

## Box 3

# A Lei de Lavoisier

## A Lei da Conservação das Massas

A Lei da Conservação das Massas foi publicada pela primeira vez em 1760, em um ensaio do químico russo Mikhail Lomonosov. No entanto, sua obra não teve repercussão na Europa Ocidental, cabendo ao francês Antoine Laurent Lavoisier o papel de tornar mundialmente conhecido o que hoje se chama Lei de Lavoisier.

Por volta de 1774, o químico francês realizava experiências sobre a combustão (GLOSSÁRIO) e a calcinação (GLOSSÁRIO) de substâncias. Com o objetivo de utilizar métodos quantitativos, Lavoisier empregava a balança como um de seus principais instrumentos para acompanhar as atividades experimentais. Observou que, das reações de calcinação de metais expostos ao ar, sempre resultavam óxidos cujo peso era maior que o do metal de partida. Ao contrário, na combustão de um pedaço de carvão exposto ao ar, a massa restante ao final do processo era sempre menor que a massa inicial.

Depois que adquiriu informações sobre as características do gás que ativava a queima de outras substâncias (que mais tarde foi denominado pelo próprio Lavoisier como oxigênio, que quer dizer gerador de ácidos), passou a fazer experiências com o mesmo e acabou por deduzir que a combustão e a calcinação nada mais eram que o resultado da reação de combinação desse gás com as outras substâncias. Através dos resultados dos experimentos realizados em sistemas fechados, onde as massas de reagentes e produtos gasosos poderiam ser medidas com precisão, concluiu que as variações de massa observadas quando as reações eram realizadas em sistemas abertos, correspondia à massa da substância inicialmente empregada, mais a massa do gás a ela incorporada ou perdida através da reação.

O que hoje pode parecer evidente, nem sempre o foi. Você pode rever o assunto consultando o conteúdo da Disciplina 1- Módulo I, Teoria do Flogisto. Queimando-se magnésio, cientistas anteriores a Lavoisier observavam um aumento de massa, enquanto que, queimando

enxofre, notavam uma perda de massa. Coube a Lavoisier, percebendo que esses ensaios deveriam ser feitos em sistemas fechados, esclarecer que as diferenças de massas eram devidas à absorção ou liberação de gases durante as reações.

## Lei de Lavoisier

Os estudos experimentais realizados por Lavoisier levaram-no a concluir que, numa reação química que se processe num sistema fechado ( Glossário), a massa permanece constante, ou seja, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos:

$$m_{(\text{reagentes})} = m_{(\text{produtos})}$$

Assim, por exemplo, quando 2 gramas de hidrogênio reagem com 16 gramas de oxigênio verifica-se a formação de 18 gramas de água; do mesmo modo, quando 12 gramas de carbono reagem com 32 gramas de oxigênio ocorre a formação de 44 gramas de gás carbônico.

Através de seus trabalhos, pôde enunciar uma lei que ficou conhecida como Lei da Conservação das Massas ou Lei de Lavoisier [LAVOISIER, (1789)]:

“Numa reação química que ocorre em sistema fechado, a massa total antes da reação é igual à massa total após a reação”.

Ou ainda, numa reação química a massa se conserva porque não ocorrem criação nem destruição de átomos. Os átomos são conservados; eles apenas se rearranjam. Os agregados atômicos dos reagentes são desfeitos e novos agregados atômicos são formados.

Ou ainda, filosoficamente falando:

“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”.

Atualmente sabemos que a Lei de Lavoisier como inicialmente foi proposta só não se aplica em seu enunciado original às Reações Nucleares, onde a energia envolvida é proveniente da transformação significativa de matéria em energia. Uma reação nuclear geralmente envolve transmutação nuclear (Glossário), na qual, além da mudança nas naturezas dos núcleos dos átomos participantes, a massa inicial dos núcleos reagentes é maior que a massa final de núcleos produzidos no processo, ocorrendo o fenômeno conhecido como “perda de massa”. Esta massa

perdida é transformada em energia, que pode ser calculada pela famosa equação de Einstein,  $DE = (Dm) c^2$ , onde DE é a energia liberada no processo, Dm é a massa perdida no processo, e c é a velocidade da luz no vácuo, aproximadamente igual a 300.000 km/s. Como a energia global é sempre mantida (obedecendo a Primeira Lei da Termodinâmica), nas reações nucleares há conservação da (energia+massa) de reagentes e produtos, ao invés de somente a massa prevista pela Lei de Lavoisier para as reações químicas. Isto se explica facilmente, pois mesmo as reações químicas com os maiores desprendimentos de energia conhecidas, são apenas fração insignificante das energias envolvidas numa reação nuclear!

Para termos ideia da magnitude das energias envolvidas em processos nucleares, vamos supor que em um determinado processo nuclear houve a perda de massa de 1 grama, e que foi inteiramente transformado em seu equivalente em energia. Aplicando a fórmula de Einstein, temos:

$$Dm = 1 \text{ g} = 1 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$c = 300.000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} = 300.000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{km}^{-1} = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$DE = (Dm) \times c^2 = 1 \times 10^{-3} \times (3 \times 10^8)^2 = 1 \times 10^{-3} \times 9 \times 10^{16} = 9 \times 10^{13} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$DE = 9 \times 10^{13} \text{ J}$$

Só a título de comparação, na formação de 1 g de água líquida através da reação entre hidrogênio e oxigênio gasosos há o desprendimento de aproximadamente  $16 \times 10^3 \text{ J}$ !