

## Referências

1. Rheinboldt, H. – Esboço Histórico da Química no Brasil. In: Azevedo, F. de (Coord.) – *As Ciências no Brasil*. Rio de Janeiro, Melhoramentos, 1955, p.11–89.
2. Mathias, S. – Evolução da Química no Brasil. In: Ferri, M. G. e Motoyama, S. (Coords.) – *História das Ciências no Brasil*. São Paulo, EPU/EDUSP, 1979, cap. 4.
3. Lancaster, F. W. e Carvalho, M. B. P. de – O cientista brasileiro publica no exterior: em que países, em que revistas, sobre que assuntos. *Ciência e Cultura*, **34**, 627 (1982).
4. Curtius, A. J. – A Química Analítica. *Química Nova*, **5**, 134 (1982).
5. Braga, H. M. P. – *Desenvolvimento da ciência no Brasil: análise quantitativa de 29 anos de Reuniões da SBPC*. Rio de Janeiro, 1979, Dissertação de Mestrado à UFRJ, 150 p.
6. Rodrigues, J. A. – As atividades da SBPC em suas reuniões anuais. *Ciência e Cultura*, **34**, 719 (1982).
7. Price, D. de S. – *A Ciência desde a Babilônia*. Trad. de L. Hegenberg e O. S. Mota. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia; São Paulo, EDUSP. 1976, cap. 8.

## ASSUNTOS GERAIS

### A EVOLUÇÃO DA QUÍMICA

#### I – De Boyle a Lavoisier

Miguel Cunha Filho

*Universidade Federal do Ceará*  
*Departamento de Química Orgânica e Inorgânica*  
*Campus do Pici – Cx. Postal 935*  
*Fortaleza – Ceará*

Recebido em 30/11/1982

#### RESUMO:

Estuda-se o relacionamento da Química com a etapa histórica da revolução burguesa na Inglaterra e as implicações na interpretação materialista do fenômeno químico. As consequências foram o fim da alquimia, o novo conceito de elemento como base fundamental da evolução posterior da Química, a ampliação da pesquisa química aos três estados físicos da matéria e, finalmente, a existência da sistematização do método quantitativo de pesquisa em laboratório.

Até meados do século XVII a química era uma mistura de magia e ciência. Mais magia. Os metais eram regidos por planetas e as pesquisas segundo as idéias da época,

deveriam ser encaminhadas em acordo com as conjunções favoráveis dos astros. É por este tempo que se registram na Inglaterra os primeiros indícios da revolução industrial, “passagem do artesanato e manufatura à grande indústria” (1).

A produção tomou caráter coletivo em fábricas acionadas por um motor central. Aliás, esta era a única solução que se podia encontrar para a demanda crescente do mercado consumidor interno, das colônias, da indústria naval e da indústria bélica. A produção industrial implicou no uso intensivo da máquina, transformando-a num fator econômico muito importante. Ao mesmo tempo, como consequência, estimulou novas invenções e vulgarizou a compreensão do funcionamento dos arranjos mecânicos. Era natural, portanto, que se aceitasse a máquina como um conjunto de rodas, de alavancas e de eixos em ação sincronizada para produzir mercadoria de maneira muito mais eficiente que o homem. Via-se que uma roda transmitia movimento a outra de tal modo que a rotação da última dependia da primeira e da razão entre os seus raios, numa perfeita relação de causa e efeito que se repetia em todas as peças móveis.

A preocupação com causa e efeito, a necessidade do conhecimento quantitativo das ações e do detalhamento preciso, são os novos hábitos que a revolução industrial criou no homem. Para exemplificar o espírito quantitativo que se manifestou, então, eis como De Foe descreveu uma das máquinas de um estabelecimento industrial inglês no começo do século XVIII;

“Esta máquina consta de 25.586 rodas e 96.746 peças que elaboram 73.726 jardas de fio de seda a cada volta da roda hidráulica que gira à razão de três voltas por minuto do que resulta a produção de 318.514.960 jardas em cada 24 horas.” (2).

Na verdade, para a ciência, as maiores conquistas da revolução industrial foram as liberdades de expressar o pensamento, de criar e de divulgar conhecimentos. Estas novas liberdades habilitaram o homem a uma atividade científica experimental sem qualquer limitação ou temores da intolerância religiosa. Todas as coisas começaram a ser explicadas ou pensadas como explicáveis similarmente aos mecanismos da indústria. Até o misterioso e inviolável céu, com seus astros móveis e fixos, foi enquadrado na interpretação mecânica precisa de Newton, exposta nos seus Principia (1687). O universo era um imenso mecanismo cujas peças eram os astros, de movimentos previsíveis, e que por isto davam a possibilidade da antecipação dos fenômenos celestes. Tudo era ação mecânica, tudo era compreendido pelo encadeamento de causas e efeitos. “De uma causa determinada resulta necessariamente um efeito, e, inversamente, a todo efeito corresponde uma causa determinada” (3). A causalidade explicava tudo, o homem e a natureza.

As principais consequências práticas do novo espírito foram:

primeiro – a tomada de consciência de que pelo conhecimento dos efeitos pode-se chegar ao co-

cimento das causas;

segundo — que o conhecimento das causas habilita a prever os efeitos e a dimensioná-los com antecedência.

A mudança operada não foi realizada num instante preciso da história, embora seja possível tomar, como referência, um homem de cuja ação resulte uma síntese das contribuições individuais dispersas. Na Química, o homem que marca esta virada é Robert Boyle, autor de muitos experimentos tanto em Química quanto em Física. Em 1661 foi publicado o seu livro "The Sceptical Chemist", escrito na forma de um diálogo entre um personagem chamado Carneades e o Químico Céptico, no caso o próprio Boyle. Carneades é o defensor das idéias e crenças antigas tais como os quatro elementos de Aristóteles ou os três princípios de Paracelso. O Químico Céptico procura apresentar um retrato mecânico do fenômeno químico em analogia com as máquinas, isento, portanto, de qualquer influência das forças ocultas. Na sequência desta abordagem materialista, Boyle avançou a definição de elemento, mais tarde adotada por Lavoisier, Segundo ele

"elementos são corpos simples, primitivos e não combinados que não são formados por quaisquer outros e nem se transformam em outros. São os ingredientes daquelas misturas perfeitas e também o produto final de sua decomposição". (4)

A marca de uma revolução científica é o surgimento de um conceito novo do qual derivam domínios novos do conhecimento. Consideramos a definição de elemento do Químico Céptico como um conceito novo, isto porque admite os elementos como corpos:

- a) *primitivos*, isto é, primeiros existentes no que concerne aos fatos de Química;
- b) *simples*, porque não são formados por outros quaisquer corpos;
- c) que *não se transformam em outros* o que significa serem não transmutáveis;
- d) e, finalmente, são *corpos conservados* pois que sendo os "ingredientes daquelas misturas perfeitas" permanecem ainda os mesmos elementos no produto final de sua decomposição.

Observa-se, de passagem, que no ítem *d* faltou o tratamento quantitativo que conduziria à lei da conservação da massa, estabelecida muito mais tarde por Lavoisier.

O elemento, considerado como uma substância simples, não transmutável e formadora de outras substâncias, as "misturas perfeitas", é uma concepção nova e também o fundamento de posteriores desenvolvimentos de ciência tais como as leis ponderais da Química, a explicação do mecanismo de uma reação e a sua expressão pela equação química. Pois é inquestionável que se os elementos fossem transmutáveis, opinião então dominante, jamais se poderia pensar nas leis das proporções recíprocas, definidas e múltiplas, que sendo os elementos conservados em quantidade, a transformação química é explicável pelas novas combinações de arrumação dos elementos nas substâncias produto.

Não obstante o significativo avanço da Química, consequência da nova maneira materialista de conceber as coi-

sas, ainda perduraram alguns dogmas ou "idéias fixas", com as chamou Claude Bernard.\* Exemplo disto é a idéia fixa de Van Helmont de que os gases são quimicamente inertes em relação aos sólidos e líquidos. A hipótese de Van Helmont limitaria, necessariamente, domínio da Química aos fenômenos observados apenas nos estados sólidos e líquido. Tal limitação tornou impossível outra teoria sobre a combustão, que não a do flogisto, sobre os processos de oxidação, em geral, sobre o crescimento das plantas, sobre a função da respiração e muitos outros fenômenos químicos. Van Helmont foi a primeira vítima de sua armadilha. Ocorreu-lhe pesquisar o crescimento de uma planta e concebeu uma pesquisa realmente interessante.

De início estabeleceu que o problema era: — de onde vem a matéria que o vegetal recebe para seu crescimento? Ora, o vegetal alimenta-se da terra onde se enraíza, então, era importante que se estabelecesse a relação de massa inicial e final da terra e do vegetal. Com esta diretriz Van Helmont pesou uma certa quantidade de terra e também o espécime que iria plantar e cultivar por algum tempo. Sua experiência durou cinco anos. Ao fim deste tempo pesou a terra e a planta verificando que a terra não tinha variado significativamente de massa enquanto que a planta tinha aumentado muito. Eis então a questão: de onde veio a matéria para tal aumento? Considerando que as únicas massas variáveis eram a da planta e a quantidade de água que introduzira no sistema para irrigá-la, relacionou-as concluindo que a água se transmutara em lenho. Jamais lhe poderia ocorrer que houvesse uma reação química entre o ar e a planta, pois era de sua convicção que o ar não reage com os sólidos e líquidos.

Boyle, mesmo sendo o Químico Céptico, aceitou sem discussão a hipótese de Van Helmont. Apesar disto, ele julgou ter vislumbrado uma correlação não definida entre a respiração e a combustão. Sobre a respiração, pareceu-lhe que

"existe uma pequena quintessência (se assim posso chamá-la) que restaura e renova o espírito da vida".(6)

Significa que poderia haver uma reação entre o ar e os corpos vivos dos animais. Boyle não levou adiante suas pesquisas, o que lhe custou o não entendimento da calcinação dos metais.

Chamava-se calcinação dos metais aquilo que hoje sabemos ser uma reação dos metais com o oxigênio. O produto da calcinação era uma cal, isto é, um óxido. Os cientistas de então já haviam observado que o peso da cal é invariavelmente maior que o do metal não calcinado. Buscava-se uma explicação para o fato e, como não podia deixar de ser, dentro da restrição da inércia do ar em relação aos sólidos. Boyle, que concebia a matéria formada por corpúsculos, e a isto ele chamava de "filosofia corpuscular", sugeria que o fogo fosse matéria cujos corpúsculos eram animados de grande velocidade. Fez algumas experi-

\* Claude Bernard faz diferença entre fixa e idéia preconcebida. Esta última é o que nós chamamos hoje de hipótese de trabalho. (6).

ências com metais previamente pesados, encerrados em recipientes de vidro e submetidos a ação do fogo até a calcinação. Pesados os metais calcinados (cal), Boyle verificou que eles haviam aumentado de peso, invariavelmente, em todas as experiências feitas. Para explicar o fato sugeriu que o aumento de peso era devido à incorporação, pelo metal, dos corpúsculos do fogo que, por causa de suas velocidades, atravessavam as paredes do vidro e se incorporavam aos metais.

De imediato vê-se que Boyle considerou que o sistema reagente era fogo e metal e não ar e metal. As interpretações de fenômenos químicos semelhantes em que o ar ou gases participavam eram, conseqüentemente, errôneas, em nada contribuindo para o desenvolvimento da Química.

Caracteriza-se, aí, um impasse que somente começou a ser superado pelas experiências de Joseph Black (1728-1799), relatadas na sua Tese de Doutorado em Medicina pela Universidade de Edimburgo (1756). A partir de então a Química passou a admitir a possibilidade de que os gases podem modificar as propriedades dos sólidos.

Eis a seguir uma síntese dos experimentos de Black. Primeiro, ele aqueceu a magnésia alba (carbonato básico de magnésio) e constatou que além de se obter magnésio calcinado (óxido de magnésio) havia um desprendimento de gás. A seguir fez a magnésia alba e a magnésia calcinada reagirem, separadamente, com um mesmo ácido obtendo nas duas reações o mesmo sal. Entretanto, no sistema magnésia alba mais ácido observou a formação do mesmo gás que se desprendera na calcinação, enquanto que na reação magnésia calcinada mais ácido não houve desprendimento de gás. A conclusão que lhe pareceu evidente foi a de que o gás, que ele Black chamou, por isto mesmo, de ar fixo, era o que causava a diferenciação qualitativa entre magnésia alba e magnésia calcinada e que nada lhe parecia

“mais singular que o de achar-se uma substância, tão sutil quanto o ar, existindo na forma de uma pedra rígida, e que somente a sua presença tenha alterado tanto as propriedades da pedra”. (7).

Dos fatos históricos que foram abordados pode-se concluir que a Química começou a estruturar-se, como ciência, no impulso racionalista da revolução industrial, tendo, na segunda metade do século XVIII, se integrado ao conjunto das ciências:

- primeiro — pela aceitação geral de que as leis da Química são de natureza puramente material (Boyle);
- segundo — por se ter estabelecido de maneira definitiva, que para conhecer-se o fenômeno químico tem-se de pesquisá-lo em suas relações quantitativas;
- terceiro — que os elementos são primitivos, simples, não transmutáveis e os constituintes das substâncias compostas (Boyle);
- quarto — que o domínio do conhecimento químico abrange os três estados físicos da matéria (Joseph Black).

A Química tem, ao finalizar o século XVIII, todas as condições para definir-se na ciência das transformações

descontínuas de hoje, ou seja, das transformações que decorrem das múltiplas organizações dos átomos nas moléculas.

Todas as condições básicas estavam cumpridas para que surgissem as leis ponderais da Química e o seu modelo explicativo, o átomo.

#### Referências Bibliográficas

1. V. Danielevsky, História de la Técnica, Editorial Lautaro, Buenos Aires, 1947, 2ª edição, pp 17.
2. V. Danielevsky, op. cit., pp. 23.
3. André Lalande, citando Spinoza em Vocabulaire Technique et Critique de la Philosophie, Press Universitaire de France, Paris, 1947, pp. 123.
4. Henry M. Leicester, The Historical Background of Chemistry, Dover Publications, Inc. N. Y. 1956, pp. 115.
5. Claude Bernard, El Método Experimental, Espasa-Calpe Argentina S.A., Buenos Aires, 1947, pp. 154.
6. J. D. Bernal, Science in History, The M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, 1971, vol. 2, pp. 472.
7. Henry M. Leicester, op. cit. pp. 134.

#### EDUCAÇÃO

##### O PROJETO UMBRAL: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA QUÍMICA \*

Cláudio Costa Neto,  
Maria R. B. Loureiro e Hatsumi T. Nakayama

Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro

Recebido em: 29/11/83

O Projeto UMBRAL é uma proposta para o ensino da química, ao nível universitário de graduação, que visa ressaltar o papel social do químico através de uma conscientização permanente, durante sua vida de aluno, da responsabilidade ética e profissional que ele tem junto a sua sociedade.

A proposição fundamental do Projeto — a mesma que motivou o Projeto Xistoquímica\*\* — a de *fazer o que se precisa com o que se tem*, é, por si só, um grande desafio ao conhecimento e à criatividade: conhecer o que se tem, definir as necessidades da sociedade, criar os caminhos das transformações e bem conduzi-las. Ela caracteriza também uma escola de trabalho, pois estes objetivos só são alcançados à custa de muito esforço.

\* Apresentado ao IIIº Encontro de Professores de Química do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1983.

\*\* COSTA NETO, C. (1976) Aproveitamento dos Xistos Brasileiros. In: GOLDEMBERG, J. coord. *Energia do Brasil*. São Paulo, Acad. Cienc. Estado São Paulo. p. 113-22.