

Wilson Antonio Frezzatti Jr. ¹

**BOYLE:
A INTRODUÇÃO DO
MECANICISMO NA QUÍMICA**

RESUMO: O mecanicismo caracteriza-se principalmente pela uniformização das entidades e dos processos do Universo: todos os fenômenos são explicados por meio da matéria ou figura e do movimento. A Química, no final do século XVII, ao contrário da Física e da Astronomia, ainda se encontrava permeada por concepções não mecanicistas, tais como a cosmologia aristotélica, a relação entre micro e macrocosmos, os princípios (enxofre, sal, mercúrio) e elementos (terra, água, ar, fogo). Embora valorizasse o trabalho experimental dos alquimistas e espagiristas, Boyle considerava suas teorias como obscurantismo mágico-vitalista: sua intenção era explicar a prática dos alquimistas por meio da teoria mecanicista. O químico irlandês desenvolve uma teoria mecânico-atomista para explicar a origem e a transformação da matéria: o movimento de partículas no vácuo forma aglomerados que podem se modificar pela ação do fogo.

PALAVRAS-CHAVE: Filosofia da química; Alquimia; Mecanicismo.

SUMMARY: The Mechanicism is chiefly characterized by the uniformity of the entities and of the processes of the Universe: all the phenomena are explained by means of matter and movement. Unlike Physics and Astronomy, the Chemistry at the end of the 17th century was still permeated by non-mechanical conceptions, such as the Aristotelian cosmology, the relation between microcosm and macrocosm, the principles (sulfur, salt, mercury), and the elements (earth, water, air, fire). Although Boyle approved the experimental work of alchemists and spagyrics, he considered their theories as magic-vitalist obscurantism: his intention was to explain the alchemists' practice by means of the mechanicism theory. Boyle developed a mechanical-atomistic theory to explain the origin and the transformation of the matter: the movement of particles in the vacuum forms agglomerates that suffer modification by the action of the fire.

KEYWORDS: Philosophy of chemistry; Alchemy; Mechanicism.

Data de recebimento: 02/11/05. Data de aceite para publicação: 20/06/06.

¹ Doutor em Filosofia pela Universidade de São Paulo (USP). Professor Adjunto dos Cursos de Graduação e de Mestrado em Filosofia na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) — Campus de Toledo. Endereço eletrônico: wfrezzatti@uol.com.br.

1. INTRODUÇÃO

Tanto a Alquimia quanto a Química mecanicista de Boyle podem ser consideradas visões sobre a transformação da matéria. A Alquimia pode ser entendida como um pensamento fundamentalmente qualitativo e baseado em um cosmos heterogêneo e hierárquico². As mudanças da matéria ocorreriam por mudanças de qualidades³. A analogia entre os processos cósmicos (macrocosmos) e humanos (microcosmos) refletia uma ordem imposta por Deus. O conhecimento alquímico, especialmente o da Europa anterior ao século XVII, era produzido em estilo enigmático, era um conhecimento oculto revelado apenas a uns poucos, valorizava a autoridade dos livros e dos mestres e recorria à revelação divina. A filosofia cartesiana e seu mecanicismo, que pareciam ter dado conta dos fenômenos físicos, não tiveram sucesso na Química. A matéria como um contínuo sem vácuo, conforme propunha Descartes, impedia justificar a transformação da matéria como relação entre partículas. As reações químicas pareciam ainda exigir algo mais do que partículas e movimento: pareciam não prescindir de qualidades e simpatias.

Dessa forma, a introdução da uniformização das entidades e dos processos do Universo no conhecimento da transformação de matéria, ou seja, do mecanicismo na Química, teve que se dar de uma forma diferente da Física. É a partir do trabalho de Robert Boyle que a Química rompe o paradigma anterior e começa a fazer parte do racionalismo científico dos modernos.

² O Cosmos aristotélico é heterogêneo porque há lugares com constituição e propriedades distintas de outros; por exemplo, qualquer ponto da Terra é constituído de terra, água, ar e fogo e se movimenta com trajetória retilínea, enquanto que as estrelas são compostas de éter e realizam movimento circular. É hierárquico porque tem direção em relação ao seu centro: acima e abaixo. Além disso, quanto mais acima um corpo se localiza, mais divino e mais puro é: o terreno é desvalorizado em relação ao celeste. O Universo mecanicista, homogêneo e não hierárquico, em contraposição, tem a mesma constituição básica e as mesmas propriedades em todos os seus pontos, não tem centro, pois é infinito, e não tem acima e abaixo.

³ Elemento, qualidade, princípio e simpatia são termos que possuem outro sentido na Química atual ou que não são mais utilizados. No pensamento alquímico, a) Elemento: os quatro elementos (terra, água, ar e fogo) são os constituintes fundamentais de todos os corpos terrestres; b) Qualidade: as quatro qualidades (frio, quente, seco e úmido) são as propriedades que constituem os elementos; c) Princípio: causa de determinada característica das substâncias. São três: enxofre (combustibilidade), mercúrio (brilho, metal) e sal (estabilidade); d) Simpatia: atração ou compartilhamento de mesmas características entre duas substâncias.

O químico e filósofo irlandês incomodava-se com o fato dos novos filósofos naturais não aceitarem a Química como uma disciplina científica, como um saber que era capaz de comprovar teorias ou elaborar hipóteses: seu objetivo era compatibilizar o estudo da transformação da matéria com a Filosofia Natural (Mecanicismo). Boyle rejeita os elementos e os princípios alquímicos e, modificando aspectos do mecanicismo cartesiano⁴, explica a diversidade dos corpos e suas modificações através da desigualdade de forma, grandeza, estrutura e movimento (no vácuo) de corpúsculos. Um conjunto homogêneo de entidades recebe características invariáveis que permitem explicar e prever o comportamento de determinado objeto. Em outras palavras, o mecanicismo tenta explicar o mundo visível através de um mundo invisível: as partículas, seus atributos geométricos, seu movimento.

É justamente esse processo de homogeneização que queremos colocar em evidência. A introdução do mecanicismo por Boyle significou que todas as propriedades da matéria e sua transformação foram reduzidas a apenas alguns parâmetros: agregação de partículas e movimento. Queremos propor que a homogeneização dos elementos constituintes do mundo e de seu comportamento foi fundamental para o desenvolvimento da Química, por dois motivos principais: 1) a aceitação do saber sobre a transformação da matéria como científico; e 2) abrir caminho para a matematização e quantificação dos conceitos relacionados com a transformação da matéria.

2. ALQUIMIA E QUÍMICA: VISÕES DA TRANSFORMAÇÃO DA MATÉRIA

Por mais que hoje nos pareça ridícula, tosca ou mística, a Alquimia era um saber integrado a um sistema teórico e explicativo de mundo. Podemos dizer, apoiados no pensamento do filósofo da ciência

⁴ Embora Descartes tenha sido o primeiro a sistematizar o mecanicismo, este não se apresenta de forma homogênea e tem suas características variáveis conforme o autor, a época e o lugar. Em nossa interpretação, o aspecto fundamental do mecanismo, que ocorre em todas as suas manifestações, é a homogeneização dos entes e dos processos naturais. Em outras palavras, os fenômenos naturais são reduzidos a poucos elementos e movimentos que se repetem em todos os casos. Isso permite que cálculos matemáticos possam ser aplicados à Natureza. Quando, portanto, nos referimos à introdução do mecanicismo na Química, não queremos significar com isso a introdução do cartesianismo puro na Química, mas sim da homogeneização e matematização dos processos de transformação da matéria. Sobre essa questão na Biologia, consultar: Frezzatti, 2003, p. 435-461.

Thomas Kuhn, que ela constituía um paradigma⁵. Tal qual o mecanicismo de Boyle. Este paradigma só pôde se impor com o dismantelamento do primeiro. Dessa forma, nos posicionamos contra uma concepção de ciência enquanto acúmulo constante de conhecimento. Em outras palavras, não nos interessa entender nem a Alquimia nem a Química mecanicista em contraste com o conhecimento científico atual, mas sim entendê-las como visões de mundo integradas na rede conceitual de suas próprias épocas. Como afirma Goldfarb: “a questão passa a ser compreender a mudança de cosmo-visão, e não mais de avaliar a superioridade ou o grau de verdade envolvido em cada teoria” (GOLDFARB, 1987, p. 34).

Neste artigo, queremos demonstrar que a mudança de paradigma entre Alquimia e Química mecanicista tem como principal característica a homogeneização da natureza. Por isso, apresentaremos em primeiro lugar os principais aspectos do pensamento alquimista e do pensamento mecanicista de Boyle. Assim, poderemos indicar como a homogeneidade do mundo tem um papel fundamental neste último.

Para entendermos esse processo, devemos explicitar um interdito que estava estreitamente ligado ao mundo da Alquimia: a interdição aristotélica à aplicação da matemática à natureza. Apenas em um mundo homogêneo de alguma forma faz sentido aplicar o cálculo matemático aos objetos naturais. Aristóteles, em sua classificação das ciências, distinguia completamente os objetos da matemática e da física⁶:

1. Ciências teóricas, que têm como objeto a verdade: a) Física: estuda os seres que possuem existência própria e que estão sujeitos à mudança; b) Matemática: estuda os seres imutáveis e que existem apenas como aspectos da realidade concreta; c) Metafísica ou Teologia: estuda os seres que, ao mesmo tempo, têm existência própria e são imutáveis: as causas primeiras e mais universais (o ser enquanto ser). 2. Ciências práticas (*práxis*), que têm como objeto a ação humana: a) Ética; b) Política; e c) Economia. 3. Ciências poéticas (*poiesis*), a produção de obras exteriores ao agente (criação). Essas ciências produzem pela repetição da experiência e dispensam discussões teóricas, buscam apenas a aplicação prática. Por exemplo: mecânica, náutica, medicina, escultura, arquitetura, música, etc.

⁵ Podemos definir paradigma como “realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência” (KUHN, 1995, p. 13).

⁶ Cf. Aristóteles *Tópicos* VI 6 145a15, VIII 1 157a10 e *Metafísica* VI 1 1025b. Cf. também ROSS, 1987, p. 31, 71 e 163.

Nesse esquema de classificação, a lógica é uma ciência propedêutica, ou seja, seu conteúdo é pressuposto necessário para todas as outras. Uma diferença epistemológica - e mesmo ontológica - impede que a matemática e a física tratem dos mesmos objetos⁷. A matemática trata daqueles objetos que não existem separados dos objetos concretos e que não sofrem mudanças, em outras palavras, a matemática não pode ser utilizada para estudar os seres naturais: não se vê, por exemplo, números puros, triângulos e círculos perfeitos na natureza.

O mecanicismo, por sua vez, se não insere imediatamente a matemática no estudo do mundo empírico, abre caminho para que isso seja feito. A Alquimia, além de seguir uma abordagem aristotélica qualitativa, baseia-se no cosmos aristotélico e na doutrina mágico-vitalista do micro e macrocosmos. O pensamento mecanicista rompe com essas tradições, pois reduz as quatro causas (eficiente, material, formal e causal), os quatro elementos (terra, água, ar e fogo), as quatro qualidades (quente, frio, seco e úmido), os três princípios alquímicos (enxofre, mercúrio e sal) e as várias virtudes próprias do sistema da Alquimia a apenas arranjo de partículas e movimento. Essa redução permite a homogeneização das propriedades da matéria e a conseqüente matematização do estudo da natureza.

3. A ALQUIMIA E SEUS FUNDAMENTOS

Embora o homem tenha acumulado conhecimentos sobre a transformação da matéria desde pelo menos o surgimento da metalurgia⁸, um conjunto de explicações racionais para entender os processos químicos que pode ser identificado com a Alquimia européia é produzido a partir do século III d.C. (cf. GOLDFARB 1987, p. 79). Essa tradição é mais do que a busca pela Pedra Filosofal ou pelo Elixir da Longa Vida⁹, pois é responsável pela descoberta de inúmeras substâncias (tais como o ácido acético e o ácido clorídrico) e pelo desenvolvimento de técnicas e equipamentos (destilação, sublimação, etc.), algumas das quais ainda utilizadas por sua sucessora, a Química. Seus fundamentos encontram-se nas filosofias grega, árabe e medieval.

⁷ Epistemológico refere-se ao âmbito do conhecimento humano. Ontológico, ao âmbito da constituição dos seres.

⁸ O bronze, uma liga de cobre e estanho, surgiu em aproximadamente 2.000 a.C.

⁹ Pedra filosofal: substância que realizaria a transmutação de metais em ouro. Elixir da longa vida: bebida que restauraria a juventude e prolongaria a vida.

Os quatro elementos são aqueles propostos por Empédocles (490-430 a.C.) e posteriormente incorporados pela física aristotélica: terra, água, ar e fogo. Aristóteles (384-322 a.C.) introduz as qualidades (quente, frio, seco e úmido) que constituiriam os elementos. Cada elemento é constituído por duas qualidades e as transformações da matéria ocorreriam por mudanças de qualidades (por exemplo, o fogo, constituído pelas qualidades seca e quente, transmutar-se-ia em terra pelo esfriamento da qualidade quente). A transformação aristotélica da matéria pode ser representada pelo seguinte esquema:

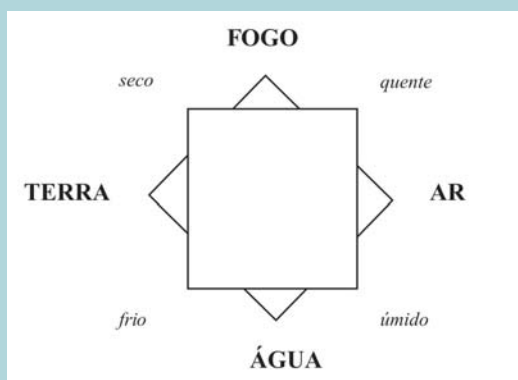


FIGURA 1 - Transformações da matéria.

Os árabes, entre os séculos VII e X, adicionam dois princípios aos quatro elementos: o mercúrio, responsável pela fluidez e brilho metálico, e o enxofre, responsável pela combustibilidade. No século XVI, os alquimistas europeus introduzem mais um princípio: o sal, responsável pela estabilidade.

O Cosmos do alquimista era aristotélico-ptolomaico. Um mundo finito, fechado, heterogêneo e hierárquico. O centro do Universo coincide com o centro da Terra. Esta, imóvel, tem todos os outros corpos celestes movendo-se em círculos perfeitos a seu redor: Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter, Saturno e a esfera das estrelas fixas. O mundo é heterogêneo porque possui uma dualidade ontológica ou substancial: o mundo sublunar e o mundo supralunar. O mundo sublunar é composto pela Terra e o espaço compreendido entre ela e o orbe lunar. Os objetos desse mundo são compostos pelos quatro elementos e, por isso, sofrem geração e corrupção (sofrem transformação). O movimento próprio das coisas terrestres (e, portanto, imperfeitas) é o retilíneo: em direção ao centro da Terra (corpos

compostos principalmente por terra e/ou água) e na direção oposta ao centro da Terra (corpos compostos principalmente por ar e/ou fogo). Os corpos celestes, os orbes (esferas nas quais os corpos celestes estão fixados) e o espaço entre eles constituem o mundo supralunar que é composto por apenas uma única substância: o éter ou a quinta-essência. Essa substância é imutável e, portanto, perfeita e eterna. O movimento dos corpos celestes é circular, pois o círculo é a forma perfeita. A oposição entre perfeição celeste e imperfeição terrena e a diferença entre o movimento para cima e para baixo revelam a hierarquia do sistema.

A cosmologia dos alquimistas é completada pela doutrina do micro e macrocosmos. Os mesopotâmicos parecem ter sido os primeiros a propor um paralelismo entre o Sol, a Lua e as estrelas (o macrocosmos) e o homem (o microcosmos), mas foi na Europa da Idade Média e do Renascimento que a idéia se desenvolveu. Charles de Bovelles (1475-1553), apoiado na filosofia de Nicolau de Cusa, apontava uma correspondência entre o homem e o Universo (cf. CASSIRER, 1993, p. 97-106).

Os quatro elementos passaram a constituir estágios vitais: o elemento terra seria representativo dos minerais; a água, da vida e do reino vegetal; o ar, da respiração, do reino animal, da mobilidade e dos sentidos; e o fogo, do espírito ou da razão. O corpo do homem seria constituído por terra e receberia sucessivamente: 1. vida: o feto vem da matéria bruta e recebe vida; 2. sensação: o bebê (matéria + vida) é dotado de sentidos; 3. razão: a criança desenvolve os sentidos e recebe a razão. O adulto desenvolve a razão e, se atingir a perfeição, torna-se um sábio. No entanto, a maioria dos homens fica presa em um ou outro estágio anterior, por exemplo, no prazer dos sentidos. Assim, percebe-se uma forte hierarquia entre os elementos: o fogo associado à perfeição e à sabedoria e a terra associada ao que há de mais inferior. Dessa forma, os minerais não têm cabeça, os vegetais têm a sua virada para baixo (as raízes), os animais têm a sua voltada constantemente para o chão e o homem pode virar sua cabeça para cima (para o céu) e, com isso, contemplar e compreender o Universo. Porque o homem é da mesma essência que o Universo, voltar-se para os céus é o mesmo que se voltar para seu próprio interior. A mente do sábio tem acesso a todas as essências das coisas terrenas: habita, ao mesmo tempo, o mundo sensível e o mundo inteligível (cf. MARTINS, 1994, p. 68-73).

Bovelles teve forte influência sobre outro grande teórico da Alquimia: Paracelso (1493-1541). O alquimista suíço é responsável pela introdução de substâncias químicas isoladas no tratamento de doenças (iatroquímica), além de ser considerado um dos precursores da

homeopatia. O homem, para ele, seria constituído pelos três princípios (sal, enxofre e mercúrio) e seu processo de origem seria semelhante ao do Universo (cf. PARACELSO, 1973, p. 96-118 e 165-177). Além da relação entre macro e microcosmos, temos a presença das polaridades masculina e feminina na sua doutrina dos três úteros: a água (primeiro útero) transportou o espírito de Deus e, assim, foram criados a Terra e o Céu (segundo útero / macrocosmo). Adão (microcosmo), formado pela mão de Deus, deu origem à mulher (terceiro útero), que, por sua vez, dá origem a todos os homens. Da mesma forma que o feto não vê o útero, a matéria primordial (Yliaster) que originou o Universo e que continha tudo em potência é invisível. As coisas surgem através da separação efetuada por Deus entre o útero e seu fruto. Deus separou da matéria primordial aquilo que pertencia às estrelas e as fez, e assim por diante. Paracelso também estabeleceu algumas definições mais práticas da Alquimia. A transmutação seria o processo pelo qual um objeto tem sua essência substituída por outra; por exemplo, quando o metal transforma-se em vidro ou pedra e a pedra em carvão.

Apesar de poder ocorrer com qualquer material, a transmutação de metais seria o grande segredo da natureza, muito difícil de se realizar, embora não fosse contrário nem à natureza nem a Deus. Os metais são classificados como perfeitos (ouro e prata) e imperfeitos (cobre, ferro, estanho, chumbo, etc.). A produção de metais perfeitos com base em metais imperfeitos só seria possível por meio da Pedra Filosofal. Metais imperfeitos poderiam ser produzidos por procedimentos mais simples como, por exemplo, transmutar ferro em cobre através da imersão de ferro aquecido em óleo de vitríolo (ácido sulfúrico). Haveria, no processo de transmutação de metais perfeitos, exatamente sete etapas numa seqüência definida: calcinação, sublimação, solução, putrefação, destilação, coagulação e tintura.¹⁰ A seqüência de sete etapas não apenas produziria a pedra filosofal, mas também traria a perfeição ao seu realizador, uma espécie de iluminação:

Se alguém ascender essa escada, chegará a tão esplêndido lugar que verá e experimentará muitos segredos na transmutação dos objetos naturais (Paracelso, *De rerum natura* (1537). In: CROSLAND, 1971, p. 52).

¹⁰ Calcinação: submeter uma substância a altas temperaturas, geralmente com decomposição. Sublimação: processo em que uma substância passa de sólida para vapor. Solução: dissolução ou separação em um líquido. Putrefação: decomposição ou corrupção. Destilação: evaporação e condensação para efeitos de purificação. Coagulação: precipitação ou floculação. Tintura: líquido alcoólico que veicula um princípio ativo.

Essas etapas estão representadas alegoricamente nas várias gravuras ligadas à Alquimia (FIGURA 2). O embasamento teórico acima descrito deu ao conhecimento da Alquimia as seguintes características:

I - Segredo: conhecimento oculto revelado apenas a uns poucos; estilo enigmático.

Seria uma loucura alimentar um burro com leitugas e outras ervas raras, dizem muitos filósofos, pois lhe bastam os cardos. O segredo da pedra é bastante precioso para se fazer dele um mistério. Toda coisa que pode tornar-se nociva à sociedade, ainda que excelente em si mesma, não deve ser divulgada nem deve falar-se dela senão em termos misteriosos (*Harmonia química*. In: MARCARD, 1959, p. 82).

II - O trabalho individual:

A maior parte dos tratados compostos sobre a ciência hermética são tão obscuros e tão enigmáticos que se tornam ininteligíveis para qualquer um que não seja os seus autores (*Marguerita Novella*. In: MARCARD, 1959, p. 82).

III - O conhecimento dos livros e a autoridade:

Quem facilmente se desgostar com a leitura dos livros dos filósofos não é feito para a ciência nem chegará nunca a alcançá-la; um livro esclarece o outro porque um diz o que o outro omitiu. De resto, é preciso não imaginar que uma só leitura de um só livro baste para ter dele a inteligência; duas, três, e mesmo dez vezes repetida, não basta para fazer compreender o que se deseja aprender (*Turba philosophorum*. In: MARCARD, 1959, p. 82-83).

IV - Revelação divina e desprezo pela técnica:

Recorrei a Deus, meu filho, voltai o vosso coração e vosso espírito para Ele em vez de os voltardes para a Arte, porque esta ciência é um dos maiores dons de Deus que a favorece e lhe agrada. Portanto, amai Deus com todo o vosso coração, com toda a vossa alma, e o vosso próximo como a vós mesmos. Pedi esta ciência a Deus com insistência e perseverança, e ser-vos-á concedida... talvez (Alanus. In: MARCARD, 1959, p. 83).

Essas quatro características estão em franca oposição ao caráter da ciência moderna: o conhecimento é acessível a todos (desde que o método certo seja utilizado), o progresso da humanidade como trabalho coletivo, o desprezo pelos livros antigos e autoridades (filosóficas e

religiosas), conhecimento proporcionado pelo esforço individual e valorização do saber dos técnicos.¹¹



FIGURA 2 - *A montanha filosofal* (1604) (cf. MOURA, 1978, p. 23).

Legenda lateral esquerda-superior: “A Arte dele faz um Senhor, não um servo. / Não te apresses; fica na trilha certa / Para que teus sejam muitos os ganhos e júbilos”.

Legenda lateral esquerda-inferior: “A Arte é justa, verdadeira e certa / Para o Homem que teme a Deus e é assíduo, / E procede com justiça para com todas as naturezas”.

Legenda lateral direita-superior: “Se Deus a ti muito concede em tua vida, / Dá liberalmente aos pobres, / À Arte sê fiel, e dela nada digas”.

Legenda lateral direita-inferior: “Pois é certo que tal é a vontade de Deus. / Conserva-te veraz e fiel, pensa em mim, / Para que estejas livre de todo o mal”.

Legenda inferior: “MONS PHILOSOPHORUM. Do homem em todas as partes perdeu-se a alma por uma queda, e do corpo a saúde por uma queda sofreu; à alma humana veio a salvação por IEHOVA, Jesus Cristo. A saúde corpórea de volta é trazida por algo que não é bom de se olhar. Esconde-se neste quadro o mais alto tesouro do mundo, no qual está a mais alta medicina e a maior parte das riquezas da Natureza, a nós dado pelo Senhor IEHOVA. Chama-se **Pator Metallorum**, bem conhecido do Filósofo que à frente da

¹¹ As características da ciência moderna estão expostas em ROSSI, 1966: 15-98.

gruta da montanha está sentado, e é de fácil obtenção para qualquer um. Mas os sofistas, em seus trajes de sofisticação, batem sobre o muro para sondá-lo, e não reconhecem o **Pator**.

À direita vê-se **Lepus**, representando a arte da Química, maravilhosamente alva, da qual os segredos estão sendo explorados com o calor do fogo. À esquerda vê-se livremente o que é a **Clavis artis** direita; com ela deve-se usar de toda sutileza possível, como faz a galinha que choca seu pintainho. No meio da montanha, diante do portão, encontra-se, em todo o seu orgulho, um corajoso Leão, cujo nobre sangue está prestes a ser derramado pelo monstruoso dragão; arremessado a profunda cova, dele surge um negro corvo, então chamado **Ianua artis**, e deste vem a **Aquila alba**. Mesmo o cristal que foi refinado na fornalha, logo mostrará a ti, quando examinares, **Servum fugitivum**, para muitos Artistas, um filho maravilhoso. Quem tudo isso faz é o **Principium laboris**. À direita, no barril, estão **Sol** e **Luna**, a inteligência do firmamento. As plantas medicinais são **Rad. rubeam** e **albam**. Sê constante e **Arbor artis** aparecerá a ti com seus botões, anunciando, agora, **Lapidem Philosophorum**. Sobre tudo, a coroa da glória, governando todos os tesouros.

Sê diligente, pacífico, constante e piedoso, ora para que Deus possa dar-te ajuda. E se conseguires, nunca esqueças dos pobres. Então louvarás ao Senhor com a legião dos anjos, agora e sempre”.

5. A QUÍMICA MECANICISTA DE ROBERT BOYLE

Enquanto a Astronomia e a Física se integravam cada vez mais à “Nova Filosofia”, isto é, ao mecanicismo dos filósofos e cientistas modernos, a Química, através da Alquimia, ainda estava perfeitamente ligada ao antigo sistema aristotélico e mágico-vitalista. A filosofia cartesiana, que parecia dar conta dos fenômenos da matéria de modo geral, não teve sucesso na Química: a matéria como um contínuo sem vácuo impedia justificar a transformação da matéria como relação entre as partículas. Além disso, o problema da afinidade ou não entre os compostos numa reação parecia ainda invocar explicações que envolviam simpatias e qualidades ocultas. É com o trabalho de Robert Boyle (1627-1691) que o estudo da transformação da matéria rompe o paradigma anterior (a Alquimia) e impõe outro (a Química mecanicista), integrando-se à nova Filosofia Natural, isto é, ao mecanicismo da ciência dos modernos.

Os próprios textos do químico irlandês mostram a transição entre a Alquimia vitalista e qualitativa para a Química mecanicista com seus corpúsculos e movimentos, submetidos a leis naturais de caráter matemático. Seus primeiros textos são alquimistas, mas são também herdeiros de Francis Bacon (1561-1626). Em sua utopia *Nova Atlântida*

(1627), Bacon descreve uma sociedade perfeita na qual o saber técnico substitui a magia, promove o progresso da ciência e propicia o “Paraíso na Terra”. O filósofo inglês afirma a necessidade de uma história da técnica, pois esta nada mais seria do que a história da natureza modificada pela mão do homem. O conhecimento técnico é mais produtivo que o conhecimento livresco: a dedução dos axiomas das artes nos dá as causas das coisas no mundo. Nesse mesmo espírito, Boyle escreve, em 1671, *Considerações acerca da utilidade da Filosofia Natural Experimental*, obra na qual protesta contra o desprezo do conhecimento técnico e reafirma a necessidade de uma história das modificações da natureza pelo trabalho humano.

Embora Boyle não utilizasse uma linguagem matemática e misturasse religião e ciência em seus primeiros escritos, parece ter percebido que a velha cosmologia dos alquimistas impedia que o conhecimento das transformações da matéria fosse aceito pelos filósofos naturais do século XVII, ou seja, fosse considerada científica pelos modernos (cf. GOLDFARB, 1987, p. 185-188). A compatibilização entre o conhecimento prático dos alquimistas e a Filosofia Natural (mecanicismo) era o objetivo primordial de Boyle. Dessa maneira, situava-se entre os chamados espagiritas (seguidores de Paracelso e van Helmont) e os Filósofos Naturais (os filósofos e cientistas modernos que pretendiam ler o livro da natureza através da linguagem matemática). Os espagiritas, chamados de obscuros pelos filósofos naturais (que, por sua vez, eram chamados de especuladores pelos espagiritas), possuíam uma enorme quantidade de experimentos valorizados por Boyle, que tinha a pretensão de dar a eles uma fundamentação mecanicista. A experimentação química, para o químico irlandês, não era mais um meio de ligar o macro e o microcosmos, mas um meio para comprovação de teorias e elaboração de hipóteses. A experimentação no laboratório não era mais a síntese do Cosmos, mas a análise das partes de uma máquina, isto é, do Universo.

Apesar de elogiar os espagiritas pela substituição dos elementos aristotélicos, Boyle critica-os pela falta de uma teoria adequada para uma quantidade tão grande de dados experimentais: a teoria dos três princípios era tão obscura quanto a teoria aristotélica. Em *O químico céptico* (1661), o químico irlandês rejeita tanto os elementos quanto os princípios. Esse livro foi escrito em forma de diálogo no estilo platônico, ou seja, em forma de perguntas e respostas visando a atingir a verdade. Suas personagens são representantes das três doutrinas em disputa: o aristotélico (Themistius), o espagirita (Philoponus) e o filósofo natural (Carneades), além de Eleutherius, o mediador. Carneades afirma que

os três princípios ou os quatro elementos não podem ser formas universais da matéria porque a análise química mostra que os componentes básicos de determinada substância podem ser em números maiores que esses (cf. BOYLE, 2003, p. 27). Os princípios e os elementos podiam ser criados e destruídos no laboratório. O filósofo natural sugere a hipótese corpuscular sobre a formação da matéria: os corpúsculos ou partículas, agregados de diversas formas pelo movimento, dariam conta de explicar racionalmente o que os princípios e elementos não explicavam (cf. BOYLE, 2003, p. 29-34). Essas combinações, a princípio infinitas, poderiam explicar os inúmeros componentes básicos nos vários compostos químicos. No mecanicismo de Boyle, três níveis corpusculares tentavam eliminar as forças ocultas e metafísicas dos processos de transformação da matéria:

1. *Prima naturalia*: entidade fisicamente indivisível, extremamente pequena e sólida, que se movimenta no vácuo. Formam aglomerados firmes e coesos (os corpúsculos secundários) que resistem em soluções e a outras operações químicas;

2. Corpúsculos secundários: esses aglomerados são responsáveis pelas características imutáveis das substâncias. Formam aglomerados maiores (as substâncias compostas) com graus de complexidade variados. Neste nível, ocorreria a operação de transmutação; e

3. Substâncias compostas: esses compostos são heterogêneos e facilmente recombinaíveis. Neste nível, ocorrem as reações químicas comuns.

Neste modelo mecanicista de Boyle, a diversidade dos corpos é resultado da desigualdade de forma, grandeza, estrutura e movimento dos corpúsculos secundários. Por exemplo, o fato de a água-régia (mistura de ácido nítrico e ácido clorídrico) dissolver o ouro e a água-forte (ácido nítrico) dissolver a prata e não o ouro era explicado da seguinte forma: as pontas em forma de agulha do ácido nítrico penetravam nos poros dos corpúsculos de prata, mas não nos poros do ouro.

A ação do fogo, importante agente transformador da Alquimia, passa a receber uma explicação mecânica: a rápida agitação de partículas. Suas partículas extremamente pequenas e ágeis separariam as partículas dos compostos químicos. A transmutação dos alquimistas, ao invés de ser negada, também recebe uma base mecânica: esse processo ocorre simplesmente pelo rearranjo da estrutura causado pelo fogo (cf. GOLDFARB, 1987, p. 203-205). Dessa forma, Boyle explicava por que a água se transmutava em terra (ambas são corpúsculos secundários): ferver água por vários dias produz um pó

branco e terroso no fundo do frasco de vidro pelo rearranjo do corpúsculo secundário que identificava a água¹². Boyle também aceitava em bases mecânicas a transmutação dos metais e a transmutação vegetal do espagirita van Helmont¹³. A matéria, para Boyle, diferenciava-se apenas por suas características acidentais (não essenciais)¹⁴, ou seja, pelo movimento e pela figura de seus aglomerados, e poder-se-ia conseguir a transmutação pela adição e subtração desses acidentes.

A fundamentação mecanicista introduzida por Boyle (isto é, o corpúsculo e o movimento como origem da estrutura da matéria) aproxima-se da proposta baconiana de história natural (cf. GOLDFARB, 1987: 205-207). Embora Bacon não rejeitasse as quatro causas aristotélicas¹⁵, considerava cada uma delas de forma diferente: 1. causa final (finalidade ou teleologia): base do vitalismo que corrompe a ciência; essa causa só é aceitável nos casos de ação humana; 2. causa eficiente (a ação imediata que produz o fenômeno): tratamento superficial do fenômeno, não atinge o fundamento das coisas; 3. causa material (aquilo do qual a coisa é feita): mesma situação da causa eficiente; 4. causa formal (a essência do fenômeno, a forma): a causa mais importante, pois engloba a unidade da natureza nos materiais mais diversos. No entanto, essa essência não é um conjunto de qualidades infundidas em um substrato material, mas é o conjunto das leis fixas da natureza. No pensamento de Boyle, essas leis traduzem-se em matéria e movimento, que correspondem, respectivamente, a teoria e operação. Apoiado na filosofia baconiana, o químico irlandês planeja escrever *História das qualidades*, na qual estaria descrita, por meio de experimentos, a verdadeira origem das qualidades, ou seja, uma história mecânico-corpúscular. Contudo, esse projeto não se realiza, sendo pulverizado em inúmeros pequenos textos sobre temas específicos, tais como fogo, fluidez, solidez, cor, frio, etc.

¹² Embora Boyle tenha considerado que a “terra” poderia ser vidro extraído do frasco, não testou essa hipótese fervendo água em recipiente metálico. A experiência foi realizada por Lavoisier e sepulta de vez a idéia de transmutação na Química.

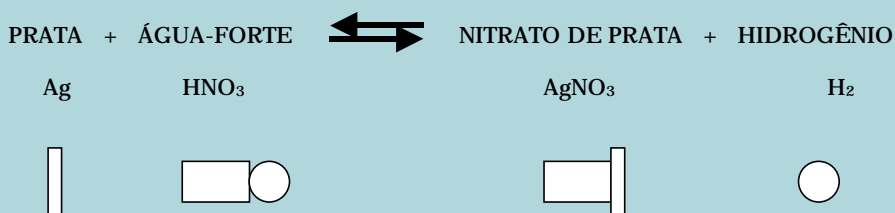
¹³ Uma planta alimentada exclusivamente com água transmuta água em corpo e seiva vegetal. A destilação dessa seiva transmuta-a em óleo.

¹⁴ Na doutrina aristotélica, atributos essenciais são aqueles sem os quais algo não pode ser o que é e atributos acidentais são aqueles que modificam algo sem fazer que ele deixe de ser o que é. Por exemplo: a racionalidade é um atributo essencial do Homem, enquanto ser professor é acidental.

¹⁵ Conhecer, para Aristóteles, é conhecer as causas de algo. Assim, devemos conhecer as quatro causas das coisas e dos fenômenos, por exemplo, de uma estátua: 1. Causa Material: a matéria que constitui a estátua (o mármore); 2. Causa Eficiente: a ação imediata que produz a estátua (o escultor); 3. Causa Formal: aquilo que faz a estátua ter as características de uma estátua (a idéia de estátua na mente do escultor); 4. Causa Final: a finalidade da estátua (adornar um templo).

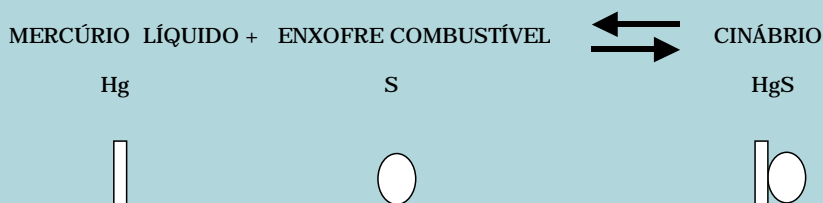
Portanto, tudo na natureza, porque ela tem aspectos homogêneos, pode ser explicado racionalmente através de relações mecânicas (figura e movimento) passíveis de matematização. Exemplificaremos dois conceitos muito importantes para a Química até hoje que foram possíveis apenas a partir da introdução do mecanicismo na Química¹⁶:

1. Reversibilidade da reação: A reversibilidade estava baseada no rearranjo dos corpúsculos. Van Helmont, por exemplo, considerava impossível a reversibilidade de uma reação química, pois, se um composto fosse recuperado, isso significaria que não estaríamos diante de uma verdadeira reação, mas sim de uma simples mistura.



Neste caso, Boyle isolou o sal e mostrou que, devido ao aumento de peso, não poderia ser prata pura. Isso reforçou sua teoria mecânico-corpúscular, pois os corpúsculos secundários manteriam suas propriedades mesmo após formarem novos compostos.

2. Método de síntese para estudo da composição química: este método foi derivado do conceito de reversibilidade da reação química. Com ele, Boyle tencionava criar no laboratório compostos iguais aos da natureza. Assim, demonstrava a equivalência entre a obra da natureza e a obra humana. Essa concepção está totalmente de acordo com os filósofos naturais ou mecanicistas: montar e desmontar algo em suas partes é uma forma de conhecimento.



¹⁶ As figuras geométricas e, obviamente, as fórmulas químicas exibidas abaixo não constam dos textos de Boyle: os primeiros foram criados por nós e os segundos incluídos por nós para deixar mais claros os casos exemplificados. As figuras geométricas representam corpúsculos secundários. Os exemplos foram extraídos de GOLDFARB, 1987, p. 208-215.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Boyle nunca obteve êxito total na associação entre os experimentos e a teoria mecânico-corpúscular. Seu sistema, como outros de sua época, é híbrido¹⁷: embora tenha a pretensão de se inserir na nova ciência que surge no século XVII, ainda mantém alguns aspectos típicos do paradigma da Alquimia. Sua influência sobre Newton e Locke é marcante. A Química mecanicista de Boyle não é precursora direta da Química atual, pois durou aproximadamente 100 anos. Somos herdeiros do paradigma implantado por Lavoisier na segunda metade do século XVIII. Entretanto, seu trabalho foi fundamental para que a prática química fosse considerada passível de explicações racionais e matemáticas.

Uma característica essencial da teoria de Boyle é a homogeneização, isto é, a redução explicativa das coisas a umas poucas entidades. Uma mesma série de entidades recebe características invariáveis que permitem explicar e prever o comportamento das coisas, o que propicia a sua quantificação. No nosso caso, os corpúsculos ou partículas têm as mesmas propriedades e o movimento segue um mesmo padrão passível de ser determinado matematicamente.

A homogeneização, no sentido que estamos utilizando, remete à questão do “mesmo” e do “outro”. Se dissermos que observamos duas maçãs, duas células, duas moléculas de glicose, duas malárias ou dois países em desenvolvimento, etc., nessa observação estabelecemos, por meio de uma percepção sensível e de critérios teóricos, relações de equivalência entre o que nós também poderíamos considerar casos de diferença. A semelhança ou a equivalência não é recebida de modo passível na observação do mundo empírico, mas é decidida apoiada numa visão teórica: a equivalência não nos é dada imediatamente, mas imposta por uma perspectiva teórica.

O mecanicismo, para nós, nada mais é do que uma perspectiva teórica que impõe critérios de equivalência tais, um tal reducionismo, que busca a quantificação de todos os aspectos do Universo. Os constituintes da matéria são homogêneos: extensão (corpo) como atributo essencial e movimento como modo desse atributo¹⁸.

¹⁷ Outro exemplo bastante importante é o sistema do astrônomo Tycho Brahe (1546-1601), um misto entre heliocentrismo e geocentrismo.

¹⁸ Esses aspectos referem-se à filosofia cartesiana (cf. COTTINGHAM, 1995: p. 44-45; 65; e 124-125).

Corpúsculos (extensão) e movimento explicariam todo fenômeno físico. Talvez não seja exagero afirmar que essa perspectiva tenta eliminar da ciência todos os aspectos qualitativos. A matemática só pode ser aplicada à natureza com a derrubada dos paradigmas qualitativos, heterogêneos e hierárquicos. Na Química, Boyle introduz uma mecânica corpuscular que pretende, através de um reducionismo que dá propriedades homogêneas aos constituintes da matéria, explicar todos os fenômenos químicos, ou seja, da transformação da matéria.

Enfim, todo mecanicismo tenta explicar o mundo visível através de um mundo invisível. O mundo invisível é, de alguma forma, homogêneo: suas partículas, suas características essenciais, suas leis. Eis a ação de uma perspectiva teórica que define o “mesmo”: o mundo invisível, através do “mesmo”, explica o mundo visível, o mundo da diferença. Podemos, portanto, considerar a homogeneização do mecanicismo, e de outras perspectivas teóricas, como um movimento duplo: 1. redução da multiplicidade (o mundo visível) a uma unidade (o mundo invisível, no caso do mecanicismo, extensão e movimento); e 2. a explicação da multiplicidade através da unidade. Essa circularidade é mantida por uma perspectiva teórica, que, no fim das contas, é metafísica ou ontológica.

7. REFERÊNCIAS

ARISTÓTELES. *Metaphysica*. Transl. W. D. Ross. Oxford: Oxford, 1908-1931.

—. **Tópicos**. Trad. L. Vallandro; G. Bornheim. São Paulo: Abril Cultural, 1973.

BOYLE, R. *The sceptical chymist*. Mineola: Dover, 2003.

CASSIRER, E. *El problema del conocimiento en la filosofía y en la ciencia modernas*. Trad. W. Roces. México: Fondo de Cultura Económica, 1993. v. I.

COTTINGHAM, J. **Dicionário Descartes**. Trad. H. Martins. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1995.

CROSLAND, M. P. (Ed.) *The science of matter: a historical survey*. Harmondsworth: Penguin, 1971.

FREZZATTI Jr., W. A. “Haeckel e Nietzsche: aspectos da crítica ao mecanicismo no século XIX”. In: *Scientiae Studia*. Filosofia Universidade de São Paulo, São Paulo, 1(4): 2003. p. 435-461.

GOLDFARB, A. M. A. **Da alquimia à química**. São Paulo: Nova Stella/EDUSP, 1987.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 3. ed. Trad. B. V.; N. Boeira. São Paulo: Perspectiva, 1995.

MARCARD, R. **A aventura da química**: da pedra filosofal ao átomo. Trad. de R. da Fonseca. Lisboa: Livros do Brasil, 1959.

MARTINS, R. A. **O universo**: teoria sobre sua origem e evolução. São Paulo: Moderna, 1994.

MOURA, M. A. **Símbolos secretos dos Rosacruz dos séculos XVI e XVII**. Rio de Janeiro: Renes, 1978.

PARACELSO. **A chave da alquimia**. Trad. A. C. Braga. São Paulo: Editora Três, 1973.

ROSS, D. **Aristóteles**. Trad. L. F. Bragança; S. S. Teixeira. Lisboa: Dom Quixote, 1987.

ROSSI, P. **Los filósofos y las máquinas**: 1400-1700. Trad. J. M. G. de la Mora. Barcelona: Labor, 1966.

Unioeste
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
— www.unioeste.br —

REVISTA VARIA SCIENTIA

Versão eletrônica disponível na internet:

<http://e-revista.unioeste.br>

V A R I A
S C I E N T I A