eram propostas em termos de relação numérica entre os átomos que a compõe. Inicialmente através de símbolos, com algumas substâncias e seus elementos quantificados de maneira errada, e posteriormente com letras e números, corrigindo as relações equivocadas de antes. John Dalton, o mesmo da teoria atômica, acreditava que a água (H_2O) tinha a fórmula OH, e a amônia (NH_3) tinha a fórmula NH.

Com isso chegamos as fórmulas químicas atuais, que são basicamente as relações entre as quantidades de átomos dos elementos que fazem parte de uma substância. Atualmente podemos representar os compostos em diversos tipos de fórmulas interconversíveis, como a molecular, a empírica e a centesimal.



Fórmulas Químicas

Da mesma forma que na matemática e na física há a utilização de uma linguagem específica, repleta de letras, símbolos e códigos, na química, há também uma forma própria de comunicação. Os elementos químicos são representados por símbolos compostos por combinações de letras. A partir destes elementos podemos criar as mais diversas formulações, que resultam em inúmeras substâncias com propriedades e aspectos totalmente diferentes. Essas representações, por sua vez, são conhecidas como fórmulas químicas.

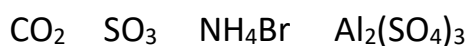
Toda molécula ou composto tem uma fórmula química associada, que é uma relação entre a quantidade dos elementos que combinados a formam. Porém, há mais de uma forma de se representar a constituição de uma substância: através das fórmulas molecular, estrutural plana, em bastão, mínima e etc. Por ora, o objetivo principal é entender as formas de representação que são as fórmulas molecular, mínima e centesimal.

Fórmula molecular

A primeira e mais comum forma de representar as moléculas ou compostos é a fórmula molecular, que nos diz a relação entre os átomos presentes na constituição de uma determinada molécula. A água, por exemplo, possui fórmula molecular H_2O , o que quer dizer

que há 2 átomos de hidrogênio e 1 átomo de oxigênio para cada molécula de água formada. Outro exemplo que pode ser utilizado é o da molécula de glicose, cuja fórmula molecular é $C_6H_{12}O_6$, ou seja, há 6 átomos de carbono, 12 átomos de hidrogênio e 6 átomos de oxigênio. O número que se encontra abaixo do elemento chama-se índice ou atomicidade, e quando não houver nenhum número logo após o elemento em questão, o índice será considerado 1, como no exemplo do oxigênio na molécula de água. Por fim, temos a molécula do ácido nítrico, com a fórmula HNO_3 , que apresenta em sua composição 1 átomo de hidrogênio, 1 átomo de nitrogênio e 3 átomos de oxigênio.

Há também a possibilidade deste número encontrar-se logo após parênteses, o que quer dizer que o índice representa uma repetição do grupo de elementos que se encontra entre parênteses. Temos o exemplo do hidróxido de estrôncio, de fórmula $Sr(OH)_2$. Neste caso o número 2 representa a repetição do grupamento "OH", o que nos permite dizer que há no composto 1 átomo de estrôncio, 2 átomos de oxigênio e 2 átomos de hidrogênio. A seguir, mais alguns exemplos de fórmulas moleculares:



Fórmula mínima ou empírica

A fórmula mínima representa a menor proporção entre os índices dos elementos formadores de uma determinada substância, caso esses índices possam ser simplificados. Quando a fórmula molecular não puder ser simplificada, esta já representará a fórmula mínima.

Tomando como exemplo a glicose, de fórmula $C_6H_{12}O_6$, podemos dividir os três índices por 6, podendo representar essa mínima proporção seria $(CH_2O)_n$ onde $n = 6$. Note que é utilizado um fator "n", cujo valor é equivalente a quantidade de vezes que a fórmula mínima se repete até se chegar a fórmula molecular, ou seja, o mesmo valor pelo qual dividimos a fórmula anteriormente. Para o caso da glicose então pode-se dizer que $n = 6$. Uma forma de

calcular o valor de "n" sabendo a fórmula mínima é tendo o valor de massa molar da substância. Utilizando o exemplo da glicose, temos que a massa molar é 180 g, ou seja, temos que repetir o conjunto " CH_2O ", que apresenta massa molar 30 g ($12 + 2 \cdot 1 + 16 = 30$), "n" vezes até chegarmos à massa molar de 180 g. Com isso temos que $n = 180/30$, e assim, $n = 6$.

Outro exemplo, a molécula de butano, cuja fórmula mínima é $(C_2H_5)_n$ e a massa molar é 58 g. O conjunto " C_2H_5 " é repetido "n" vezes até que se chegue a massa molar de 58 g. Sabendo que a massa molar do átomo de carbono é 12 g e a massa molar do átomo de hidrogênio é 1 g, temos que o conjunto C_2H_5 possui massa molar de $12 \cdot 2 + 5 \cdot 1 = 29$ g. Sendo assim, $n = 58/29 = 2$. Ou seja, para obter a fórmula molecular devemos multiplicar todas as atomicidades da fórmula mínima por 2, obtendo como resultado C_4H_{10} .

Fórmula centesimal

A fórmula centesimal representa a porcentagem em massa de cada um dos elementos constituintes de determinada substância. Por exemplo, no caso do carbonato de cálcio, temos 40% de cálcio, 12% de carbono e 48% de oxigênio. Sendo assim, partindo do princípio de que se tem uma amostra de 100 g de carbonato de cálcio, com base nas porcentagens citadas anteriormente, podemos dizer que 40 g são de cálcio, 12 g são de carbono e 48 g são de oxigênio. Dividiremos estes valores pelas massas molares, com o objetivo de que se obtenha a menor proporção possível entre os constituintes do carbonato de cálcio. Então, teremos:

$$100 \text{ g} \left\{ \begin{array}{l} Ca = \frac{40 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 1 \text{ mol Ca} \\ C = \frac{12 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} = 1 \text{ mol C} \\ O = \frac{48 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} = 3 \text{ mol O} \end{array} \right.$$

Assim, pode-se observar que a fórmula molecular do carbonato de cálcio é CaCO_3 . Neste caso a fórmula molecular não pode ser simplificada, então a fórmula mínima também será CaCO_3 .

Utilizando outro exemplo, o etanol, cuja massa molar é 46 g, é constituído por 52,2% de carbono (C), 13,0% de hidrogênio (H) e 34,8% de oxigênio (O). O primeiro passo novamente é partir do princípio de que temos uma amostra de 100 g de etanol, dos quais com base na porcentagem descrita anteriormente 52,2 g são carbono, 13,0 g são hidrogênio e 34,8 g são oxigênio. O segundo passo é dividir estes valores pelas massas molares dos elementos respectivamente, obtendo:

$$100 \text{ g} \left\{ \begin{array}{l} \text{C} = \frac{52,2 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} = 4,35 \text{ mol C} \\ \text{H} = \frac{13 \text{ g}}{1 \text{ g/mol}} = 13 \text{ mol H} \\ \text{O} = \frac{34,8 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} = 2,175 \text{ mol O} \end{array} \right.$$

O terceiro passo é dividir estes valores pelo menor deles, com o objetivo de se obter a menor proporção possível entre os constituintes da molécula em questão. O resultado obtido será a relação entre as atomicidades dos elementos na fórmula mínima. Obteremos então:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{C} = \frac{4,35 \text{ mol}}{2,175} = 2 \text{ mol C} \\ \text{H} = \frac{13 \text{ mol}}{2,175} = 5,98 \approx 6 \text{ mol H} \\ \text{O} = \frac{2,175 \text{ mol}}{2,175} = 1 \text{ mol O} \end{array} \right.$$

A partir destes valores temos então a relação entre os elementos e suas atomicidades na fórmula molecular: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$. Neste caso a massa molar do conjunto $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ($2 \cdot 12 + 6 \cdot 1 +$

$16 = 46$) já é equivalente a massa molar da molécula, ou seja, a fórmula mínima é também $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.

Retomando o exemplo da glicose, de massa molar 180 g e composição centesimal 40% de carbono (C), 6,7% de hidrogênio (H) e 53,3% de oxigênio (O). Partindo de uma amostra de 100 g, sendo 40 g de carbono, 6,7 g de hidrogênio e 53,3 g de oxigênio. O segundo passo é dividir estes valores pelas massas molares dos elementos respectivamente, para obter o número de mols de cada um, isto é, uma possível proporção:

$$100 \text{ g} \left\{ \begin{array}{l} \text{C} = \frac{40 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} = 3,3 \text{ mol C} \\ \text{H} = \frac{6,7 \text{ g}}{1 \text{ g/mol}} = 6,7 \text{ mol H} \\ \text{O} = \frac{53,3 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} = 3,3 \text{ mol O} \end{array} \right.$$

O terceiro passo dividir todos os valores pelo menor deles, isto é, 3,3. Assim:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{C} = \frac{3,3 \text{ mol}}{3,3} = 1 \text{ mol C} \\ \text{H} = \frac{6,7 \text{ g}}{3,3} = 2,03 \approx 2 \text{ mol H} \\ \text{O} = \frac{3,3 \text{ mol}}{3,3} = 1 \text{ mol O} \end{array} \right.$$

A partir dos valores obtidos temos então a fórmula mínima $(\text{CH}_2\text{O})_n$ cuja massa molar é $(12 + 2 \cdot 1 + 16) = 30 \text{ g}$. A fórmula mínima não representa a molécula da glicose, mas com o dado da massa molar (180 g) podemos obter novamente o valor de "n", chegando a molécula original. Sabemos então que $n = 180/30 = 6$, o que faz com que a fórmula molecular seja $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.

NOTAS:



ATIVIDADES PROPOSTAS

1) O ácido cítrico, presente em quase todos os seres vivos, é um ácido fraco, encontrado em grande quantidade nas chamadas frutas cítricas. Sabe-se que sua massa molar é 192 g mol^{-1} e que a sua composição percentual em massa é de 37,5% de carbono, 58,3% de oxigênio e o restante de hidrogênio. Sua fórmula molecular é, portanto,

Dados: C = 12; H = 1; O = 16.

- a) $\text{C}_5\text{H}_5\text{O}_7$.
- b) $\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_7$.
- c) $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$.
- d) $\text{C}_6\text{H}_9\text{O}_8$.
- e) $\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}_6$.

2) Considere as informações a seguir sobre a perfluorodecalina, substância utilizada no preparo de sangue artificial.

Fórmula mínima: C_5F_9 .

Massa molar: 462 g/mol .

C = 12; F = 19.

Sua fórmula molecular é representada por:

- a) $\text{C}_{25}\text{F}_{45}$
- b) $\text{C}_{20}\text{F}_{36}$
- c) $\text{C}_{15}\text{F}_{27}$
- d) $\text{C}_{10}\text{F}_{18}$

3) Nicotina, um dos principais constituintes do cigarro, é um alcaloide, encontrado nas folhas do tabaco (*Nicotianatabacum*), planta originária das Américas, sendo a molécula responsável pela dependência.

Sua composição porcentual, em massa, é 74,1% de carbono, 8,6% de hidrogênio e 17,3% de nitrogênio.

Dados: H = 1; C = 12; N = 14.

Assinale a alternativa que indica **CORRETAMENTE** a fórmula mínima da nicotina.

- a) $\text{C}_5\text{H}_7\text{N}$
- b) $\text{C}_3\text{H}_3\text{N}$

c) $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2$

d) $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}$

4) Um certo metal (M), de massa molar igual a 48 g mol^{-1} , forma um sal de cloreto bastante reativo, que em água sofre hidrólise e produz o óxido desse metal. Verificou-se que na composição de 80 g do óxido, 48 g correspondem à massa apenas do metal.

(Dado: massa molar do oxigênio igual a 16 g mol^{-1})

A fórmula mínima desse óxido é:

- a) MO.
- b) MO_2 .
- c) M_2O .
- d) M_2O_3 .
- e) M_3O_4 .

5) O composto conhecido como glicol possui uma composição centesimal de 39% de carbono, 51% de oxigênio e 10% de hidrogênio. Dentre as opções a seguir, identifique aquela que pode ser considerada a fórmula mínima do glicol.

Dados: massas molares ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) – H = 1; C = 12; O = 16.

- a) CH_4O
- b) CH_6O_2
- c) CH_3O
- d) $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$
- e) $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2$

6) A fórmula empírica de um composto orgânico derivado de alcano, usado como propelente e herbicida, que apresenta em massa a seguinte composição: 23,8% de C; 5,9% de H e 70,3% de Cl, é

Dados: C = 12; H = 1; Cl = 35,5.

- a) CH_2Cl_2 .
- b) CHCl_3 .
- c) $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$.
- d) CH_3Cl .

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

O rompimento da barragem da Samarco em novembro de 2015 em Mariana (MG) é um dos maiores desastres do século XXI, considerando o volume de rejeitos despejados no meio ambiente. Pesquisadores apontam que o resíduo sólido da barragem é constituído por Goethita 60%, Hematita (óxido de ferro) 23%, Quartzo (SiO_2) 11,0%, Caulinita $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ 5,9% e alguns metais, tais como bário, chumbo, cromo, manganês, sódio, cádmio, mercúrio e arsênio.

Dados: Massas atômicas de: Fe = 56 u; O = 16 u; Si = 28 u; Al = 27 u; H = 1 u.

7) Sendo a Hematita composta por 70% de ferro, assinale a alternativa que apresenta, corretamente, sua fórmula molecular.

- a) FeO
- b) Fe_3O_4
- c) Fe_2O_3
- d) Fe_2O_4
- e) Fe_3O_2

8) Um isótopo de cromo, de massa atômica 54, constitui 53% da massa de um óxido formado exclusivamente pelo isótopo e por oxigênio. A partir dessa informação, pode-se estimar que a fórmula mínima do óxido é:

- a) CrO_3
- b) CrO_2
- c) Cr_2O_6
- d) Cr_2O_3
- e) Cr_4O

9) Qual a fórmula molecular do hidrocarboneto que possui 1/6 em massa de hidrogênio na sua composição?

Dados: C = 12; H = 1.

- a) C_4H_8 .
- b) C_4H_{10} .
- c) $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$.
- d) C_5H_{12} .
- e) C_6H_6 .

10) São conhecidos alguns milhares de hidrocarbonetos. As diferentes características físicas são uma consequência das diferentes composições moleculares. São de grande importância econômica, porque constituem a maioria dos combustíveis minerais e biocombustíveis. A análise de uma amostra cuidadosamente purificada de determinado hidrocarboneto mostra que ele contém 88,9% em peso de carbono e 11,1% em peso de hidrogênio. Sua fórmula mínima é

- a) C_3H_4 .
- b) C_2H_5 .
- c) C_2H_3 .
- d) C_3H_7 .

11) Eugenol, o componente ativo do óleo do cravo-da-índia, tem massa molar 164 g/mol e fórmula empírica $\text{C}_5\text{H}_6\text{O}$.

Dados:

massas molares (g/mol):

H..... 1
C..... 12
O..... 16

A porcentagem em massa de carbono no eugenol é, aproximadamente,

- a) 10,0 %
- b) 36,5 %
- c) 60,0 %
- d) 73,0 %
- e) 86,0 %

12) O nitrato de amônio é utilizado em adubos como fonte de nitrogênio. A porcentagem em massa de nitrogênio no NH_4NO_3 vale:

(Massas atômicas: N = 14; H = 1; O = 16)

- a) 35%
- b) 28%
- c) 17,5%
- d) 42,4%
- e) 21,2%

13) A talidomida é um derivado do ácido glutâmico que foi sintetizado na Alemanha, em 1953. Em pouco tempo, conquistou o mercado como um remédio eficaz que controlava a

ansiedade e os enjoos de mulheres grávidas. Mas, a partir de 1960, foi descoberto que o remédio provocava má formação de fetos dessas gestantes. Nasceu, nos anos seguintes, uma geração com graves anomalias, conhecidas como síndrome da talidomida. Em uma amostra de 2,58 g desse composto, existem 1,56 g de carbono, 0,10 g de hidrogênio, 0,28 g de nitrogênio e 0,64 g de oxigênio, portanto, a fórmula molecular da talidomida será:

Dados: massa molar = 258 g/mol

- a) $C_{26}H_{20}N_4O_8$.
- b) $C_8H_{10}NO_2$.
- c) $C_6H_8N_3O$.
- d) $C_{13}H_{10}N_2O_4$.
- e) $C_{10}H_{10}NO_4$.

14) A determinação da fórmula mínima através da análise elementar é importante na determinação da fórmula molecular das substâncias químicas. Uma substância de massa molecular 200 contém 72% de carbono, 16% de oxigênio e 12% de hidrogênio. Qual a sua fórmula molecular?

- a) $C_{13}H_{28}O$
- b) $C_{10}H_{16}O_4$
- c) $C_3H_6O_3$
- d) $C_9H_{12}O_5$
- e) $C_{12}H_{24}O_2$

15) A hidrazina é um composto utilizado na remoção de íons metálicos em águas poluídas. Sabe-se que ela é constituída de 87,42 % em massa de nitrogênio e de 12,58 % em massa de hidrogênio.

Com base nessas informações, é correto afirmar que a sua FÓRMULA MÍNIMA é:

- a) $(NH)_n$.
- b) $(NH_2)_n$.
- c) $(NH_3)_n$.
- d) $(N_2H)_n$.
- e) $(N_3H)_n$.

16) Anfetaminas são aminas utilizadas como estimulantes e vulgarmente conhecidas por "bolinhas". Uma dessas substâncias é a benzedrina, que apresenta a seguinte composição percentual: 80% de carbono, 9,63%

de hidrogênio e 10,37% de nitrogênio. Sabendo-se que a sua massa molar é 135 g/mol, pode-se afirmar que a sua fórmula molecular será:

- a) $C_9H_{15}N$.
- b) $C_8H_{14}N_2$.
- c) $C_9H_{26}N$.
- d) $C_8H_{20}N$.
- e) $C_9H_{13}N$.

17) As plantas necessitam de nutrientes para se desenvolverem. O fósforo, um nutriente primário, é absorvido pela planta na forma de íon fosfato. Analisando uma amostra de um saco de adubo, a composição centesimal encontrada para o composto que continha fosfato foi

Na = 32,4 %; H = 0,7 %; P = 21,8 %; O = 45,0 %.
A fórmula mínima do composto será:

- a) Na_2HPO_4
- b) NaH_2PO_4
- c) $NaHP_4O_2$
- d) $Na_4H_2P_2O$
- e) Na_2HPO_3

18) O esmalte dos dentes contém um mineral chamado hidroxiapatita - $Ca_5(PO_4)_3OH$. Os ácidos presentes na boca, ao reagirem com a hidroxiapatita, provocam o desgaste do esmalte, originando as cáries.

Atualmente, com o objetivo de prevenção contra as cáries, os dentifrícios apresentam em suas fórmulas o fluoreto de cálcio. Este é capaz de reagir com a hidroxiapatita, produzindo a fluorapatita - $Ca_5(PO_4)_3F$ - uma substância que adere ao esmalte, dando mais resistência aos ácidos produzidos, quando as bactérias presentes na boca metabolizam os restos de alimentos.

Com base nas fórmulas mínimas das duas substâncias, pode-se afirmar que o percentual de fósforo nos compostos é, aproximadamente:

- a) 0,18%
- b) 0,60%
- c) 6,00%
- d) 18,50%
- e) 74,0%

19) A fórmula mínima de um composto orgânico é $(\text{CH}_2\text{O})_n$. Sabendo-se que o peso molecular desse composto é 180, qual o valor de n ?

- a) 2
- b) 4
- c) 6
- d) 8
- e) 12

20) O ferro é um elemento químico usado na confecção de utensílios há séculos. Um dos problemas para sua utilização é a tendência à oxidação. Dentre os produtos de oxidação possíveis, dois óxidos - óxido 1 e óxido 2 - apresentam, respectivamente, 70,0% e 77,8% em ferro. Dadas as massas molares $\text{Fe} = 56 \text{ g}\times\text{mol}^{-1}$ e $\text{O} = 16 \text{ g}\times\text{mol}^{-1}$, as fórmulas mínimas para os óxidos 1 e 2 são, respectivamente:

- a) Fe_2O_3 e FeO .
- b) Fe_2O_3 e Fe_3O_4 .
- c) Fe_3O_4 e Fe_2O_3 .
- d) Fe_3O_4 e FeO .
- e) FeO e Fe_2O_3 .



GABARITOS

- 1) C
- 2) D
- 3) A
- 4) B
- 5) C
- 6) D
- 7) C
- 8) A
- 9) D
- 10) C
- 11) D
- 12) A
- 13) D
- 14) E
- 15) B
- 16) E
- 17) A
- 18) D
- 19) C
- 20) A