

O Conceito de Substância Química e Seu Ensino

Renata R. D. Bellas, Indman R. L. Queiroz, Luiza R. F. C. Lima e José Luis P. B. Silva

Este artigo discute o conceito de substância química como material puro que apresenta composição constante em transições de fase, propriedades físicas com valores característicos sob condições especificadas e é representado por sua fórmula química. Com base nesta conceituação, analisamos suas abordagens nas coleções de livros didáticos de Química para o Ensino Médio aprovadas pelo Programa Nacional do Livro Didático – PNLD 2018. Concluímos que nenhuma das obras analisadas ensina o conceito de substância química de modo totalmente satisfatório e completo. Em vista de tais resultados, apresentamos sugestões de aprimoramento do ensino.

► substância química, ensino de química, ensino-aprendizagem de conceitos químicos ◀

Recebido em 17/09/2018, aceito em 17/12/2018

17

A concepção de que, na sociedade contemporânea, o desenvolvimento humano requer o domínio de conhecimentos científicos (Brasil, 2006), demanda uma reflexão sobre quais conteúdos são necessários para uma formação coerente com esta finalidade.

A Química é uma ciência da Natureza importante para a formação dos indivíduos, pois possibilita a compreensão dos materiais que nos rodeiam. O conceito de composição química é, como mostra a História da Química, um dos eixos de sistematização do pensamento químico. Com o desenvolvimento da noção de composição química surgiram conceitos como os de substância e mistura, átomos, moléculas e íons, a noção de níveis de complexidade, entre outros de menor generalidade (Silva *et al.*, 2007). A composição é uma das ideias estruturadoras do pensamento químico, pelas quais se entendem “aquelas que potencializam nosso pensamento e nossa capacidade de relacionar, sintetizar, propor explicações a partir daquilo que já se conhece” (Lima e Barboza, 2005, p. 40).

Ao examinar propostas de ensino de Química e Ciências para a educação básica que tratavam a composição/constituição dos materiais como um conceito fundamental, Silva

et al. (2007) perceberam que a constituição da matéria era associada aos modelos submicroscópicos: modelos cinético-corpúsculares para gases, líquidos e sólidos, modelos atômicos, modelos de ligações químicas. De acordo com esses autores, a menor ênfase dada aos conceitos de substância química e mistura é um ponto questionável, porque é

na análise desse par de conceitos que se pode discutir melhor a ideia de pureza (e impureza) material, importante na compreensão do mundo moderno.

O conceito de substância faz parte do núcleo químico da Química, ou seja, das “partes características da Química que

podem ser conceitualmente distintas dos subcampos interdisciplinares, aplicados e especializados da Química e que podem ser denominados Química em um sentido estrito” (Schummer, 1998, p. 129). Por isso, o conceito de substância desempenha um papel fundamental na química, já que possibilita explicar vários aspectos dos materiais.

Entretanto, diversos problemas relacionados ao ensino e à aprendizagem desse conceito, associados às definições simplistas oriundas dos livros didáticos dificultam a compreensão de sua complexidade (Tavares e Rogado, 2005; Bellas, 2018). Sobre a importância do conceito de

Com o desenvolvimento da noção de composição química surgiram conceitos como os de substância e mistura, átomos, moléculas e íons, a noção de níveis de complexidade, entre outros de menor generalidade (Silva *et al.*, 2007).

substância química para o ensino de ciências, concordamos que:

A ideia de uma substância é tão fundamental para a química que, como educadores, devemos nos perguntar se reconhecemos isto como uma ideia que precisa ser ensinada. Nós não podemos simplesmente detalhar propriedades como se o conceito de substância estivesse subentendido. Ao contrário, nós necessitamos mudar a direção e focalizar na ideia de como propriedades são usadas para definir o que uma substância é. Sem isso, as crianças não serão capazes sequer de reconhecer uma transformação química (Johnson, 2000, p. 735, grifo nosso).

Contudo, na prática, sabemos que boa parte dos conteúdos de Química relacionados ao conceito de substância é abordada sem uma preocupação com a explicitação de seu significado, o que pode dificultar a compreensão do seu sistema conceitual.

Este artigo tem como objetivo esclarecer o conceito químico de substância e analisar como o mesmo tem sido contemplado nos livros didáticos de Química para o Ensino Médio indicados pelo Programa Nacional do Livro Didático – PNLD de 2018.

Na próxima seção discutiremos o conceito de substância química conforme proposto pela União Internacional de Química Pura e Aplicada – IUPAC. Tal discussão será realizada por meio da elucidação das razões que fundamentam tal conceito. Nesse processo, ampliaremos o sistema do conceito de substância química e elaboraremos uma versão mais precisa da definição da IUPAC. O conteúdo dessa seção servirá como referencial teórico para a análise dos livros didáticos realizada na seção seguinte.

Os livros didáticos são os materiais aos quais os estudantes brasileiros possuem maior facilidade de acesso, uma vez que são distribuídos gratuitamente na rede pública escolar da Educação Básica pelo Ministério da Educação. Sendo assim, é de supor que constituam seus principais materiais de estudo, por meio dos quais os estudantes terão a possibilidade de aprender os conceitos ensinados na escola. Portanto, a análise dos livros didáticos de Química para o Ensino Médio aprovados pelo PNLD 2018 poderá nos informar, ao menos parcialmente, como o conceito de substância química está sendo estudado nas escolas brasileiras.

De início, analisaremos o modo de introduzir o conceito aos estudantes, no sentido de compreender a importância que é dada ao conceito nos vários materiais didáticos. Em seguida, analisaremos o emprego dos critérios que fazem com que um material possa ser classificado como substância química. Tais critérios serão retirados da versão da definição

de substância química que elaboraremos na próxima seção: substância como material puro e o conceito químico de pureza; caracterização de uma substância por suas propriedades; e caracterização de uma substância por seus constituintes.

O procedimento escolhido foi a análise de conteúdo (Bardin, 2002). Selecionamos os trechos dos livros didáticos referentes a cada critério e discutimo-los tendo como referencial teórico a discussão do conceito de substância que trataremos a seguir.

Substância Química: Um Conceito Fundamental da Química

Substância química é definida pela IUPAC como “Matéria de composição constante melhor caracterizada pelas entidades (moléculas, fórmulas unitárias, átomos) de que é composta. Propriedades físicas tais como densidade, índice de refração, condutividade elétrica, ponto de fusão etc., caracterizam a substância química” (IUPAC, 2014, tradução nossa).

Para atingir maior compreensão acerca do conceito, cabe esclarecer as razões para tal definição: por que a composição da substância é constante? Por que e como as propriedades físicas caracterizam uma substância? Por que e como os constituintes de uma substância caracterizam-na?

A ideia de que o mundo é composto por um conjunto reduzido de materiais simples (elementos) data de milênios antes de nossa era (Arjipsev, 1973). A história da Química (Brock, 2000) mostra que tal noção desenvolveu-se ao longo do tempo relacionada a técnicas laboratoriais de análise (separação) e síntese (combinação) dos materiais, vindo compor o arcabouço conceitual da Química contemporânea. Hoje, empre-

gam-se diversos métodos analíticos na determinação da composição de um material, desde os mais antigos – destilação, filtração, sublimação, cristalização, extração, etc. – até técnicas mais recentes, como a cromatografia e a eletroquímica.

A determinação da composição de um material requer que a análise seja levada até seu limite, ou seja: que o material seja submetido a sucessivas separações até que os produtos não sejam mais separáveis. A impossibilidade de separação do material obtido é interpretada como não havendo mais nada a separar, isto é: o material encontra-se puro, no sentido de ser apenas ele próprio, sem outro material misturado. Esse material puro recebe a denominação de *substância química*.

É importante salientar a relação entre separação e purificação dos materiais. Do ponto de vista da Química, quando submetemos um material a um processo de separação, estamos purificando seus componentes, pois purificar um material significa obtê-lo em separado, isoladamente. A separação dos componentes de um material conduz, no limite, ao isolamento de cada componente em estado puro. Portanto, em primeira aproximação, definimos *substância*

Para atingir maior compreensão acerca do conceito, cabe esclarecer as razões para tal definição: por que a composição da substância é constante? Por que e como as propriedades físicas caracterizam uma substância? Por que e como os constituintes de uma substância caracterizam-na?

como material puro, cuja composição é constante. Sendo assim, *mistura é material impuro*, ou seja: *uma mistura é um material composto por mais de uma substância*.

A compreensão das relações entre o conceito de substância, processo de purificação, pureza química, propriedades físicas e a composição constante pode ser melhor alcançada examinando o exemplo da destilação de uma mistura líquida. Considere uma solução líquida composta por duas substâncias, as quais apresentam diferentes temperaturas de ebulição e diferentes volatilidades. Ao aquecer o material, ambas as substâncias sofrerão vaporização seguida de condensação, e o destilado ainda será uma mistura. Como a quantidade de energia necessária para vaporizar a substância mais volátil é menor, no início da destilação esta vaporizará em maior quantidade que a

outra substância, de modo que as frações iniciais da mistura obtida como destilado terão uma composição mais rica na substância mais volátil que a mistura original. Sucessivas destilações das frações iniciais dos destilados tornarão o líquido obtido cada vez mais rico em relação à substância mais volátil. Quanto maior o número de etapas de separação pelas quais o líquido passar, maior será o seu grau de pureza.

Uma vez que o destilado é mais rico na substância mais volátil, o líquido residual aumenta sua composição na substância menos volátil. Por isso, a quantidade de energia para fazer o líquido entrar em ebulição é cada vez maior e sua temperatura de ebulição vai variando (aumentando) durante a destilação. Desse modo, uma solução líquida na qual a quantidade da substância mais volátil seja maior apresenta uma variação da temperatura de ebulição menor durante a destilação. Assim, à medida que o destilado obtido aumenta sua quantidade na substância mais volátil, sua variação da temperatura de ebulição torna-se cada vez menor, e tende a se reduzir a um valor único após sucessivas destilações, até o ponto em que a temperatura de ebulição se mantém constante.

Ora, se a variação da temperatura de ebulição durante a destilação é característica de uma mistura e da variação de sua composição durante tal processo, a constância da temperatura durante a destilação é interpretada como uma indicação de que o material que está sendo destilado não é mais uma mistura e que apresenta composição constante durante a destilação. Portanto, o material que está sendo destilado a temperatura constante se encontra puro, é uma substância. Desse modo, é possível compreender porque se define substância como material de composição constante e porque uma propriedade física, como a temperatura de ebulição – a temperatura constante na qual a substância destila – é considerada como uma de suas características.

É possível construir raciocínios análogos ao aplicado à destilação com a solidificação e a sublimação, e estabelecer relações entre constância de composição durante uma mudança de fase e temperatura característica na qual o processo

ocorre. Em termos gerais, admite-se que *a composição de uma substância permanece constante durante um processo de purificação*. Este pressuposto constitui um dos fundamentos da Química.

Do ponto de vista da Química, um material é considerado puro quando passa por testes de pureza, ou seja, quando é submetido a tentativas de purificação que não produzem resultados diferentes, a exemplo da constância da temperatura de ebulição citada acima. Uma vez que operações empíricas possuem limitações definidas pelos instrumentos

com as quais são realizadas, conclui-se que a pureza de um material fica determinada pelos limites dos meios de detecção utilizados nas operações de purificação (Schummer, 1998). Técnicas diferentes de separação determinam diferentes padrões de

pureza. Ao longo do tempo ocorreram avanços consideráveis nos métodos de purificar as substâncias, de modo que o que antes era considerado como um material puro pode, hoje, ser caracterizado como uma amostra impura (Schummer, 2002).

A extrapolação desse critério operacional de pureza ao plano ideal conduz ao conceito de substância como um material que passa por processos de purificação que separam completamente todos os componentes da mistura original, sem deixar quaisquer resquícios (Schummer, 1998). Isso nos possibilita compreender as substâncias como uma idealização que representa um modelo químico dos materiais, uma vez que, na prática, não é possível a obtenção de materiais com a garantia de serem 100% puros, em razão do fato que os métodos de separação atuais não são capazes de identificar as partes mais ínfimas constituintes dos materiais.

Quando decomposmos completamente uma mistura obtemos um conjunto de substâncias isoladas que podem ser simples ou compostas. As substâncias que podem ser decompostas por métodos mais energéticos que aqueles empregados na sua separação são consideradas compostas.

Uma vez que os valores das propriedades das substâncias não são exclusivos – duas substâncias podem apresentar mesmo valor de temperatura de ebulição, por exemplo – costuma-se empregar um conjunto de valores de propriedades para caracterizar cada substância.

No período de 1900 a 1950, a forma canônica de caracterização de uma substância consistia em seis tipos de informações: descrição detalhada de sua preparação, purificação e rendimento; análise elementar e fórmula empírica; temperaturas de fusão e de ebulição; cor e forma cristalina; solubilidade em vários solventes; reações tipicamente exemplares (Schummer, 2002). Os manuais de dados químicos atuais (Lide, 2005) identificam cada substância química por: nome; fórmula; massa molar; estado físico; temperaturas de fusão e de ebulição; densidade; índice de refração; solubilidade.

É importante salientar que as propriedades físicas dos materiais dependem da composição e dos valores de outras propriedades às quais estão submetidos. No caso das

Em termos gerais, admite-se que a composição de uma substância permanece constante durante um processo de purificação. Este pressuposto constitui um dos fundamentos da Química.

substâncias, cuja composição é constante, dependem das condições de medição. Por exemplo: o valor da densidade é influenciado pela temperatura da substância; as temperaturas de fusão e de ebulição dependem da pressão, etc. Por isso, ao informar os valores das propriedades que caracterizam as substâncias, é necessário especificar as condições nas quais foram medidas.

A caracterização de uma substância por suas entidades constituintes – moléculas, fórmulas unitárias e átomos – pode ser compreendida por meio do conceito de pureza: se um material é constituído apenas de si, seus constituintes devem ser de um mesmo tipo. Admite-se teoricamente que as entidades constituintes de uma substância não são estáticas, que se encontram em constante movimento, interação e transformação, o que pode originar estruturas e conformações com diferentes estabilidades, sendo predominante aquela que apresentar um nível energético mais baixo. Por exemplo, utilizamos a fórmula química H_2O para representar a substância água. Contudo, isso não significa que teremos apenas moléculas de H_2O na água líquida, pois reconhecemos que também se encontram presentes, em pequenas quantidades, íons H_3O^+ e íons OH^- , devido ao processo de autoionização:



Também se formam agregados moleculares:



Equilíbrios químicos vinculam H_3O^+ , OH^- , $(H_2O)_n$ e H_2O , de modo que, ao definir o valor de uma das espécies químicas, estamos definindo os valores das demais. Por isso, referir-se à molécula H_2O é referir-se implicitamente às espécies iônicas H_3O^+ e OH^- e aos agregados $(H_2O)_n$ em proporções determinadas.

Por uma questão de economia expressiva, apesar da pluralidade de constituintes coexistentes, é usual que a substância seja representada por sua fórmula empírica obtida pela decomposição no processo de análise elementar. Esta é formada pela “justaposição dos símbolos atômicos com subíndices apropriados (inteiros) para dar a fórmula mais simples possível que expresse a composição” (IUPAC, 2005, p. 54). Ao utilizarmos a fórmula empírica para caracterizar uma substância, não queremos significar que esta é constituída por um único tipo de entidade química ou que tal fórmula corresponda ao constituinte predominante, mas sim que este é o modo mais simples de representá-la.

A fórmula empírica designa um dos constituintes, do qual podemos derivar os demais por processos de decomposição e agregação em equilíbrio. A interdependência de todos os constituintes de uma substância possibilita que se comportem

como se fossem apenas um. Desse modo, podemos entender porque as temperaturas de transições de fases são constantes. Quando uma substância muda de fase, separam-se os constituintes que são mais estáveis na fase que está se formando. Então, os equilíbrios químicos atuantes na fase original recompõem os constituintes que passaram para a outra fase. Desse modo, as quantidades dos constituintes da fase original permanecem sempre nas mesmas proporções e as interações entre os constituintes são sempre, em média, da mesma ordem de grandeza. Por isso, a quantidade de energia necessária para separar os constituintes para a outra fase é, também, da mesma ordem de grandeza, o que se reflete numa temperatura de transição constante.

Em vista do exposto, propomos uma conceituação de substância que consideramos mais coerente com nossa argumentação, a qual concilia a definição de substância como material puro caracterizado por propriedades específicas (aspecto macroscópico) e por seus constituintes (aspecto submicroscópico): *substância química é um material puro que apresenta composição constante em transições de fase e propriedades físicas com valores característicos sob condições especificadas, cuja representação é feita por sua fórmula química.* Vale destacar que a substância pode apresentar, em sua composição, constituintes relacionados entre si por equilíbrios químicos.

Partindo da premissa de que os conceitos não se formam isoladamente, mas em relação com outros conceitos, constituindo um sistema, consideramos que, do ponto de vista filosófico e psicológico, compreender a natureza do conceito requer o conhecimento das relações conceituais que compõem o seu sistema (Vigotski, 2009; Hardy-Vallée, 2013). Nesse sentido, para conceituar substância nos remetemos ao conceito de pureza, de material puro, às propriedades físicas, aos constituintes/composição, aos tipos de substâncias (simples ou composta), aos processos de purificação, entre outros. A seguir, apresentamos um mapa conceitual (Figura 1) que expressa a nossa maneira de conceituar a substância do ponto de vista químico e de relacioná-la com os demais conceitos que compõem o seu sistema.

O Conceito de Substância em Livros Didáticos de Química para o Ensino Médio

Foram analisadas as seis coleções constantes do *Guia de Livros Didáticos – Ensino Médio – Química*, as quais foram codificadas como: LD1 (Santos e Mól, 2016), LD2 (Ciscato *et al.*, 2016), LD3 (Novais e Tissoni, 2016), LD4 (Mortimer e Machado, 2016), LD5 (Fonseca, 2017) e LD6 (Lisboa *et al.*, 2016).

Em todas as obras, o conceito de substância é discutido no primeiro volume da coleção, cujo texto foi submetido à análise com base em quatro critérios extraídos da nossa discussão

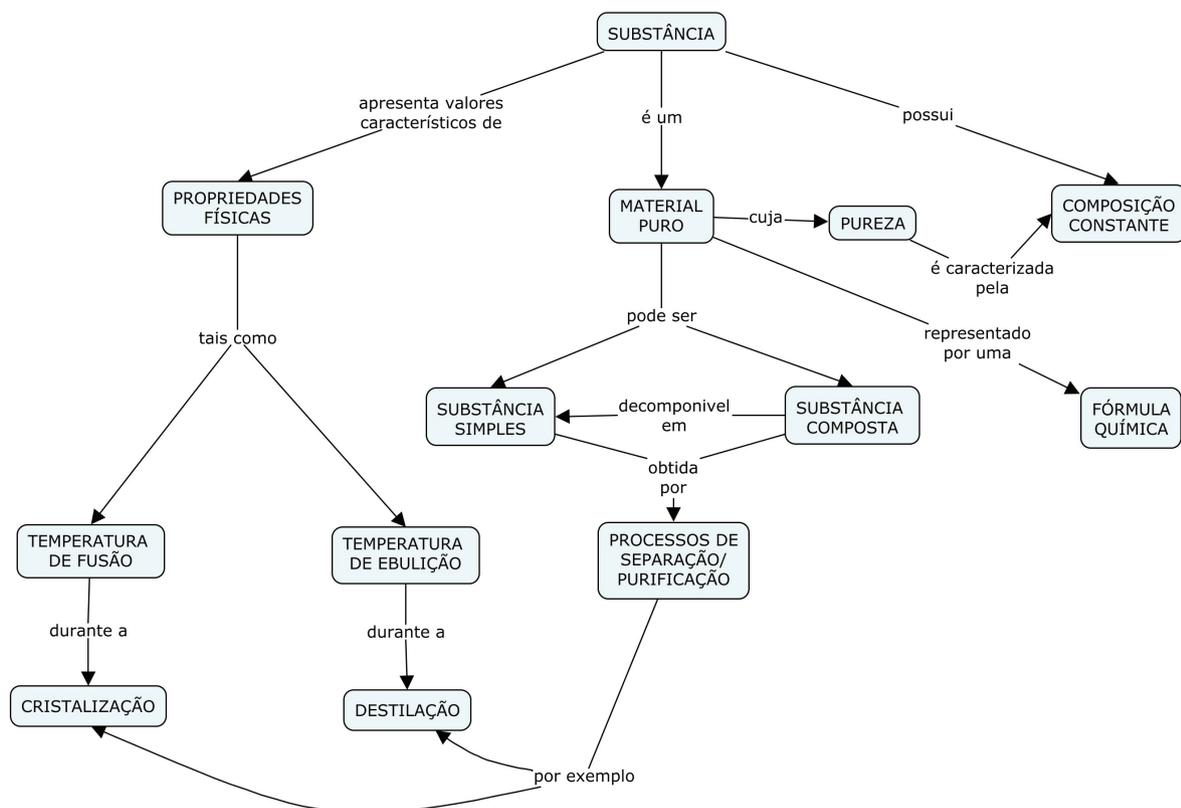


Figura 1: Um mapa conceitual para o conceito químico de substância. Fonte: os autores.

acerca do conceito de substância: (i) Como o conceito de substância é introduzido no texto, ou seja: qual o modo de apresentá-lo ao estudante? (ii) Substância como material puro e o conceito químico de pureza; (iii) Caracterização de uma substância por suas propriedades; (iv) Caracterização de uma substância por seus constituintes.

A análise dos capítulos iniciais do primeiro volume de todas as coleções revela que é dada maior ênfase ao conceito de *material* (ou *matéria*) nesses textos. O conceito de substância desempenha um papel bem menor nas exposições, de modo que não se configura como um conceito estruturador do pensamento químico que se deseja ensinar. Tais capítulos discutem o que é Química, propriedades dos materiais, separação e purificação de materiais, sendo adequados para a introdução do conceito de substância. Excetuando-se o LD6, as demais obras introduzem o termo *substância* sem conceito explícito e de modo disperso. Em alguns trechos, substância e material aparecem juntos, sugerindo uma aproximação conceitual; em outros, encontram-se separados, criando um distanciamento semântico. De modo geral, não fica clara a necessidade de emprego do conceito de substância em determinados contextos, deixando a desejar esclarecimentos acerca da distinção entre os conceitos de substância e material.

Em lugar do termo substância, são empregadas expressões como: material, produto, componente, ou os nomes de substâncias (água, álcool, açúcar, sal, etc.) e misturas (gasolina, vinho, etc.).

No LD6, o termo substância é introduzido no primeiro capítulo, dentro de um conjunto de conceitos dicionarizados para o termo matéria, p. ex.: matéria é “a substância de

que os corpos são formados”; “qualquer substância sólida, líquida ou gasosa que ocupa lugar no espaço” (Lisboa *et al.*, 2016, p. 11). Portanto, o leitor parte do conhecimento de que substância é matéria e é plural. Entretanto, tal definição não é empregada no texto, de modo que, como nos demais livros, o conceito dominante nos trechos iniciais da obra é material ou matéria.

A pouca importância dada à substância nos trechos iniciais dos livros, a ausência de conceituação química explícita e a dispersão do seu emprego não contribuem para a aprendizagem do seu conceito. Como não há uma chamada à atenção do leitor (um grifo do termo, por exemplo), a introdução do conceito de substância pode, inclusive, passar despercebida. O fato mais grave é que a substância é introduzida de modo secundário, o que minimiza seu papel como um conceito fundamental da Química.

Quatro dos seis livros analisados apresentam conceitos explícitos de substância em algum trecho:

LD1: “Em alguns materiais, as propriedades físicas são constantes; em outros, não. [...] Somente têm propriedades específicas definidas os materiais puros, ou seja, formados por um mesmo tipo de constituinte. Esses materiais puros são denominados **substâncias**” (Santos e Mól, 2016, p. 34, grifo dos autores).

LD2: “Quando um material constituído apenas por um componente apresenta densidade, temperatura de fusão, temperatura de ebulição e solubilidade definidas ele é classificado como uma **substância**. São essas propriedades específicas que permitem identificá-la” (Ciscato *et al.*, 2016, p. 60, grifo dos autores).

LD6: “**Substância química** (ou apenas **substância**) é um material que apresenta um conjunto de propriedades bem definido e constante e tem composição fixa, independentemente da origem ou forma de obtenção” (Lisboa *et al.*, 2016, p. 41, grifo dos autores).

LD5: “Um material qualquer é considerado uma **substância** quando observamos que suas propriedades químicas, de grupo e físicas, como densidade, solubilidade e temperatura de fusão e de ebulição apresentam valores que praticamente não variam de uma amostra para outra, quando medidos nas mesmas condições de temperatura” (Fonseca, 2017, p. 48, grifo da autora).

Nota-se que os critérios de conceituação variam de livro para livro. O critério comum é a definição (ou constância) dos valores de propriedades físicas do material. Devemos notar que as misturas também possuem propriedades físicas bem definidas: se medirmos a densidade ou a solubilidade de várias amostras da mesma mistura e em condições idênticas, os valores se repetirão. No caso das temperaturas de mudança de fase, as faixas de variação dos valores se repetirão. Então, a definição de valores de propriedades físicas não é um critério adequado para conceituar substância, embora seja empregado para caracterizar uma substância.

O que distingue substância de mistura, em termos de propriedades físicas, é o modo como a temperatura se comporta durante as mudanças de fase: substâncias mudam de fase com temperatura constante; misturas mudam de fase com temperatura variável.¹ De fato, todos os livros (inclusive LD3 e LD4) utilizam tal critério de distinção, apresentado por meio de curvas de aquecimento ou resfriamento de substâncias e misturas. Porém, o fato é apenas constatado e nunca explicado.

O emprego de um conjunto de propriedades físicas para caracterizar uma substância se deve ao fato de que pode haver coincidência dos valores de algumas delas, mas não de todas, conforme verificado na longa prática de manuseio e identificação dos materiais. Nem sempre isso é claro nos livros analisados.

Outro critério aplicado na conceituação de substância foi a composição fixa (LD6), ao qual está faltando acrescentar que a fixidez (ou constância, segundo a IUPAC) ocorre durante as mudanças de fase. Tal complemento é importante porque toda mistura também tem composição fixa (ou constante) quando se encontra em equilíbrio. Porém, quando submetidas às transições de fase, as misturas mudam de composição, ao passo que as substâncias a conservam. *O pressuposto de que as substâncias se conservam durante as mudanças de fase é fundamental para a Química.*

Devido à conservação da substância durante as mudanças de fase, conforme mencionamos acima, consideramos o critério de pureza química indispensável para a compreensão do significado de substância como material puro. Entretanto, a pureza foi empregada na conceituação de substância apenas pelo LD1, o qual, em outro trecho do livro, realiza uma discussão considerando o senso comum da pureza e a relatividade desse conceito conforme o contexto, para concluir

que “[...] o conceito de substância é um conceito ideal. É possível obter graus de pureza maiores do que 99,99%, mas nunca teremos 100% de pureza” (Santos e Mól, 2016, p. 49).

Efetivamente, a caracterização da substância como material puro deixa a desejar nos outros cinco livros didáticos. De modo geral, a qualidade de pureza das substâncias é introduzida sem explicação do seu significado químico, vinculada à constância das temperaturas nas suas transições de fases – fusão e ebulição – em oposição às misturas, cujas temperaturas variam durante tais processos.

O terceiro critério de conceituação de substância empregado foi a composição por um único tipo de constituinte (LD1). Verificamos que o conceito de constituinte vai ser apresentado no texto 60 páginas adiante da definição de substância, deixando-a vaga, portanto.

O LD2 conceitua substância como constituída por apenas um componente. Este termo já havia sido empregado anteriormente no texto no sentido usual de material que entra na composição de outro material {p. ex.: “[...] Lavoisier denominou esse componente do ar atmosférico como gás oxigênio” (Ciscato *et al.*, 2016, p. 27)}. Dado o amplo significado do termo, a conceituação de substância permanece vaga.

A constituição da matéria é discutida, em quatro dos seis livros analisados, a partir do modelo atômico de Dalton. O LD1 e LD4 desenvolvem a noção de partícula material antes de introduzir o modelo atômico.

Sentimos falta da discussão da relação entre constituição e pureza material em todos os livros analisados. Como discutimos no caso da água, acima, supor que um material puro seja formado por um único constituinte é um equívoco. O mesmo se dá com outros materiais que se dissociam ou formam agregados, bem como com as redes covalentes e iônicas.

Também não localizamos, nos livros didáticos, explicações acerca da constância das temperaturas de mudança de fase com base nas interações dos constituintes de uma substância. Contudo, todos os textos trazem seções acerca de interações moleculares.

Considerações Finais

Em nosso entender, nenhum dos livros didáticos apresenta o conceito de substância de modo totalmente satisfatório e completo.

A pureza não foi empregada como um critério fundamental na conceituação da substância, dificultando sua distinção da mistura enquanto tipos de materiais puro e impuro. Decorre dessa ausência a falta de discussão clara acerca de como os métodos de separação de misturas chegam ao material puro. Nesse sentido, os métodos de separação não são reconhecidos como métodos de purificação dos materiais, ou seja, como processos de obtenção das substâncias. As explicações relativas à purificação por destilação fracionada e cristalização fracionada são superficiais e obscuras.

O critério preponderante nos livros analisados – a definição de valores de propriedades físicas – contém equívocos, conforme demonstramos acima. Ademais, trata-se um critério totalmente empírico, apresentado sem um suporte teórico que o explique.

A discussão acerca dos constituintes de uma substância também deixa a desejar quanto à articulação entre a pureza e a constância das temperaturas de transições de fases. A compreensão da complexidade do conceito de substância passa pela explicação teórica da pureza e das mudanças de fases em termos dos constituintes materiais e suas interações.

Sugerimos que o ensino de Química possa ser aprimorado nos livros didáticos na medida em que o conceito de substância química for admitido como fundamental na Química. Material pode ser aceito como o conceito dominante no cotidiano dos estudantes; porém, se quisermos que vejam e compreendam o mundo do ponto de vista da Química, teremos de discutir os materiais em termos de substâncias, como os químicos fazem há mais de dois séculos.

Em segundo lugar, há que se considerar a característica fundamental da substância: a pureza química. Para tanto, faz-se necessário explicar como se alcança a pureza por métodos de separação, estabelecendo a relação entre separação e purificação. O ensino desse aspecto pode ser desenvolvido com o auxílio de experiências de laboratório, numa abordagem empírica da substância. Aqui, o princípio fundamental é a ideia teórica, sustentada experimentalmente, de conservação da substância durante as transições de fases. Esse ponto não pode ser completamente abordado no início do ensino, pois requer o conhecimento das transições de fases de soluções.

Após trabalhar o método de separação/purificação como um processo de obtenção das substâncias, haverá a

necessidade de uma articulação entre os aspectos empíricos e os aspectos teóricos do material e, nesse sentido, será necessário explicar a pureza e a constância da temperatura nas transições de fases com base nos constituintes. Então, o conceito de substância precisará ser retomado quando da introdução de modelos atômico-moleculares para os constituintes dos materiais. Com base nos constituintes será possível explicar a pureza da substância e a constância da temperatura durante as transições de fases, consolidando um conceito mais completo.

Nota

¹As denominadas misturas eutéticas e azeotrópicas, que fundem e entram em ebulição a temperatura constante, respectivamente, são exceções. Sua discussão, entretanto, foge ao escopo deste trabalho.

Renata Rosa Dotto Bellas (renatarosadotto@hotmail.com) é licenciada em Química pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), mestre e doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências pelas UFBA/Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Atualmente é professora do Departamento de Ciências Exatas e da Terra da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Campus I. Salvador, BA – BR. **Indman Ruana Lima Queiroz** (indmam_ruana@hotmail.com) é licenciada em Química e mestre em Educação em Ciências pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) e doutoranda em Ensino, Filosofia e História das Ciências pelas UFBA/UEFS. Atualmente é professora do Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas (DCET) da UESC. Ilhéus, BA – BR. **Luiza Renata Felix de Carvalho Lima** (luiza_renata_felix@hotmail.com) é licenciada em Química e mestre em Educação em Ciências pela UESC, e doutoranda em Ensino, Filosofia e História das Ciências pelas UFBA/UEFS. Ilhéus, BA – BR. **José Luis de Paula Barros Silva** (joseluis@ufba.br) é bacharel em Química, mestre em Física e doutor em Química pela UFBA. Atualmente é professor do Instituto de Química da UFBA, Campus de Ondina. Salvador, BA – BR.

Referências

ARJIPSEV, F. T. *A matéria como categoria filosófica*. Lisboa: Estampa, 1973.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2002.

BELLAS, R. R. D. *Conceitos de substância atribuídos por licenciandos em química: uma análise histórico-cultural*. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador/Feira de Santana, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Orientações curriculares para o ensino médio, v. 2 – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC, 2006.

BROCK, W. H. *The chemical tree: a history of chemistry*. New York: W. W. Norton, 2000.

CISCATO, C. A. M.; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E. e PROTI, P. B. *Química*. São Paulo: Moderna, 2016.

FONSECA, M. R. M. *Química: ensino médio*. 2ª ed. São Paulo: Ática, 2017.

HARDY-VALLÉE, B. *O que é um conceito?* São Paulo: Parábola, 2013.

IUPAC. *Compendium of chemical terminology (gold book)*. Version 2.3.3, 2014-02-24. Disponível em <https://goldbook.iupac.org/html/C/C01039.html>, acessada em Fevereiro 2019.

_____. *Nomenclature of inorganic chemistry*. Cambridge:

IUPAC/RSC, 2005. Disponível em https://old.iupac.org/publications/books/rbook/Red_Book_2005.pdf, acessada em Fevereiro 2019.

JOHNSON, P. Children's understanding of substances, part 1: recognizing chemical change. *International Journal of Science Education*, v. 22, n. 7, p. 719-737, 2000.

LIDE, D. R. (Ed.) *CRC handbook of chemistry and physics*. Boca Raton: CRC Press, 2005.

LIMA, M. E. C. C. e BARBOZA, L. C. Ideias estruturadoras do pensamento químico: uma contribuição ao debate. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 39-43, 2005.

LISBOA, J. C. F.; BRUNI, A. T.; NERY, A. L. P.; BIANCO, A. A. G.; RODRIGUES, H.; SANTINA, K.; LIEGEL, R. M. e AOKI, V. L. M. *Ser protagonista: química*. 3ª ed. São Paulo: SM, 2016.

MORTIMER, E. F. e MACHADO, A. H. *Química: ensino médio*. 3ª ed. São Paulo: Scipione, 2016.

NOVAIS, V. L. D. e TISSONI, M. T. *Vivá: química*. Curitiba: Positivo, 2016.

SANTOS, W. L. P. e MÓL, G. S. *Química cidadã*. 3ª ed. São Paulo: AJS, 2016.

SCHUMMER, J. The chemical core of chemistry I. *HYLE – An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, v. 4, n. 2, p. 129-162, 1998.

_____. The impact of instrumentation on chemical species

identity from chemical substances to molecular species. In: MORRIS, P. J. T. (Ed.). *From classical to modern chemistry*. London: The Royal Society of Chemistry, 2002. p. 188-211.

SILVA, J. L. P. B.; MORADILLO, E. F.; CUNHA, M. B. M.; DOTTO, R. R. e DOURADO, P. V. A composição no ensino de química. In: *Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, SC, 2007.

TAVARES, L. e ROGADO, J. A história das ciências e os seus fundamentos históricos, epistemológicos e culturais no livro didático de química: o conceito de substância. In: *Anais do XIII Congresso de Iniciação Científica da Unimep*, v. 1. Piracicaba: Unimep, 2005.

VIGOTSKI, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. 2a ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.

Para Saber Mais

SILVA, J. R. R. T. *Substância química: a história de um devir*. Curitiba: Appris, 2017.

_____ e AMARAL, E. M. R. Concepções sobre substância: relações entre contextos de origem e possíveis atribuições de sentidos. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 1, p. 70-78, 2016.

OLIVEIRA, R. J. O mito da substância. *Química Nova na Escola*, n. 1, p. 8-11, 1995.

Abstract: *The Concept of Chemical Substance and Its Teaching*. This article discusses the concept of chemical substance as pure material that has constant composition during phase transitions, physical properties with characteristic values under specified conditions and is represented by its chemical formula. Based on this conceptualization, we analyzed its approach in collections of secondary school Chemistry textbooks approved by the National Program of Textbooks – PNLD 2018. We concluded that none of the analyzed textbooks teaches the concept of chemical substance in a complete and wholly satisfactory way. In view of these results, we present suggestions for teaching improvement.

Keywords: chemical substance, chemistry teaching, teaching and learning of chemical concepts