

Percursos de História da Química

Copyright © 2016 Editora Livraria da Física
1ª Edição

Direção editorial

José Roberto Marinho

Projeto gráfico e diagramação

Reno Stagni

Capa

Fabício Ribeiro

Revisão

Rafael Donisete Bellettato

Edição revisada segundo o Novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Percursos de história da química / Ana Maria Alfonso-Goldfarb...[et al.]. – São Paulo:
Editora Livraria da Física, 2016. – (Série temas em história da ciência)

Outros autores: Márcia H. M. Ferraz, Maria Helena Roxo Beltran, Paulo Alves Porto
ISBN 978-85-7861-420-1

1. Química - História I. Alfonso-Goldfarb, Ana Maria. II. Ferraz, Márcia H. M. III.
Beltran, Maria Helena Roxo. IV. Porto, Paulo Alves. V. Série.

16-04549

CDD-540

Índices para catálogo sistemático:

1. Química: História 540

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida
sejam quais forem os meios empregados sem a permissão da Editora.

Aos infratores aplicam-se as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106 e 107
da Lei Nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998



Editora Livraria da Física
www.livrariadafisica.com.br

Ana Maria Alfonso-Goldfarb
Márcia H. M. Ferraz
Maria Helena Roxo Beltran
Paulo Alves Porto

Percursos de História da Química



HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Observatório da Educação (Projeto no. 8017/2012)



LF
EDITORIAL
2016



Sumário

| | |
|---|-----|
| Apresentação | 7 |
| 1 O Tempo dos Alquimistas | 9 |
| 2 Séculos XVII e XVIII: a química em busca de novos caminhos | 35 |
| 3 A Química rumo à Modernidade – A Teoria do Flogístico | 59 |
| 4 A Fundação da Química Moderna | 111 |
| Bibliografia | 131 |



Apresentação

A formação continuada e especializada de professores é um dos objetivos do projeto “História da ciência e ensino: abordagens interdisciplinares no Ensino Superior (diagnóstico, formação continuada e especializada de professores)”, desenvolvido junto ao PEPG em História da Ciência da PUCSP com apoio da Capes no âmbito do Programa Observatório da Educação (Capes/Inep – Proc. Nº 23038.002603/2013-47).

Para tanto, a elaboração de materiais de apoio se apresenta como uma necessidade imediata. Assim, a Série Temas em História da Ciência foi planejada, dentro do mesmo projeto, para responder a essa demanda.

Voltada a professores de todos os níveis de ensino e também a licenciandos, a Série Temas em História da Ciência é iniciada pelo volume *História da Ciência para formação de professores*, o qual aborda a construção e a transformação dos pressupostos teórico-metodológicos dessa área, bem como aspectos particulares do ofício do historiador da ciência. Além disso, são apresentadas e discutidas possibi-

lidades de interface entre história da ciência e ensino e entre ciência, técnica e tecnologia na história, procurando focalizar debates atuais na educação em ciências.

Complementando a série têm-se os volumes temáticos. Cada um desses volumes traz estudo sobre episódio, escrito por especialista, com base em pesquisa no campo da história da ciência.

Assim, a Série Temas em História da Ciência procura responder aos professores interessados em levar a história da ciência para a sala de aula, com base em materiais de sólida fundamentação.

Para este volume selecionamos alguns entre os vários percursos relevantes na longa e densa História da Química. Esperamos que, ao acompanhá-lo, o leitor forme uma nova visão da química como ciência histórica e socialmente construída a partir de operações e reflexões sobre a matéria em diferentes épocas e culturas.

Maria Helena Roxo Beltran

Coordenadora do Projeto

1

O Tempo dos Alquimistas

1.1 INTRODUÇÃO

Hoje em dia, pode-se considerar a química como uma ciência que estuda a matéria e suas transformações. Essa ideia, no entanto, é bastante ampla e, além disso, não expressa de forma explícita um aspecto da química no qual, talvez, resida exatamente uma particularidade dessa ciência. Esse aspecto é o trabalho em laboratório. Estudar e refletir sobre a matéria e suas transformações envolve a realização de operações práticas sobre os materiais. Em química o refletir sobre a composição, as propriedades e as transformações da matéria geralmente ocorre juntamente com o operar com a matéria. Nesse sentido, pode-se dizer que uma característica particular da química é essa forma de “pensar com as mãos”.¹

¹ Knight, *Ideas in chemistry*.

Entretanto, essa forma de pensamento já se observava há muito tempo, entre os pensadores que se voltavam a estudar e explicar a composição da matéria e suas relações com o universo. Porém, vivendo em outras épocas e, portanto, tendo por base visões de mundo muito diferentes da nossa, esses pensadores não podem ser considerados químicos, no sentido atual da palavra. Foram magos, alquimistas, médicos e filósofos naturais que também “pensavam com as mãos”, mas com propósitos bastante diversos daqueles dos químicos de hoje.

Operando com os materiais e, ao mesmo tempo, refletindo sobre essas operações, esses pensadores elaboraram diferentes ideias sobre a composição e as transformações da matéria, algumas das quais serão abordadas neste capítulo. Entretanto, nem sempre as novas ideias propostas foram simples complementações das anteriores. Houve ocasiões em que se observaram contraposições de ideias envolvendo, inclusive, debates bastante acalorados. Algumas dessas discussões também serão aqui apresentadas.

Inicialmente, serão apresentados aspectos sobre a formação do pensamento alquímico na Antiguidade, enfocando particularmente alguns dos elementos filosóficos, místicos e práticos, entre outros que contribuíram para a elaboração de ideias sobre a composição e as transformações da matéria. Em seguida, serão apresentados alguns dos desenvolvimentos e remontagens das ideias alquímicas sobre a matéria que ocorreram até os séculos XVI e XVII. Nesse período observava-se um acirrado debate de

ideias sobre a composição da matéria em que se opunham “aristotélicos” e “espagiristas”. Como será visto, em meio a esse debate foram apresentadas ideias mecanicistas para explicar a composição e as transformações da matéria, propostas como uma alternativa que resolveria a discussão. Entretanto, maior destaque será dado, no capítulo seguinte, aos debates ligados à “química flogística” do século XVIII, pois seria em meio a essa discussão que se originariam as ideias da química moderna propostas por Lavoisier.

Assim, este capítulo é um convite a se percorrer, com a orientação de alguns pensadores, um longo caminho em que homens e mulheres, “pensando com as mãos”, elaboraram e discutiram diferentes ideias sobre a composição e as transformações da matéria.

1.2 A ALQUIMIA NA ANTIGUIDADE E A TEORIA DOS QUATRO ELEMENTOS

Síntese peculiar, em que se mesclavam e interagiam conhecimentos sobre práticas artesanais egípcias, hibridizações de ideias místicas e religiosas orientais e ocidentais, além de concepções filosóficas gregas, a alquimia floresceu provavelmente nos primeiros séculos da era cristã. Embora suas origens possam ser muito mais remotas, é dessa época que datam os mais antigos textos, que sobreviveram até nossos dias, nos quais foram identificadas ideias alquímicas. O Egito teria sido o berço onde essas ideias teriam se desenvolvido, a partir de conhecimentos

provenientes de diversas origens. Especialmente a cidade de Alexandria, fundada em 332 a.C., teria reunido condições para elaboração dessa síntese. Esse efervescente centro comercial e cultural da época atraía estudiosos e artesãos das mais variadas origens, o que possibilitava o encontro de diferentes tradições culturais.

O mais antigo dos textos alquímicos que chegou aos nossos dias foi atribuído a Bolos de Mende, chamado às vezes também de (pseudo) Demócrito. Esse sábio, que teria vivido nos primeiros anos de nossa era, escreveu um tratado intitulado *Physica et Mystica*, no qual se apresentam tanto receitas artesanais como reflexões de ordem religiosa e filosófica relacionadas às transformações da matéria. As receitas contidas nesse texto foram também encontradas nos papiros de Leiden e de Estocolmo, hoje considerados como fontes básicas dos vários receituários práticos e “livros de segredos” que se sucederam. As receitas apresentadas nesses papiros referem-se a procedimentos de preparação de pigmentos e corantes, tingimento de metais e produção de imitações de pedras preciosas. Entretanto, enquanto os papiros tratam apenas dessas receitas, o texto de Bolos de Mende relaciona a elas algumas especulações. Estudos sobre as cópias desses textos que chegaram aos nossos dias levam a admitir que os papiros de Leiden e de Estocolmo sejam anteriores ao *Physica et Mystica* de Bolos de Mende. Isso levou à consideração de que as ideias dos primeiros alquimistas alexandrinos trariam em sua base as práticas artesanais egípcias.

De fato, *Physica et Mystica* inicia descrevendo

receitas de tingimento para logo então apresentar um trecho bastante especulativo, que trata de temas como a revelação de conhecimentos secretos e talvez perdidos, saber como pedir permissão aos *daemon* (guardiães das coisas da Natureza) para se operar sobre a matéria, e procurar harmonizar as naturezas. Assim, considera-se que os procedimentos práticos descritos nesse texto seriam realizados não só para produção de peças de artesanato. Através deles o alquimista operaria sobre a Natureza, com a permissão de seus guardiães, sabendo como buscar a harmonia, a partir da revelação de conhecimentos secretos e sagrados.

O estudo sobre origens das diversas ideias que, associadas a operações práticas utilizadas nas transformações de materiais, participariam da formulação do pensamento alquímico é muito complexo. As fontes originais sobre as quais se elaboram esses estudos são raras. Além disso, a maioria desses poucos textos alquímicos sobreviveram ao tempo em cópias e traduções, nas quais inevitavelmente os conteúdos originais sofreram alterações. Entretanto, é possível identificar algumas dessas ideias, como será visto nos tópicos seguintes, nos quais cada um dos principais componentes do pensamento alquímico – práticas artesanais, ideias mágicas e religiosas, e concepções filosóficas sobre composição e transformações da matéria – será considerado por sua vez.

1.2.1 As práticas artesanais

O saber como transformar materiais, como realizar adequadamente os procedimentos envolvidos nessas transformações, faz parte do corpo de conhecimentos que já há muito tempo se costuma chamar de “artes”. Entre as artes relacionadas a transformações qualitativas da matéria, a cerâmica e a metalurgia são das mais antigas. Saber como cozer o barro, obtendo-se um material mais resistente, permitiu fazer utensílios para armazenar e transportar água e alimentos. Mas esse conhecimento também possibilitou confeccionar máscaras, estatuetas e outros objetos envolvidos em rituais sagrados.

As artes da metalurgia e da mineração tinham elas próprias características ritualísticas, pois fundamentavam-se na concepção de que a terra fosse viva e fonte de vida. Ao ser fecundada, de acordo com ritual adequado, da terra viriam as colheitas que sustentariam a comunidade. Além disso, em seu ventre seriam gerados e aprimorados os metais, de maneira semelhante ao que ocorre com as plantas na superfície. Provavelmente seria essa concepção que daria origem a uma das ideias que, posteriormente, viriam a fundamentar a alquimia: ou seja, a convicção na possibilidade de se transformar um metal em outro e, especialmente, um metal comum em ouro. Assim, o ato de retirar os metais do ventre da Mãe-Terra – o trabalho do mineiro – era considerado sagrado. Em seguida, com o tratamento do minério e sua transformação em metal reluzente, através de técnicas metalúrgicas, realizava-se uma operação

maravilhosa que, de outra forma, só seria possível pela gestação daquele material de partida no seio da terra. Ao metalurgista – como ao alquimista, mais tarde – caberia a tarefa de substituir o tempo, ou seja, realizar rapidamente o que na Natureza demoraria décadas ou séculos para ocorrer.

Assim, além de serem muito importantes para a própria preservação da comunidade, as artes que permitiam transformar os materiais eram conhecimentos altamente valorizados e relacionados a rituais sagrados. Esses conhecimentos eram, portanto, preservados pelas comunidades através das gerações. Entretanto, com o crescimento das comunidades, esses valiosos saberes passaram a ser guardados apenas por alguns membros. Feiticeiros e artesãos tornaram-se depositários dos saberes e das tradições da comunidade, encarregando-se de sua preservação. Como num processo de iniciação, os segredos envolvidos nas artes eram transmitidos apenas a aprendizes escolhidos que realizavam as práticas repetidas vezes, e recebiam oralmente as instruções sobre os procedimentos.

A metalurgia do cobre parece ter sido praticada já por volta de 4200 a.C., na região que hoje corresponde ao Irã. A malaquita (carbonato de cobre) teria sido o principal minério de partida para a obtenção desse metal. Já a siderurgia – a metalurgia do ferro – requerendo fornos e procedimentos especiais para redução da hematita [óxido de ferro (III)], só se desenvolveu por volta de 1400 a.C., entre os hititas. Entretanto, esse metal logo passou a ser amplamente utilizado. Entre esses dois marcos de tempo, desen-

volveram-se, porém, técnicas para obtenção de outros metais e de ligas metálicas, tais como o bronze, largamente utilizado entre os egípcios.

Desde esses tempos remotos e pelo menos até o início da Idade Moderna, foram conhecidos e estudados de diferentes modos sete metais: ouro, prata, cobre, mercúrio, chumbo, estanho e ferro. Esses metais vieram a ser associados aos sete corpos celestes mais próximos da Terra: o Sol, a Lua e os cinco planetas observáveis a olho nu. Essa associação dos metais aos planetas teve sua origem muito provavelmente na Babilônia, onde o ouro era relacionado ao Sol e a prata à Lua. Tais considerações astrológicas assumiram importância crescente por volta dos séculos VI e V a.C. Mas, mesmo em textos publicados no século XVIII, encontram-se termos tais como, por exemplo, “açúcar de Saturno” – utilizado para denominar a substância hoje conhecidas como acetato de chumbo (II).

A obtenção de materiais que hoje chamaríamos de pigmentos e corantes, bem como sua utilização no tingimento de tecidos, de cerâmica, e também como cosméticos, é outra arte muito antiga, datando pelo menos de 3000 a.C. Durante o último milênio antes da era cristã, essa utilização de corantes foi associada à metalurgia, desenvolvendo-se daí a arte de tingimento de metais. Recobrendo-se metais comuns com cores e brilhos do ouro ou da prata, era possível produzir boas imitações desses metais valiosos. Imitações de pedras preciosas também eram frequentemente confeccionadas. Essas falsificações eram tão bem feitas que chegavam a “enganar os entendidos”, como

expresso nos papiros de Leiden e de Estocolmo. Entretanto, mesmo as mais perfeitas falsificações podiam ser desmascaradas pelo método da copelação, desenvolvido no Egito por volta de 500 a.C.²

Assim, por volta dos últimos séculos anteriores à era cristã, havia-se acumulado vasto conhecimento sobre as artes que envolvem transformações de materiais, tais como as já mencionadas cerâmica, mineração e metalurgia, tingimento de tecidos e de metais, fabricação de imitações de ouro, prata e pedras preciosas, bem como a arte da perfumaria e valiosos conhecimentos sobre propriedades curativas e venenosas de vegetais. Guardados e transmitidos ciosamente entre artesãos, feiticeiros e sacerdotes, esses conhecimentos tiveram suas origens e permaneciam ligados a uma visão vitalista do universo, de acordo com a qual todas as coisas tinham vida e se relacionavam. Seria dentro dessa visão de mundo e tendo como um de seus pilares os conhecimentos acumulados sobre as práticas

² A copelação é um método utilizado para separar ouro e prata de outros metais. Para fazer isso, a amostra é misturada com chumbo num cadinho feito de material poroso, tal como cinzas de ossos - a copela. Fundindo os metais na copela, sob uma corrente de ar, formam-se óxidos metálicos que se misturam ao óxido de chumbo. Essa mistura de óxidos é absorvida pela copela, restando no cadinho apenas os metais que não se oxidam no processo, isto é, ouro ou prata, ou uma liga desses dois metais, dependendo da composição inicial da amostra. Uma variação desse método permite também separar prata e ouro. Para isso, além do chumbo, acrescenta-se sal de cozinha (cloreto de sódio) à amostra. Durante o aquecimento a prata reage com o sal, formando-se cloreto de prata, que é absorvido pela copela, enquanto que o ouro permanece sem reagir.

artesanais que, durante o período alexandrino, viria a ser elaborado o pensamento alquímico.

1.2.2 Cosmologia e composição da matéria

Várias foram as vertentes que contribuíram para a elaboração do pensamento alquímico. Uma delas, como já mencionado, foi a astrologia – baseada muito provavelmente numa religião astral caldeia que supunha o envio de boas ou más emanações dos corpos celestes à terra, de acordo com sua posição no zênite. Outra foi a magia, forma de controle das forças naturais, ou seja, das entidades benignas e malignas que habitavam o universo vitalista. Esse controle era possibilitado através de rituais e encantamentos, técnicas que eram praticadas com desenvoltura pela tribo meda dos *mágoi*, daí o nome “magia” atribuído a essa arte. O Zoroastrismo foi outras das formas da mística oriental a contribuir para a elaboração do pensamento alquímico. Essa religião, que tem sua denominação derivada do nome de seu fundador, o legendário persa Zoroastro, admitia que o caminho para o bem no universo e no próprio homem estaria no equilíbrio entre forças opostas, tais como luz/escuridão, macho/fêmea, amor/ódio, etc.

Deve-se notar que todas essas vertentes relacionadas acima trazem em si a ideia do universo como uma rede em que todas as coisas estariam relacionadas – como, por exemplo, os corpos celestes e a terra, no caso da astrologia. Na magia, admitia-se que forças naturais agissem ao

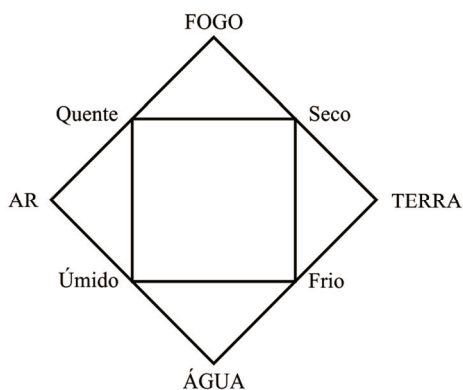
mesmo tempo em diferentes corpos, entidades e locais, de modo que, no ritual, ao se operar sobre um objeto, agia-se também sobre o alvo pretendido. O Zoroastrismo também admite a relação entre o universo e o homem, pois em ambos o bem seria conseguido pelo equilíbrio dos opostos. Na alquimia, essa rede de relações teria sua síntese maior na analogia macrocosmo (universo) / microcosmo (homem): no homem estaria contido tudo o que há no universo, ou seja, o ser humano seria como um universo em miniatura.

Mas, na elaboração do pensamento alquímico, essas vertentes místicas foram hibridizadas com o racionalismo grego, expresso em algumas das ideias de Platão e principalmente nas concepções de Aristóteles sobre os elementos.

1.2.3 Os elementos aristotélicos

Para Aristóteles, a matéria seria um substrato amorfo que, infundido de qualidades imateriais, daria origem aos elementos. Essas qualidades primárias seriam: quente, frio, úmido e seco; associadas duas a duas no substrato material, originariam os elementos fogo, ar, água e terra. Assim, o fogo estaria associado às qualidades “quente” e “seco”; o ar teria como atributos ser “quente” e “úmido”; a água, “úmido” e “frio”; e a terra, “frio” e “seco”. Entretanto, em cada um dos elementos predominaria uma das qualidades: no fogo o “quente”, no ar o “úmido”, na água o “frio”, e na terra o “seco”. Essas ideias podem ser expres-

sas conforme o diagrama que se segue.



Analisando-se esse diagrama percebe-se a ideia de que cada par de elementos estaria relacionado por uma qualidade comum. Por meio dessa qualidade comum, os elementos poderiam se transformar uns nos outros. Assim, por exemplo, seria possível transformar terra em água, pois ambas apresentam a qualidade do “frio”; através da “umidade”, a água seria transformada em ar, e assim por diante. Além disso, nesse diagrama, pode-se notar pares opostos de qualidades localizados nos vértices também opostos do quadrado que as contém. Quente e frio, úmido e seco, são pares de opostos que não poderiam conviver determinando um elemento.

De acordo com essas ideias, todos os materiais encontrados na Natureza seriam constituídos pelos quatro elementos, mas em diferentes proporções. Isso explicaria a diversidade dos materiais, bem como as suas transforma-