



# As Ferramentas do Químico

**A seção “Conceitos Científicos em Destaque” é um espaço para artigos que abordem de forma inovadora e/ou crítica conceitos científicos de interesse dos químicos.**

**Neste artigo, seguindo a linha editorial da revista de, cada vez mais, ampliar o enfoque de cada seção, são discutidos diferentes conceitos químicos inter-relacionados — matéria, material, corpo, substância —, associados à idéia de ‘ferramentas’, símbolo do profundo diálogo teoria—prática no trabalho químico.**

► ferramenta, relação teoria—prática, matéria, substância, teoria molecular ◀

18

**O**s químicos, modificadores da matéria por excelência, necessitam de instrumentos para exercerem sua ação. Da mesma forma que artesãos e artistas necessitam de ferramentas para exercerem seu ofício, o químico também as utiliza, ainda que com características próprias à ciência química. É das ‘ferramentas do químico’ que este artigo trata: o que são elas, como funcionam, para que servem. Antes, porém, é necessário dizer o que se entende por química e como ela é feita, para que se possa compreender melhor os métodos de trabalho e seus respectivos instrumentos.

## O que é química ?

A química pode ser conceituada como a *atividade do químico*. É tudo aquilo que o químico faz e como ele faz. A atividade do químico apresenta dois aspectos: um aspecto *prático*, de modificar a matéria de uma certa maneira, e um aspecto *teórico*, de pensar sobre a matéria e suas modificações em termos de átomos e moléculas, ou seja, da *teoria molecular*. A atividade do químico é sempre uma interação entre esses dois aspectos complementares, interdependentes,

dialéticos: o fazer e o pensar, a prática e a teoria. Mas como são essa prática e essa teoria do químico?

## A prática e a teoria do químico

Em sua prática, o químico inicialmente trata a matéria da maneira como ela é percebida por nossos sentidos: de forma *macroscópica*. A matéria é caracterizada por suas *propriedades* — cor, densidade e estado físico (sólido, líquido ou gasoso) são exemplos de propriedades da matéria. Contudo, as propriedades da matéria não podem ser compreendidas de forma absoluta. Não existe a propriedade invariante da matéria, mas propriedades definidas sob determinadas condições físicas e/ou fruto de determinadas interações.

As atividades do químico podem ser divididas em *operações*, como a separação e identificação de substâncias, a determinação de suas propriedades, o estudo das reações, quando se misturam, se separam e se identificam substâncias, quando se medem os efeitos produzidos pelas mesmas, a preparação de substâncias e outros

**Aécio Pereira Chagas**

materiais etc. Essas operações, realizadas em escala de laboratório ou industrial, permitem modificar a matéria, ou seja, transformar os materiais, as substâncias originais, em outras diferentes.

O pensar do químico, por sua vez, se faz no nível *microscópico*, ou seja, no nível de átomos e moléculas. Para analisarmos esse pensar do químico, é necessário inicialmente apresentar e discutir alguns conceitos fundamentais: *matéria, material, corpo e substância*.

*Matéria* é o nome genérico de todos os *materiais* que vemos, tocamos, sentimos etc. Ela é apreendida por suas propriedades (vide acima). Os *corpos* são porções limitadas, definidas, de algum material. Os materiais são constituídos por *substâncias*, uma ou mais, combinadas de alguma forma, misturadas etc. O conceito de substância é o mais fundamental da química e, como todos os conceitos fundamentais, é vago, difuso, indefinível (Hoffmann, 1988), porém todos os químicos o compreendem. Definir é atribuir coordenadas a um objeto dentro de um conjunto maior. Como definir quimicamente algo que é praticamente o universo do químico?

O conceito é aprendido pelos estudantes *fazendo química*, ou seja, praticando e pensando sobre as transformações que observam. (Sobre o conceito de substância, recomenda-se a leitura do artigo de Renato José de Oliveira, *O mito da substância*, publicado em *Química Nova na Escola* n° 1).

Esses conceitos estão associados

aos conceitos de *átomos*, *moléculas* e *cristsais*, que são o início do que se chama de *teoria molecular*, a base do pensamento químico. As substâncias (também chamadas *espécies químicas*) são constituídas por partículas como *moléculas*, *íons* (genericamente, para simplificar, denominamos essas partículas de *moléculas*). Essas partículas são, por sua vez, constituídas por átomos, *ligados* de determinado modo, e estes, por elétrons, prótons e nêutrons.

As reações químicas são alterações que ocorrem nas moléculas, na forma como estão constituídas, como seus átomos estão agrupados etc. Observam-se nas reações químicas algu-

**O conceito é aprendido pelos estudantes fazendo química, ou seja, praticando e pensando sobre as transformações que observam**

mas uniformidades, certas regras (como por exemplo as *regras estequiométricas*) que podem ser chamadas *leis das reações químicas*. Essas leis podem ser explicadas ou explanadas em termos moleculares. Os átomos que estavam agrupados de uma certa maneira, constituindo as moléculas iniciais, agora se reagrupam de outra forma, originando outras moléculas. As moléculas podem ser constituídas por um ou mais átomos, podendo chegar a milhares, milhões ou até mais, que são as chamadas *macromoléculas*. As moléculas (e as macromoléculas) podem constituir agregados maiores, denominados *complexos*. Podem também constituir agregados ainda maiores, macroscópicos e altamente regulares, que são os *cristsais*. Um aspecto muito importante da teoria molecular é descrever e interpretar as ligações entre os átomos e as moléculas, como estes se juntam, se aglutinam para formar blocos maiores.

O pensamento do químico gravita em torno dessas noções básicas, os alicerces de uma esplêndida obra arquitetônica “construída pelo esforço de uns poucos arquitetos e de muitos operários” (Lewis & Randall, 1923).

Os químicos também utilizam outras práticas e teorias, emprestadas de outras ciências, como a matemática e a física. Assim, o químico empre-

ga práticas estatísticas para tratamento de dados, de medidas elétricas, térmicas, ópticas, teorias físicas como a termodinâmica (a clássica e a estatística), o eletromagnetismo, a mecânica quântica, entre muitos outros princípios e teorias.

### As ferramentas do químico

Imagine um químico envolvido em estudar um material, uma substância ou uma reação. No que consiste seu estudo? De um lado, pode ser a separação de substâncias, identificação, determinação de propriedades físicas (temperatura de fusão, espectro, viscosidade) ou químicas (reação perante indicadores, efeito catalítico, potencial eletroquímico), preparação de alguma substância ou material. Para isso, ele necessita de recursos que vão além de suas mãos e de seus sentidos. Necessita de certos materiais, dispositivos, procedimentos, métodos e técnicas; necessita do que chamaremos *ferramentas*. É uma imagem por sinal bastante significativa, pois realça o lado prático de sua atividade, mesmo quando cercada de conteúdos abstratos.

As primeiras ferramentas do químico (no sentido daquelas que são mais fundamentais e também mais antigas) são muito conhecidas. Frascos e recipientes, das mais diversas formas e tamanhos, bem como dos mais diversos materiais: o bécquer de vidro, o cadinho de platina, o tubo de borracha. Algumas dessas ferramentas já são mais sofisticadas, principalmente nos dias de hoje, como a balança,

os aquecedores, os agitadores.

Note que as ferramentas, mesmo as mais simples, compreendem os dois aspectos da atividade do químico: teoria e prática. A utilização de um recipiente ou de um aquecedor, a informação dada por um instrumento (mesmo simples como um termômetro ou uma balança) pressupõe uma teoria por trás de tudo: a teoria de funcionamento do aparelho, a teoria com que se associa a grandeza medida com as propriedades da substância (que pode ser macroscópica ou microscópica) e a teoria da interpretação. Quando se determina a temperatura de fusão para identificar uma substância, por exemplo, tudo isso está em jogo: a escolha do recipiente para se colocar a amostra, do aquecedor, a leitura do termômetro, a transformação envolvida e seu significado associado à identidade da substância. Quando se acompanha a modificação de uma substância pela alteração de cor, há que se levar em conta o recipiente onde se coloca a amostra (trans-

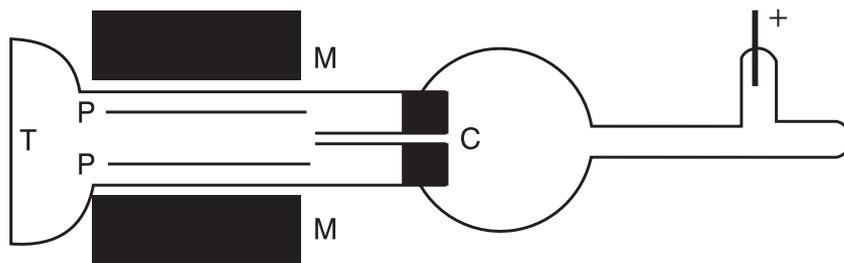
**Para seu estudo, o químico necessita de recursos que vão além de suas mãos e seus sentidos**

parente? inerte?), como vai ser observada (luz transmitida ou refletida?), quais cores estão associadas a quais substâncias e o que significa a mudança de cor sob o ponto de vista molecular.

Mencionamos casos simples; casos mais complexos e ferramentas mais sofisticadas são também mais frequentes, mas em todos prevalece a inter-relação teoria—prática.

### Um pouco de história

O desenvolvimento histórico das



Aparelho usado em 1910 por J.J. Thomson (1856-1940), para investigar raios positivos. O feixe incidente na tela T é defletido pelos pólos MM de um eletroímã, e pelas placas paralelas PP, que estão conectadas a uma bateria. Este instrumento é o protótipo de um espectrômetro de massa.

ferramentas tem sido também bastante diversificado. Em alguns casos, pequenas melhorias vão ocorrendo com o passar do tempo, lentamente.

Outras vezes as mudanças são mais rápidas. Em alguns casos a ferramenta foi precedida de uma grande revolução teórica. Em outros, foi a própria causadora da revolu-

ção, como no caso da *espectroscopia*<sup>1</sup>. Esta é atualmente uma das mais importantes ferramentas do químico. Todo laboratório de química que se preza tem hoje um ou mais espectrofotômetros. Sua história é longa e pode-se dizer que teve início com o escocês Thomas Mevill (1726-1753), que, em 1753, utilizou as cores que certos sais dão às chamas para a identificação de substâncias. A frutífera parceria de Robert W. E. Bunsen (1811-1899) e Gustav R. Kirchhoff (1824-1887) — respectivamente professores de química e física da universidade alemã de Heidelberg — permitiu, em 1853, o estabelecimento dos princípios da espectroscopia, a construção do primeiro espectroscópio e a descoberta de novos elementos químicos (rubídio e céσιο) por meio dessa técnica (Laidler, 1993). Posteriormente,



Robert Wilhelm Bunsen (foto) estabeleceu, em 1853, em parceria com Gustav R. Kirchhoff, os princípios da espectroscopia.

**Em certos casos a ferramenta foi precedida de uma grande revolução teórica. Em outros casos, foi a própria causadora da revolução**

vários outros elementos químicos foram descobertos dessa maneira, inclusive o hélio, cujas raias espectrais foram primeiramente observadas na luz do sol e depois encontradas na Terra.

Hoje, por espectroscopia, entende-se um estudo da interação da radiação eletromagnética com a matéria, pelo qual se procura obter informações sobre sua estrutura atômica e molecular. Além da espectroscopia envolvendo luz visível e ultravioleta, acima mencionada, utilizam-se ondas de rádio (espectroscopia de microondas, ressonância magnética nuclear), radiação infravermelha (espectroscopia infravermelha), raios X (fluorescência de raios X etc), raios gama etc.

### Concluindo

É importante ressaltar essa idéia de *ferramenta*, resultante do constante diálogo teoria—prática. Sem isso não há química. Quem transforma a matéria sem pensar sobre ela não é químico. Muitas pessoas fazem isso, e às vezes de forma admirável, principalmente na cozinha. Por melhor que seja a deliciosa arte culinária, cozinheiros não fazem química. Da mesma forma, aqueles que pensam na matéria, que especulam sobre ela, de forma desvinculada da prática, também não são químicos. Podem estar fazendo algo de importante e notável, mas que não podemos chamar de Química. Isso parece redundante, porém é fundamental e tem importantes conseqüências para o ensino. O ensino da química exige essa valorização da inter-relação teoria—prática.

Os químicos atualmente possuem uma grande diversidade de ferramentas à sua disposição e, para cada tipo, diferentes possibilidades de uso, de adequação. Muitas dessas ferramentas são realmente novas, como alguns tipos de espectroscopia; outras são fruto do aperfeiçoamento das velhas e tradicionais ferramentas, como os equipamentos de vácuo ou de alta pressão. E outras ainda surgiram em

decorrência de necessidades e contexto diversos e agora são amplamente utilizadas pelos químicos, como é o caso dos computadores. Novidades estão sempre surgindo, seja envolvendo princípios novos, seja pelo aperfeiçoamento ou combinação de outros já existentes e sobre elas precisamos nos debruçar.

**Aécio Pereira Chagas**, bacharel e licenciado em química pela USP e doutor em ciências (química) também pela USP, foi professor titular de físico-química no Instituto de Química da Unicamp até 1994, quando se aposentou. Atualmente é professor convidado na mesma instituição.

### Nota

1. Para o aprofundamento dos aspectos históricos da espectroscopia, sugerimos ao leitor e à leitora o artigo de Carlos Alberto L. Figueiras, *Espectroscopia e a Química*, publicado em *Química Nova na Escola* n° 3.

### Referências Bibliográficas

- FILGUEIRAS, C.A.L. Espectroscopia e química. *Química Nova na Escola*, n. 3, p. 22-26, mai. 1996.
- HOFFMANN, R. Under the surface of the chemical article. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* v. 27, p. 1593, 1988. Tradução portuguesa em *Química*. v. 50, p. 44, 1993.
- LAILLER, K.J. *The world of physical chemistry*. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- LEWIS, G.N.; RANDALL, M. *Thermodynamics and the free energy of chemical substances*. New York: McGraw-Hill Books, 1923.
- OLIVEIRA, R.J. de. O mito da substância. *Química Nova na Escola*, n. 1, p. 8-11, mai. 1995.

### Para saber mais

- Sobre uma visão geral da química:  
CHAGAS, A.P. *Como se faz a química*. Campinas: Ed. da Unicamp, 1989.
- VANIN, J.A. *Alquimistas e químicos* (Coleção Polêmica). São Paulo: Moderna, 1994.
- Sobre conceitos fundamentais de química:  
As revistas *Química Nova* e *Química Nova na Escola* têm sempre apresentado artigos e discussões sobre os conceitos fundamentais da Química.