

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo  
PUC-SP

Andréa Bortolotto

As Contribuições de Johann Andreas Cramer  
Para a Análise Mineral no Século XVIII.

MESTRADO EM HISTÓRIA DA CIÊNCIA

São Paulo

2008

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

PUC-SP

Andréa Bortolotto

As Contribuições de Johann Andreas Cramer  
Para a Análise Mineral no Século XVIII.

MESTRADO EM HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Dissertação de Mestrado  
apresentada à Banca  
Examinadora da Pontifícia  
Universidade Católica de São  
Paulo, como exigência  
parcial para a obtenção do  
título de MESTRE em  
História da Ciência, sob  
orientação da Profa. Dra.  
Márcia Helena Mendes  
Ferraz.

PUC-SP

2008

Banca Examinadora

---

---

---

A José Antônio e Irma

A Regiane

A Andréia

## **Agradecimentos**

A Márcia Helena Mendes Ferraz, pela orientação exigente e justa.

A minha mãe, Irma e a minha irmã Regiane pela compreensão e estímulo nos momentos difíceis.

A Andreia pelo carinho e apoio.

A Mariana pela ausência imposta na elaboração desse trabalho.

Ao Marcus, por horas incansáveis de leitura desse texto.

Ao Aníbal, mais que amigo, irmão, pelo incentivo e carinho essenciais.

A Patrícia pela amizade e apoio incondicional.

Aos meus amigos do Ábaco, Maurício, Adriana, Vera, Renata, Rita e Mariza por toda a solidariedade.

Ao Rodolfo e a Neli pelas condições que permitiram a realização desse trabalho.

A CAPES pelo apoio financeiro.

## RESUMO

Nessa dissertação, buscamos verificar quais as contribuições da Química para a identificação, extração e classificação mineral no século XVIII, bem como discutir que a História da Química não deve ser entendida em termos de correntes estanques de pensamento. Para tanto, analisamos o trabalho de Johann Andreas Cramer (1710-1777), *Elements of the Art of Assaying Metals*. Cramer propôs um método de ensaio mineral baseado no comportamento químico dos corpos, o que permitiu identificar, extrair e classificar os minerais com mais precisão. Para elaborar seu trabalho, Cramer utilizou-se dos trabalhos de G. E. Stahl e de H. Boerhaave, fontes bem diferentes e consideradas opostas por muito tempo. Esse fato nos revelou que na História da Química houve momentos em que as correntes de pensamento se distanciavam mas também momentos em que se completavam, constatação esta que nos conduz à conclusão de que a História da Química deva ser pensada em termos de análises não-continuístas, não desprezando, entretanto, suas continuidades.

## ABSTRACT

In this dissertation, we seek to corroborate which are the contributions of Chemistry to the identification, extraction and classification of minerals in the XVIII century, as well as, to discuss that the History of Chemistry must not be understood in terms of a tight line of thoughts. For that, we analyze the work of Johann Andreas Cramer (1710- 1777), *Elements of the Art of Assaying Metals*. Cramer proposed a method of mineral assaying based on the chemical behavior of the bodies, which allowed him to identify, extract and classify the minerals with more assertiveness. To elaborate his work, Cramer exploited the works of G. E. Stahl and of H. Boerhaave, two very different sources and considered, for a long time, opposite ideas. This fact has enlightened us that in the History of Chemistry there were moments in which the line of thoughts distanced themselves but also moments they completed each other, evidence that lead us to the conclusion that the History of Chemistry must be faced in terms of non-progressive analysis, not despising, however, its continuity.

# Índice

INTRODUÇÃO.....	01
<b>CAPÍTULO I: Aspectos Econômico-Social-Científico do Século XVIII.....</b>	<b>09</b>
<b>CAPÍTULO II: O Ensaio Mineral Químico de Cramer</b>	
2.1 A proposta de ensaio mineral de Cramer .....	30
2.2 Método de Identificação Mineral Proposto por Cramer .....	48
2.3 A Classificação Mineral em Cramer .....	61
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
BIBLIOGRAFIA.....	72

## Introdução

Os historiadores da ciência, por muito tempo, assinalaram que a Química só foi considerada ciência no fim do século XVIII com os trabalhos de Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) e de seus colaboradores. Foi através da organização de uma nova linguagem, a introdução da quantificação, a reutilização da Química Pneumática e, principalmente, com a derrubada da teoria do flogístico que a Química atingiu o status de ciência na modernidade. Esta visão clássica da História da Química apóia-se no conceito de Revolução Científica de Thomas S. Kuhn.

...consideramos revoluções científicas aqueles episódios de desenvolvimento não cumulativos, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior.<sup>1</sup>

Segundo Kuhn, o desenvolvimento científico não ocorre pelo acúmulo de descobertas e invenções individuais, mas, sim, por meio de revoluções científicas. Logo, concluímos que ele adota uma postura descontinuísta (com rupturas) no processo de tal desenvolvimento e desconsidera radicalmente o modelo continuísta.

Há indicações de que Kuhn apoiou sua definição de ciências paradigmáticas nas ciências físicas. Sendo assim, referido modelo não pode

---

<sup>1</sup> T. S. Kuhn, *Estrutura das Revoluções Científicas*, p. 125.

ser estendido para analisar outras ciências, uma vez que não considera as singularidades destas.<sup>2</sup> De acordo com Ana Maria Alfonso-Goldfarb,

Entre os anos 50 e início dos 60 do último século, mesmo antes do grande impacto causado pelas idéias de T. S. Kuhn, começaram a surgir trabalhos como de E. J. Dijksterhuis, M. Boas e M. P. Crosland, formando a base principal das concepções sobre a chamada “revolução científica”, no que tange às ciências da matéria. Ao aceitar a idéia de que teria havido uma transformação radical entre os séculos XVI e XVII, estes estudiosos sugerem um antes e um depois para as ciências da matéria. Pois, em torno a esse período, entre as várias transformações radicais, teria ocorrido a substituição da ciência das qualidades por uma ciência quantitativa e mecanicista.

Todavia, o processo histórico em que se deu a transição do modelo de matéria antigo para o novo resistiu às análises descontínuistas. Efetivamente, a nova concepção mecanicista fora uma das bases da chamada “revolução científica”. Mas campos importantes do saber como, por exemplo, medicina, história natural, química e farmácia mantiveram uma concepção qualitativa até o final do século XVIII e princípios do século XIX. E, quando, finalmente, adota-se nestes campos, uma nova concepção da matéria, esta já não será mais a mecanicista.<sup>3</sup>

Dessa forma, podemos verificar que os saberes mencionados resistiram às idéias mecanicistas e, por isso, não podem ser justificados com argumentos Kuhnianos.

O historiador da ciência e da medicina Allen G. Debus acredita que, para uma melhor compreensão das mudanças ocorridas na Revolução Científica, é necessária uma abordagem que tenha como preocupação a “estrutura da

---

<sup>2</sup> A. M. Alfonso-Goldfarb, M. H. M. Ferraz & M. H. R. Beltan, “A Historiografia Contemporânea e as Ciências da Matéria: uma longa rota cheia de percalços”, in A. M. Alfonso-Goldfarb & M. H. R. Beltran, orgs, *Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*, p. 53.

<sup>3</sup> *Ibid.*, pp. 58-59.

matéria”. Para tal, devem ser incluídos alguns aspectos relacionados à história da medicina e da química, para que haja a compreensão da chamada revolução química em sua totalidade. Dessa forma, é necessário pensar em uma cronologia mais ampla, que englobe desde a metade do século XVI até o fim do século XVIII. Só assim, conseguimos perceber que os fenômenos do século XVIII são apenas parte de um panorama muito mais amplo.<sup>4</sup>

Canguilhem discute que, numa trama histórica, alguns fios podem ser inteiramente novos enquanto outros são tirados de texturas antigas:

*A Histoire des Mathématiques* de Montucla (1758); a *Histoire de l’Astronomie* de Bailly (1775-1782); a *Versuch einer Pragmatischen Geschichte der Arzneikunde* de Kurt Sprengel (1792-1803) são obras compostas sem qualquer referência de conceitos críticos ou normativos. Sem dúvida que todos estes trabalhos, mesmo sem consciência reflexiva reivindicadas por cada um dos seus autores, resultam de uma consciência de época, impessoalmente tematizada na doutrina da indefinida perfectibilidade do espírito humano, apoiando-se numa sucessão acentuadamente contínua de revoluções em cosmologia, matemática e fisiologia, operadas por Copérnico, Galileu, Descartes, Harvey, Newton, Leibniz, Lavoisier, para evitar uma antecipação dos progressos científicos futuros que não fosse no aspecto da continuidade.<sup>5</sup>

Percebe-se que sua sugestão é a de uma historiografia realizada por análises não-continuístas, porém, sem o desprezo da continuidade. Referidas análises, segundo Canguilhem, devem respeitar a singularidade de cada ciência.

---

<sup>4</sup> A. G. Debus, *Man and Nature in Renaissance*, pp. 16-33.

<sup>5</sup> G. Canguilhem, *Ideologia e Racionalidade nas Ciências da Vida*, pp. 11-12.

Para que haja o entendimento da entrada da Química na modernidade, devemos observar as mudanças intelectuais bem como os eventos ocorridos no contexto social, econômico, científico e político do século XVIII. Há estudos realizados que abordam a diferença entre a Química de 1800 em relação a 1700. É importante ressaltar que esse processo de mudança deu-se de uma forma lenta e gradual, em termos de aperfeiçoamento de técnicas de análise, refinamento de conceitos e maior valorização da química em interação com mudanças epistêmicas.<sup>6</sup>

Para destacar alguns aspectos dos acontecimentos do século XVIII, relativos às ciências da matéria, analisaremos o trabalho de Johann Andreas Cramer<sup>7</sup> (1710-1777), considerado um grande mineralogista e metalurgista de sua época. Porém, seus trabalhos não se restringiram somente a estas áreas, escreveu sobre administração de florestas e madeira, sobre a produção de gemas artificiais. Além disso, Cramer foi conselheiro de minas em Blanckenburg, diretor de minas em Brunswick e administrador de metalurgia em Harz Mountains.

Seu extenso conhecimento em vários ramos da ciência foi adquirido através das várias viagens que fez por toda Europa. Assim, tornou-se conhecedor não somente de mineralogia e metalurgia como também de filosofia natural, história natural, matemática, astronomia e economia política.

---

<sup>6</sup> M.H.M.Ferraz, *O Processo de Transformação da Teoria do Flogístico no Século XVIII*, pp. 5-6.

<sup>7</sup> Johann Andreas Cramer é o seu nome em latim, na tradução inglesa aparece John Andrew Cramer.

Como escritor, é mais conhecido pelo seu trabalho *Elements of the Art of Assaying Metals* (Elementos da Arte de Ensaiar<sup>8</sup> Metais), assunto que lecionou tanto na Inglaterra como na Holanda. Esse livro foi escrito em latim, *Elementa Artis Docimasticae*, traduzido para o alemão, para o francês e para o inglês.

Cramer motivado a produzir um trabalho que pudesse identificar, extrair e classificar os minerais com maior precisão, teve por principal interesse os metais. Neste período, século XVIII, os processos de extração mineral ocupavam um espaço importante. Com a aceleração do processo de industrialização, ocorreu uma crescente demanda por metais, especialmente ferro, tanto para construção de máquinas como para a fabricação de armas (trata-se do período histórico a que denominamos Revolução Industrial). O foco principal da demanda de metais ocorreu na Grã-Bretanha. Outros países também estiveram envolvidos neste processo, como a Suécia e os estados alemães que já investiam em mineração para aumentar seus lucros. O governo sueco, por exemplo, tinha a mina de cobre mais produtiva do mundo e podia controlar o preço desse metal em toda a Europa.<sup>9</sup> Dadas as circunstâncias, reconhecemos o grande interesse econômico envolvido na determinação da proporção de metal que poderia ser extraída de seu minério para posterior comercialização. Esse quadro favoreceu amplamente a busca de novas técnicas, principalmente para a obtenção de metais através de processos mais eficientes.

Cramer estudou cuidadosamente os trabalhos de seus antecessores, além de criticar muitos métodos de ensaio mineral feitos até então. Propôs,

---

<sup>8</sup> Cramer utiliza o termo assaying no sentido de verificar a composição dos minerais. Em termos atuais podemos entender como análise mineral.

<sup>9</sup> E. J. Hobsbawm, *Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo*, pp. 37-51.

assim, uma identificação mineral baseada no “ensaio químico dos corpos”. Seu método de ensaio fundamentou-se na observação das características dos corpos ensaiados com vários tipos de *menstrua* que, somados às características externas, à gravidade específica e ao comportamento dos minerais no fogo, permitiam o reconhecimento e a extração de metais de seus minérios com mais precisão.

O interesse pela obra de Cramer foi grande, sendo quase que imediatamente traduzida na Inglaterra pelo então secretário da *Royal Society*, Cromwell Mortimer (1700-1752). Mortimer, admirador de H. Boerhaave, além de traduzir a obra de Cramer, inseriu notas, observações e uma relação de autores com trabalhos em mineralogia e metalurgia, dentre os quais há a citação do trabalho de Georg Ernst Stahl.

O interesse da *Royal Society* de Londres por essa obra demonstrou a relevância do trabalho de Cramer para o estudo de metalurgia e mineralogia no século XVIII. O que torna estranho o fato de não haver citações do trabalho de Cramer nos livros de História da Química, Metalurgia e Mineralogia. A interpretação deste fato sugere-nos que isso tenha ocorrido porque o modelo utilizado para a elaboração da História da Química foi fundamentado nos moldes de rupturas.

Nosso objetivo é, portanto, por meio do estudo da obra de Cramer, verificar contribuições da Química para a identificação e classificação mineral dessa época, discutir a relação entre ciência e técnica, relativamente à análise mineral na construção do conhecimento. Além disso, através de um estudo de

caso, mostrar que a História da Química deve ser elaborada por transformações graduais, permeadas por continuidades e descontinuidades.

Para tanto, esta dissertação está dividida em dois capítulos, além da introdução e da conclusão. O primeiro apresenta a discussão dos aspectos econômicos, sociais e científicos do século XVIII que permearam a Revolução Industrial e contribuíram como elementos primordiais para o aperfeiçoamento e, porque não, para um estreitamento da relação existente entre ciência e técnica. Referidas discussões são fundamentais para a localização da obra de Cramer, bem como contribuem para um melhor entendimento de sua importância naquela época.

O segundo capítulo apresenta as considerações de Cramer a respeito dos conhecimentos de mineralogia e metalurgia, utilizados para a elaboração da proposta de ensaio mineral. Ao propor tal ensaio mineral químico, o autor não só deixou sua contribuição para os conhecimentos de metalurgia e mineralogia como também para a Filosofia Natural, à medida que utilizou as teorias químicas para tais ensaios.

## Considerações Finais

No século XVIII, o desenvolvimento industrial requeria, diante das necessidades dos processos de produção, a construção e utilização de um número cada vez maior de máquinas. Essa requisição impulsionou a mineração e a metalurgia, à medida que quantidades maiores de ferro, associadas a uma também maior qualidade, eram exigidas.

Ainda que as técnicas utilizadas para extração dos metais, a partir de seus minérios e posterior refino, fossem conhecidas há muito tempo, elas já não se mostravam eficientes para atender a essa demanda.

Neste momento, uma melhoria na eficiência dos processos de extração e purificação fazia-se premente. A consulta a textos bem conhecidos como os de Agrícola e Biringuccio já não resolviam muitas das questões então colocadas. É possível verificar que não apenas surgiram novos textos que abordavam as diferentes etapas dos diversos processos, como também estudiosos que se dedicaram a uma nova especialidade no trabalho de reconhecimento dos minerais e sua utilização em escala cada vez maior. Esses estudiosos, inicialmente educados em escolas médicas, eram solicitados para trabalhar junto ao mineiro prático, com o intuito de promover a melhoria mencionada.

A necessidade de resolver problemas dos mineiros e metalurgistas em suas atividades diárias fez surgir um corpo de conhecimento oriundo da relação entre 'teoria' (o corpo de conhecimentos que se valia de explicações químicas) e prática (os trabalhos realizados junto às minas e às fábricas). Esses

trabalhos, no século XVIII buscavam uma maior precisão na identificação dos minerais, bem como maior eficiência na extração dos diferentes materiais.

Neste contexto, J. A. Cramer, detentor de conhecimentos em química advindos do estudos das diversas 'vertentes' 'teórica', somados a conhecimentos práticos em mineralogia e metalurgia, fez publicar um texto que foi muito apreciado. Sua formação o havia instrumentalizado a propor um método identificação mineral, onde aspectos químicos dos materiais aliavam-se aos já utilizados métodos de inspeção (gravidade específica, observação das características externas e comportamento no fogo, etc.). A novidade de sua proposta estava em enfatizar a observação das características dos corpos no fogo e quando eram misturados ao que se denominava de *menstrua*. Ele elaborou, assim, um método mais preciso para o reconhecimento de minerais e para a extração de metais de seus minérios.

O texto de Cramer, originalmente composto em latim, teve pronta tradução ao inglês pelo então secretário da *Royal Society* de Londres, Cromwell Mortimer, em 1741, com uma segunda edição cerca de 20 anos mais tarde. O interesse de uma tão importante instituição por esse texto revela-nos a real importância, tanto da obra, como dos conhecimentos de mineralogia e metalurgia contidos nela, para a época.

Assim, seria de se esperar uma ampla citação deste trabalho e seu autor tanto na história da química quanto da metalurgia e da mineralogia. No entanto, uma diferente situação é o que se configurou, pois, realmente, tivemos dificuldades para encontrar referências ao assunto em trabalhos históricos.

Os estudos realizados revelaram-nos, entretanto, aspectos muito interessantes no trabalho de Cramer. Verificamos em seu texto (e pode ser visto através dos exemplos apresentados nos capítulos anteriores), que, para propor um método mais preciso de ensaio mineral, ele utilizou fontes bem diferentes, consideradas por longo período, como opostas, como são os trabalhos de G.E., Stahl e H. Boerhaave.

Como o próprio Cramer afirmava, Boerhaave apresentou a melhor maneira de dividir os fósseis em categorias. Outras idéias, cuja origem não foi nomeada, podem, entretanto, ser reconhecidas no trabalho do professor de Leyden. Trata-se, primeiramente, da divisão do texto de Cramer em 'teoria' e 'prática', da mesma forma como faz Boerhaave. E, ainda, da localização, na parte 'teórica' (no caso dos dois autores), dos 'instrumentos', entre os quais se acham os equipamentos do laboratório e o fogo, tão destacados por Cramer, como vimos. Mais significativo ainda, por ser o foco principal do método de identificação dos minerais do *Elements of the Art of Assaying Metals*, foi encontrarmos em Boerhaave uma descrição de *menstrua*, que se aproxima a apresentada por Cramer.

Se Cramer considerava a idéia de *menstrua* apresentada por Boerhaave, ele lançou mão, todo o tempo, das idéias de Stahl sobre composição e transformação da matéria, para explicar não só as propriedades desses *menstrua*, como também sua ação nas diferentes 'misturas', permitindo, assim, a identificação dos diversos minerais.

Comprovamos, através desta pesquisa, que a História da Química não pode ser pensada simplesmente em termos de correntes estanques de

pensamentos, estabelecendo seguidores estritos de um ou outro pensador, como seriam Stahl e Boerhaave. Cramer considerava cada um deles e recolheu o que lhe pareceu mais adequado para compor seu próprio trabalho. E isso não parecia estranho a outros estudiosos do século XVIII, como foi o caso de Mortimer que, além de traduzir o texto de Cramer, se preocupou em complementar a listagem das obras de Boerhaave e Stahl, na publicação inglesa. Ainda, a análise que fizemos nos mostra que cada parte recortada de Stahl e Boerhaave complementam-se na proposta de um novo método para reconhecer os minerais e separar seus componentes.

## BIBLIOGRAFIA

- AGICOLA, G. *De Re Metallica*. Trad. Herbert Clark Hoover & Lou Henry Hoover. Estados Unidos da América, Nova Iorque, Dover, 1950.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. *Da Alquimia a Química*. São Paulo, Landy, 2001.
- \_\_\_\_\_. *A Magia das Máquinas: John Wilkins e a Origem da Mecânica Moderna*. São Paulo, Experimento, 1994.
- \_\_\_\_\_. & M. E. R. Beltran, orgs, *Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*. São Paulo, Educ, 2004.
- \_\_\_\_\_. & M. H. M. Ferraz, "A Discussão sobre o Princípio Metalífico da Matéria na Royal Society e a Recepção das Memórias de H. Boerhaave sobre o Mercúrio". in *Filosofia e História da Ciência no Cone Sul: 3º encontro*, 2004, pp. 29-35.
- \_\_\_\_\_. & M. H. M. Ferraz, "A Química Flogística no Século XVIII Francês". *Enlaces*, 2 (1995): 19-26.
- \_\_\_\_\_. & M. H. M. Ferraz, "As Possíveis Origens da Química Moderna". *Química Nova*, 16 (1993): 63-68.
- ARRUDA, J. J. de A. *Revolução Industrial e Capitalismo*. São Paulo, Brasiliense, 1984.
- HOERHAAVE, H. *Elements of Chemistry*. Trad. inglesa de T. Dallowe. Londres, 1735.
- BURNS, E. M. *História da Civilização Ocidental*. Trad. Lourival Gomes Machado, Lourdes Santos Machado & Leonel Vallindo. Porto Alegre, Editora Globo, 1954.
- CANÊDO, L.B. *A Revolução Industrial*. Campinas, Unicamp, 1985.
- CANGUILHEM, G. *Ideologia e Racionalidade nas Ciências da Vida*. Trad. Emília Piedade. Lisboa, Edições 70, 1977.
- COHEN, I.E. *Revolution in Science*. Cambridge, Harvard University Press, 1985.
- CRAMER, J. A. *Elements of the Art of Assaying Metals*. Trad. Inglesa de Cromwell Mortimer. Londres, Goldsmiths, 1741.
- DARNTON, R. *O Lado Oculto da Revolução: mesmer e o final do iluminismo na França*. São Paulo, Companhia das Letras, 1988.
- DEBUS, A. G. *Man and Nature in the Renaissance*. Nova Iorque, Cambridge University Press, 1980.

- EKLUND, J. *The Incomplete Chymist: Being an Essay on the Eighteenth-Century Chemist in His Laboratory, with a Dictionary of Obsolete Chemical Terms of the Period*. Washington, W. Innys e J. Richardson, 1753, 2 vols.
- FERRAZ, M. H. M. *O Processo de Transformação da Teoria do Flogístico no Século XVIII*. Dissertação de Mestrado. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1991.
- GIBBS, F. W. "Cromwell Mortimer, F.R.S.: Secretary, Royal Society, 1730-1752". *Notes and Records of the Royal Society of London*, 7 (abril-1950): 259-263.
- GILLESPIE, C. C., org. *Dictionary of Scientific Biography*. Nova Iorque, Charles Scribner's Sons, 1981, 16 vols.
- HENRY, J. *A Revolução Científica e as Origens da Ciência Moderna*. Trad. de M. L.X. de A. Borges. Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editor, 1997.
- HENRY, M. L. *The Historical Background of Chemistry*. Nova Iorque, Dover, 1971.
- HOBBSAWM, E. J. *Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo*. Trad. de Donaldson Magalhães Garschagen. 5ª ed. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 2000.
- \_\_\_\_\_. *A Era das Revoluções 1789 – 1848*. Trad. de Maria Tereza Lopes Teixeira & Marcos Penchel. 18ª ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2004.
- HUBERMAN, L. *História da Riqueza do Homem*. Rio de Janeiro, Zahar, 1983.
- KUHN, T. S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo, Perspectiva, 2003.
- \_\_\_\_\_. *A Tensão Essencial*. Trad. Rui Pacheco. Lisboa, Edições 70, 1977.
- LEICESTER, M. L. *The Historical Background of Chemistry*. Nova Iorque, Dover, 1956.
- LEICESTER, H. M. & H. S. Klickstein, *A Source Book in Chemistry 1400 - 1900*. 4ª ed. Massachusetts, Harvard University Press, 1952.
- LAUDAN, R. *From Mineralogy to Geology the Foundations of a Science, 1650-1830*. Chicago, University of Chicago Press, 1987.
- MELHADO, E. M. "On the Historiography of Science: A Reply to Perrin". *Isis*, 81 (junho-1990): 273-276.
- PERRIN, C. E. "Research Traditions, Lavoisier, and the Chemical Revolution". *Osiris*, 4 (1988): 53-81.
- PLUM, W. *Ciências Naturais e Técnica a Caminho da Revolução Industrial*. São Paulo, Friedrich-Ebert-Stiftung, 1979.

- PORTER, T.M. "The Promotion of Mining and the Advancement of Science: the Chemical Revolution of Mineralogy". *Annals of Science*, 38, (1981): 543-570.
- PORTO, P. A. *Van Helmont e o Conceito de Gás Química e Medicina no Século XVIII*. São Paulo, Edusp, 1995.
- ROBERT, J. M. & H. Guerlac, "Lavoisier on the Fire and Air: The Memoir of July 1772". *Isis*, 60 (3-1969): 374-382.
- ROUSSEAU, G. S. "Somollett's Acidum Vagum". *Isis*, 58 (2-1967): 244-245.
- MANTOUX, P. *A Revolução Industrial no Século XVIII*. Trad. de Sonia Rangel. 2ª ed. São Paulo, UNESP, 1927.
- SMITH, C. S. "The Interaction of Science and Practice in the History of Metallurgy". *Technology and Culture*, 4 (1961): 357-367.
- STAHL, G. E. *Philosophical Principles of Universal Chemistry*. Trad. Inglesa de Peter Shaw. Ed. de John Osborn & Thomas Lonman, Londres, 1730.
- WEEKS, M. E. *Discovery of the Elements*. 6ªed. Estados Unidos da América, Mack Printing Company, 1956.

## Considerações Finais

No século XVIII, o desenvolvimento industrial requeria, diante das necessidades dos processos de produção, a construção e utilização de um número cada vez maior de máquinas. Essa requisição impulsionou a mineração e a metalurgia, à medida que quantidades maiores de ferro, associadas a uma também maior qualidade, eram exigidas.

Ainda que as técnicas utilizadas para extração dos metais, a partir de seus minérios e posterior refino, fossem conhecidas há muito tempo, elas já não se mostravam eficientes para atender a essa demanda.

Neste momento, uma melhoria na eficiência dos processos de extração e purificação fazia-se premente. A consulta a textos bem conhecidos como os de Agrícola e Biringuccio já não resolviam muitas das questões então colocadas. É possível verificar que não apenas surgiram novos textos que abordavam as diferentes etapas dos diversos processos, como também estudiosos que se dedicaram a uma nova especialidade no trabalho de reconhecimento dos minerais e sua utilização em escala cada vez maior. Esses estudiosos, inicialmente educados em escolas médicas, eram solicitados para trabalhar junto ao mineiro prático, com o intuito de promover a melhoria mencionada.

A necessidade de resolver problemas dos mineiros e metalurgistas em suas atividades diárias fez surgir um corpo de conhecimento oriundo da relação entre 'teoria' (o corpo de conhecimentos que se valia de explicações químicas) e prática (os trabalhos realizados junto às minas e às fábricas). Esses

trabalhos, no século XVIII buscavam uma maior precisão na identificação dos minerais, bem como maior eficiência na extração dos diferentes materiais.

Neste contexto, J. A. Cramer, detentor de conhecimentos em química advindos do estudos das diversas 'vertentes' 'teórica', somados a conhecimentos práticos em mineralogia e metalurgia, fez publicar um texto que foi muito apreciado. Sua formação o havia instrumentalizado a propor um método identificação mineral, onde aspectos químicos dos materiais aliavam-se aos já utilizados métodos de inspeção (gravidade específica, observação das características externas e comportamento no fogo, etc.). A novidade de sua proposta estava em enfatizar a observação das características dos corpos no fogo e quando eram misturados ao que se denominava de *menstrua*. Ele elaborou, assim, um método mais preciso para o reconhecimento de minerais e para a extração de metais de seus minérios.

O texto de Cramer, originalmente composto em latim, teve pronta tradução ao inglês pelo então secretário da *Royal Society* de Londres, Cromwell Mortimer, em 1741, com uma segunda edição cerca de 20 anos mais tarde. O interesse de uma tão importante instituição por esse texto revela-nos a real importância, tanto da obra, como dos conhecimentos de mineralogia e metalurgia contidos nela, para a época.

Assim, seria de se esperar uma ampla citação deste trabalho e seu autor tanto na história da química quanto da metalurgia e da mineralogia. No entanto, uma diferente situação é o que se configurou, pois, realmente, tivemos dificuldades para encontrar referências ao assunto em trabalhos históricos.

Os estudos realizados revelaram-nos, entretanto, aspectos muito interessantes no trabalho de Cramer. Verificamos em seu texto (e pode ser visto através dos exemplos apresentados nos capítulos anteriores), que, para propor um método mais preciso de ensaio mineral, ele utilizou fontes bem diferentes, consideradas por longo período, como opostas, como são os trabalhos de G.E., Stahl e H. Boerhaave.

Como o próprio Cramer afirmava, Boerhaave apresentou a melhor maneira de dividir os fósseis em categorias. Outras idéias, cuja origem não foi nomeada, podem, entretanto, ser reconhecidas no trabalho do professor de Leyden. Trata-se, primeiramente, da divisão do texto de Cramer em 'teoria' e 'prática', da mesma forma como faz Boerhaave. E, ainda, da localização, na parte 'teórica' (no caso dos dois autores), dos 'instrumentos', entre os quais se acham os equipamentos do laboratório e o fogo, tão destacados por Cramer, como vimos. Mais significativo ainda, por ser o foco principal do método de identificação dos minerais do *Elements of the Art of Assaying Metals*, foi encontrarmos em Boerhaave uma descrição de *menstrua*, que se aproxima a apresentada por Cramer.

Se Cramer considerava a idéia de *menstrua* apresentada por Boerhaave, ele lançou mão, todo o tempo, das idéias de Stahl sobre composição e transformação da matéria, para explicar não só as propriedades desses *menstrua*, como também sua ação nas diferentes 'misturas', permitindo, assim, a identificação dos diversos minerais.

Comprovamos, através desta pesquisa, que a História da Química não pode ser pensada simplesmente em termos de correntes estanques de

pensamentos, estabelecendo seguidores estritos de um ou outro pensador, como seriam Stahl e Boerhaave. Cramer considerava cada um deles e recolheu o que lhe pareceu mais adequado para compor seu próprio trabalho. E isso não parecia estranho a outros estudiosos do século XVIII, como foi o caso de Mortimer que, além de traduzir o texto de Cramer, se preocupou em complementar a listagem das obras de Boerhaave e Stahl, na publicação inglesa. Ainda, a análise que fizemos nos mostra que cada parte recortada de Stahl e Boerhaave complementam-se na proposta de um novo método para reconhecer os minerais e separar seus componentes.

## BIBLIOGRAFIA

- AGICOLA, G. *De Re Metallica*. Trad. Herbert Clark Hoover & Lou Henry Hoover. Estados Unidos da América, Nova Iorque, Dover, 1950.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. *Da Alquimia a Química*. São Paulo, Landy, 2001.
- \_\_\_\_\_. *A Magia das Máquinas: John Wilkins e a Origem da Mecânica Moderna*. São Paulo, Experimento, 1994.
- \_\_\_\_\_. & M. E. R. Beltran, orgs, *Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*. São Paulo, Educ, 2004.
- \_\_\_\_\_. & M. H. M. Ferraz, "A Discussão sobre o Princípio Metalífico da Matéria na Royal Society e a Recepção das Memórias de H. Boerhaave sobre o Mercúrio". in *Filosofia e História da Ciência no Cone Sul: 3º encontro*, 2004, pp. 29-35.
- \_\_\_\_\_. & M. H. M. Ferraz, "A Química Flogística no Século XVIII Francês". *Enlaces*, 2 (1995): 19-26.
- \_\_\_\_\_. & M. H. M. Ferraz, "As Possíveis Origens da Química Moderna". *Química Nova*, 16 (1993): 63-68.
- ARRUDA, J. J. de A. *Revolução Industrial e Capitalismo*. São Paulo, Brasiliense, 1984.
- HOERHAAVE, H. *Elements of Chemistry*. Trad. inglesa de T. Dallowe. Londres, 1735.
- BURNS, E. M. *História da Civilização Ocidental*. Trad. Lourival Gomes Machado, Lourdes Santos Machado & Leonel Vallindo. Porto Alegre, Editora Globo, 1954.
- CANÊDO, L.B. *A Revolução Industrial*. Campinas, Unicamp, 1985.
- CANGUILHEM, G. *Ideologia e Racionalidade nas Ciências da Vida*. Trad. Emília Piedade. Lisboa, Edições 70, 1977.
- COHEN, I.E. *Revolution in Science*. Cambridge, Harvard University Press, 1985.
- CRAMER, J. A. *Elements of the Art of Assaying Metals*. Trad. Inglesa de Cromwell Mortimer. Londres, Goldsmiths, 1741.
- DARNTON, R. *O Lado Oculto da Revolução: mesmer e o final do iluminismo na França*. São Paulo, Companhia das Letras, 1988.
- DEBUS, A. G. *Man and Nature in the Renaissance*. Nova Iorque, Cambridge University Press, 1980.

- EKLUND, J. *The Incomplete Chymist: Being an Essay on the Eighteenth-Century Chemist in His Laboratory, with a Dictionary of Obsolete Chemical Terms of the Period*. Washington, W. Innys e J. Richardson, 1753, 2 vols.
- FERRAZ, M. H. M. *O Processo de Transformação da Teoria do Flogístico no Século XVIII*. Dissertação de Mestrado. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1991.
- GIBBS, F. W. "Cromwell Mortimer, F.R.S.: Secretary, Royal Society, 1730-1752". *Notes and Records of the Royal Society of London*, 7 (abril-1950): 259-263.
- GILLESPIE, C. C., org. *Dictionary of Scientific Biography*. Nova Iorque, Charles Scribner's Sons, 1981, 16 vols.
- HENRY, J. *A Revolução Científica e as Origens da Ciência Moderna*. Trad. de M. L.X. de A. Borges. Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editor, 1997.
- HENRY, M. L. *The Historical Background of Chemistry*. Nova Iorque, Dover, 1971.
- HOBBSAWM, E. J. *Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo*. Trad. de Donaldson Magalhães Garschagen. 5ª ed. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 2000.
- \_\_\_\_\_. *A Era das Revoluções 1789 – 1848*. Trad. de Maria Tereza Lopes Teixeira & Marcos Penchel. 18ª ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2004.
- HUBERMAN, L. *História da Riqueza do Homem*. Rio de Janeiro, Zahar, 1983.
- KUHN, T. S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo, Perspectiva, 2003.
- \_\_\_\_\_. *A Tensão Essencial*. Trad. Rui Pacheco. Lisboa, Edições 70, 1977.
- LEICESTER, M. L. *The Historical Background of Chemistry*. Nova Iorque, Dover, 1956.
- LEICESTER, H. M. & H. S. Klickstein, *A Source Book in Chemistry 1400 - 1900*. 4ª ed. Massachusetts, Harvard University Press, 1952.
- LAUDAN, R. *From Mineralogy to Geology the Foundations of a Science, 1650-1830*. Chicago, University of Chicago Press, 1987.
- MELHADO, E. M. "On the Historiography of Science: A Reply to Perrin". *Isis*, 81 (junho-1990): 273-276.
- PERRIN, C. E. "Research Traditions, Lavoisier, and the Chemical Revolution". *Osiris*, 4 (1988): 53-81.
- PLUM, W. *Ciências Naturais e Técnica a Caminho da Revolução Industrial*. São Paulo, Friedrich-Ebert-Stiftung, 1979.

- PORTER, T.M. "The Promotion of Mining and the Advancement of Science: the Chemical Revolution of Mineralogy". *Annals of Science*, 38, (1981): 543-570.
- PORTO, P. A. *Van Helmont e o Conceito de Gás Química e Medicina no Século XVIII*. São Paulo, Edusp, 1995.
- ROBERT, J. M. & H. Guerlac, "Lavoisier on the Fire and Air: The Memoir of July 1772". *Isis*, 60 (3-1969): 374-382.
- ROUSSEAU, G. S. "Somollett's Acidum Vagum". *Isis*, 58 (2-1967): 244-245.
- MANTOUX, P. *A Revolução Industrial no Século XVIII*. Trad. de Sonia Rangel. 2ª ed. São Paulo, UNESP, 1927.
- SMITH, C. S. "The Interaction of Science and Practice in the History of Metallurgy". *Technology and Culture*, 4 (1961): 357-367.
- STAHL, G. E. *Philosophical Principles of Universal Chemistry*. Trad. Inglesa de Peter Shaw. Ed. de John Osborn & Thomas Lonman, Londres, 1730.
- WEEKS, M. E. *Discovery of the Elements*. 6ªed. Estados Unidos da América, Mack Printing Company, 1956.