

## JOHANN ANDREAS CRAMER E O “ENSAIO QUÍMICO MINERAL” NO SÉCULO XVIII

Andréa Bortolotto\* e Márcia Helena Mendes Ferraz

Centro Simão Mathias, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Rua Caio Prado, 102, 01303-000 São Paulo – SP, Brasil

Recebido em 27/9/09; aceito em 11/11/09; publicado na web em 25/3/10

JOHANN ANDREAS CRAMER AND THE “MINERAL CHEMICAL ASSAYING” IN THE EIGHTEENTH CENTURY. In this research, we seek to corroborate the contributions of Chemistry to the identification, extraction and classification of minerals in the XVIII century, as well as, to approach the discussion that History of Chemistry shouldn't 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.

Keywords: History of Chemistry; Mineralogy; Cramer.

## INTRODUÇÃO

São raros os trabalhos recentes sobre Johann Andreas Cramer (1710-1777). Mais raros ainda são textos que abordem aspectos de sua vida. As poucas informações encontradas sobre esse estudioso dão conta de seu interesse aprofundado pelos minerais e processos metalúrgicos. Cramer nasceu em Quedlinburg, na Saxônia, região que se destacaria por seus extensos depósitos de minerais, a partir do final do século XV, quando houve uma grande demanda por metais. Seus trabalhos não se restringiram, entretanto, às áreas de metalurgia e mineralogia; ele escreveu ainda sobre administração de florestas e 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 foi adquirido durante as várias viagens que fez por toda Europa. Ele dominava não somente a mineralogia e a metalurgia, como também a filosofia natural, história natural, matemática, astronomia e economia política.<sup>1</sup>

O trabalho mais conhecido de Cramer à época é o *Elementa Artis Docimasticae*, publicado em latim pela primeira vez em 1739, com uma segunda edição em 1744. O interesse despertado pelo livro levou à sua tradução para o alemão, em 1746, por C. E. Gellert; para o francês, em 1755, por J. F. de Villiers e ainda para o inglês.<sup>2</sup>

Na Inglaterra, a tradução da primeira edição foi quase imediata, saindo dos prelos em 1741, sem menção ao nome do tradutor. O título, *Elements of the Art of Assaying Metals*, se repetiria na segunda edição, em 1764 (baseada na também segunda edição revisada, do livro de Cramer). As duas edições inglesas foram impressas pela *Royal Society* de Londres.

O interesse da *Royal Society* de Londres por essa obra e as duas edições em inglês mostram a relevância do trabalho desse estudioso para a metalurgia e a mineralogia no século XVIII. Cramer teria dado aulas sobre esses assuntos em Leyden por um certo período, o que lhe teria permitido elaborar seu texto principal.<sup>3</sup> De fato, na ‘Apresentação’ da segunda edição em inglês se pode ler: “as partes principais deste Tratado foram dispostas em Ordem pela primeira vez para servir como Material para um Curso de Palestras e Experimentos que, no ano de 1737, foram dadas em Leyden” para um distinguido grupo de estudiosos. Entre eles, continua o autor da ‘Apresentação,’ estaria J.

F. Gronovius.<sup>4</sup> Este último, numa carta a C. Lineu (com quem dividia o interesse pela Botânica), confirma que Cramer estava dando duas sessões de aulas diariamente e que a primeira parte de seu *Elementa artis docimasticae* ainda não havia sido publicada.<sup>5</sup> Sem dúvida, a publicação era ansiosamente aguardada, pois numa outra carta, alguns meses depois, Gronovius informa seu correspondente que finalmente o livro de Cramer havia saído dos prelos.<sup>6</sup>

Há, ainda, informação segura (via correspondência entre Gronovius e Lineu) de que Cramer viajou para a Inglaterra em julho de 1739, supostamente para examinar as minas da Cornualha.<sup>7</sup> Ao confrontar as informações constantes nas várias cartas de Gronovius a Lineu, constata-se que, quando Cramer partiu de Leiden, seu livro já havia sido publicado e deve tê-lo levado consigo para a Inglaterra, país que estava em pleno processo da Revolução Industrial e ávida para explorar com muito mais eficiência suas riquezas minerais. Os ingleses, que já conheciam o trabalho de Cramer (e por isso mesmo o haviam chamado à Inglaterra), devem ter ficado bem impressionados com o estudioso germânico e por isso mesmo publicaram sua obra.

Cramer, motivado a produzir um trabalho que pudesse identificar, extrair e classificar os minerais com maior precisão, direcionou o seu interesse para os metais. No período em que elaborava sua obra, a extração mineral ocupava um espaço importante, pois a aceleração do processo de industrialização levou a uma crescente demanda por metais, especialmente o ferro. O grande interesse econômico, envolvido na determinação da proporção de metal que poderia ser extraída de seu minério para posterior comercialização, favoreceu amplamente a busca de novas técnicas para a obtenção de metais através de processos mais eficientes.

Não deixa de ser estranho o fato de serem muito raras as referências ao trabalho de Cramer nos livros de História da Química, da Metalurgia e Mineralogia. Uma possível interpretação para tal fato seria que o modelo utilizado para a elaboração da História da Química foi fundamentado em moldes que consideram escolas estanques de pensamentos e, assim, uma obra como a de Cramer, que articularia (como veremos) o que se considerou, por muito tempo, ‘diferentes’ correntes de ideias químicas, não teria lugar em nenhuma delas. De fato, já nas páginas iniciais de seu livro, Cramer enumera os autores que teriam embasado sua obra: G. E. Stahl, J. F. Henckel (1678-1744), L. Ercker (1530-1594) e G. Agricola (1494-1555), entre outros. No entanto, nas páginas seguintes, vimos aparecer o nome de H. Boerhaave, ao se definir o que seriam minerais e fósseis. Como veremos, muito mais do que

\*e-mail: andquim@yahoo.com.br

isso, Cramer empresta de Boerhaave, compondo com algumas ideias centrais do pensamento de Stahl, uma maneira química de reconhecer e analisar os minerais.

Nesta pesquisa, abordamos o trabalho de Cramer, segundo a tradução inglesa de seu texto, procurando levantar suas principais ideias, para uma identificação mineral baseada no “ensaio químico dos corpos”. Como explicaremos mais adiante, seu método estava fundamentado na observação das características dos corpos no ensaio<sup>8</sup> com vários tipos de materiais. Essas observações, somadas às características externas, à gravidade específica e ao comportamento dos minerais no fogo, permitiam o reconhecimento dos metais com maior precisão e também a sua extração dos minérios que os continham, de forma mais eficiente.

### A OBRA DE CRAMER: *ELEMENTS OF THE ART OF ASSAYING METALS*

Com sua publicação, Cramer pretendia apresentar as ideias elementares da “arte dos ensaios que é a parte da Química que consiste no exame estrito dos minerais por meio de um aparato adequado”.<sup>9</sup> Outra citação nos aproximará mais das considerações desse autor acerca do sentido de ‘ensaio’, que seria:

*[...] a arte de separar metais, semi-metais, enxofre e sais minerais entre eles ou de outros corpos com eles misturados. Deve, portanto, aparecer a quantidade que estava originalmente presente em cada um dos corpos ensaiados e qual benefício pode ser obtido pela sua extração.*<sup>10</sup>

Essa questão era importante, pois, como nos diz Cramer: “[...] os corpos são raramente encontrados puros naturalmente e sob sua forma verdadeira, pois estão quase sempre misturados e são confundidos uns com os outros, de mil maneiras diferentes”. Aqueles que se dedicassem a essa arte, deveriam conhecer a natureza destes corpos e, ainda, como separá-los,<sup>11</sup> ou seja, deveriam dominar os processos químicos realizados com os aparatos adequados.

Para alcançar seus objetivos, Cramer divide seu livro em duas partes, sendo que “a primeira contém a teoria e a segunda, a prática da dita arte”, conforme se pode ler no próprio subtítulo.<sup>12</sup> A discussão sobre essa divisão é importante para entender a proposta de Cramer de reconhecimento dos minerais e sua classificação, por isso, também percorremos, de alguma forma, este caminho.<sup>13</sup>

Ao analisarmos a divisão que Cramer fez de seu trabalho e o conteúdo de cada uma destas partes, percebemos, já numa primeira aproximação, que sua noção de teoria e de prática é diferente da acepção moderna, pois encontramos, na parte denominada teórica, capítulos que descrevem, por exemplo, os materiais e utensílios usados nos ensaios. Ao aprofundarmos na leitura de sua obra, verificamos que a sua preocupação não é meramente descrever os materiais e utensílios, mas, principalmente, discutir que estes últimos não poderiam ser feitos com qualquer material, visto que o material poderia interferir no resultado do ensaio dos minerais. Na parte prática, por sua vez, a discussão é centrada nas técnicas para produção das vasilhas e utensílios. Portanto, para Cramer, a teoria se constitui nos fundamentos que possibilitam o uso de determinado material para a realização de um ensaio, enquanto que a prática se refere ao feito de utensílios e vasilhas, além dos experimentos.

Como já citamos anteriormente, essa divisão do trabalho de Cramer, em prática e teoria, demonstra-nos claramente a influência de outros pensadores do período, como, por exemplo, H. Boerhaave. Este estudioso também dividiu sua obra *Elements of Chemistry* em duas partes e colocou, na parte que chamou de teórica, considerações mais detalhadas a respeito dos instrumentos e dos utensílios da química. No que se refere aos instrumentos, H. Boerhaave afirma que:

*Uma pessoa deseja, por exemplo, que eu a informe sobre o que na Artemísia lhe dá o sabor amargo e que separe esta parte de todo o resto. Nesta situação devo saber que Água quase a ferver trará para fora da planta [o lhe dá o sabor amargo], se for derramada sobre ela, digerida, novamente decantada quando estiver impregnada. E isso repetido tantas vezes, até que na última, depois de certo tempo, [a água] sai tão insípida como quando foi colocada. A Planta nesse momento terá perdido seu amargor, que estará contido na Água. E aqui se vê de forma evidente, que Fogo e Água são os Instrumentos usados nesta Operação.*<sup>14</sup>

Em seguida, H. Boerhaave comenta que toda Arte, ao instruir sobre como modificar os corpos, fala dos objetos que aplicados nos corpos podem lhes provocar alterações. Na Química, em particular, os instrumentos principais seriam em número de seis: “Fogo, Água, Terra, Ar, os Solventes que os Artistas chamam de *Menstrums*, e os utensílios comuns dos laboratórios”.<sup>15</sup>

Cramer, assim como H. Boerhaave, tratou dos utensílios na parte teórica de seu livro, pois estes eram entendidos como algo que também provocava transformações nos corpos.

Toda essa discussão tem como um dos objetivos principais, conforme já mencionamos, elaborar métodos com a finalidade de conhecer de forma mais apurada os minerais, e também propor sua classificação.

Assim, ao iniciar a primeira parte de seu livro, Cramer já faz algumas considerações acerca dos minerais simples. Discordava da classificação mineral até então utilizada, que levava em conta como critério apenas as características externas (figura, transparência, forma, cor etc.). Para Cramer (que aqui declara estar seguindo H. Boerhaave), os minerais ou fósseis eram corpos formados nas entranhas da terra ou em sua superfície, cujas estruturas são tão diminutas que nem o olho humano, nem o melhor microscópio conseguem reconhecer as partes que os compunham.<sup>16</sup> Assim, uma classificação baseada nas características externas estava sujeita a muitos erros e podia apresentar diversas exceções em cada uma de suas classes. Por isso mesmo, Cramer pondera que:

*Como ninguém pode julgar com certeza a natureza dos minerais apenas por sua inspeção, deve-se por isso recorrer aos experimentos docimásticos. Consideremos como exemplo, certo mineral de chumbo, de cor verde amarelada, misturado com cristais brilhantes que detona como Nitro e que, até onde sei, é encontrado em apenas um lugar. Suponhamos que alguém viu toda sorte de mineral de chumbo, exceto este muito raro; à simples inspeção, sua forma, sua cor e seu peso, nunca lhe permitirão descobrir que este mineral é muito rico em chumbo [...]*<sup>17</sup>

Essa citação revela claramente que Cramer, embora conhecesse os trabalhos de outros autores como o de Agricola e o de Erker, discordava dos seus métodos de identificação mineral que tinham como critério basicamente a análise das características externas. Para Agricola, por exemplo, as coisas observadas por meio dos sentidos eram mais claras que as apreendidas por meio da razão,<sup>18</sup> sendo assim, a identificação e classificação dos minerais deveriam levar em consideração observações como cor, forma, dureza etc., ou seja, seu critério de identificação e classificação mineral baseava-se fundamentalmente na observação das características externas dos corpos.<sup>19</sup>

Segundo Cramer, para fornecer uma descrição mais racional da arte de ensaiar, era necessário descrever previamente as espécies simples de minerais que compunham os ‘concretos’. Essa descrição poderia ser feita considerando simplesmente sua forma externa, observando seu comportamento no fogo ou ainda por meio de outros experimentos. Os

minerais simples conhecidos podiam ser divididos em cinco classes: terras e pedras, metais, semimetais, sais e enxofre. Para o ensaio, deveria-se levar em consideração, como já dissemos, além das características externas, seu comportamento no fogo.<sup>20</sup> Esse procedimento proposto por Cramer para ensaiar os minerais simples assemelhava-se aos métodos utilizados em sua época, como, por exemplo, os de Henckel, que usava calor e fogo para a realização dos ensaios com minerais.<sup>21</sup>

Ao analisar cuidadosamente os minerais simples, Cramer percebeu que suas propriedades eram diferentes, caso se encontrassem puros ou misturados com outro tipo de materiais. Assim, concluiu que as características apresentadas por um mineral puro não era um critério adequado para reconhecê-lo quando em mistura com minerais compostos.<sup>22</sup>

A gravidade específica também não seria uma característica adequada a ser enfatizada para este reconhecimento, pois diferentes misturas podem apresentar o mesmo valor de gravidade específica. Adverte, pois, que os minerais compostos poderiam apresentar “matéria accidental” ou ar aprisionado, o que causaria uma variação na gravidade específica.<sup>23</sup>

Podemos perceber que, para Cramer, a análise das características externas, a gravidade específica e as características apresentadas por um mineral simples, quando puro, não constituem, isoladamente, critérios precisos de identificação das partes presentes nos minerais compostos. Assim, segundo nosso autor, a construção de um conhecimento sólido acerca da identificação das partes constituintes dos minerais compostos requer o uso de operações de investigação experimental no ensaio de metais.

#### Método de identificação mineral proposto por Cramer

O reconhecimento e a separação das partes constituintes dos minerais compostos deveriam ser feitos, segundo Cramer, preferencialmente, com o auxílio do fogo e dos vários tipos de *menstrua*. Estes seriam, segundo ele:

*“corpos que, ao serem aplicados a outros, de acordo com certas regras, os dissolvem até que eles próprios aderem-se, no estado de divisão, às partículas do corpo dissolvido, e não podem ser separados de novo espontaneamente”.*<sup>24</sup>

Após esta definição de *menstrua*, Cramer não fornece mais detalhes, alegando que o conhecimento sobre os *menstrua* é bastante difundido em vários trabalhos de muitos químicos. Por isso mesmo, prefere ficar em silêncio sobre esse assunto, uma vez que seu objetivo é tratar apenas de uma parte da química - aquela que explica em especial a preparação e o uso dos *menstrua*.<sup>25</sup>

Para facilitar o entendimento da proposta de Cramer, já que estamos interessados em conhecer mais detalhes sobre esses corpos e sabendo da ligação intelectual entre ele e Boerhaave, recorreremos à obra deste último. De fato, no *Elements of Chemistry*, encontramos, na segunda parte, a discussão do que é, de como deve ser usado e de como agem os *menstrua* quando aplicados aos corpos. Como podemos ver, há muita semelhança entre as ideias de Cramer (acima citada) e as de Boerhaave que define *menstrum* como:

*[...] um corpo que sendo aplicado sobre outro, de acordo com as regras da arte, ficará tão diminutamente dividido, que as partículas do solvente deverão estar perfeitamente misturadas com as do corpo a ser dissolvido.*<sup>26</sup>

H. Boerhaave definiu cuidadosamente os *menstrua* para diferenciá-los de outras ‘soluções’. O que ele chama de ‘solução’ pode ser de dois tipos. A primeira, onde ocorre apenas a ação mecânica entre *solvendi* (partícula a ser dissolvida) e *solventis* (solvente),<sup>27</sup> apresenta a separação

de seus componentes, pois soluto e partícula dissolvida não estão reciprocamente misturados e, assim que a solução fica pronta, pode ocorrer a separação de acordo com as gravidades específicas do solvente e das partículas dissolvidas. Já no segundo tipo, a preparação das soluções ocorre, principalmente, com a ajuda do fogo; o *menstrum* é adicionado às partículas a serem dissolvidas e essa mistura é mantida sob a ação do fogo moderado por longo período. Esse procedimento permite que as partículas do solvente separem, em diminutas partes, aquelas dos corpos a serem dissolvidos. Ao mesmo tempo, as diminutas partículas obtidas pela ação do solvente também provocam separação das partículas deste, até que todas as partículas estejam no mesmo estado de divisão. O resultado é uma dissolução que apresenta partículas de soluto e partículas dissolvidas igualmente distribuídas entre si. Soluções preparadas dessa forma dificilmente possibilitam a separação de seus componentes, uma vez que as partículas do soluto envolvem completamente a superfície de todas as partículas dissolvidas e vice-versa.<sup>28</sup>

O estudo das características dos *menstrua*, concluiu Boerhaave, revela que os corpos ficam tão intimamente ligados, que ocorre a formação de novos corpos compostos com naturezas diferentes de seus simples. Essa observação permitiu a conclusão de que os *menstrua*, quando usados para promover a separação dos corpos misturados, agiam separando as partículas dissolvidas e aderiam-se às partículas dos *menstrua* até a total dissolução. Isso só acontecia porque havia afinidade entre *menstrua* e partículas dissolvidas. Em algumas misturas, os *menstrua* podiam ter afinidade com um dos componentes e com outros não; então promoveria a dissolução de apenas parte das substâncias.<sup>29</sup>

Dadas as propriedades apresentadas acima, podemos perceber que os *menstrua* enquanto provocam a dissolução também são dissolvidos; sendo assim, um corpo sólido, tomado como *menstrua*, deve apresentar suas partículas tão diminutamente divididas e separadas que esse se torna fluido. Isso também deve acontecer com as partículas do corpo a ser dissolvido, pois estas estão tão divididas e separadas quanto as dos *menstrua*. Dessa forma *menstrua* e corpo a ser dissolvido são convertidos em um único fluido.<sup>30</sup>

Lembremos que a maioria dos processos de que participam os *menstrua* acontecem sob a ação do fogo. Assim, no caso da mistura de dois metais, por exemplo, eles se encontrariam em estado de fusão.

Por outro lado, Boerhaave não deixa de considerar que muitos *menstrua* antes de atuarem sobre outros corpos se apresentam sólidos, duros e densos e, mesmo conservando essas características, agem na dissolução como os *menstrua* líquidos e por isso também devem receber o mesmo nome.<sup>31</sup>

A seguir, Boerhaave apresenta longamente suas considerações a respeito dos *menstrua*, analisando, agora, cada tipo de material que poderia ser usado como tal. Iniciando pelo grupo dos “sólidos e duros”, faz uma subdivisão, na qual coloca os *menstrua* que se apresentam secos antes da dissolução. A essa classe pertenceria o que se conhecia como metais, semimetais e muitas outras substâncias que na época eram chamadas de sais.<sup>32</sup>

Observamos que Boerhaave classifica como *menstrua* secos antes da dissolução uma quantidade considerável de substâncias que apresentam propriedades diferentes e por isso ele ainda separa essas substâncias em cinco classes.

Como exemplo, será verificada a primeira dessas classes, pois nosso objetivo é mostrar a ação dos *menstrua*. A primeira classe é a dos metais sólidos e fixos: ouro, chumbo, prata, cobre, ferro e estanho. Tais metais quando frios, duros e sólidos, não apresentam ação um sobre os outros, mas, quando em fusão, se misturam intimamente formando uma solução homogênea que apresenta a mesma proporção de componentes em toda a sua extensão. A preparação dessas soluções demonstra o poder que um metal tem de dividir o outro, com a ajuda do fogo. Esse conhecimento era usado pelos químicos da época para descobrir metais com a ajuda de metais, pois nada pode ser tão intimamente misturado

a um metal que um outro metal. O mercúrio, apesar de ser um metal líquido, por sua infinita solubilidade também era bastante utilizado nessas misturas metálicas.<sup>33</sup>

Essa primeira sub-classe de *menstrua* sólidos e duros, os metais, encontrada em Boerhaave, também é a primeira sub-classe de *menstrua* sólidos encontrada no segundo capítulo da obra de Cramer, que se preocupou em explicar a ação de um metal sobre o outro. Ele fez isso com a intenção de instrumentalizar os estudiosos para identificarem minerais e reconhecer um metal quando misturado com outros corpos, visto que os metais puros apresentam propriedades bastante diferentes daquelas verificadas.

Depois de observar as alterações nas propriedades dos metais quando misturados, Cramer segue analisando especificamente as características das diversas misturas metálicas. Essas observações foram relevantes para a escolha do melhor metal a ser utilizado para promover a separação de outro, presente no mineral.

Vejamus um dos exemplos apresentados por Cramer. Trata-se do processo I da parte prática: “Separação da prata de seu minério com o auxílio de chumbo”. Para tanto, o chumbo e o minério de prata seriam triturados e misturados em um recipiente a ser levado a uma fornalha. Depois de algum tempo, se verifica, segundo Cramer, a formação de uma massa homogênea, líquida, constituída pela mistura dos dois metais, que deve ser separada das outras substâncias do minério. Em seguida, a massa que contém os dois metais deve ser aquecida a uma temperatura tal que o chumbo se funda, separando-se da prata.<sup>34</sup>

Como observamos anteriormente, sempre é possível encontrar relação entre as partes ‘teóricas’ e ‘práticas’ do livro de Cramer. Assim a razão de utilizar preferencialmente chumbo para separar a prata de seu minério pode ser encontrada no capítulo II da parte teórica. Nesse capítulo, Cramer observa que a mistura de chumbo e prata pode ser facilmente separada sem perda de prata, o que não acontece no caso do ferro e do cobre, pois uma parte de ferro ou de cobre se transforma em vidro, dificultando a separação.<sup>35</sup>

Os exemplos apresentados até aqui deixam claro que Cramer se utilizou, por um lado, dos conhecimentos de Boerhaave sobre *menstrua* e por outro, das observações das características dos metais quando misturados, para propor métodos de separações mais eficientes.

De fato, a grande diferença entre a proposta de ensaio mineral químico de Cramer em relação aos de outros estudiosos é que ele concentrou sua análise mineral na observação do comportamento dos corpos frente aos *menstrua*. O método de Cramer seguia os seguintes passos: primeiramente, deviam ser observadas as propriedades apresentadas pelo que ele considera substância pura; depois se anotavam as características dessa substância quando submetida ao fogo; em seguida, amostras das substâncias puras eram misturadas com diferentes tipos de *menstrua* de modo a perceber, em cada caso, as suas alterações e também reconhecer as especificidades do produto formado pelas misturas. Segundo o autor, todas essas informações seriam úteis para reconhecer e separar as substâncias, quando misturadas nos corpos compostos.<sup>36</sup>

Prosseguindo, vamos analisar como Cramer utilizava as informações citadas acima, por exemplo, para extrair cobre de seu minério, como descrito no processo XXXVII da parte prática de seu livro.

Primeiramente o minério que contém cobre deve ser misturado a um *menstrum*. Para fazer essa mistura, é necessário triturar tanto o minério como o *menstrum*. A mistura é levada ao fogo e inicia-se a separação do cobre e dos outros corpos que estavam misturados com ele no minério. O cobre é separado desses outros corpos, pois funde e forma uma mistura homogênea com o *menstrum*. O cobre assim obtido está misturado com o *menstrum* e para promover sua separação a mistura é aquecida.<sup>37</sup>

Após a descrição, Cramer explica as reações do processo: como o minério de cobre é de difícil fusão, fazia-se necessário usar um *menstrum* que poderia ser, por exemplo, de estanho, pois esse facilitaria a

fusão do cobre. O cobre obtido apresentava-se misturado com estanho, e devendo ser separado pela ação do fogo; após essa separação, o cobre encontrava-se na forma de sua cal que deveria ser misturada com enxofre para que o princípio sulfuroso regenerasse o metal.<sup>38</sup>

A maneira como que Cramer explicava o processo acima demonstramos claramente que ele se utilizava da teoria do flogístico de Stahl, pois considera que a cal só poderia ser convertida em metal novamente, se fosse colocada em contato com um corpo rico em flogístico, como é o caso do enxofre.

De fato, como vimos anteriormente, Cramer iniciou suas considerações que denominou de teóricas, dizendo basear-se em trabalhos como os de Agricola, Ercker, Henckel e, ainda, de Stahl, do qual utiliza o trabalho sobre a composição da matéria.

Acreditamos que vale a pena abordar, ainda que brevemente, a teoria do flogístico de Stahl, que obteve grande destaque a partir da terceira década e até o final do século XVIII, pela importância crescente dada às discussões sobre os fenômenos da queima.<sup>39</sup>

Para tratar da composição da matéria, Stahl apoiou-se nos trabalhos de Johann Joachim Becher (1635-1682), que admitia a terra e a água como princípios elementares; sendo assim, a diferença entre os corpos residia na diferença do tipo de terra que os compunha e na forma como os princípios se ligavam.<sup>40</sup>

Becher distinguiu três tipos de terras: “a primeira terra”, *terra lapídia* (terra vítrea), “segunda terra”, *terra pinguis* (terra gordurosa) e “terceira terra”, *terra fluida* (terra fluida).<sup>41</sup> Estas três terras eram os componentes das rochas e dos metais, e eram encontradas também no reino animal e vegetal e podiam ser transferidas de um reino a outro.<sup>42</sup>

Stahl, preocupado com o fenômeno da combustão, focou seus estudos na segunda terra de Becher, para a qual ele usava o termo flogístico. O flogístico, princípio que podia ser encontrado em todos os materiais em diferentes quantidades, era responsável principalmente pela inflamabilidade. Os corpos dos reinos animal e vegetal apresentavam grande quantidade de flogístico (também denominado princípio sulfuroso), enquanto que os minerais podiam apresentar quantidades variáveis desse princípio. Por exemplo, sal comum, sal vitrílico puro, areia e pedra apresentavam pouco ou nada desse princípio, enquanto “carvão de terra”, betume, enxofre, metais imperfeitos e substâncias metálicas não maduras apresentavam considerável quantidade deste princípio.<sup>43</sup>

Contudo, o flogístico, sendo o mesmo nos três reinos da natureza, podia ser transportado de um reino a outro. Essa passagem ocorria, particularmente, de forma rápida do reino animal e vegetal para o reino mineral. Um bom exemplo para explicar esse transporte é a revificação dos metais, utilizando-se o carvão. Para Stahl, quando ocorria a combustão, o princípio inflamável era perdido. Dessa forma, quando um metal era aquecido, perdia flogístico e era convertido em cal, através de um processo denominado calcinação. O metal era, portanto, uma substância mais complexa que sua cal. A regeneração se dava quando a cal era aquecida e se combinava com um material que continha flogístico, como carvão ou enxofre, por exemplo, consideradas substâncias ricas em flogístico. Desta forma, pode-se perceber que o princípio inflamável (flogístico) foi transferido do carvão ou do enxofre para a cal.<sup>44</sup>

Voltando a analisar o trabalho de Cramer, encontramos o enxofre e o carvão sendo usados para transformar cal em metal. Segundo o autor, os metais imperfeitos como ferro, cobre e estanho, quando aquecidos, perdem suas características metálicas e transformam-se em cal. Para transformar a cal em metal novamente deve-se misturar a cal com enxofre ou com carvão e levar essa mistura à fusão, assim, as exalações do carvão ou do enxofre são absorvidas pela cal que se transforma em metal novamente.<sup>45</sup>

De posse de um método de identificação mineral mais preciso, Cramer propôs uma classificação para os minerais, dividindo-os em simples e compostos.<sup>46</sup> Os minerais simples são os metais, semimetais, terras e pedras, sais e enxofre. Os compostos são divididos em fusíveis,

refratários e não fusíveis, de acordo com sua disposição no fogo e nos *menstrua*, sendo que ainda podem ser subdivididos em próprios, impróprios e acidentais.

Dentro deste critério de classificação, os minérios são definidos como corpos compostos que apresentam uma grande quantidade de metais e são divididos em vitrificáveis, decantáveis e indecantáveis.<sup>47</sup>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos realizados revelaram-nos aspectos muito interessantes no trabalho de Cramer. Verificamos em seu texto que, para propor um método mais preciso de ensaio mineral, ele utilizou fontes bem diferentes, consideradas por longo período, como opostas, como 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 ideias, cuja origem não foi nomeada por Cramer, puderam, no entanto, 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. Mais significativo ainda, por ser o foco principal do método de identificação dos minerais do *Elements of the Art of Assaying Metals*, foi encontramos em Boerhaave uma descrição de *menstrua*, que se aproxima da apresentada por Cramer.

Observamos também que embora Cramer considerasse a ideia de *menstrua* apresentada por Boerhaave, também lançou mão, todo o tempo, das considerações 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.

Verificamos, através desta pesquisa, mais uma vez, que a História da Química não pode ser pensada simplesmente em termos de correntes estanques de pensamentos, estabelecendo seguidores estritos de um ou de 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. Ainda, a análise que fizemos nos mostra que cada parte recortada de Stahl e Boerhaave se complementa na proposta de um novo método para reconhecer os minerais e separar seus componentes.

## AGRADECIMENTOS

CAPES, FAPESP, University College London.

## REFERÊNCIAS E NOTAS

1. Laudan, R.; *From Mineralogy to Geology: the foundations of a science*, University of Chicago Press: Chicago, 1987, p. 48; Aikin, J.; *General Biography of Lives*, G. G. and J. Robinson: Londres, 1799, vol. 3, p. 202.
2. Aikin, *op. cit.*, p. 203.
3. Fergunson, J.; *Bibliotheca Chemica: a bibliography of books on alchemy, chemistry and pharmaceuticals*, Derek Verschoyle: Londres, 1954, p. 180.
4. Cramer, J. A.; *Elements of the Art of Assaying Metals*, L. Davis and C. Reymers printers to the Royal Society: Londres, 1764, p. iii.
5. [http://www.linnaeus.c18.net/Letters\\_textphp?id\\_letter=L0278&Keyword](http://www.linnaeus.c18.net/Letters_textphp?id_letter=L0278&Keyword), acessada em Janeiro 2009.
6. [http://www.linnaeus.c18.net/Letters/display\\_txt.php?id\\_letter=L0291](http://www.linnaeus.c18.net/Letters/display_txt.php?id_letter=L0291), acessada em Janeiro 2009.
7. <http://www.linnaeus.c18.net/LeHers/index.php>, acessada em Janeiro 2009.
8. Cramer utiliza o termo *assaying* no sentido de verificar a composição dos minerais. Em termos atuais, podemos entender como análise mineral.
9. Cramer, J. A.; *Elements of the Art of Assaying Metals*, Tho. Woodward

- and C. Davis printers to the Royal Society: Londres, 1741, "preface" sem numeração.
10. *Ibid.*, p. 1.
  11. *Ibid.*, p. 1.
  12. *Ibid.*, folha de rosto.
  13. A semelhança entre essa divisão e aquela que Boerhaave apresenta em seu *Elementa Chemiae* já foi discutida em um trabalho publicado em 1970, num livro organizado por um dos mais importantes estudiosos de Boerhaave, vide: Greenaway, F.; *Boerhaave's Influence on some 18<sup>th</sup> Century Chemists*, em G. A. Lindeboom, org., *Boerhaave and his Time*; E. J. Brill: Leiden, 1970, p. 102-113. Mais recentemente A. G. Debus publicou um livro abordando, não só o trabalho de Boerhaave, como também o de Stahl; entre os nomes por nós mencionados anteriormente, vide, *Chemistry and Medical Debate: van Helmont to Boerhaave*, Science History Publications: Natucket, Massachusetts, 2001.
  14. Boerhaave, H.; *Elements of Chemistry*, trad. inglesa de T. Dallowe, J. and J. Pemberton: Londres, 1735, p. 78.
  15. *Ibid.*, p. 78.
  16. Cramer, *op. cit.*, p. 2.
  17. *Ibid.*, p. 13.
  18. Agricola, G.; *De Re Metallica*, trad. Herbert Clark & Lou Hoover, Dover: Nova Iorque, 1950, XIII.
  19. *Ibid.*, XIX.
  20. Cramer, *op. cit.*, p. 2.
  21. Hufbauer, K. Em *Dictionary of Scientific Biography*; Gillispie, C. C., org.; Charles Scribner's Sons: Nova Iorque, 1981, vol. 5, p. 259-260.
  22. Notamos que Cramer observou e considerou a diferença apresentada por uma substância 'simples' quando pura e quando misturada com outros corpos, analisando suas descrições e considerações a respeito da preparação de diversos tipos de *menstrua*.
  23. Cramer, *op. cit.*, p. 124.
  24. *Ibid.*, p. 14.
  25. *Ibid.*, p. 14.
  26. Boerhaave, *op. cit.*, p. 386.
  27. As palavras *solvendi* e *solventi* encontradas no livro de Boerhaave *Elementa Chemiae* foram traduzidas para o inglês como *solvend* e *solvent* e entendemos como solvente e partículas a serem dissolvidas.
  28. Boerhaave, *op. cit.*, p. 386.
  29. *Ibid.*, p. 390.
  30. *Ibid.*, p. 391.
  31. *Ibid.*, p. 387.
  32. *Ibid.*, p. 388.
  33. *Ibid.*, p. 388.
  34. Cramer, *op. cit.*, p. 205-207.
  35. *Ibid.*, p. 14-19.
  36. *Ibid.*, cap. I e II.
  37. *Ibid.*, p. 303-304.
  38. Cramer, após a descrição do processo XXXVII, indica a leitura do processo XXXIII, que fornece mais algumas explicações sobre a separação em questão. No processo XXXIII, ainda há uma recomendação para verificar o processo XXXI que trata de explicar a revificação do metal pelo flogístico, quando esse foi transformado em sua cal.
  39. Ferraz, M. H. M.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade de São Paulo: São Paulo, 1991, p. 6.
  40. *Ibid.*, p. 55-57.
  41. Leicester, H. M.; Klickstein, H. S.; *A Source Book in Chemistry 1400-1900*; Harvard University Press: Massachusetts, 1952, p. 55-56.
  42. Ferraz, *op. cit.*, p. 61-63.
  43. *Ibid.*, p. 90-96.
  44. *Ibid.*, p. 110-114.
  45. Cramer, *op. cit.*, p. 26-28.
  46. *Ibid.*, p. 125.
  47. *Ibid.*, p. 132.