

ENSINO DE CONCEITOS EM QUÍMICA. III. SOBRE O CONCEITO DE SUBSTÂNCIA

Romeu C. Rocha-Filho, Mário Tolentino, Roberto Ribeiro da Silva,
Elizabeth Tunes e Emilio Carlos Poderoso de Sousa.

Universidade Federal de São Carlos; C. Postal 676; 13560 – São Carlos (SP)
Escola Estadual de 2º Grau "Dr. Álvaro Guião"; Av. São Carlos, 2190; 13560 – São Carlos (SP)

Recebido em 30/3/88

ABSTRACT

A system of chemical concepts related to types of substances constituents and the philosophical assumptions which substantiate the definition of the conceptual terms are described. Considerations on the encompassment of the concept of constituent and its importance as unit of analysis for the science of chemistry are made.

INTRODUÇÃO

Se se proceder a uma análise dos conceitos químicos ensinados no 2º grau, verificar-se-á que eles são apresentados aos alunos como conceitos cotidianos e não como conceitos científicos. Isto porque eles são organizados de um modo que ou não estão definidas claramente as relações interconceituais de subordinação, supra-ordenação e coordenação ou os conceitos não configuram classes exaustivas e mutuamente excludentes. Conforme Vygotsky¹, a apresentação dos conceitos num sistema hierárquico, com estrutura lógica bem definida, é condição muito importante para o desenvolvimento psicológico do pensamento categorial.

Faz-se, por isto, necessário o exame dos conceitos básicos de Química ensinados no 2º grau. Realizando-o, chegou-se inicialmente, à proposição de que o conceito de matéria, do ponto de vista da Química, comporta pelo menos dois sistemas conceituais diferentes: um referente à sua natureza² e outro às suas formas de apresentação³. O primeiro destes sistemas conceituais permite apreender o objeto de conhecimento da Química, as substâncias. O segundo permite, por sua vez, caracterizar a Química como ciência *experimental* das substâncias.

Propôs-se, então, um novo enunciado para o conceito de substância, qual seja: "porção de matéria que tem um e somente um tipo de constituinte"²; também explicitou-se que assim como as substâncias são feitas de constituintes, estes por sua vez são feitos de componentes, isto é, átomos. O conceito de constituinte, à primeira vista, pode ser associado ao conceito de molécula, como se fossem sinônimos; na realidade, como será mostrado, seu significado é mais abrangente.

Dando continuidade à análise já iniciada^{2,3}, neste artigo relata-se o resultado do exame realizado sobre o conceito de constituinte, apresentando um sistema conceitual para substância, referente, essencialmente, à natureza dos constituintes das substâncias.

OS CONSTITUINTES DAS SUBSTÂNCIAS

Antes de apresentar o sistema conceitual mencionado, cabe esclarecer o ponto de vista filosófico-analítico adotado na sua elaboração. Tratava-se de especificar a *unidade* que dá identidade a uma substância, isto é, a entidade que a caracteriza enquanto tal. Definir uma substância simplesmente pelos átomos nela existentes significaria adotar o pressuposto de que as características essenciais de uma substância resultam do somatório das características dos átomos que a compõem. É o arranjo particular de átomos que se constitui numa unidade, substantivamente diferente e irredutível às propriedades de cada átomo. Este arranjo, aqui denominado de constituinte, é a entidade que identifica inequivocamente a substância e se define, do ponto de vista epistemológico, como a unidade analítica da Química, a ciência das substâncias.

Portanto, esta é uma opção que privilegia a análise pela unidade, em detrimento da análise pelas partes. Entende-se por unidade o produto da análise que representa a substância (o todo) e que se dividida resulta em outra entidade que não mais representa a substância^{4,5}.

O conceito de constituinte é importante para a ciência Química, admitindo-se que há níveis de organização que devem ser reconhecidos no estudo da matéria. Isto é o que está evidenciado nas definições dos conceitos pertinentes ao sistema conceitual de matéria quanto à sua natureza², no qual são explicitados níveis de organização da matéria: a matéria é feita de substâncias, estas são feitas de constituintes e estes, por sua vez, de átomos. Desse modo, o termo substância não poderia ser conceitualmente definido como sendo uma porção de matéria que contém átomos. Embora tal afirmação seja empiricamente verdadeira, a opção pelo método de análise pela unidade impõe certas exigências. Uma delas é que o atributo criterial (ou atributo crítico) no enunciado do conceito de substância deve referir-se à

menor entidade que mantém a identidade da substância enquanto tal. Dizer que a substância é composta de átomos é referir-se a uma de suas características, mas não àquilo que lhe dá identidade.

Considere-se o seguinte exemplo. Adotando-se o ponto de vista de que são os átomos simplesmente que dão identidade, individualizam a substância, é-se forçado a concluir que oxigênio (O_2) e ozônio (O_3) são uma mesma substância (ambas são feitas de átomos de oxigênio). No entanto, sabe-se que são substâncias diferentes; suas propriedades químicas diferem entre si, bem como, por exemplo, são diferentes seus efeitos nos seres vivos. Assim, supor que conjuntos diferentes de átomos (contendo 2 e 3 átomos) diferenciam as duas substâncias é aceitar a idéia de que são a entidade O_2 e a entidade O_3 que identificam cada uma delas, isto é, são seus constituintes que lhes conferem identidade. É importante também ressaltar que as diferenças fundamentais entre estas duas substâncias são qualitativas. Isto é, não se pode dizer que a substância oxigênio (O_2) tem uma vez menos propriedades que a substância ozônio (O_3). Na verdade, a substância oxigênio tem outras.

OS DIFERENTES CONSTITUINTES DAS SUBSTÂNCIAS

Admitindo-se como necessária a noção de constituinte para identificar as substâncias e, analisando-se diversos exemplos de substâncias – moleculares ou não – foi possível organizar o sistema conceitual mostrado na Figura 1.

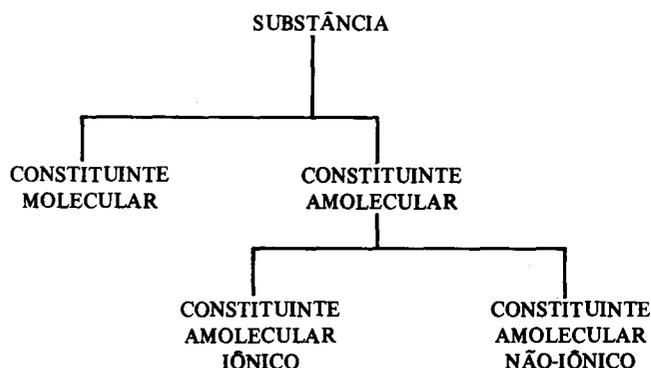


Figura 1. Sistema conceitual proposto para substância, segundo os tipos de seus constituintes.

Com base nas definições dadas a cada conceito pertinente ao sistema, pode-se depreender as relações interconceituais de subordinação e coordenação existentes entre eles. A seguir são apresentadas as definições de cada um dos conceitos envolvidos no sistema ora apresentado.

SUBSTÂNCIA: Porção de matéria que tem um e somente um tipo de constituinte.

CONSTITUINTE: Conjunto de átomos que caracteriza uma substância particular.

CONSTITUINTE MOLECULAR: Tipo de constituinte que, na substância, tem existência independente.

CONSTITUINTE AMOLECULAR: Tipo de constituinte que, na substância, é indistinguível, sendo definido por uma *relação mínima* entre átomos e/ou grupos de átomos.

CONSTITUINTE AMOLECULAR IÔNICO: Tipo de constituinte amolecular no qual há átomos e/ou grupo(s) de átomos positivamente carregados e átomos e/ou grupo(s) de átomos negativamente carregados.

CONSTITUINTE AMOLECULAR NÃO-IÔNICO: Tipo de constituinte amolecular no qual cada átomo é eletricamente neutro.

DISCUSSÃO

Analisando-se o sistema conceitual apresentado na Figura 1, vê-se que existem dois grandes grupos de constituintes, os moleculares e os amoleculares. Os constituintes amoleculares identificam-se com o que é comumente denominado de fórmula unitária, enquanto que os moleculares com o que é conhecido como molécula.

Mas, qual a necessidade do conceito de constituinte? Por que simplesmente não manter o procedimento usual de se falar somente em molécula e fórmula unitária? Na verdade, conforme já discutido anteriormente^{2,3}, conceitos científicos pressupõem a existência de um sistema conceitual com relações de subordinação e coordenação logicamente bem definidas. Ocorre que o conceito de constituinte abstrai o que há de essencialmente comum entre moléculas e fórmulas unitárias, isto é, o fato de ambas serem entidades que caracterizam substâncias particulares. Dispondo-se, então, de tal conceito mais geral, algumas definições equivocadas encontradas em livros didáticos podem ser evitadas. Por exemplo, não é incomum uma definição tal como “substâncias puras são formadas por moléculas quimicamente iguais entre si”. Este tipo de definição engendra um equívoco no aprendiz, que é o de induzir-lhe o raciocínio de que toda substância pura é feita de moléculas. Na realidade, neste tipo de definição o termo “moléculas” deveria ser substituído pelo termo mais geral “constituintes”, como a definição requer. Adicionalmente, cabe ressaltar que a expressão “substância pura” é redundante, na medida que substância caracteriza-se como uma porção de matéria formada por apenas um tipo de constituinte; o adjetivo “pura” é dispensável, já que o que poderia ser tido como “substância impura” nada mais é do que um material³.

Em outras palavras, no sistema conceitual ora proposto, os conceitos de constituinte amolecular e molecular coordenam-se entre si, tendo, portanto, o mesmo nível de generalidade. Além disto, ambos apóiam-se num conceito supra-ordenado que é o de constituinte. Estes fatos têm implicações psicológicas importantes para o ensino. Ambos os conceitos pressupõem o domínio, pelo aprendiz, da noção de *constituinte* das substâncias. Ao mesmo tempo, pelo fato de se coordenarem, a sua apreensão depende da capacidade psicológica de diferenciação (ou discriminação) e, por isto, eles devem ser ensinados simultaneamente, já que se referem a classes de fenômenos mutuamente excludentes.

O ponto de vista de que há níveis de organização da matéria, sendo que um deles diz respeito àquilo do que

as substâncias são feitas (aqui denominados de “constituente”, mas que poderia ter qualquer outra denominação, se julgada mais apropriada), está na linha daquele exposto por Theobald⁵. Segundo esta linha de raciocínio, o estudo dos átomos tem sentido para o químico apenas quando esses são concebidos do “ponto de vista do constituinte”, isto é, como parte destes. Os átomos no constituinte têm significado dentro deles, em relação a outros átomos.

Finalmente, também ao se admitir que existem níveis de organização que devem ser reconhecidos no estudo da matéria, evidencia-se que há níveis qualitativamente diferentes: uns afetos ao macroscópico e outros ao microscópico. Assim, ao se definir substância como “uma *porção de matéria* que...” faz-se uma referência explícita a algo concreto do mundo físico, localizando este conceito no macroscópico. A substância é uma parte do mundo físico macroscópico com o qual o químico trabalha; portanto, algo acessível aos sentidos. Já o conceito de constituinte, definido como “menor conjunto de átomos que...” está afeto ao microscópico, não sendo, portanto, diretamente acessível aos sentidos. Imaginando-se uma escala de graus de abstração, pode-se dizer que o conceito de substância é mais concreto que o de constituinte, e o de átomo o mais abstrato dos três. O conceito de constituinte é de nível intermediário, na medida que se subordina ao de substância. Daí ser recomendável que o ensino destes conceitos iniciasse pelo de substância e encerre-se pelo de átomo, o contrário do que às vezes se encontra em livros didáticos.

A análise de conceitos e de sistemas conceituais tal como a que aqui se descreveu é um passo muito importante, anterior à elaboração de textos e proposição de atividades para o ensino dos conceitos⁶. Tendo-se estabelecido o sistema conceitual (os conceitos e suas relações lógicas) pode-se, então, a partir da análise da complexidade de cada conceito, iniciar o trabalho de feitura dos procedimentos didáticos.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Aécio P. Chagas agradece-se por ter chamado a atenção ao artigo de Theobald. À CAPES/PADCT agradece-se o apoio financeiro recebido para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Vygotsky, L.S.; “*Pensamento e Linguagem*”, Editora Antídoto, Lisboa (1979), cap. 6.
- 2 Tolentino, M.; Silva, R.R. da; Rocha-Filho, R.C.; Tunes, E.; *Ci. e Cult.* (1986) 38, 1721.
- 3 Silva, R.R.; Rocha-Filho, R.C.; Tunes, E.; Tolentino, M. *Ci. e Cult.* (1986) 38, 2028.
- 4 Ref. 1, Cap. 1.
- 5 Theobald, D.W.; *Chem. Soc. Rev.* (1976) 5, 203.
- 6 Finley, F.N.; *Sic. Educ.* (1981) 65, 513.

EDUCAÇÃO

SOBRE O MOL E SEUS AFINS: UMA PROPOSTA ALTERNATIVA*

Romeu C. Rocha-Filho

Departamento de Química, UFSCar; C. Postal 676; 13560 – São Carlos (SP).

Recebido em 24/2/88

ABSTRACT

A review of the usage of the term “mole” in textbooks along this century is presented. Even after SI's inclusion (1971) of mole as an unit of “amount of substance”, textbooks' usage does not reflect the official definition since the term “amount of substance” does not distinctively convey a concept. Thus, it is proposed that mole be: “numerosity of entities equal to that of atoms in 0.012 kg of ¹²C” (numerosity, the quantity measured by mole, is a quality or state of a numerous sample of elementary

entities). Finally, after presenting the relationship between the four extensive intrinsic properties of a sample of matter – mass and volume (continuous perspective) and, numerosity and number (discontinuous perspective), the implications of this alternative proposal are discussed.

INTRODUÇÃO

O “conceito de mol” tem sido uma constante fonte de dúvidas e perplexidade para os químicos e, principalmente,

* Parcialmente apresentado durante o simpósio “História e Filosofia da Química” (A.P. Chagas, coord.), realizado em 16/07/87 em Brasília DF, durante a 10ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química.