



Aspectos macro e microscópicos do conceito de equilíbrio químico e de sua abordagem em sala de aula

Karina Aparecida de Freitas Dias de Souza e Arnaldo Alves Cardoso

O ensino e a aprendizagem de ciências requerem processos de teorização, construção e reconstrução de modelos que possibilitem a interpretação da natureza e a elaboração de explicações por parte dos estudantes. Neste artigo, discutimos a importância do raciocínio abstrato na construção e manipulação do conceito de equilíbrio químico, bem como o prejuízo que a memorização de regras qualitativas pode representar à elaboração dessa forma de pensamento. As discussões fundamentam-se em dados obtidos a partir de atividades desenvolvidas com graduandos do segundo ano de Farmácia-Bioquímica da UNESP-Araraquara, que cursaram a disciplina de Química Analítica Qualitativa no primeiro semestre de 2005.

► equilíbrio químico, princípio de Le Chatelier, raciocínio teórico-abstrato ◀

Recebido em 28/06/2006; aceito em 28/09/2007

Tomando como princípio que os processos de idealização e de aproximação são essenciais para o desenvolvimento das ciências naturais, é importante que os estudantes dessas ciências sejam iniciados nas idéias e práticas do pensamento científico, de maneira a torná-las significativas no plano individual (Driver e col., 1999). Nesse sentido, o ensino e a aprendizagem de ciências requerem processos de teorização, construção e reconstrução de modelos que possibilitem a interpretação da natureza e a elaboração de explicações por parte do estudante, favorecendo a manipulação e a proposição de previsões acerca de fenômenos observáveis.

No caso específico da Química, a queixa de que esta trata de questões fundamentalmente abstratas, o que a torna uma disciplina de difícil ensino e aprendizagem, é muito comum entre professores e estudantes (Gabel, 2000). A idéia de que o estudo da Química implica, além da observação dos fenômenos naturais

(universo macroscópico), a representação destes em linguagem científica (universo simbólico) e “manipulação mental” de partículas como átomos, íons e moléculas (universo microscópico) pressupõe que o verdadeiro entendimento e o domínio do conhecimento químico dependem da livre transição entre esses três níveis (Johnstone, 1982).

Por caracterizar-se como o mais elaborado nível do conhecimento químico, a “manipulação mental” deixa, com certa frequência, de ser exercitada, chegando, até mesmo, a ser desconsiderada como aspecto essencial para a compreensão dessa ciência (Souza, 2007). Quando isso acontece, cria-se no estudante o sentimento de que a memória é mais importante que a imaginação, sendo o conhecimento um privilégio dos que têm mais tempo para exercitá-la.

Por caracterizar-se como o mais elaborado nível do conhecimento químico, a “manipulação mental” deixa, com certa frequência, de ser exercitada, chegando, até mesmo, a ser desconsiderada como aspecto essencial para a compreensão dessa ciência

O professor deve assumir, nesse contexto, o importante papel de orientar seus estudantes na busca do entendimento e questionamento da modalidade científica de pensamento, bem como no desenvolvimento da habilidade em trabalhar mentalmente com os modelos explicativos. Essa tarefa, porém, não está isenta de obstáculos. Conforme afirma Johnstone (2000):

[...] [o entendimento do nível microscópico] é a força de nossa disciplina como atividade intelectual, e a fraqueza de nossa disciplina quando tentamos ensiná-la, ou o mais importante, quando os estudantes tentam aprendê-la. (p. 11)

Neste artigo, discutimos a importância do raciocínio abstrato (em nível microscópico) na construção e manipulação do conceito de equilíbrio químico, bem como o prejuízo que a

A seção “Pesquisa no ensino de Química” inclui investigações sobre problemas no ensino de Química, com explicitação dos fundamentos teóricos e procedimentos metodológicos adotados na análise de resultados.

memorização de regras qualitativas pode representar à elaboração dessa forma de pensamento. As discussões foram fundamentadas em dados obtidos a partir das atividades desenvolvidas com graduandos do segundo ano de Farmácia-Bioquímica da UNESP, campus Araraquara, que cursaram a disciplina de Química Analítica Qualitativa no primeiro semestre de 2005.

Equilíbrio químico: dificuldades em aprender e ensinar

A assertiva de que o equilíbrio químico é, dentre os tópicos componentes dos currículos de Química, um dos temas que oferecem maior dificuldade para o ensino e a aprendizagem é muito comum na literatura (Maskill e Cachapuz, 1989; Bergquist e Heikkinen, 1990). As razões são pertinentes, dado que o estudo do tema requer o domínio prévio de conceitos como ligações e reações químicas, estequiometria, formação de soluções, noções de cinética e termoquímica, entre outros igualmente importantes.

A elevada hierarquia conceitual, porém, não é o único fator que confere complexidade ao assunto. Em pesquisa realizada por Machado e Aragão (1996) acerca das concepções de estudantes sobre o equilíbrio químico, foi notória a influência das idéias de natureza macroscópica-sensorial, como o funcionamento de uma balança ou andar de bicicleta, na qual o equilíbrio é estático. Essa observação explicita a dificuldade em construir um modelo microscópico dinâmico, em que partículas de reagentes e produtos coexistem em um sistema fechado, sujeitas a uma frequência de colisões constantes que, apesar de resultarem em transformações químicas, não provocam alterações observáveis. Tem-se, então, que a estabilidade macroscópica do sistema é resultado de uma dinâmica constante de transformações (dinâmica microscópica), um raciocínio difícil e pouco usual.

Quílez Pardo e col. (1993) atribuem as dificuldades no aprendizado e na resolução de problemas que envolvam o conceito de equilíbrio

químico à falta de reflexão qualitativa prévia, fato que conduz a um operativismo mecânico. Esse problema aparece muitas vezes exemplificado no uso acrítico do Princípio de Le Chatelier, quando este é apresentado como um preceito fundamental da natureza, cuja validade não pode ser questionada (De Heer, 1957; Wheeler e Kass, 1978; Johnstone, MacDonald e Webb, 1977).

Na tentativa de estimular os estudantes à prática de um raciocínio teórico-abstrato, próprio da atividade científica, a disciplina de Química Analítica Qualitativa, ministrada pelo professor orientador desse trabalho aos alunos do segundo ano do curso de Farmácia-Bioquímica da UNESP-Araraquara, foi fundamentada em explicações essencialmente microscópicas, sendo evitado qualquer reducionismo relativo ao Princípio de Le Chatelier ou outras regras qualitativas de uso comum. Essa preocupação teve como causa nossa convicção de que afirmações do tipo “o equilíbrio deslocará para a direita (ou esquerda)” são insuficientes como argumento que vise **explicar** o fenômeno em questão. Assim, o equilíbrio foi discutido apenas em termos cinéticos, ou seja, com base na teoria de colisões.

Conforme destacam Maskill e Cachapuz (1989), o claro entendimento de como as reações químicas acontecem por meio de colisões moleculares é muito importante para a compreensão da natureza dinâmica desse fenômeno. O obstáculo é que a própria teoria de colisões representa, por si, um problema para muitos estudantes.

O curso teve duração de seis meses e seu desenvolvimento deu-se juntamente com a disciplina de caráter prático, ministrada pelo mesmo professor.

Ao final do semestre, duas atividades envolvendo os conceitos discutidos durante a disciplina foram apresentadas a 13 estudantes, sele-

cionados de acordo com o interesse e a disponibilidade para realização delas. As atividades consistiram em dois problemas envolvendo os conceitos referentes ao estudo do equilíbrio químico e foram desenvolvidas com base na técnica do “pensar em voz alta” (Whimbey, 1984). O uso dessa metodologia justifica-se na importância da verbalização no processo de solução de problemas, dado que é comum o fato de os estudantes resolverem questões, mesmo sem o entendimento dos conceitos envolvidos (Halloun e Hestenes, 1987). É importante destacar que, além

da descrição verbal, solicitou-se que os estudantes elaborassem suas respostas por meio de texto, equações e desenhos.

As falas dos estudantes foram gravadas e transcritas, inserindo nossa investigação no contexto da pesquisa qualitativa, principalmente caracterizada pelos dados predominantemente descritivos e por preocupar-se muito mais com o processo do que com o produto (Neves, 1996). O sistema de avaliação das transcrições adotado foi a análise de conteúdo.

A construção do pensamento microscópico

A primeira atividade solicitava uma previsão acerca do caráter ácido, básico ou neutro de uma solução de acetato de sódio:

1. *Se adicionarmos acetato de sódio à água, qual será a condição final obtida: uma solução ácida, básica ou neutra? Descreva sua resposta com o maior detalhamento possível e represente-a em três níveis: antes, durante e após a adição do sal. Represente sua resposta na forma escrita, na forma de equações e em desenhos.*

A análise das respostas evidenciou importante transição a partir do

As dificuldades no aprendizado e na resolução de problemas que envolvam o conceito de equilíbrio químico são resultados da falta de reflexão qualitativa prévia, fato que conduz a um operativismo mecânico

uso de regras memorizadas, provavelmente durante o Ensino Médio desses estudantes, em direção à elaboração de um raciocínio mais complexo, envolvendo a manipulação de partículas microscópicas, alcançado por alguns alunos. Seguem alguns trechos das entrevistas:

E₁: Quando eu coloquei o sal na água, dissocia o sal e a água, na realidade, tá em íons H^+ e OH^- . Então, eu reorganizei os átomos que estavam em solução e formou duas substâncias, que foi $NaOH$ e $H_2CO_3^*$. Só que $NaOH$ é uma base forte, ela fica dissociada [...], eu coloquei que a solução fica básica por causa dos pK_s das substâncias formadas. Pelo que eu lembro, o pK_a é maior que o pK_b . No caso, o pH fica maior que 7,0.

A estudante não fez referência, em momento algum da entrevista, à existência de algum tipo de equilíbrio e baseia sua previsão numa regra envolvendo constantes numéricas. Esse raciocínio não necessariamente implica um verdadeiro entendimento do fenômeno em questão, conforme fica claro no trecho abaixo, quando a estudante é questionada acerca das espécies existentes no recipiente após dissolução completa do acetato de sódio:

Ent.: Numa situação final, entre íons H^+ e OH^- , tem alguém em maior quantidade?

E₁: Os dois tão na mesma quantidade, só que... Não! OH^- tem menos porque... Não! Na verdade tão na mesma quantidade.

Não parece existir para a estudante qualquer relação entre o caráter ácido ou básico de uma solução e as concentrações de íons H^+ e OH^- ou,

mais especificamente, com o equilíbrio da água. O que fica evidente é a simples aplicação acrítica de uma regra memorizada num momento anterior de sua vida escolar. Essa preocupante prática aparece em outros momentos do desenvolvimento das atividades:

E₆: [...] eu concluí que como o hidróxido de sódio é uma base forte, aí vai prevalecer o caráter básico na solução.

Conforme evidenciado nos trechos acima, a "prevalência" de um eletrólito forte em relação a um mais fraco na determinação do caráter ácido ou básico de um meio foi um argumento bastante utilizado durante as discussões dessa primeira atividade. Alguns estudantes, porém, apesar de inicialmente utilizarem-se de regras simplistas, esboçaram tentativas de avançar rumo a uma explicação microscópica para o fenômeno, sugerindo o desenvolvimento do pensamento abstrato:

E₂: [...] os íons sódio vão interagir com o hidróxido formando hidróxido de sódio, que é uma base forte [...] e o hidrogênio da água vai reagir com o íon acetato pra formar o ácido acético, que é um ácido fraco. Aí, ó, não vai formar uma base forte e um ácido fraco? Então vai prevalecer a base, então vai ser uma solução básica.

Na seqüência, a estudante começa a explicar o desenho por ela proposto (Figura 1):

E₂: Aí vai adicionar o acetato de sódio, o acetato de sódio vai tá em Na^+ e acetato. Aí vai ocorrer a colisão, né, do Na^+ com o OH^- e do H^+ com o íon acetato. Aí eu pus aqui quando ocorre a colisão...

Ent.: E aqui não tem mais H^+ e OH^- ? [referindo-se ao último desenho]

E₂: Eu acho que tem porque não vai reagir tudo, né? [...] não vão ser todos que vão colidir, né? [...] Agora eu fiquei em dúvida.

Mediante a consideração de que as únicas espécies presentes no sistema ao final da reação seriam $NaOH$ em sua forma não dissociada, e H_3CCOOH em sua forma não ionizada (último desenho proposto pela estudante), a explicação para a basicidade do meio seria, novamente, a prevalência da base formada, um eletrólito forte. O que chama a atenção, porém, é a tentativa que a estudante demonstra de justificar sua afirmação com base na teoria de colisões, ou seja, com base em uma explicação microscópica. Nesse processo, a estudante percebe que existem falhas em sua forma de raciocínio, abrindo a possibilidade de um processo metacognitivo importante de autoquestionamento, essencial para a construção do aprendizado.



Figura 1: Desenho proposto pela estudante 2 para a dissolução do acetato de sódio em água

* Cabe destacar que a estudante confundiu o ânion acetato, proveniente da ionização do ácido acético, com o ânion carbonato, proveniente da ionização do ácido carbônico.

De acordo com Ribeiro (2003), é no processo de auto-apreciação e autocontrole cognitivo que o indivíduo assume um papel ativo e construtivo no seu próprio conhecimento.

A capacidade de manipular mentalmente modelos explicativos propostos pela ciência para aquilo que não pode ser visto e o domínio destes como ferramentas na previsão de fenômenos e estados de sistemas foram habilidades aparentemente desenvolvidas por alguns estudantes:

E₃: [...] a água tá ali, tem a ionização dela que é pequena. Aí quando eu coloco o acetato, vai haver a dissolução, aí eu vou ter o acetato livre. E esse acetato pode ter choque com um monte de coisa... Eu não falei do sódio porque como é uma base forte vai ficar livre... Aí o acetato vai poder se chocar com o H⁺ e formar ácido acético. Como o ácido é fraco, ele predomina nessa forma. Então tem um consumo até um certo ponto do H⁺ e isso desloca o equilíbrio da água, na verdade aumenta o número os choques de moléculas de água pra ionizar e voltar o H⁺ pra cá. Só que nisso o H⁺ é consumido só que o OH⁻ não, ele fica livre. Então a solução vai ser básica.

A leitura do trecho transcrito acima demonstra maior riqueza conceitual e argumentativa quando a explicação tem por base a explicação microscópica do fenômeno e não a simples constatação de sua ocorrência. A essa capacidade, Johnson-Laird (1983) atribui uma forma mais complexa de pensamento, uma vez que o estudante estaria raciocinando em termos de modelos mentais.

A identificação de estudantes que aparentaram estar num estado de “transição” entre essa simples constatação do fenômeno e sua explicação em termos de modelos microscópicos sugere a possibilidade de desenvolver neles o raciocínio teórico-abstrato, ou seja, a possibilidade de encorajá-los no pensamento

científico. Pertence ao professor de ciências esse importante papel de direcionar seus alunos à conquista da capacidade de abstração. Concordeando com Maldaner (2003):

Os modelos teóricos da Química [...] são criações humanas, próprias da ciência química, cujo entendimento não pode ser buscado empiricamente pelo esforço pessoal dos indivíduos. O acesso a essas criações culturais é possível pela mediação didático-pedagógica que, de uma forma ou de outra, deverá ser proporcionada a todos os membros de uma sociedade que se propõe a ser democrática. (p. 102)

Princípio de Le Chatelier: obstáculo ao desenvolvimento do raciocínio abstrato?

A segunda atividade referia-se ao equilíbrio de um sal pouco solúvel:

2. Uma solução contém corpo de fundo de sulfato de bário (BaSO₄). O que acontece **(a)** se adicionarmos a essa solução maior quantidade de íons Ba²⁺?; **(b)** se adicionarmos maior quantidade de BaSO₄?; **(c)** se adicionarmos maior quantidade de água? Descreva sua resposta com o maior detalhamento possível e represente as situações por meio de equações e desenhos.

O uso do princípio de Le Chatelier como “norma” natural, que não deve ser desobedecida, mostrou-se muito forte na análise das explicações apresentadas pelos estudantes. A consequência era uma previsão incorreta da alteração provocada especialmente pela adição de sulfato de bário sólido à solução saturada do mesmo sal, além da dificuldade em discutir o efeito da adição de maior quantidade de água à solução, explicação que depende, por exemplo, da capacidade de trabalhar mentalmente as interações soluto-solvente, isto é,

depende do “pensar abstratamente”. As falas abaixo exemplificam essa afirmação:

E₄: [...] quando coloca só o íon bário, aumenta essa concentração [de íons bário], vai deslocar equilíbrio pra esquerda. Então, o que vai acontecer, vai aumentar a quantidade de corpo de fundo.

Ent.: Mas o que significa esse “deslocar pra esquerda”?

E₄: Que vai aumentar essa concentração e vai tá afetando o equilíbrio. Aí aqui [referindo-se ao item **b**] é do mesmo estilo. Com o aumento do BaSO₄, vai tender pra direita pra aumentar a quantidade de íons livres.

Ent.: E o item **c**, se colocar mais água?

E₄: Eu não sabia explicar direito [...] a solubilidade é relacionada com a quantidade de água que ela tem. Se eu aumento o solvente, vai aumentar a quantidade em massa que vai tá solúvel, então vai diminuir a quantidade de corpo de fundo.

Apesar de ter chegado a uma conclusão correta sobre a adição de maior quantidade de água ao sistema, fica claro durante a fala da estudante o não conhecimento dos mecanismos químicos envolvidos. A utilização da expressão “é do mesmo estilo”, para comparar o efeito da adição dos íons bário e do sulfato de bário sólido ao sistema, demonstra a adoção de uma regra qualitativa geral, independente da situação em questão, ou seja, reflete a validade indiscriminada e inquestionável do princípio de Le Chatelier para esses estudantes.

A postura acima foi identificada mesmo dentre os estudantes que mostraram um maior desenvolvimento do raciocínio abstrato e maior facilidade em lidar com as explicações microscópicas:

E₃: [...] depois que eu adicionei bário [íons] em maior quantidade, eu vou forçar o choque de bário com sulfato e vai tender a formar mais precipitado [...] adicionando sulfato de bário é o contrário, né, eu aumento a probabilidade de choque de sulfato de bário com sulfato de bário, tendendo a formar íons, né. E aí diminui o precipitado.

Ent.: E quando você coloca água?

E₃: Eu acho que aumenta a água pra solvatar íons, então diminuiria o precipitado. Tenderia a formar íons, solubilizar mais.

Nesse caso, as previsões acerca da influência da adição de íons bário e de água sobre o equilíbrio foram bem discutidas conceitualmente, mas a necessidade de “cumprir” a exigência do princípio levou novamente à previsão errônea para a adição do sulfato de sódio sólido.

O uso indiscriminado do princípio de Le Chatelier, desvinculado de uma análise crítica de seu significado, mostra-se, de fato, um obstáculo ao desenvolvimento do raciocínio qualitativo abstrato. O resultado, a interpretação inadequada das situações propostas, passa a ser, então, fruto de concepções induzidas pela própria maneira de apresentação desse conceito nos livros e, conseqüentemente, pela maneira de apresentação do conceito em sala de aula (Quílez Pardo e col., 1993a; 1993b). Por esse motivo, segundo Johnstone, MacDonald e Webb (1977), essas idéias apresentadas pelos estudantes não devem ser consideradas espontâneas e sim induzidas pelo ensino. Esse papel desempenhado pelo ensino escolar da Química fica evidente na fala abaixo:

Ent.: O que você chama de deslocar o equilíbrio? Por que acontece isso?

E₅: Aí tem esse problema, né? Que você aprendeu, mas você não... [...] pelo que eu

aprendi desloca, entendeu? No cursinho. Pelo que eu aprendi, vai aumentar essa concentração (Ba²⁺), aí ele vai deslocar pra formar mais isso (BaSO₄).

Ao uso irrefletido de princípios e leis, assim como à aplicação impenhada de fórmulas e relações matemáticas, associamos uma visão exacerbadamente empirista da construção e aplicação do conhecimento científico, uma vez que somente a descrição do fenômeno parece importante, sendo sua interpretação e seu entendimento pertencentes a um segundo plano. Finalizamos, então, esse tópico com a reflexão de Bachelard (2005):

É tão agradável para a preguiça intelectual limitar-se ao empirismo, chamar um fato de fato [...] é um empirismo colorido. Não é preciso compreendê-lo, basta vê-lo. (p. 37)

Considerações finais

Os resultados apresentados sugerem uma maior reflexão por parte dos professores e demais profissionais envolvidos com o ensino da Química acerca da importância do desenvolvimento do raciocínio teórico como complementação importante ao conhecimento de caráter empírico. É preciso estimular a prática do “pensar quimicamente”, estabelecendo uma contraposição ao uso de regras memorísticas e livrescas, que pouco contribuem ao desenvolvimento intelectual de nossos estudantes.

No que se refere ao estudo do equilíbrio químico mais especificamente, sua discussão inicia-se geralmente após a apresentação dos conteúdos de cinética química, tanto em livros didáticos para o Ensino Médio quanto em livros universitários. Como forma de estabelecimento de relações entre os temas, os aspectos cinéticos são comumente utilizados na conceituação de equilíbrio como,

por exemplo, “o equilíbrio é dinâmico e fica caracterizado quando as velocidades das reações direta e inversa se igualam sob temperatura constante” (Reis, 2001, p. 295) ou, ainda, “a primeira característica do estado de equilíbrio é ser dinâmico; trata-se de uma situação permanente mantida pela igualdade das velocidades de duas reações químicas opostas” (Mahan e Myers, 2003, p. 83).

O que ocorre, porém, e aqui cabem as críticas propostas por este trabalho, é que os aspectos cinéticos e a teoria de colisões não mais são utilizados como ferramentas de explicação dos fenômenos de equilíbrio. As variações nas concentrações em equilíbrio provocadas por modificações na pressão, adição de reagentes ou produtos passam a ser explicadas unicamente pelo Princípio de Le Chatelier, sem que haja a preocupação com as causas microscópicas do fenômeno, ou seja, sem que haja preocupação com a *teorização* do fenômeno.

O fato de a disciplina de Química Analítica Qualitativa ter sido desenvolvida buscando a abordagem do tema sob o aspecto de cinética de reações, dentro de um modelo microscópico, vai contra esse uso ateuórico de leis e princípios. Essa abordagem, porém, não foi imediatamente adotada pelos estudantes. Acreditamos que a complexidade envolvida no trabalho mental com conceitos e posterior

formulação de um discurso científico e a crença arraigada no princípio de Le Chatelier como argumento científico contribuam para esse fato.

Nossa proposta, então, é que sejam iniciadas e ganhem espaço reflexões em

torno do uso não só, mas principalmente, do Princípio de Le Chatelier como explicação absoluta para as modificações que ocorrem no estado de equilíbrio, destacando seu caráter *facilitador*, mas nunca unívoco. Não estaríamos presos a uma concepção simplista e exclusivamente empirista

A utilização dos fatores cinéticos representados na teoria das colisões talvez seja uma alternativa a essa postura, em direção ao desenvolvimento do raciocínio abstrato e teórico por parte dos estudantes, melhorando seu entendimento microscópico da natureza

da ciência quando nos atemos à primeira postura? Qual é nossa contribuição ao enriquecimento intelectual de nossos estudantes quando fazemos uso dessa prática?

A utilização dos fatores cinéticos representados na teoria das colisões talvez seja uma alternativa a essa postura, em direção ao desenvolvimento do raciocínio abstrato e teórico

por parte dos estudantes, melhorando seu entendimento microscópico da natureza, atividade essa que fez da química uma ciência.

Agradecimentos

Agradecemos aos estudantes que, com muita disposição, participaram da pesquisa, e ao CNPq, pelo auxílio financeiro.

Karina Aparecida de Freitas Dias de Souza (kfreitas@iq.unesp.br). Bacharel em Farmácia-Bioquímica, pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas da UNESP – Araraquara, Licencianda em Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e Mestre em Química (Ensino de Química) pelo Instituto de Química da UNESP - Araraquara. **Arnaldo Alves Cardoso** (acardoso@iq.unesp.br). Bacharel e licenciado em Química pela USP – São Paulo, doutor em Química pela USP, docente do Depto. de Química Analítica do Instituto de Química da UNESP - Araraquara

Referências

BERGQUIST, W.; HEIKKINEM, H. Student ideas regarding chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, n. 67, p.1000-1003, 1990.

DE HEER, J. The principle of Le Chatelier and Braun. *Journal of Chemical Education*, n. 34, p. 375-380, 1957.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo o conhecimento científico em sala de aula. *Química Nova na Escola*, n. 9, p. 31-40, 1999.

GABEL, D.L. The complexity of chemistry and implications for teaching. Em: FURIÓ, C.; FURIÓ, C. Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, v. 11, n. 3, p. 300-308, 2000.

HALLOUN, I.A.; HESTENES, D. Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, v. 53, n. 11, 1985.

JOHNSTONE, A.H.; MACDONALD, J.J.; WEBB, G. Chemical equilibrium and its conceptual difficulties. *Education in Chemistry*, n. 14, p. 169-171, 1977.

_____. Macro and microchemistry. *The School Science Review*, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

_____. Teaching of chemistry – logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000.

MACHADO, A.H.; ARAGÃO, R.M.R. Como os estudantes concebem o estado

de equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*, n. 4, p.18-20, 1996.

MAHAN, B.M.; MYERS, R.J. *Química: um curso universitário*. Tradução: ARAKI, K.; SILVA, D.O.; MATSUMOTO, F.M. 4 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

MASKILL, R.; CACHAPUZ, A.F.C. Learning about the chemistry topic of equilibrium: the use of word association tests to detect developing conceptualizations. *International Journal of Science Education*, v. 11, n. 1, p. 57-69, 1989.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. *Caderno de Pesquisas em Administração*, v. 1, n. 3, p. 1-5, 1996.

QUÍLEZ PARDO, J.; SOLAZ, J.J.; CASTELLÓ, M.; SANJOSÉ, V. La necesidad de un cambio metodológico en la enseñanza del equilibrio químico: limitaciones del principio de Le Chatelier. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 3, p. 281-288, 1993a.

_____. Limitaciones del principio de Le Chatelier: um problema didáctico. *Enseñanza de las Ciencias*, 1993b.

REIS, M. *Completamente Química*. v. 2. São Paulo, FTD, 2001.

RIBEIRO, C. Metacognição: um apoio ao processo de aprendizagem. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 16, n. 1, p. 109-116, 2003.

SOUZA, K.A.F.D. *O ensino universitário de Química em descompasso: dificuldades de futuros professores na construção do pensamento químico*.

2007. 128 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química de Araraquara, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2007.

WHEELER, A.E.; KASS, H. Student misconceptions in chemical equilibrium. *Science Education*, v. 62, n. 2, p. 223-232, 1978.

WHIMBEY, A. Think aloud pair solving – TAPS; The key to higher order thinking in precise processing. *Educational Leadership*, v. 42, n. 1, p. 66-70, 1984.

Para saber mais

HERNANDO, M.; FURIÓ, C.; HERNÁNDEZ, J.; CALATAYUD, M.L. Comprensión del equilibrio químico y dificultades en su aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, p. 111-118, 2003.

JOHNSON-LAIRD, P.N. *Mental models: towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. 1st ed. Cambridge University Press, 1983.

QUÍLEZ PARDO, J.; SANJOSÉ, L. Errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico: nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 13, n. 1, p. 72-80, 1995.

RAVILOLO, A.; BAUMGARTNER, E.; LASTRES, L.; TORRES, N. Logros y dificultades de alumnos universitarios en equilibrio químico: uso de un test con proposiciones. *Educación Química*, v. 12, n. 1, p. 18-26, 2001.

Abstract: Macro and microscopic aspects of the chemical equilibrium concept. The science teaching and learning apply theorization processes, like model construction and reconstruction, intending the improvement of the students' capacity of interpreting and explaining natural phenomena. This article discusses the importance of the abstract reasoning in the construction and manipulation of the chemical equilibrium concept, as well as the qualitative rules (like the Le Chatelier principle) memorization hazards. The discussion is based on activities proposed to second year Pharmacy students from UNESP – Araraquara, coursing the Analytical Chemistry subject.

Keywords: chemical equilibrium, Le Chatelier principle, abstract reasoning

ENEQ 2008

O XIV Encontro Nacional de Ensino de Química acontecerá em Curitiba, na Universidade Federal do Paraná, no período de 21 a 24 de julho de 2008, no Setor de Ciências Sociais Aplicadas do Campus Jardim Botânico, e abordará o seguinte tema: "Conhecimento Químico: Desafios e Possibilidades da Pesquisa e da Ação Docente".

Prazo para inscrições com submissão de trabalhos: 01/03 a 20/04/2008, impreterivelmente.

Contato pelo endereço eletrônico: eneq2008@quimica.ufpr.br

Informações adicionais em www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008