



Um Plano de Ensino para MOL

Ilza Mara Barros Lourenço e Maria Eunice Ribeiro Marcondes

Este artigo relata uma série de atividades planejadas para levar a uma aprendizagem significativa do conceito de mol como unidade de quantidade de matéria e propiciar aos estudantes oportunidades de fazerem uso desse conceito no estudo quantitativo das transformações químicas, através do emprego de raciocínio proporcional e não simplesmente de algoritmos. Para facilitar o entendimento desse conceito, foi estruturado um plano de ensino na linha de um ciclo de aprendizagem de orientação piagetiana, constituído pelas fases de exploração, invenção e aplicação. Assim, o entendimento conceitual pode ser atingido a partir do estabelecimento de relações com experiências concretas.

► mol, ciclo de aprendizagem, relações proporcionais ◀

Recebido em 22/8/02, aceito em 22/9/03

22

O conceito de mol, introduzido por Ostwald em 1900, foi inicialmente associado à unidade individual de massa, devido ao seu ceticismo inicial em relação à teoria atômico-molecular. Ostwald definiu mol como o “peso normal ou molecular de uma substância expresso em gramas” (Furió *et al.*, 1999 e 2000). A definição atual de mol como uma unidade de base do SI para a grandeza quantidade de matéria foi introduzida em 1971 (Rocha-Filho e Silva, 1991). Tais mudanças, ao longo da história, nem sempre foram incorporadas com clareza no ensino-aprendizagem desse conteúdo.

Ao exercer a prática pedagógica para o ensino do conceito de mol, percebemos que muitas vezes as atividades planejadas não levam ao entendimento de mol como uma unidade de medida da grandeza quantidade de matéria. Assim, os estudantes podem apresentar concepções no sentido da compreensão de mol como uma unidade de massa e demonstrar não estabelecer diferenças conceituais entre mol e massa molar. Também, quando se analisam materiais didáticos, verifica-se que muitos deles, embora formalmente apresentem mol na forma conceitual correta,

estão estruturados com atividades que reforçam o entendimento dessa unidade como massa atômica ou molecular expressa em gramas.

Compreender o conceito de mol se faz necessário porque permite a tradução de um mundo invisível para a realidade cotidiana, possibilitando o entendimento das relações quantitativas existentes, em termos microscópicos, entre as substâncias envolvidas numa transformação química. Diante disso, decidimos repensar nossa atuação em sala de aula, sentindo a necessidade de desenvolver um plano de ensino com o objetivo de facilitar a aprendizagem desse conceito.

Em relação às concepções alternativas que os estudantes apresentam sobre o conceito de mol, uma pesquisa feita por Duncan e Johnstone (1973) mostrou que um número significativo de alunos acreditava que as substâncias sempre reagem numa proporção molar 1:1, desconsiderando as relações estequiométricas presentes numa transformação química. Verificaram também que muitos alunos apresentavam dificuldades no emprego de raciocínio proporcional, no

balanceamento de equações, e demonstravam falta de entendimento relativo à concentração das soluções expressa em mol/L.

Foi verificado também que os alunos das séries iniciais do Ensino Médio, freqüentemente, definem mol como unidade de massa e não de quantidade de matéria. Alguns estudantes

universitários também apresentam essa concepção (Garcia *et al.*, 1990). Também, o conceito de mol é entendido por muitos

estudantes e até professores como número de partículas elementares (Staver e Lump, 1995; Furió *et al.*, 2000). Em nossa prática docente percebemos que os nossos alunos apresentam idéias semelhantes às citadas.

Levando em consideração esses estudos e nossa própria vivência no ensino, decidimos planejar atividades que pudessem levar a uma aprendizagem significativa do conceito de mol como unidade de quantidade de matéria e que pudessem propiciar aos estudantes oportunidades de fazerem uso desse conceito no estudo quantitativo das transformações químicas, através do emprego de raciocínio proporcional e não simplesmente de

O mol deve ser entendido como uma unidade de medida da grandeza quantidade de matéria

algoritmos.

Dessa forma, estruturamos nosso plano de ensino na linha de um ciclo de aprendizagem de orientação piagetiana, constituído de três fases: exploração, invenção e aplicação (Schlenker e Perry, 1983). A fase de exploração tem como finalidade familiarizar o estudante com idéias e fenômenos relativos ao conceito a ser aprendido através de atividades exploratórias. À exploração, segue-se uma fase de invenção, na qual as idéias a serem aprendidas são introduzidas e seus atributos específicos são testados. Em seguida, os estudantes, numa tentativa de consolidar e elaborar as idéias, fazem uso de uma variedade de aplicações. Essa abordagem contribui para que o estudante, ao partir do concreto, possa chegar ao entendimento conceitual.

As atividades foram planejadas visando a criação de categorias e o controle de suas variáveis, quando se adiciona ou se subtrai o mesmo número de objetos ou partículas em cada uma; a identificação de uma alteração proporcional entre duas variáveis; a aplicação de regras criadas ou derivadas nas atividades de exploração e de invenção; a transferência do aprendizado obtido no ambiente artificial para a resolução de problemas concretos; a tradução de uma equação química, em termos de partículas, de massas etc., mantendo a proporção de seus componentes; e o estabelecimento de relações estequiométricas entre os componentes de uma reação que se encontram na forma de solução.

Abordagem desenvolvida

Nosso trabalho, com alunos de duas turmas de 1ª série do Ensino Médio, foi iniciado por meio de uma sondagem para conhecer de que forma eles faziam a leitura de uma equação química, quais eram seus conceitos de átomo, molécula, substância, transformação química e de solução. Percebemos que alguns alunos apresentavam conceitos que poderiam

dificultar o entendimento das idéias relacionadas a mol. Assim, por exemplo, ao perguntar como leriam a equação $H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$, foram obtidas respostas como: “ácido sulfúrico mais hidróxido de sódio resulta em uma partícula de sal mais duas partículas de água”. Os alunos não mencionavam corretamente a relação proporcional entre os componentes da equação. Assim, percebemos a necessidade de trabalhar inicialmente, com o aluno, o significado da equação química do ponto de vista da sua leitura. Foi utilizado, para tal, um conjunto de atividades (GEPEQ, 1999).

O trabalho foi desenvolvido em seis aulas, de 90 minutos cada uma. Algumas das atividades foram realizadas em grupos de três ou quatro alunos e outras individualmente. Nestas últimas, os alunos podiam trocar idéias entre eles.

Na fase exploratória, foram propostas atividades para que os alunos investigassem relações entre massa e número de objetos. Na primeira aula, os grupos receberam uma balança (com precisão de uma casa decimal), centenas de rebites de alumínio e de aço de mesmo tamanho, centenas de arruelas de alumínio e de aço de mesmo tamanho, e béqueres de 100 mL. Os alunos deveriam agrupar os objetos

recebidos em possíveis categorias. Deveriam avaliar as variáveis que foram mantidas fixas, nas diferentes categorias. Num segundo momento, fazendo uso da balança, deveriam

criar novas categorias e descrever os procedimentos utilizados nesse processo.

O fechamento dessa atividade exploratória foi a descrição, por parte de cada grupo, das várias categorias criadas, com a indicação das variáveis comuns entre os diferentes grupos de objetos. Por exemplo, na categoria arruelas de alumínio, os alunos indicaram que os objetos têm em comum massa, formato, material, tamanho, espessura e densidade. Entre as categorias arruelas de alumínio e arruelas de aço as variáveis comuns foram formato,

tamanho e espessura. Entre as categorias rebites de alumínio e arruelas de alumínio há como variável comum mesmo material e, em consequência disso, mesma densidade. Entre as categorias arruelas de aço e rebites de alumínio não há variáveis em comum. Houve uma discussão entre os grupos, que os levou à conclusão de que a natureza metálica do material poderia ser uma variável comum a todas as categorias, o que poderia resultar em uma nova categoria. Fazendo uso de balança, um grupo afirmou que: “a massa de cinco gramas corresponde a 15 arruelas de alumínio, 6 arruelas de aço, 2 rebites de aço”... e concluiu “graças a esse experimento, podemos afirmar que o aço é mais denso que o alumínio, pois podemos saber a massa de cada objeto, mas vale acrescentar que sendo a medida inicial (5 g) muito pequena, os resultados obtidos são imprecisos (aproximados)”.

Com todo o material disponível na primeira atividade e mais o uso de papel milimetrado, na segunda aula os alunos deveriam criar experimentos, especificando as ferramentas matemáticas de medidas e gráficos que deveriam usar, para investigar uma relação proporcional entre a massa e o número de objetos. Não houve direcionamento da professora, tendo sido aceitas e discutidas as soluções propostas pelos alunos.

Ao tratar de relações proporcionais, essa atividade procura dar subsídios para o aluno entender as relações estequiométricas numa transformação química e não simplesmente reduzir essa questão ao emprego de uma regra de três. O fechamento dessa aula ocorreu com a descrição, por parte de cada grupo, de seus experimentos, cálculos utilizados e demonstração das representações gráficas.

Alguns estudantes pesaram grupos fixos de objetos, por exemplo, três rebites de alumínio de cada vez, e traçaram o gráfico com número de objetos em função da massa acumulada; assim, 3, 6 e 9 rebites corresponderam a 6 g, 12 g e 18 g. Outros pesaram cinco arruelas e por regra de três calcularam a massa de 10, 15 e 20 arruelas. Houve grupos que pesaram objetos de um em um. As

escalas escolhidas no papel milimetrado também foram variadas. Alguns alunos traçaram um gráfico, outros traçaram quatro gráficos, um para cada tipo de material.

Na terceira aula, fase de invenção (introdução de conceitos), os alunos deveriam fazer uma estimativa do número de átomos em amostras de mesma massa de alguns materiais, tais como carbono grafito, enxofre e limalha de ferro. Essa atividade foi facilitada pelo desenvolvimento das atividades anteriores, quando foram criadas categorias de objetos e

várias relações proporcionais entre elas (nível macroscópico). Com a mesma linha de raciocínio proporcional, procurou-se estabelecer uma relação entre número de átomos e massa (nível microscópico). Para se estabelecer uma ponte entre os dois níveis, foi utilizado um texto que apresentava o conceito da unidade de massa atômica (símbolo u) como sendo exatamente igual a $1/12$ da massa do nuclídeo carbono-12, e o de mol como quantidade de matéria relacionada a 12 g do nuclídeo carbono-12 (massa esta que contém um número de átomos conhecido como número de Avogadro - N_A) (Rocha-Filho e Silva, 1991). Esses conceitos foram sucedidos por exemplos aplicativos com outros elementos químicos em relação ao nuclídeo carbono-12.

Logo após, foi introduzido o conceito de massa molecular e o conceito de massa molar (M) como massa de substância por unidade de quantidade de matéria. Para se obter os valores de massas molares, basta associar a unidade g/mol aos respectivos valores de massas atômicas relativas ou de massas moleculares relativas. Isto é possível porque o número de entidades em um mol é igual ao número de unidades de massa atômica em 1 g (Silva e Rocha-Filho, 1995). O texto apresentava também exemplos aplicativos para várias substâncias e uma tabela de massas atômicas.

Após a leitura, houve uma discussão do texto. A professora ia formulando

questões para que, a partir das respostas, as idéias dos alunos emergissem e pudessem ser discutidas e aclaradas. A professora procurou sintetizar algumas idéias sobre os conceitos tratados. Alguns alunos, na tentativa de solucionar o problema proposto inicialmente, relacionaram a massa de um átomo com a massa de um mol de átomos e então estabeleceram

De modo geral, os alunos solucionaram a questão sobre volumetria estabelecendo a relação proporcional entre as quantidades de matéria das substâncias reagentes

relações com a massa da amostra em questão. A despeito de as massas das diferentes substâncias terem sido as mesmas, nenhum aluno considerou que possuíam o mesmo número total de átomos.

Na quarta aula a atividade foi planejada para que os alunos demonstrassem como compreendiam o assunto. Foi solicitada a leitura espontânea da equação que representa a reação entre nitrogênio e hidrogênio para formar amônia. Para enfatizar que as relações proporcionais entre os componentes de uma reação são constantes, os estudantes ainda deveriam fazer diferentes leituras: com o uso da unidade mol, em termos de quantidade de partículas e com a massa proporcional de cada substância. Nesse processo, houve interação entre os alunos. A professora acompanhava as discussões, interferindo quando considerava que os alunos não percebiam seus erros conceituais, como foi o caso para a confusão que alguns faziam entre massa molecular e massa molar, de forma a contrapor alguma idéia e a dar alguma explicação que facilitasse o raciocínio.

Procurando aplicar os conceitos relativos à unidade mol em outras situações, e considerando que muitas reações ocorrem com reagentes em solução, na quinta aula as atividades foram iniciadas com um problema: os alunos foram convidados a calcular o volume de uma solução de NaOH 1,0 mol/L necessário para reagir estequiometricamente com 100 mL de uma solução de CuSO_4 1,0 mol/L. Para isso, receberam um texto que apresentava o conceito de solução e as maneiras mais comuns de expres-

sar concentração. Os trabalhos foram conduzidos com discussão em grupo. Alguns grupos demonstraram autonomia na resolução do problema; outros, entretanto, foram auxiliados pela professora no entendimento de alguns conceitos abordados no texto, de tal forma que pudessem resolver a questão. Dessa maneira, idéias sobre concentração de solução foram introduzidas para resolver um problema concreto.

De modo geral, os alunos solucionaram a questão estabelecendo a relação proporcional entre as quantidades de matéria das substâncias reagentes. Fizeram o balanceamento da equação correspondente, calcularam as quantidades de matéria de acordo com a relação proporcional e estimaram o volume de solução de hidróxido de sódio necessário para a reação. Logo após, foi solicitado que previssem a massa do precipitado obtido, sendo que a maioria conseguiu fazê-lo corretamente.

Na aula seguinte foram discutidos os resultados obtidos, bem como os procedimentos que utilizaram para chegar a tais resultados. Outros problemas foram lançados com outros reagentes, porém com soluções de mesmas concentrações.

Avaliação

Após o desenvolvimento das atividades, os alunos participaram de uma avaliação com quatro questões subjetivas, através das quais procuramos verificar se consideraram que as atividades realizadas haviam contribuído para o seu aprendizado, quais achavam mais estimulantes e as que seriam imprescindíveis para o processo, justificando as razões das escolhas. Pedimos também que julgassem se as atividades foram suficientes para o seu aprendizado e que dessem sugestões de outras que viessem a contribuir para o entendimento do conceito de mol e suas implicações. Como quinta questão, foi apresentado um problema com seis itens, que envolviam o estabelecimento de uma série de relações quantitativas, tanto em nível macroscópico quanto no microscópico, para uma dada transformação química. Foram solicitados: a) cálculo de volume de

uma solução de determinado reagente; b) e c) cálculo de quantidade de matéria; d) cálculo da massa de um precipitado obtido; e) cálculo do número de partículas de um sal e de seus íons para uma determinada quantidade de matéria; e f) cálculo e comparação da quantidade de matéria em duas amostras de diferentes substâncias, em relação a uma mesma massa. Isto possibilitou avaliar o quanto os estudantes estariam entendendo o conceito de mol e outros a ele associados. Após algumas semanas, foram aplicadas outras duas questões: uma abordava a previsão de quantidades numa transformação química, a partir de reagentes em soluções de concentrações diferentes; a outra, mais simples, exigia o reconhecimento da proporção molar dos reagentes e produtos numa transformação química. As questões eram novas para os alunos e permitiram a eles estabelecer as diversas linhas de raciocínio.

Resultados e considerações

Auxiliar os alunos a conceituar mol como unidade de quantidade de matéria sempre constitui um grande desafio; daí a necessidade de um plano de ensino com atividades concretas. Para o plano aqui apresentado, conside-

ramos que a atividade exploratória inicial, além de ter sido imprescindível para dar suporte às demais, foi desencadeadora de motivação para todo o ciclo de atividades. O processo foi muito dinâmico. Os alunos demonstraram grande entusiasmo nas atividades com uso de balança, o que foi confirmado pela escolha por 60% dos estudantes como as mais estimulantes. Um número significativo de alunos (50% em ambas as classes) considerou a 3ª e a 5ª atividade imprescindíveis para o aprendizado. Vale salientar que a 3ª atividade oferecia trabalho com balança e, paralelamente, muitas informações conceituais sobre mol e suas relações, e a 5ª atividade tratava de soluções e de suas concentrações, o que auxiliaria na resolução das questões dessa atividade. Cerca de 30% dos alunos consideraram todas as atividades como imprescindíveis para o aprendizado, sendo que apenas 10% não apontaram nenhuma atividade como imprescindível.

Com relação à aprendizagem dos conceitos, verificou-se que cerca de 90% dos alunos da 1ª série B e 65% dos alunos da 1ª série A não tiveram dificuldade em relacionar massa ou volume de solução com quantidade de matéria em cinco itens do problema

proposto. A maior dificuldade foi relacionar número de íons e quantidade de matéria (item d), verificando-se um decréscimo no número de acertos, cerca de 65% na 1ª série B e 50% na 1ª série A.

Chama a atenção que os melhores resultados foram atingidos pelos estudantes da 1ª série B, o que revela coerência em relação à maior motivação e participação desses alunos durante o processo.

As idéias a respeito de soluções foram iniciadas, podendo servir de subsídio para um maior aprofundamento, considerando as relações proporcionais entre os componentes de uma reação, em soluções de diferentes concentrações.

As respostas dadas às questões revelaram que a maioria dos alunos estabelecia um raciocínio proporcional, fazendo relações tanto em nível macroscópico, quanto microscópico, entre quantidades de reagentes e produtos de uma transformação química.

Ilza Mara Barros Lourenço (ilzamara@terra.com.br), química industrial pela UFSM, mestranda em Ensino de Química pela USP, é professora dos colégios do Sistema Vicentino de Educação em Jundiá. **Maria Eunice Ribeiro Marcondes** (mermarco@iq.usp.br), bacharel e licenciada em Química e doutora em Ciências pela USP, é docente do Instituto de Química da USP.

Referências bibliográficas

DUNCAN, I.M. e JOHNSTONE, A.H. The mole concept. *Education in Chemistry*, v. 10, n. 6, p. 213-214, 1973.

FURIÓ, C.; AZCONA, R. e GUIASOLA, J. Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, p. 359-376, 1999.

FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. e RATCLIFFE, M. Difficulties in teaching the concepts of amount of substance and mole. *International Journal of Science Education*, v. 22, p. 1285-1304, 2000.

GARCIA, J.P.; PIZARRO, A.M. e PERERA, F. Ideas de los alumnos acerca del mol. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, p. 111-118, 1990.

GEPEQ. Interações e transformações I

- Elaborando conceitos sobre transformações químicas. Em: *Módulo II: em busca de explicações para as transformações*. PITOMBO, L.R.M. e MARCONDES, M.E.R. (Coords.). 5ª ed. São Paulo: Edusp, 1999. p. 117-130.

ROCHA-FILHO, R.C. e SILVA, R.R. da. Sobre o uso correto de certas grandezas em Química. *Química Nova*, v. 14, p. 300-305, 1991.

SCHLENKER, R.M. e PERRY, C.M. The molar concept, a piagetian - oriented learning cycle". *Journal of College Science Teaching*, v. 12, p. 431-434, 1983.

SILVA, R.R. da e ROCHA-FILHO, R.C. Mol – uma nova terminologia. *Química Nova na Escola*, n. 1, p. 12-14, 1995.

STAVER, J.R. e LUMP, A.T. Two investigations of students' understanding of the mole concept and its use in problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 32, p. 177-193, 1995.

Para saber mais

FREEMAN, R.D. SI for chemists: persistent problems, solid solutions. *Journal of Chemical Education*, v. 80, p. 16-20, 2003.

LA TAILLE, Y.J.J.M.R. de. O erro na perspectiva piagetiana. In: *Erro e fracasso na escola – Alternativas teóricas e práticas*. AQUINO, J.G. (Org.). São Paulo: Summus, 1997. p. 25-44.

LIBBY, R.D. Piaget and organic chemistry – Teaching introductory organic chemistry through learning cycles. *Journal of Chemical Education*, v. 73, p. 626-631, 1995.

MUSHENO, B.V. e LAWSON, A.E. Effects of learning cycle and traditional text on comprehension of science concepts by students at differing reasoning levels. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 36, p. 23-37, 1999.

Abstract: A Teaching Plan for Mole – This article describes a series of activities planned to lead to a significant learning of the concept of mole as a unit of amount of substance and to provide opportunities to the students to make use of this concept in the quantitative study of chemical transformations, through the use of proportional reasoning and not simply algorithms. To facilitate the understanding of this concept, a teaching plan was structured along the line of a Piagetian oriented learning cycle, comprising exploration, invention and application phases. Thus, conceptual understanding can be attained by the establishment of relationships with concrete experiences.

Keywords: mole, learning cycle, proportional relationships