EQUAÇÕES DE PALAVRAS E EQUAÇÕES QUÍMICAS

Carlos Corrêa^{1*} e Fernando Pires Basto²

¹ Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto.

² Escola Secundária Infante Dom Henrique, Núcleo de Estágio de Física e Química da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
ccorrea@fc.up.pt

Faz-se uma crítica da utilização das chamadas “equações de palavras” quando se inicia o ensino da Química nas nossas Escolas. Demonstra-se, utilizando reacções simples, que o termo “equação de palavras” é desapropriado, de nenhuma utilidade e o seu uso impede que certos conceitos simples e importantes sejam adquiridos pelos alunos na altura mais conveniente (quando começam a construir o edifício da Química).

Uma equação química é a representação gráfica simbólica de uma reacção química. É formada por duas partes (chamadas “membros”) separadas por uma seta (simples, $\rightarrow$, ou dupla, $\rightleftharpoons$); o primeiro membro (à esquerda) com os símbolos ou fórmulas das espécies reagentes e o segundo (à direita) com os símbolos ou fórmulas dos produtos (substâncias formadas na reacção química). Os símbolos ou fórmulas são separados uns dos outros pelo sinal mais (+) e precedidos por um coeficiente numérico que é o valor absoluto da proporção estequiométrica [1].

Considera-se como sendo a primeira «equação química» o rudimentar diagrama de 1615 de Jean Béguin (1550-1620), médico de Henrique IV e mentor de Louis XIII, reis de França, inserido na edição de 1615 do seu livro em latim *Tyrocinium Chymicum (Beginner's Chemistry*, “Química para Principiantes”), um dos primeiros livros de Química. Esta obra foi divulgada pela tradução em francês por Jean-Lucas de Roy sob o título *Les Elémens de chymie de Maître Jean Béguin, reveus, expliquez et augmentez par Jean Lucas de Roy* (3^{ème} édition, P. Lyon, et C. Rigaud, 1624)[2].

Na figura seguinte apresenta-se o famoso diagrama de Jean Béguin, detalhando a reacção de sublimado corrosivo (HgCl_2) com sulfureto de antimónio (Sb_2S_3), com a explicação para a correspondência com a moderna escrita de equação química apresentada por T. S. Patterson em 1937 [3].

Note-se que até à segunda metade do século XVIII, os nomes químicos não estavam ainda sistematizados e não davam uma ideia clara dos seus constituintes, pelo que ainda era imperativo que os estágios da formação e decomposição de compostos fossem totalmente percebidos pelos estudantes de Química. De facto, o uso de algum tipo de precursor das actuais equações químicas era ainda mais necessário em Química antes da reforma da nomenclatura química na década de 1870 do que depois desta [4].

O Dicionário do Portal Nossa Língua Portuguesa [5], além da equação no sentido matemático (muitos tipos de equações) e químico, acrescenta outras explicações: “*redução de uma questão, um problema intrincado, a pontos simples e claros, para facilitar a obtenção de uma solução*”, “*tendência para o parti pris individual capaz de provocar variações em interpretações, e que deve ser levada psicologicamente em conta*” e “*conjunto de oportunidades que se abrem ao indivíduo graças à sua personalidade, carácter ou carisma*”.

Como se vê, o sentido matemático e químico da palavra equação é o mais simples, talvez porque em Ciência se vá directamente ao assunto, sem rodeios nem floreios. Curiosamente, não se encontra referência à “equação de palavras”, inutilidade química e pedagógica inventada por técnicos de “eduquês”, que tem figurado nos programas oficiais de Química em Portugal (e figurou várias vezes na versão submetida a discussão das recentes Metas Curriculares de Ciências Físico-Químicas do 3.º ciclo [6a]) e é utilizada por alguns autores de manuais escolares que são obrigados a seguir esses programas, embora em alguns casos sintam a incomodidade da designação e escrevam “esquema de palavras”. O facto de haver autores estrangeiros que utilizam esta designação não constitui razão suficiente para a adoptar. Muito louvavelmente, na versão final homologada das Metas Curriculares [7a], a nível de 8.º ano, já não se referem “equações de palavras”, embora se continuem a usar no 7.º ano.

A opinião de muitos professores com quem temos conversado sobre o assunto é de que o relevo dado às equações de palavras é um disparate. Na realidade, qual a necessidade

de chamar “equação” a uma simples tradução esquemática de um fenómeno físico, como a combustão do carbono, pelo facto de conter uma seta e sinais algébricos de adição (+)? Qual a vantagem da sua utilização?

A combustão do carbono, em linguagem comum, pode ser descrita de vários modos, por exemplo:

- o carbono arde no seio do ar,
- o carbono arde no seio do oxigénio,
- o carbono combina-se com dioxigénio originando dióxido de carbono,
- um átomo de carbono combina-se com uma molécula de dioxigénio para dar uma molécula de dióxido de carbono,
- uma mole de carbono (sólido) reage com uma mole de dioxigénio (gasoso) para produzir uma mole de dióxido de carbono (gasoso).

De acordo com a “moda”, escrever-se-ia a seguinte “equação de palavras”

carbono + dioxigénio → dióxido de carbono

podendo indicar-se, a gosto do artista, o estado físico das reagentes e produtos, por exemplo do seguinte modo:

carbono + dioxigénio → dióxido de carbono
(sólido) (gasoso) (gasoso)

Note-se que a “equação de palavras” é de uma pobreza monumental! É uma simples afirmação esquemática que nada ensina sob o ponto de vista químico e que acaba por ser esquecida. Parece um retorno de quatro séculos ao diagrama rudimentar de Jean Béguin.

Neste caso, para um aluno do 7.º ano, aquela equação de palavras é tão válida como escrever:

carbono + oxigénio → metano
(sólido) (gasoso) (gasoso)

pois não tem qualquer possibilidade de verificar a impossibilidade desta equação.

Dado que a ideia de átomo e molécula é já do conhecimento corrente na sociedade, não parece necessário esperar pelo início do 8.º ano para lhe “indicar” a existência de átomos e moléculas [6b, 7b], mas o que lhe deve desde logo ser ensinado é que os químicos, em vez de utilizarem aquelas frases mais ou menos longas, exprimem a mesma ideia de um modo muito mais simples, de um modo condensado, mas rigoroso:

$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$

Em vez de escreverem “carbono”, escrevem C; em vez de dioxigénio, O_2 , e em vez de dióxido de carbono, CO_2

e aquelas frases extensas transformam-se em mensagens esquemáticas, muito mais simples. Indicam-se os estados sólido e gasoso pelas letras “s” e “g”, entre parêntesis, respectivamente. Os alunos, que utilizam já os seus códigos de escrita nas mensagens de telemóvel, compreendem perfeitamente estas simplificações que os químicos utilizam.

Não é necessário, nesta altura, ensinar os aspectos quantitativos que os símbolos encerram, mas simplesmente dar ao aluno a noção de que os mesmos átomos (que se representaram pelas letras C e O) se combinam de modo diferente ao passar de reagentes a produtos. Utilizando outros exemplos, o aluno vai conhecendo os símbolos de outros elementos comuns.

Repare-se que, agora, não seria possível escrever a equação química que representasse a transformação impossível

carbono + dioxigénio → metano
(sólido) (gasoso) (gasoso)

$C + O_2 \rightarrow CH_4$

porque o aluno daria imediatamente conta do erro. De um modo simples, o aluno descobre a Lei de Lavoisier, pois não foi possível criar novos átomos mas simplesmente combinar os mesmo átomos de modo diferente.

Uma outra reacção que é apresentada a este nível é a formação de água a partir da combustão do hidrogénio. Podemos referir esta reacção química sem utilizar fórmulas, dizendo, por exemplo, que “o dioxigénio reage com o di-hidrogénio para originar água”, ou que “o di-hidrogénio arde no seio do dioxigénio, dando água” ou que “duas moléculas de di-hidrogénio reagem com uma molécula de dioxigénio para produzir duas moléculas de água” ou ainda que “duas moles de di-hidrogénio gasoso reagem com uma mole de dioxigénio gasoso produzindo duas moles de água no estado gasoso”. A “equação de palavras” seria escrita como

di-hidrogénio(g) + dioxigénio(g) → água(g)

tendo-se dado mais um passo na simplificação da escrita, utilizando as iniciais para representar os estados físicos das substâncias. Mais uma vez esta “equação” não tem qualquer utilidade, em contraste com a equação química

$2 H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2 H_2O(g)$

Podem utilizar-se outras reacções vulgares, como a formação de $HCl(g)$ a partir de H_2 com Cl_2 , a reacção do sódio com o cloro, a neutralização do HCl com $NaHO$ e outras que se representam por equações químicas muito simples como

$Cl_2(g) + H_2(g) \rightarrow 2 HCl(g)$

$2 Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2 NaCl(s)$

Algumas são reacções que os alunos podem observar e deste modo podem ir aprendendo desde logo os símbolos de alguns elementos e as fórmulas de alguns compostos mais vulgares.

Certamente não deveremos no 7.º ano continuar a “motivar” apresentando a formação de precipitados de cores bonitas, como o iodeto de chumbo(II)

porque isto exigiria maior complexidade de fórmulas ou, em alternativa, o recurso precoce a representações iónicas

Como o aluno adquiriu já a ideia de que a matéria é corpuscular, que existem átomos e moléculas, podem utilizar-se “representações” de átomos e moléculas com base nos mesmos modelos que os químicos utilizam em estereoquímica, sem qualquer necessidade em falar na estrutura do átomo nem em ligações químicas, bastando saber que os átomos podem estar ligados entre si, como dois objectos se podem ligar por meio de colagem.

Não se receie que os alunos fiquem com ideia erradas, pensando que os átomos são esferinhas que se colam com “Super Cola 3”, pois vão ter muito tempo para entender (?) como é realmente um átomo. Nem tenhamos preocupações em explicar que no cobre, no sódio, no cloreto de sódio, etc. não há moléculas nem átomos isolados! **O que se procura é ensinar um modo de descrever a reacção usando a linguagem dos químicos.**

Com estes conhecimentos, o aluno vai começar a associar transformações químicas à formação de novas substâncias [6c, 7c] e entender a essência molecular destas transformações químicas: os mesmos átomos vão combinar-se de modo diferente nos produtos da reacção. Daqui brota, na-

turalmente, que “nada se cria, nem nada se forma”; a partir dos reagentes deduz logo a fórmula do produto.

Em resumo, designar por “equação de palavras” qualquer frase esquemática que refere sumariamente uma reacção química é desapropriado, de nenhuma utilidade e o seu uso impede que certos conceitos simples e importantes sejam adquiridos pelos alunos na altura mais conveniente (quando começam a construir o edifício da Química).

REFERÊNCIAS

- [1] IUPAC. *Compendium of Chemical Terminology*, 2nd ed., <http://goldbook.iupac.org/C01034.html> e <http://www.eoht.info/page/Chemical+equation> (activos em Abril de 2013)
- [2] http://fr.wikipedia.org/wiki/Jean_Béguin; livros disponíveis em <http://books.google.com/> (activos em Abril de 2013)
- [3] T.S. Patterson. *Annals of Science* **2** (1937) 243–298, disponível em <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0003379370020060> (activo em Abril de 2013)
- [4] M.P. Crosland, *Annals of Science* **15** (1959) 75–90, disponível em <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00033795900200088> (activo em Abril de 2013)
- [5] <http://nossalinguaportuguesa.com.br/dicionario/equacao/> (activo em Abril de 2013)
- [6] Primeira versão das Metas Curriculares de Ciências Físico-Químicas, MEC, 2013. Disponível em Março de 2013 para discussão em http://www.dgicd.minedu.pt/data/dgicd/metap_aprendizagem/Em_discussao/3C_EB_FQ%20final.pdf
 - a) 7.º ano – **Domínio: Materiais – Meta 6.9** Representar reacções químicas por equações de palavras a partir de descrições que incluam o nome dos reagentes e dos produtos da reacção assim como os respetivos estados.
 - 8.º ano – **Domínio: Reações Químicas – Metas 1.2** Representar reacções de combustão, realizadas em contexto laboratorial, por equações de palavras, **1.14** Representar reacções de ácido-base, realizadas no laboratório, por equações de palavras e **1.18** Representar reacções de precipitação, realizadas no laboratório, por equações de palavras.
 - b) 7.º ano – **Domínio: Materiais – Meta 2.11** Concluir que a matéria é constituída por corpúsculos submicroscópicos (átomos, moléculas e iões) com base na análise de imagens fornecidas, obtidas experimentalmente.
 - c) 7.º ano – **Domínio: Materiais – Meta 6.4** Associar transformações químicas à formação de novas substâncias, identificando provas dessa formação
- [7] Versão Homologada em 9 de Abril de 2013 das Metas Curriculares de Ciências Físico-Químicas, MEC, 2013. Disponível em Abril de 2013 em http://www.dge.mec.pt/data/dgicd/noticias/Metas/FQ_3_ciclo.pdf
 - a) 7.º ano – **Domínio: Materiais – Meta 4.8** Descrever reacções químicas usando linguagem corrente e representá-las por “equações” de palavras.
 - 8.º ano – **Domínio: Reações Químicas – Metas 1.19** Representar reacções químicas através de equações químicas, aplicando a lei de conservação da massa, **2.2** Representar reacções de combustão, realizada em atividades laboratoriais, por equações químicas, **2.13** Representar reacções de ácido-base, realizada em atividades laboratoriais, por

equações químicas, e 2.17 Representar reações de precipitação, realizada em atividades laboratoriais, por equações químicas.

b) 8.º ano – Domínio: Reações Químicas – Meta 1.1 Indicar que a matéria é constituída por corpúsculos submi-

croscópicos (átomos, moléculas e iões) com base na análise de imagens fornecidas, obtidas experimentalmente.

c) 7.º ano – Domínio: Materiais – Meta 4.4 Associar transformações químicas à formação de novas substâncias, identificando provas dessa formação.

ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

DA RE-DEFINIÇÃO DA MOLE

A Conferência Geral dos Pesos e Medidas (CGPM), a assembleia dos representantes dos Estados-Membros da Convenção do Metro, reuniu pela 24.ª vez, em Outubro de 2011. Nela, foi adoptada uma resolução para redigir as definições das sete unidades de base do Sistema Internacional de Unidades, o SI, conforme uma nova abordagem [1]. Segundo o chamado “novo SI”, as unidades de base do SI do comprimento, do tempo, da massa, da corrente eléctrica, da temperatura termodinâmica, da intensidade luminosa e da quantidade de matéria passam a ser definidas a partir dos valores imutáveis das constantes “fundamentais”: respectivamente, a velocidade da luz no vácuo, a frequência de transição entre os dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de cézio-133, a constante de Planck, a carga eléctrica elementar, a constante de Boltzmann, a eficácia luminosa e a constante de Avogadro.

Segundo a actual definição, adoptada em 1971 pela CGPM, a mole, unidade de base do SI da grandeza quantidade de matéria, é “a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos os átomos que existem em 0,012 kg de carbono 12”. Por sua vez, a proposta do novo SI é definir a mole como “...a quantidade de matéria de uma entidade elementar especificada, que pode ser um átomo, uma molécula, um ião, um electrão, qualquer outra partícula ou grupo específico de tais partículas; a sua amplitude é estabelecida fixando o valor numérico da constante de Avogadro para ser exactamente igual a $6,022\,14 \times 10^{23}$, quando expressa na unidade mol^{-1} .” Nesta redacção provisória, o símbolo X representa um grupo de dígitos a acrescentar ao valor numérico de N_A , na altura da adopção final da definição, com base nos dados mais recentes do *Committee on Data for Science and Technology* (CODATA).

No processo da eventual reformulação da definição de mole, o Comité Consultivo da Quantidade de Matéria, no *Bureau International des Pesos e Medidas* (BIPM), solicitou, nomeadamente aos delegados da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), que apresentassem a posição da Organização sobre a nova definição. Várias instituições e individualidades têm vindo a expor argumentos diversos em reconhecidas revistas da especialidade [2-5]. Pelas implicações diversas de que o processo se possa revestir é de todo o interesse desenvolver uma discussão ampla na comunidade científica nacional, que se espera seja construtiva e esclarecedora.

REFERÊNCIAS

- [1] http://www.bipm.org/en/si/new_si/
- [2] M.J.T. Milton, *Metrologia* **50** (2013) 158-163.
- [3] M.J.T. Milton, I.M. Mills, *Metrologia* **46** (2009) 332-338.
- [4] P. De Bièvre, *Accreditation and Quality Assurance* **16** (2011) 117-120.
- [5] P. De Bièvre, *Accreditation and Quality Assurance* **12** (2007) 221-222.

O. Pellegrino (opellegrino@ipq.pt), **A. Furtado**, **C.S. Oliveira**, **F.A. Dias**, **E. Filipe**
DMET, IPQ
M.F. Camões
CCMM-DQB, FCUL

Av. da República, 45 - 3.º Esq - 1050-187 Lisboa - Portugal
Tel.: 21 793 4637 * Fax: 21 795 2349
Horário: 10:00 às 13:00 e das 14:30 às 18:00

e-mail: sede@spq.pt