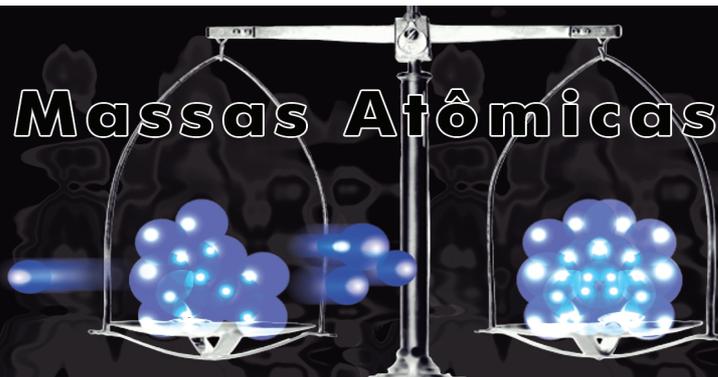


# De Massas e Massas Atômicas



**Reinaldo Calixto de Campos e Reinaldo Carvalho Silva**

Sugere-se uma atividade experimental para duas sessões de laboratório de Química, com o propósito de favorecer aos alunos do Ensino Médio o exercício do trânsito interdisciplinar entre os domínios da teoria atômica e das leis ponderais das reações químicas. Na primeira sessão, estudando as relações de massa na queima do ferro, os alunos obtêm evidências diretas da lei de Proust. Na segunda sessão, usando clipes de papel como modelos de partículas materiais, os alunos estudam as relações conceituais entre massas e massas atômicas.

► modelo atômico de Dalton, leis ponderais, trânsito interdisciplinar ◀

Recebido em 8/4/03, aceito em 19/2/04

8

**N**a maior parte dos livros didáticos de Ensino Médio, o modelo atômico de Dalton é apresentado apenas através dos seus postulados, e pouca ou nenhuma relação é feita com as leis ponderais das reações químicas. Importantes correlações entre o universo macroscópico e o universo atômico, tais como a indestrutibilidade dos átomos ao longo de uma reação química, de um lado, e a lei da conservação da matéria de Lavoisier, de outro, não são trazidas à tona. Perde-se, assim, uma excelente oportunidade de discutir a própria estrutura metodológica da Química, transitando entre modelos, fatos e sua descrição. É verdade que, em suas reflexões originais a respeito da teoria atômica, Dalton não se remeteu diretamente às leis ponderais, mas não se pode ignorar que a ampla aceitação dos postulados dessa teoria tenha decorrido exatamente de suas implicações na interpretação dessas leis. O fato é que, quando da publicação da obra clássica de Dalton, essas relações estavam bem

**Na maior parte dos livros didáticos, pouca ou nenhuma relação é feita entre o modelo atômico de Dalton e as leis ponderais das reações químicas**

estabelecidas e fundidas no próprio conceito de massa atômica, a despeito de ali aparecerem valores inexatos para massas atômicas de alguns elementos.

Entretanto, a compreensão da correlação entre as leis ponderais e átomos indestrutíveis, indivisíveis e caracterizados por massas próprias a cada elemento não surge de modo fácil e imediato para os estudantes, exigindo estratégias de ensino apropriadas. Experimentos laboratoriais poderiam ajudar; porém, é preciso que conjuguem simplicidade e resultados de precisão satisfatória, de modo a serem executados facilmente por alunos do Ensino Médio, lançando mão das condições usualmente encontradas nos laboratórios das escolas desse nível.

A atividade aqui proposta divide-se em dois experimentos, previstos para duas sessões de laboratório. No primeiro experimento, os alunos, transitando no nível macroscópico, obtêm evidências concretas da lei de Proust: a constância das relações de massa

entre as espécies participantes de reações químicas. No segundo experimento, os alunos travam contato com um sistema modelo que favorece a aquisição da conexão conceitual entre massas e massas atômicas.

A reação escolhida para a primeira parte dá-se entre o ferro (proveniente de palha de aço comercializada para limpeza doméstica) e o oxigênio do ar, ou seja, a queima do ferro. Assim, com materiais facilmente acessíveis, pode-se chegar a uma das regularidades mais importantes envolvendo as massas dos materiais participantes de uma reação química. Uma balança de duas casas decimais pode ser utilizada, desde que livre das oscilações geradas por correntes de ar. Alternativamente pode-se usar uma balança analítica, se disponível.

## **Primeira parte experimental – Lei de Proust**

A queima do ferro, descrita a seguir, liberta grandes quantidades de energia sob a forma de luz e calor, de tal modo que se deve recomendar aos alunos cuidados para evitar queimaduras. De nossas tentativas, ficou clara a necessidade de um rápido suprimento de oxigênio, sem o que a reação não se completa, havendo sobra de ferro numa condição em que

A seção 'Conceitos científicos em destaque' tem por objetivo abordar, de maneira crítica e/ou inovadora, conceitos científicos de interesse dos professores de Química. Neste número a seção apresenta dois artigos.

é justamente o oxigênio o reagente em excesso.

Uma porção de aproximadamente a metade de uma palha de aço é pesada, e o valor obtido anotado como “massa de ferro”. A porção pesada é segurada com o auxílio de uma pinça de hastes longas, encostando-se a palha na chama oxidante do bico de Bunsen, o que dará imediato início à reação. Alternativamente, pode-se utilizar a chama de um isqueiro ou mesmo de um palito de fósforo. Rapidamente, conduz-se a palha para o interior de um béquer de 500 mL, de forma alta, mantendo-se a palha a uns 5 cm da extremidade superior do béquer (as fagulhas produzidas durante a reação podem danificar o béquer. Para evitar isto, pode-se substituí-lo por uma lata de dimensões semelhantes). Imediatamente em seguida, sopra-se ar sobre a massa reacional, utilizando um secador de cabelos. **Cuidado! Nesse momento, a reação torna-se muito vigorosa, projetando muitas fagulhas.** O conjunto deve ser mantido afastado do corpo do aluno que executa a operação, até que a reação cesse (Figura 1).

Cessada a reação, solta-se a pelota de óxido de ferro (II) formado, de modo que caia no interior do béquer, tomando-se cuidados para evitar perdas de material. Aguarda-se o resfriamento total do conjunto. O material é então transferido do béquer para uma folha de papel liso, previamente tarada, e o óxido é pesado. Esse valor é então anotado como “massa de FeO”. O procedimento acima descrito é repetido pelos diferentes grupos, com pedaços maiores e menores de palha de aço.



Figura 1: Reação do ferro com oxigênio do ar. 1) Béquer de forma alta; 2) Palha de aço queimando; 3) Pinça de hastes longas; 4) Secador de cabelo.

Os resultados obtidos por toda a turma são lançados em uma tabela, como a Tabela 1, que contém os dados obtidos por nós.

O valor médio para a relação de massa entre o ferro e o oxigênio (resultados registrados na quarta coluna) foi 3,56, com um desvio padrão relativo de 3,3% ( $n = 8$ ). O valor teórico (3,49) e o obtido não apresentaram diferença significativa, no nível de significância de 95%.

Após o preenchimento da primeira e segunda colunas da tabela, os alunos são instruídos para que façam os cálculos que permitem preencher a terceira e quarta colunas. A regularidade de Proust torna-se, então, evidente. Pode ser interessante que o professor forneça o valor teoricamente esperado da relação massa Fe/massa  $O_2$ , com o propósito de desencadear discussões sobre o tipo e a magnitude dos erros ocorridos ao longo da execução do experimento. A questão “como podemos explicar tal regularidade?” conduz à segunda parte da atividade.

### Segunda parte experimental – Clipes como modelos de partículas

O segundo experimento, descrito a seguir, propõe uma visão de modelo de uma reação química com o auxílio de clipes de papel. Devem ser adquiridas caixas de clipes de diferentes tamanhos, isto é, de diferentes massas. Os clipes são colocados em um envelope de papel, ou outro recipiente qualquer, que permita sua fácil manipulação. Cada recipiente contém clipes de um só tamanho. Três alunos são chamados a atuar como “reatores”: eles devem se postar de frente para a turma, mas com as mãos escondidas atrás de um anteparo de papelão, à semelhança de uma urna eleitoral. Chamemos os envelopes de clipes de A, B, C etc, conforme

Tabela 1: Resultados experimentais relativos à queima do ferro.

| $m_{Fe} / g$ | $m_{FeO} / g$ | $m_{O_2} / g$ | $m_{Fe}/m_{O_2}$ |
|--------------|---------------|---------------|------------------|
| 1,6413       | 2,1360        | 0,4947        | 3,318            |
| 1,7994       | 2,2802        | 0,4808        | 3,742            |
| 3,8672       | 4,9382        | 1,0710        | 3,611            |
| 2,8853       | 3,7009        | 0,8156        | 3,538            |
| 3,2046       | 4,1071        | 0,9025        | 3,551            |
| 3,3173       | 4,2371        | 0,9198        | 3,606            |
| 3,4349       | 4,3936        | 0,9587        | 3,583            |
| 4,7293       | 6,0564        | 1,3271        | 3,564            |

seu tamanho. Deve-se começar a atividade considerando o caso de uma reação 1:1 (estabelecendo conexão com a reação  $Fe + 1/2O_2$ ). Um dos “reatores” toma uma porção aleatória de clipes do saco A e pesa-a. Uma balança de prato externo, de duas casas decimais, é suficiente. O outro “reator” toma uma outra porção aleatória de clipes do recipiente B e pesa-a. De posse dos punhados de clipes A e B, o terceiro aluno executa a “reação” 1:1, enganchando, aos pares, os clipes A e B e pesando o conjunto de clipes AB obtido, assim como as sobras. Repete-se esse procedimento várias vezes, lançando-se os dados em uma tabela. Na Tabela 2 estão mostrados alguns dados reais, obtidos por nós.

Esta é a tabela com os dados primários. Agora, constrói-se uma outra tabela, conforme mostrado na Tabela 3.

Vê-se, claramente, que a relação entre as massas de A e B que efetivamente “reagiram” é a mesma em todos os casos, dentro do erro experimental, apresentando uma média de 1,97 e um desvio padrão de 0,03, que equivale a um desvio padrão relativo de 1,5%. Finalmente, pesam-se, à vista de todos, vários clipes do envelope A

Tabela 2: Resultados obtidos com o sistema modelo.

| Experimento | $m_A / g$ | $m_B / g$ | $m_{AB} / g$ | $m_{AR} / g$ | $m_{BR} / g$ |
|-------------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| 1           | 16,91     | 13,19     | 25,17        | –            | 4,87         |
| 2           | 6,19      | 5,18      | 9,38         | –            | 2,02         |
| 3           | 8,45      | 2,86      | 8,46         | 2,83         | –            |
| 4           | 3,39      | 3,47      | 5,05         | –            | 1,74         |
| 5           | 11,82     | 4,62      | 13,50        | 2,83         | –            |

$m_A$ : massa de A;  $m_B$ : massa de B;  $m_{AB}$ : massa de AB;  $m_{AR}$ : massa de A residual;  $m_{BR}$ : massa de B residual.

Tabela 3: Processamento dos resultados para o sistema modelo.

| Experimento | $(m_A - m_{AR}) / g$ | $(m_B - m_{BR}) / g$ | $(m_A - m_{AR}) / (m_B - m_{BR})$ |
|-------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 1           | 16,91                | 8,32                 | 2,03                              |
| 2           | 6,19                 | 3,16                 | 1,96                              |
| 3           | 5,62                 | 2,86                 | 1,97                              |
| 4           | 3,39                 | 1,73                 | 1,96                              |
| 5           | 8,99                 | 4,62                 | 1,95                              |

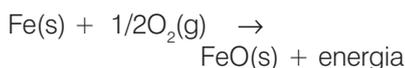
$m_A - m_{AR}$ : massa de A que “reagiu”;  $m_B - m_{BR}$ : massa de B que “reagiu”;  $(m_A - m_{AR}) / (m_B - m_{BR})$ : massa de A que reagiu/massa de B que reagiu.

e do envelope B, mostrando, assim, que as relações de massa obtidas para diferentes punhados de cliques A e B que efetivamente combinaram-se é a mesma que a obtida entre as massas médias de cliques do envelope A e de cliques do envelope B. No caso do nosso experimento, esse valor foi de 1,98, relativo à média de três pesagens de cliques do envelope A e três do envelope B. Pode-se, assim, explorar a relação entre os postulados de Dalton e a constância da relação de massa. Deve-se apontar que, para haver constância nessas relações, é fundamental a constância das massas de um mesmo tipo de clipe, isto é, de átomo. Novas “reações” podem ser feitas, envolvendo agora uma reação  $2A + B \rightarrow A_2B$ , e outras. Podem-se fazer reações entre A e C (outro conjunto de cliques, com outro tamanho), entre B e C etc., e até construir uma tabela de massas relativas, seguindo o mesmo tipo de procedimento.

### Sugestões de tarefas a serem propostas aos alunos

- 1) Determinar a massa de óxido ferro que será obtida a partir de uma dada massa de ferro, usando a relação massa de Fe/massa de  $O_2$  obtida pela turma.
- 2) Determinar a massa atômica do

ferro, atribuindo a massa de 16 u para o oxigênio. Se o oxigênio possuísse massa de 100 u, como admitia Berzelius, qual seria, então, a massa atômica do ferro? Considere que a reação ocorrida tenha sido



3) Discutir a seguinte afirmação: é mais apropriado usar como padrão de massas atômicas a massa de um átomo (ou parte dele) em lugar do quilograma-padrão, unidade de massa usual no cotidiano.

4) Usando cliques, reproduzir as considerações que levaram Dalton a inferir a lei das proporções múltiplas.

### Considerações finais

Segundo Jantsch e Bianchetti (1995), o trânsito interdisciplinar entre o macro e o micro, materiais e átomos, o concreto e o abstrato, constitui a essência daquilo que hoje conhecemos por Química. Os autores estão convencidos de que é importante engajar os alunos nesse processo, seja remetendo-os ao momento histórico em que Dalton desenvolveu e publicou a teoria atômica, seja através de experimentos como os que aqui se propõe.

Segundo Bachelard (1982),

*A ciência precisa constantemente voltar-se contra suas premissas. Se ela começa experimentando, é preciso raciocinar. Se ela começa racio-*

*cinando, é preciso experimentar.*

Raciocinar em Química requer, frequentemente, a intervenção de modelos estruturais. Ensinar Química sem promover o estabelecimento de conexões entre teorias (fruto do espírito humano) e leis (fruto da experimentação disciplinada e da capacidade descritiva) é uma falha grave, que pode conduzir a uma Ciência não-humana ou a um misticismo sem base material.

Dalton não foi o primeiro a pensar a matéria constituída de átomos. A importância de sua contribuição deve-se à concepção da massa atômica (Brock, 1993). Através dessa idéia, os átomos deixaram o domínio da exclusiva abstração, como vinha acontecendo desde o século V a.C. com Demócrito, e ganharam massa - aquilo que se pode detectar com uma balança. Conectados ao universo concreto, ultrapassaram os limites da crença, passando a compor o caudal teórico que, no século XIX, permitiu a construção da Química moderna.

**Reinaldo Calixto de Campos** (rccampos@rdc.puc-rio.br), doutor em Química pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), é docente do Departamento de Química da PUC-Rio.  
**Reinaldo Carvalho Silva** (reicarvalho@uol.com.br), doutor em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina, é professor do Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina.

### Referências bibliográficas

- BACHELARD, G. *O novo espírito científico*. Trad. J. Hahne Jr. S. Paulo: Editora Tempo Brasileiro, 1982.
- BROCK, W.H. *The Norton history of chemistry*. Nova Iorque: WW Norton and Company, 1993.
- JANTSCH, A.P. e BIANCHETTI, L. (Orgs.). *Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito*. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 1995.

### Para saber mais

- BENSAUDE-VINCENT, B. e STENGER, I. *História da Química*. Trad. R. Gouveia. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

**Abstract:** On masses and atomic masses – An experimental activity for two chemistry laboratory sessions is suggested with the goal of favoring high-school students the interdisciplinary transit between the domains of the atomic theory and the weight laws of chemical reactions. In the first session, by studying the mass relationships associated to the combustion of iron, the students obtain direct evidences of Proust's law. In the second session, by using paper clips as models for material particles, the students study the conceptual relationships between masses and atomic masses.

**Keywords:** Dalton's atomic model, weight laws, interdisciplinary transit