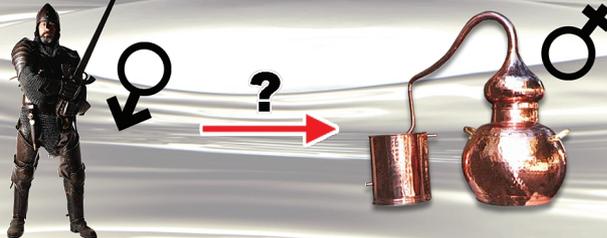


# Um Debate Seiscentista: A Transmutação de Ferro em Cobre



**Paulo Alves Porto**

Este artigo apresenta uma questão que era objeto de controvérsia no século XVII: ocorre transmutação de ferro em cobre quando se coloca ferro metálico em contato com uma solução de “vitriolo de cobre”, isto é, com uma solução contendo um sal de cobre? Vários pensadores manifestaram sua opinião a respeito, e aqui citamos J. B. Van Helmont, A. Kircher, L. Ercker, M. Sendivogius, J.R. Glauber e J. Webster. A discussão era relevante, pois podia ser relacionada à possibilidade de se transformar metais comuns em ouro. Observa-se que o panorama conceitual em que se inserem esses autores é bastante distinto do da Química moderna, o que fez a questão permanecer sem resposta nos termos em que foi colocada na época.

► transmutação, Alquimia, Química no século XVII ◀

Recebido em 08/05/03; aceito em 25/11/03

24

**E**m um experimento muito utilizado em cursos introdutórios de Química (tanto no Ensino Médio como no Superior), toma-se uma solução aquosa de um sal de cobre ( $\text{CuSO}_4$ , por exemplo) e a ela adiciona-se raspas ou mesmo uma pequena lâmina de ferro (ou de algum outro metal, como o zinco). Os alunos são convidados a descrever suas observações e a explicar os fenômenos observados. Em geral é possível ver que o aspecto da fase sólida se modifica (inicialmente, tem-se um metal acinzentado; após algum tempo, tem-se um sólido castanho-avermelhado). Conforme a concentração da solução e a massa de metal adicionado, também é possível observar mudança na coloração da fase líquida, e até mesmo aumento na temperatura.

Aqueles professores que já tiveram a oportunidade de fazer com seus alunos o experimento acima descrito certamente já ouviram (ou leram em relatórios) uma sentença parecida com: “O

**Neste artigo mostraremos como, no século XVII, a explicação para a aparente transformação de ferro em cobre era objeto de controvérsia entre eruditos pensadores**

ferro se transforma em cobre”. Por mais que esses professores já houvessem mencionado em aulas anteriores que os elementos químicos não se transformam uns nos outros - ao menos não em condições como as do laboratório ou da sala de aula - é difícil olhar para o fenômeno descrito e não “ver” o ferro “se transformando” em cobre. A interpretação atualmente aceita pelos químicos não é de forma alguma simples ou imediata, e muitas outras explicações foram propostas no passado para o mesmo fenômeno. Um estudo sobre essas diferentes interpretações pode ser útil para que o professor reflita sobre o fato de que as explicações que a Química moderna oferece não são de-

corrências “óbvias” ou “naturais” dos fenômenos observados: existem muitas outras possibilidades. Portanto, o processo de aprendizagem por parte dos alunos pode ser mais árduo do que o professor gostaria.

Este artigo procura mostrar como, no século XVII, a explicação para a

aparente transformação de ferro em cobre era objeto de controvérsia entre eruditos pensadores. Seus modos de conceber explicações para a estrutura e as transformações da matéria inserem-se em contextos radicalmente distintos daqueles da Química moderna - e nem por isso podem ser taxados de simplistas ou ingênuos.

O processo químico em questão já teve interesse prático para a mineração de cobre. Em algumas minas da Espanha medieval, então ocupada pelos árabes, obtinha-se cobre metálico fazendo-se passar a solução que brotava dos veios (contendo sais solúveis de cobre) sobre lâminas de ferro metálico. O procedimento era viável diante da profusão de ferro encontrada nas terras espanholas. Processo análogo foi mais tarde utilizado em outros lugares, como Herrengaudt e Neosel, na Hungria, e Rammelsberg, território germânico - conforme registros do século XVI.

Havia controvérsia, entretanto, acerca da natureza dessa transformação. Seria uma transmutação de ferro em cobre? As opiniões a esse respeito estavam divididas no século XVII. Um dos mais destacados representantes da corrente dos “filósofos químicos” que se seguiu a Paracelso (1493-1541) foi J.B. Van Helmont

Esta seção contempla a história da Química como parte da história da ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído. Neste número a seção apresenta dois artigos.

(1579-1644). Van Helmont manifestou, em uma de suas primeiras obras (*De spadanis fontibus*, 1624), que não acreditava que o fenômeno descrito se tratasse de uma transmutação. Sua argumentação é transcrita a seguir (Van Helmont, 1648):

*Acredita-se que o suco ácido do vitríolo<sup>1</sup> transforma ferro em cobre. De fato, poucos metalurgistas reconhecem que isso é uma ilusão, pois os sucedâneos átomos de cobre preenchem o lugar do ferro que foi consumido. Tampouco consideram que - assim como o cobre torna visível e corpórea a prata dissolvida em água-forte, a qual de outra forma é invisível - assim também é propriedade do ferro manifestar o cobre dissolvido no vitríolo, puxando-o para junto de si; e pelo mesmo ato, o próprio ferro é dissolvido, e desaparece na fonte [de águas vitrioladas]. As próprias fontes são minhas testemunhas; pois na verdade as águas vitrioladas tornam-se muito mais pobres em cobre depois que receberam o ferro, devido ao cobre recuperado delas.*

Athanasius Kircher (1602-1680), em sua obra *Mundus subterraneus* (1665), também afirmou que não havia transmutação neste caso. Dizia ele que na solução de vitríolo existiriam “corpúsculos de cobre” (Kircher, 1665):

*...e como eles têm grande simpatia pelo ferro,... fluem para o ferro, e se insinuam através de seus poros. Como, porém [os corpúsculos de cobre] são ricos em espíritos de grande acrimônia, ao se insinuarem através do ferro, eles começam a corroê-lo - até que, quando toda a gordura do ferro tiver sido consumida e a substância ferrosa dissolvida, [o ferro] tenha sido transformado em poeira... e os corpúsculos vitriolados tenham se substituído no lugar do ferro que foi consumido...*

Kircher (1665) apontou também o que acreditava ser uma evidência contra a hipótese de transmutação:

*Coloquei um fio de ferro num recipiente cheio com esta água [vitriolada], que num espaço de três dias foi toda consumida. Restou no fundo um certo material macio que, separado da escória, produziu cobre puro. A escória remanescente, porém, pesou quase tanto quanto o fio de ferro...<sup>2</sup>*

Não faltava, todavia, quem defendesse a posição contrária. Lazarus Ercker (~1530-1594), autor de um dos primeiros livros a descrever as atividades relacionadas à mineração e os métodos de análise de minérios (*Beschreibung aller fürnemisten mineralischen Ertz- und Berckwercksarten*, 1574), escreveu (Ercker, 1951):

*...observei freqüentemente que, numa mina em que ocorrem minerais vitriólicos, os suportes das escadas, os pregos nos barris, e outras coisas feitas de ferro são tão penetradas ao longo do tempo que elas realmente se transformam por completo em bom cobre. Fui portanto forçado à conclusão de que o ferro se transforma em cobre porque, embora o cobre seja precipitado pelo ferro a partir do vitríolo e de outras soluções de cobre, você termina com mais cobre do que a quantidade contida nas soluções.*

Também o alquimista Michael Sendivogius (1566-1636), em obra bastante influente publicada em 1604 (*De lapide philosophorum*), defendia a possibilidade de transmutação dos metais. Sendivogius descreveu que determinadas transmutações seriam mais facilmente factíveis, devido a um complexo esquema de analogias entre os metais e a posição dos planetas no cosmo. Dentre essas transmutações, Sendivogius incluiu a transformação de ferro em cobre (Sendivogius, 1674):

*A experiência nos ensina muitas coisas, por exemplo: que de Vênus, ou cobre, não se faz Marte, ou ferro; mas de Marte se faz Vênus... Os químicos sabem como transformar o ferro em cobre...*

Décadas depois, Johann Rudolph Glauber (1604-1670) também escreveu favoravelmente à hipótese da transformação de um metal em outro, em seu tratado *Miraculum mundi* (1653). Para sustentar sua argumentação, Glauber citou os testemunhos de Paracelso e do próprio Ercker. De acordo com Glauber (1659),

*...quando o cobre é dissolvido num certo sal, e esta solução é colocada sobre finas placas de ferro, não apenas o cobre e o ferro se depositam sobre o fundo (e assim [o sal] se torna cobre novamente): mas... uma grande quantidade de ferro tem acesso ao cobre, de modo que você retira mais cobre do que colocou... Como se vê, pode-se fazer cobre a partir de ferro...*

Glauber (1659), no entanto, fez uma ressalva: “O ferro não se transforma em cobre em qualquer solução, mas naquelas em que há determinados sais”. Segundo Glauber, alguns sais de cobre não seriam convenientes para essa transmutação.

A dúvida estava, pois, estabelecida. John Webster (1610-1682), em seu *Metallographia* (1671), mencionou os dois tipos de explicações para a transformação do ferro em cobre. Entretanto, Webster afirmava que a transmutação de metais não era uma coisa “impossível ou maravilhosa”, ao contrário do que alguns “aparentes eruditos” manifestavam. A questão era importante, pois estava relacionada com a secular busca dos alquimistas pela transformação de metais comuns em metais nobres. A compreensão dos processos que levariam o ferro a transformar-se em cobre poderia ajudar a encontrar os caminhos que conduziriam à chamada Pedra Filosofal - a maravilhosa substância capaz de transmutar metais comuns em ouro e prata. Por exemplo, Webster mencionou que alguns autores negavam haver transmutação de ferro em cobre, pois ao final do processo haveria sobra de ferro (na forma de uma escória no fundo do recipiente, ou em solução). Para Webster, o fato de nem todas as partículas serem transmutadas não significa que não houvesse transmutação de uma

parte delas (Webster, 1671):

*Quanto à mudança metálica de que falam os Filósofos [isto é, os alquimistas], eles nunca sustentaram que todos os átomos ou partículas de chumbo e mercúrio são transformados em Sol [i.e., ouro] ou Lua [i.e., prata], mas que apenas suas partes homogêneas o são, e que as partes heterogêneas são separadas pela adição de uma parte de sua Nobre Pedra - o que não é muito diferente desta transformação de ferro em cobre.*

Webster foi além e procurou especular acerca de como seria esse processo de transformação em termos das partículas que constituiriam os corpos (Webster, 1671):

*...no ferro, antes de ser transformado, encontram-se armazenados corpúsculos de cobre, assim como na água vitriolada. Essa água, ao corroer o ferro em virtude de sua acrimônia, assim separa os átomos de ferro; aqueles átomos da natureza do cobre residentes na dita água, substituem-se no lugar dos átomos de ferro que são separados. E sendo [os átomos de cobre] congruentes em formato, tamanho, e outras propriedades, facilmente agrupam-se por serem homogêneos, e recusam outros por serem de natureza discordante.*

Webster afirmou que na transmutação de metais comuns por meio da Pedra Filosofal também haveria uma união íntima das partes áureas contidas tanto na Pedra como nos metais, e uma simultânea rejeição das partes heterogêneas presentes. Seria, portanto, um processo análogo à transformação de ferro em cobre.

A Química atual fornece explicações para o fenômeno envolvendo o ferro metálico e a solução de íons de

cobre dentro de um panorama conceitual e de um modelo para a matéria completamente distintos daqueles correntes no século XVII. No contexto da Química atual, pode-se mensurar e até prever a formação de um depósito de cobre, seguindo-se alguns procedimentos bem estabelecidos. Nos termos das teorias e modelos (al)químicos do século XVII, porém, as questões estavam postas de maneiras bastante distintas: as controvérsias entre os diferentes autores devem ser entendidas considerando sua inserção nesses panoramas conceituais complexos e concebidos com pressupostos, procedimentos e finalidades diferentes daqueles dos químicos contemporâneos. Cabe ao professor dos dias de hoje, evidentemente, apresentar os modelos e explicações atualmente aceitos pela comunidade científica. Entretanto, conhecer as idéias dos pensadores do passado pode ser um interessante exercício acerca de como pode existir uma miríade de explicações alternativas, complexas e engenhosas.

### Notas

1. O que se chamava de “vitriolo azul” pode ser entendido como aquilo que os químicos modernos chamam de “sulfato de cobre”; suas soluções aquosas podiam ser denominadas “águas vitrioladas”. “Vitriolos”, de um modo mais geral, podiam ser o que hoje chamaríamos de “sulfatos” de metais. Podemos encontrar em textos da época referências ao “óleo de vitriolo”: este seria o ácido preparado pela destilação de algum “vitriolo” - ou seja, o “ácido sulfúrico” dos químicos modernos.

2. Esta observação é bastante ilustrativa das diferenças entre os panoramas conceituais da época e o da Química moderna. Se Kircher houvesse utilizado um fio de ferro puro e uma solução de sulfato de cobre puro, não deveria haver outro resíduo além do cobre metálico. Entretanto, esse critério de “pureza” pertence a um modo total-

mente distinto de se conceber a matéria. Kircher descreve uma “escória” que para nós é de difícil identificação.

**Paulo Alves Porto** (palporto@iq.usp.br), licenciado e bacharel em Química pelo Instituto de Química da USP (IQ-USP), mestre e doutor em Comunicação e Semiótica (área de História da Ciência) pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), é docente no IQ-USP.

### Referências bibliográficas

- ERCKER, L. *Treatise on ores and assaying*. Trad. A.G. Sisco e C.S. Smith. Chicago: University of Chicago Press, 1951. p. 223.
- GLAUBER, J.R. *The works*. Trad. C. Packe. Londres: T. Milbourn, 1689. Parte I, p. 229.
- KIRCHER, A. *Mundus subterraneus*. Amsterdã: Janssonium Weyerstraten, 1665. p. 223-224.
- SENDIVOGIUS, M. *A new light of alchemy*. Trad. J. French. Londres: A. Clark for Tho. Williams, 1674. p. 27.
- VAN HELMONT, J.B. *Ortus medicinae*. Amsterdã: Ludovicum Elzevirium, 1648. p. 692.
- WEBSTER, J. *Metallographia, or, A history of metals*. Londres: A.C. for Walter Kettilby, 1671. p. 379-385.

### Para saber mais

#### *Sobre as diferentes visões de mundo que abrigam a Alquimia e a Química*

ALFONSO-GOLDFARB, A.M. *Da Alquimia à Química*. São Paulo: Landy, 2001.

#### *Sobre alguns aspectos da Química no século XVII*

PORTO, P.A. *Van Helmont e o conceito de gás - Química e Medicina no século XVII*. São Paulo: EDUC-Edusp, 1995.

PORTO, P.A. O alquimista Sendivogius e o salitre. *Química Nova na Escola*, n. 8, p. 28-30, 1998.

Uma recente coleção de artigos em História da Ciência pode ser do interesse de quem quer saber mais sobre a experimentação e os trabalhos práticos em diferentes contextos históricos:

ALFONSO-GOLDFARB, A.M. e ROXBELTRAN, M.H. (Orgs.). *O laboratório, a oficina e o ateliê - A arte de fazer o artificial*. São Paulo: EDUC-FAPESP, 2002.

**Abstract:** A Seventeenth-Century Debate: The Transmutation of Iron into Copper – This article deals with the seventeenth-century debate on what happens when one pours a solution of “copper vitriol” (i.e., a solution of a copper salt) over metallic iron. Is there a transmutation of iron into copper or not? Several scholars wrote on this topic, and we quote here the opinions of J. B. Van Helmont, A. Kircher, L. Ercker, M. Sendivogius, J. R. Glauber and J. Webster. The discussion was relevant, since it was connected with the long sought-after possibility of turning common metals into gold. One can observe that the seventeenth-century conceptual framework shown in this article is very different from that of modern chemistry. Thus, considering the terms in which the matter was discussed at that time, the question then remained unsolved.

**Keywords:** transmutation, alchemy, seventeenth-century chemistry