

ALGUNS SIGNIFICADOS DA EXPRESSÃO “DESLOCAR O EQUILÍBRIO” EM FORMANDOS DO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

Fabiele Cristiane Dias Broietti*

Marinez Meneghello Passos**

Ourides Santin Filho***

Jéssica Neves de Souza****

RESUMO: Neste artigo trazemos resultados de uma investigação em que se buscou compreender os significados da expressão “deslocar o equilíbrio”, relacionado a sistemas em equilíbrio químico, para formandos do curso de Licenciatura em Química. Para tanto, questionários com os registros dos estudantes foram interpretados segundo os procedimentos da Análise de Conteúdo, buscando os significados e compreensões atribuídas pelos formandos à expressão “deslocar o equilíbrio”. As respostas evidenciaram a necessidade de um aprofundamento nas discussões conceituais a respeito do tema equilíbrio químico nos cursos de licenciatura, tendo em vista interpretações errôneas que foram encontradas e que, se não compreendidas, serão mantidas e reconduzidas durante a prática posterior desses profissionais em formação.

Palavras-chave: Equilíbrio químico, ensino superior, formação de professores.

SOME MEANINGS OF THE EXPRESSION “SHIFT IN THE EQUILIBRIUM” FOR STUDENTS IN A TEACHER EDUCATION COURSE IN CHEMISTRY

ABSTRACT: In this paper we sought to understand the meanings of the term “shift in the equilibrium”, term related to systems in chemical equilibrium, for chemistry teacher students. The data were collected by a questionnaire, which was answered by students in a teacher education course in Chemistry. The data were interpreted by the Content Analysis, which was used to understand the meanings of the expression “shift in the equilibrium” for the chemistry teacher students. The answers highlighted the need for deeper conceptual discussions on the subject chemical equilibrium in teacher’s education programs, given that there were erroneous interpretations and, if these concepts are not understood, the misconceptions are likely to be maintained and brought back in classes given by the future teachers.

Keywords: Chemical equilibrium, higher education, teachers education.

*Doutoranda do programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Professora do Departamento de Química da Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Email: fabieleddias@uol.com.br

**Doutora em Educação para a Ciência, pela Faculdade de Ciência da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Bauru. Professora Associada da Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Email: marinezmp@sercomtel.com.br

***Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP). Pós-doutor pela Université Louis Pasteur (Strasbourg - França). Professor Associado C da Universidade Estadual de Maringá. (UEM).
Email: osantin@uem.br

****Graduação em Química Industrial pela Universidade Norte do Paraná (UNOPAR).
Email: jessica.nevesdesouza138@gmail.com

INTRODUÇÃO

A noção de equilíbrio químico

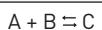
As reações químicas não acontecem de modo completo, isto é, quaisquer que sejam as quantidades de reagentes de partida, e por mais eficiente que seja uma reação, nunca haverá total transformação desses reagentes em produtos, sempre sobrando algo dos primeiros ao término da reação. A condição de “término” de uma reação é melhor descrita pelo conceito de *equilíbrio químico*.

O conceito de equilíbrio químico é fundamental para a compreensão dos aspectos que envolvem qualquer processo químico e é de essencial importância, tanto do ponto de vista acadêmico, na compreensão de reações quaisquer, quanto na produção de materiais por parte das indústrias químicas.

Consideremos uma reação química genérica, de estequiometria bastante simples, em que um reagente A reage com um reagente B formando um produto C. Ao colocarmos A e B em contato, suas quantidades (ou concentrações no meio reacional) são máximas e ainda não existe nada do produto C. Com o passar do tempo, as quantidades de A e B diminuem, enquanto aumenta a quantidade de C.

Em algum momento, as concentrações das três substâncias não vão mais mudar com o passar do tempo (isso não significa que elas sejam iguais). Tal situação indica que a reação alcançou seu *equilíbrio químico*, ou seja, a composição química do sistema não muda mais.

É importante salientar que o equilíbrio químico é um estado dinâmico. Isso não significa que a reação parou, mas que as velocidades (variação da concentração por unidade de tempo) de consumo de A e B e de formação de C se igualaram. A condição acima pode ser expressa de modo geral pela equação química abaixo:



As setas indicam que a reação está acontecendo nos dois sentidos.

É possível determinar as concentrações de reagentes e produtos de uma reação química no equilíbrio e estabelecer o valor de uma *constante de equilíbrio* para a reação. Por outro lado, pode ser interessante *modificar o estado de equilíbrio* da reação promovendo, por exemplo, a formação de mais produtos. Essa situação é particularmente importante na indústria química, que procura maximizar a produção de alguma substância. Isso pode ser feito levando-se em conta o *princípio de Le Chatelier*.

Henry Louis Le Chatelier (1850–1936) foi um químico e industrial francês que investigou a solubilidade de sais, as reações em fase gasosa e se envolveu com metalurgia e produção de cimento. Segundo o princípio de Le Chatelier, se um sistema (uma reação química) em equilíbrio é perturbado, por exemplo, por uma variação de pressão, de temperatura ou de quantidade de substâncias, ele vai se modificar no sentido de minimizar o efeito dessa perturbação.

Esse princípio pode ser aplicado à reação genérica discutida anteriormente a partir, por exemplo, da modificação da concentração (ou quantidade) das substâncias presentes no meio reacional. Assim, se retirarmos do meio reacional a substância C, o ponto de equilíbrio irá se modificar no sentido de formar mais produto C, minimizando o efeito da remoção. Ao supormos que B seja um gás e as demais substâncias sejam sólidas, se aumentarmos a pressão sobre o meio reacional haverá consumo do gás B, minimizando o aumento de pressão e formando mais produto C. Por outro lado, a redução da pressão causará a transformação de C em A e B, no sentido de repor mais do componente gasoso. Modificações similares às descritas podem ser obtidas por variação de temperatura, desde que seja conhecida a dependência entre a quantidade de energia fornecida ao sistema e o sentido em que ele tende a se deslocar.

O contexto da pesquisa e o objeto de estudo

Tanto como conhecimento científico quanto escolar, a Química, assim como outras ciências, possui uma linguagem que lhe é própria, atrelada à construção de seus conceitos ao longo de sua história de tal modo que as expressões contêm alguma herança dessa história.

Segundo alguns autores, o equilíbrio químico é um dos tópicos mais difíceis de serem compreendidos pelos alunos do Ensino Médio e cursos introdutórios de Química do ensino superior, pois articula outros conteúdos como reação química, reversibilidade das reações e cinética química (MACHADO e ARAGÃO, 1996), além de apresentar conceitos de natureza abstrata, como sua natureza dinâmica, a manipulação mental do princípio de Le Châtelier e a possibilidade de se diferenciar situações de equilíbrio e de não equilíbrio (JOHNSTONE *et al.*, 1977).

Autores como Quílez Pardo y López (1995) têm observado que no desenvolvimento desse tema aparecem dificuldades de aprendizagem e erros conceituais relacionados com a incorreta interpretação da dupla flecha e com o caráter dinâmico do equilíbrio. Tais dificuldades estão relacionadas à estequiometria, ao estudo dos equilíbrios heterogêneos, à constante de equilíbrio, ao efeito dos catalisadores sobre o equilíbrio e à previsão da evolução de um sistema em equilíbrio.

No que diz respeito às discussões que consideram as dificuldades conceituais dos alunos, os resultados assinalam que os estudantes não têm clareza sobre o significado de equilíbrio químico e, não sabendo representá-lo adequadamente, o define por meio de sistemas compartimentados, em que reagentes e produtos estariam em recipientes separados (JOHNSTONE *et al.*, 1977; GORODETSKY e GUSSARSKY, 1987). Há dificuldades em interpretar o rendimento e a extensão em que uma reação ocorre e, além disso, os enunciados de alterações da condição ou estado de equilíbrio introduzem uma característica vetorial, ao incluir expressões como “a posição de equilíbrio move-se para...” ou ainda “o equilíbrio se desloca para...” (PEREIRA, 1989; MACHADO e ARAGÃO, 1996; ROCHA *et al.*, 2000).

Essas expressões acabam por induzir a ideia de que há a compartimentalização entre reagentes e produtos e a conseqüente mudança de suas posições no transcorrer da reação.

Em um estudo realizado por Raviolo y Martínez Aznar (2003), foram destacadas algumas ideias que estudantes de diversos contextos e níveis de ensino apresentavam a respeito do tema equilíbrio químico. As interpretações mais frequentes demonstraram que: **i)** há uma confusão entre quantidade e concentração; **ii)** imagem de reação estática; **iii)** existe uma dificuldade em diferenciar velocidade e extensão; **iv)** há uma incompreensão do papel do sólido e seus efeitos na constante de equilíbrio e **v)** a imagem aparece compartimentada (reagentes e produtos em recipientes separados).

Quílez-Pardo (1998), ao realizar um trabalho investigativo com alunos de Química de um curso pré-universitário e de nível universitário, constatou que os estudantes apresentam dificuldades em prever os efeitos da variação da temperatura, da massa de um dos gases participantes e a pressão total de um sistema em equilíbrio.

Os resultados verificados por esse autor questionam o entendimento do *princípio de Le Châtelier* pelos estudantes como uma série de regras de aplicação limitada, sem compreensões mais aprofundadas.

Diante do exposto, o que se espera é que dificuldades apontadas sejam superadas pelos acadêmicos no decorrer do curso superior de Química, à medida que esses estudantes se apropriem do conteúdo ministrado e reelaborem seu conhecimento.

Dessa forma, o que pretendemos, neste artigo, é apresentar as ideias que os formandos de um curso de licenciatura em Química relataram sobre a expressão “deslocar o equilíbrio”, quando se estuda sistemas em equilíbrio químico. Em outras palavras, buscamos analisar se determinadas expressões, muitas vezes utilizadas de forma automática e recorrente, refletem o significado químico do processo em estudo.

As questões que serão analisadas são algumas das muitas que poderiam ser levantadas a respeito de expressões que, com frequência, são utilizadas em situações de ensino e de aprendizagem de Química em sala de aula. Neste momento, selecionamos uma dessas expressões para apresentação e discussão – Qual(is) significado(s) os formandos do curso de licenciatura em Química atribuem à expressão “deslocar o equilíbrio”, quando um sistema em equilíbrio é perturbado por uma variação, seja na temperatura, na pressão ou na concentração de um dos componentes?

METODOLOGIA, PROCEDIMENTOS E ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

O interesse em investigar e analisar os conhecimentos que futuros professores e alunos do Ensino Médio apresentam sobre equilíbrio químico tem sido tema de algumas pesquisas (QUÍLEZ-PARDO e LÓPEZ, 1995; MACHADO e ARAGÃO, 1996; QUÍLEZ-PARDO, 2006; LÓPEZ e ESCALONA, 2009; TEIXEIRA JUNIOR e SILVA, 2009; GOMES et al., 2010).

Neste estudo, em específico, procuramos investigar qual(is) o(s) significado(s) assumido(s) por formandos do curso de licenciatura em Química ao utilizarem a expressão “deslocar o equilíbrio”. Levou-se em consideração o

fato de que diversos desses formandos irão atuar, em breve, como professores da educação básica e, possivelmente, ao trabalharem com esse conteúdo, o ensinarão da forma como compreenderam seu conceito. Para atingir tal objetivo, elaboramos um questionário em que foram relacionadas algumas perguntas referentes ao uso de expressões, muito presente no desenvolvimento e nas explicações do conteúdo de sistemas em equilíbrio químico, e o propusemos aos formandos do curso de licenciatura em Química.

Esse questionário foi respondido em uma aula de Metodologia do Ensino de Química, ministrada no quarto ano do curso de licenciatura em Química de uma Universidade localizada no norte do estado do Paraná. Estavam presentes os 15 (quinze) alunos que cursavam essa disciplina e o questionário continha as seguintes perguntas:

01) É possível que você já tenha ouvido a expressão “deslocar o equilíbrio”. O que essa expressão representa para você? Em que situação ela é utilizada?

02) O que acontece com um sistema em equilíbrio (ex.: uma reação), quando se aumenta a concentração de um dos reagentes? Explique.

03) O que significa dizer que o “equilíbrio foi deslocado para a direita”?

04) Em sua opinião, a expressão “deslocar o equilíbrio” é adequada?

As questões foram entregues aos formandos para serem respondidas individualmente e sem consulta, durante um tempo máximo de 40 minutos.

Para a interpretação e a análise das respostas, optou-se pelos procedimentos e definições da Análise de Conteúdo (AC) apresentadas por Bardin (2011) e Moraes e Galiazzi (2011).

As respostas apresentadas pelos formandos para as tarefas sugeridas foram transcritas e organizadas em um quadro. Para a identificação dos dados, foi adotada a seguinte codificação: F1.1 – F1 indica Formando 1 (os demais variam de F2 até F15, para este estudo), e o número apresentado após o ponto (.1) indica a questão 1, 2, 3 ou 4.

A interpretação dos registros dos acadêmicos nos permitiu constituir categorias que representassem suas compreensões sobre o fenômeno em investigação. O processo de categorização deu-se a partir de análises indutivas, partindo das informações □ nesse caso das respostas dos formandos □ para classes de elementos que têm algo em comum, oriundos dos dados obtidos da pesquisa (MORAES e GALIAZZI, 2011). A análise dos dados acomodada dessa forma nos possibilitou tecer explanações a respeito da visão analítica desses estudantes frente ao tema em investigação.

Breve fundamentação sobre a Análise de Conteúdo

A Análise de Conteúdo (AC) se insere em um conjunto de técnicas de análises textuais produzidas de diversas formas (entrevistas, relatórios, respostas a questionários e outros documentos). Segundo Bardin, a Análise de Conteúdo representa:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores

(quantitativos ou não) que permitem a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 2011, p. 48).

Dessa forma, pertencem ao domínio da AC todas as iniciativas de análise que consistam em sistematizar e explicar o conteúdo das mensagens e da expressão desse conteúdo.

Bardin apresenta diversas reflexões sobre os documentos que podem compor a pesquisa e que se constituem no seu *corpus* – “conjunto dos documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos” (BARDIN, 2011, p. 126). Tais documentos representam as informações da pesquisa e, para a obtenção de resultados válidos, é preciso que eles sejam rigorosamente selecionados e limitados.

Na AC, o *corpus* é constituído essencialmente de produções textuais, que são entendidas como produções linguísticas referentes a certo fenômeno e originadas em um determinado tempo e contexto. Os documentos textuais utilizados na análise constituem significantes a partir dos quais serão construídos significados relativos aos fenômenos observados.

Vale destacar que a interpretação realizada pelo pesquisador sobre os dados observados nunca é neutra e se apresenta sempre acompanhada de teorias, de crenças e de percepções. Para Moraes e Galiazzi (2011, p. 15), “a multiplicidade de significados que é possível construir a partir de um mesmo conjunto de significantes tem sua origem nos diferentes pressupostos teóricos que cada leitor adota em suas leituras”. Dessa forma, entende-se que na AC, os materiais a serem analisados constituem um conjunto de significantes. O pesquisador atribui a eles significados a partir de seus conhecimentos, intenções e teorias. A manifestação e a comunicação desses novos significados são os objetivos da análise.

Com os dados em mãos, faz-se necessária uma leitura prévia, chamada de leitura flutuante. A leitura flutuante, assim como sinalizado por Bardin (2011) e Moraes e Galiazzi (2011) consiste em uma primeira leitura – aquela pautada no “reconhecimento do terreno”, buscando por “uma primeira impressão” do que compõe as respostas. Nesse momento, o pesquisador se deixa impregnar pelos dados sem se preocupar, a princípio, em fazer qualquer análise ou inferência sobre eles. Posteriormente a esse contato inicial, seguem-se os procedimentos metodológicos que norteiam esse referencial, dos quais se destacam: a preparação do material a ser pesquisado; o processo de unitarização; a categorização; a descrição e a etapa final: a interpretação.

A preparação das informações envolve a escolha e a organização dos dados. Nessa etapa, o pesquisador deve ler todo o material e tomar uma primeira decisão sobre qual informação efetivamente está de acordo com os objetivos da pesquisa. Na sequência, deve estabelecer códigos que possibilitem identificar rapidamente cada documento a ser analisado. Para essa investigação, procuramos dispor todas as respostas em um quadro de forma a manter a organização dos dados.

Após essa organização, dá-se início ao processo de unitarização do *corpus*, “que consiste num processo de desmontagem ou desintegração dos textos,

destacando seus elementos constituintes” (MORAES e GALIAZZI, 2011, p. 18). A partir dessa desconstrução, pretende-se perceber os sentidos dos textos em diferentes limites dos seus detalhes. Dessa fragmentação surgem *unidades de análise*, também denominadas *unidades de significado e sentido*, “elemento de significado pertinente ao fenômeno que está sendo investigado” (p. 19).

Como toda fragmentação sempre tende a descontextualizar as ideias, é importante que essas unidades expressem com clareza os sentidos construídos a partir do contexto de sua produção. Faz-se necessário recorrer às respostas completas a fim de verificar se os sentidos/significados foram preservados durante o processo de fragmentação.

Na fase seguinte, caracterizada pela categorização, são reunidos elementos semelhantes com a finalidade de organizar o metatexto que se pretende escrever. A partir da categorização foram produzidas descrições e interpretações possibilitadas pela análise.

As categorias podem ser produzidas por intermédio de diferentes metodologias, sejam elas deduzidas *a priori*, o que implica em construir categorias antes mesmo de examinar o *corpus*, ou *a posteriori*, quando estabelecidas a partir das unidades de análise desse *corpus*, em um processo de retomada de leitura dos dados, denominadas, nesse caso, de categorias emergentes. Para esta investigação, as categorias foram surgindo a partir da leitura recorrente dos dados, portanto *a posteriori*.

Após terem sido constituídas as categorias, segue-se sua descrição, etapa em que o investigador “apresenta as categorias e subcategorias, fundamentando e validando essas descrições a partir de interlocuções empíricas ou ancoragem dos argumentos em informações retiradas dos textos” (MORAES e GALIAZZI, 2011, p. 35).

Parte-se, então, para a fase final, chamada de interpretação. Nesse momento, é necessário que sejam construídos novos sentidos e compreensões mais aprofundadas sobre os fenômenos investigados que devem ir além da mera descrição.

A produção de um metatexto, combinando descrição e interpretação, constitui-se num esforço para expressar intuições e entendimentos atingidos a partir da impregnação intensa com o *corpus* da análise. É, portanto, um esforço construtivo no intuito de ampliar a compreensão dos fenômenos investigados (MORAES e GALIAZZI, 2011, p. 37).

ANÁLISE DOS DADOS

Como indicado anteriormente, para a composição dos resultados que aqui apresentamos foram analisadas 4 questões que, a princípio, foram interpretadas uma a uma, na ordem em que estão relacionadas no questionário. Todavia, para facilitar a acomodação e o agrupamento analítico dessas questões, trazemos, neste artigo, as questões 1 e 4 conjuntamente¹, como pode ser observado a seguir, e as questões 2 e 3 individualmente, ou seja, cada qual em uma subseção própria.

Em foco as questões 1 e 4

Diante das recorrências e das convergências presentes nas argumentações às respostas apresentadas, foram determinadas as unidades de análise e, em momento posterior, realizou-se a categorização. Desse movimento interpretativo surgiram 3 categorias, aqui assinaladas e codificadas como **C1**, **C2** e **C3**, que evidenciam as compreensões a respeito da expressão “deslocar o equilíbrio”, do que essa expressão representa, em que situação é utilizada e se ela é usada de forma adequada. Essas categorias foram caracterizadas da seguinte forma: **C1** – categoria que agrega respostas que remetem à ideia de que *haverá uma alteração do estado de equilíbrio devido a uma perturbação externa* (qualquer que seja ela); **C2** – categoria em que se encontram as respostas que descrevem que *haverá uma alteração do estado de equilíbrio, sem mencionar, no entanto, os motivos dessa perturbação*; e, por fim, **C3** – categoria em que foram incluídas as *respostas inadequadas e que não fazem sentido no que diz respeito ao aprendizado em Química*.

Na sequência, cada categoria é exemplificada por meio da apresentação de algumas respostas dadas pelos formandos.

Em relação à categoria **C1**, que agrega as respostas que remetem à ideia de que *haverá uma alteração do estado de equilíbrio devido a uma perturbação externa*, apontamos alguns exemplos representativos:

Representa que a reação desloca no sentido direto ou inverso, ou seja, que a reação tende a converter mais reagentes em produtos ou produtos em reagentes. É utilizada quando a reação é perturbada por agentes como concentração, temperatura, pressão, etc., e a reação muda seu estado de equilíbrio. (F7.1)

Quando se trabalha com equilíbrio químico alteramos as concentrações de reagentes ou produtos e/ou outras propriedades físicas, a reação desloca o equilíbrio para a direita (produtos) ou para a esquerda (reagentes). (F11.1)

Com a questão 4, perguntamos se o uso da expressão “deslocar o equilíbrio” é adequado. Em relação a isso, encontramos o seguinte registro:

Não, pois a reação não irá deslocar-se, o correto seria dizer que a reação será favorecida no sentido direto e o equilíbrio, posteriormente, irá se estabilizar. (F7.4)

Apenas dois formandos (F1 e F7) responderam às questões **1** e **4** justificando a expressão “deslocar o equilíbrio”, explicitando os efeitos causados no sistema por fatores externos. Quando questionados se a expressão é ou não adequada, apenas um deles consegue apresentar argumentos coerentes, embora mencione que a reação possa ser favorecida apenas no sentido direto.

Uma análise quantitativa de todas as respostas apresentadas apontou que 40% dos formandos investigados apresentam respostas coerentes para a **questão 1**, no entanto, não fazem menção aos fatores que provocam perturbação no sistema em equilíbrio. Por isso, essas respostas foram incluídas na categoria **C2** – em que se encontram as respostas que descrevem que *haverá uma alteração do estado de equilíbrio, sem mencionar, no entanto, os motivos dessa perturbação*.

Alguns desses registros são dados na sequência:

Significa que a reação sai do equilíbrio devido a alguma alteração. É utilizado para aumentar o rendimento de reações. (F5.1)

Deslocar o equilíbrio é fazer aumentar ou diminuir o reagente ou produto. Ela se refere a reações químicas, para explicar os fatores que influenciam nessa reação e nesse equilíbrio. (F10.1)

É quando em uma reação a formação de produto é favorecida ou desfavorecida. (F14.1)

Nessa categoria – **C2**, observa-se que os formandos apresentam respostas coerentes para a **questão 1**, no entanto, não mencionam qualquer um dos fatores que determinam as condições de equilíbrio em um sistema.

Com relação à adequação ao uso da expressão “deslocar o equilíbrio” (**questão 4**), esses formandos respondem afirmativamente, sem maiores explicações, como observado nas seguintes respostas:

Sim. Pois quando a reação encontra-se em equilíbrio e sofre alguma alteração, o equilíbrio desloca-se de modo que a reação consiga atingir novamente o equilíbrio. (F5.4)

Sim. Por ser deslocado conforme o que se quer na reação tanto para a direita quanto para a esquerda se essa reação for reversível. (F4.4)

Apenas um dos formandos, enquadrado nessa categoria C2, discorda sobre a adequação do uso da expressão, no entanto, não apresenta justificativa satisfatória.

Quimicamente não, mas essa expressão facilita o entendimento do aluno. (F14.4)

Observa-se, nas respostas dadas pelos formandos às questões **1** e **4**, nessas duas categorias (**C1** e **C2**), uma tendência em entender a expressão “deslocar o equilíbrio” como uma resposta a algum tipo de alteração provocada por fatores externos, em sistemas que se encontram em equilíbrio. No entanto, esses estudantes se limitam a dar explicações meramente operativas e, ainda, bastante incipientes.

Nenhum dos formandos investigados, ao responder essas questões, nomeia o *princípio de Le Châtelier* para justificar o deslocamento – “se um sistema em equilíbrio é perturbado por uma variação na temperatura, pressão, ou concentração de um dos componentes, o sistema deslocará sua posição de equilíbrio de tal forma a neutralizar o efeito do distúrbio” (BROWN *et al.*, 2005) – embora façam uso da ideia que esse princípio explicita.

Em estudo realizado por Quílez-Pardo (1998), constatou-se que os estudantes utilizam o *princípio de Le Châtelier* como regras de aplicação limitada, sem compreensões aprofundadas. Segundo o autor, o *princípio de Le Châtelier* é aplicado exclusivamente para predizer possibilidades de deslocamento de equilíbrios químicos que tenham sido perturbados e que esse princípio se constitui

em um obstáculo metodológico de ensino e de aprendizagem para o conteúdo de equilíbrio químico.

Com base nas respostas dadas pelos formandos aqui investigados, concordamos com o autor anteriormente mencionado quando ele afirma que os alunos são capazes de realizar prognósticos acerca da evolução de um sistema em equilíbrio, porém, encontram dificuldades para argumentar adequadamente considerando as mudanças nos fatores externos (QUÍLEZ-PARDO, 2006).

Para a categoria **C3**, em que foram incluídas as respostas inadequadas e que não fazem sentido no que diz respeito ao aprendizado em Química – para a **questão 1** –, temos as seguintes respostas:

Que o equilíbrio da reação muda. É utilizada nas reações. (F9.1)

É utilizada em eletroquímica, em reações de oxirredução, por exemplo. (F13.1)

O peso de uma reação química aumenta mais de um lado do que de outro. Ela é utilizada quando a quantidade de reagentes ou de produtos aumenta ou diminui de um certo lado da reação. (F15.1)

Nessa categoria, foram acomodadas as respostas inadequadas e que não fazem sentido para o aprendizado do tema em foco - equilíbrio químico. Alguns alunos não conseguiram estabelecer relações entre o que foi questionado e o conteúdo de equilíbrio químico, e houve quem relacionasse com outros conteúdos químicos como, por exemplo, o conteúdo de eletroquímica.

Para a **questão 4**, as respostas que se enquadram na categoria C3 foram as seguintes:

Não sei, pois desconheço a expressão. (F1.4)

Acho que não, pois a reação continua equilibrada. (F 13.4)

Examinando os registros apresentados pelos formandos e tomando como base o trabalho realizado por Quílez-Pardo (2006), no qual são analisados os erros e as dificuldades indicadas por alunos e professores quanto ao conteúdo de equilíbrio químico, nossa experiência investigativa corrobora com o autor ao constatar que o entendimento desse conteúdo parece reforçado pelo uso de regras de caráter qualitativo, aparentemente simples de decorar, fáceis de aplicar e entendidas como universais.

Quílez-Pardo ainda salienta que é muito comum os estudantes (o que também foi percebido neste desenvolvimento) utilizarem um raciocínio linear simples em suas explicações, fazendo uso da linguagem ação-reação que não ajuda na compreensão dos processos físico-químicos que acontecem quando se altera alguma das variáveis que definem um estado de equilíbrio químico.

Até o momento, foram apresentados exemplos representativos das respostas dadas pelos estudantes e as interpretações referentes a duas questões (1 e

4). Na continuidade dá-se início à busca de outras compreensões a respeito do fenômeno em tese, analisando-se a questão 2. Na sequência analisaremos a questão 2.

Em foco a questão 2

Para a **questão 2** – *O que acontece com um sistema em equilíbrio (ex.: uma reação) quando se aumenta a concentração de um dos reagentes? Explique.* Ao realizarmos um movimento analítico quantitativo, foi possível evidenciar que todos os formandos (100%) responderam a essa questão ressaltando, de maneira geral, que o equilíbrio será deslocado para o lado dos produtos, ou para a direita. Essa resposta foi enquadrada em uma quarta categoria que denominamos de **C4** – na qual incluímos as respostas que destacam que o equilíbrio de um sistema, após sofrer um aumento na concentração de um dos reagentes, será deslocado para o lado dos produtos, ou para a direita.

Seguem alguns registros das respostas dos formandos que justificam a emergência dessa categoria:

O equilíbrio desloca no sentido oposto, produzindo mais produtos. (F1.2)

Aumenta a concentração do produto, pois o equilíbrio é deslocado para a direita, no sentido de formação de produtos. (F2.2)

Desloca para o lado dos produtos. Quando se aumenta a concentração de reagentes a reação tende a formar mais produto, para que a reação volte ao equilíbrio químico. (F5.2)

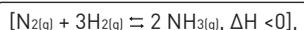
Ela desloca para o lado contrário que é o dos produtos, se aumentar o reagente consequentemente aumenta o produto. (F10.2)

Desloca para o lado dos produtos. (F13.2)

Desloca para o lado contrário da reação, ou seja, para o lado dos produtos (aumenta a quantidade). (F15.2)

Nenhum dos formandos investigados, ao explicar essa questão, apresenta uma resposta mais completa com relação ao efeito provocado por um distúrbio externo, nesse caso, a adição de um dos reagentes.

Em pesquisa a respeito da compreensão dos fatores que alteram equilíbrios, Teixeira Junior e Silva (2009) apresentam o seguinte esquema:



Em seguida, perguntam o que ocorre quando há adição de um reagente, adição de produto, adição de catalisador, aumento da temperatura, diminuição da pressão e diminuição do volume. Os autores relatam que 70% dos alunos usam expressões como “desloca o equilíbrio para a direita” ou “desloca o equilíbrio para a esquerda” no que diz respeito aos efeitos provocados por esses fatores. Segundo Teixeira Junior e Silva (2009), observa-se uma necessidade de insistir em um

tratamento qualitativo da situação de equilíbrio durante o ensino desse conteúdo, sendo preciso que haja uma interpretação e atribuição de significado ao fenômeno.

Essas respostas evasivas sugerem que pode haver uma aplicação mecânica do *princípio de Le Châtelier*, sem a compreensão do comportamento microscópico do sistema químico.

As afirmações feitas pela maioria dos estudantes são os principais instrumentos utilizados na hora de realizar predições acerca da evolução de sistemas em equilíbrio perturbados. Não se leva em conta os raciocínios embasados na expressão matemática da constante de equilíbrio e nem o entendimento de uma série de pré-requisitos necessários à compreensão desse conceito, como examinar corretamente as leis dos gases ideais, o conceito de concentração no contexto da expressão da constante de equilíbrio e as variáveis que determinam o sistema em equilíbrio (TEIXEIRA JUNIOR e SILVA, 2009).

Embora essas respostas possam ser consideradas corretas de um ponto de vista geral, elas merecem um olhar especial dos formadores de professores. Mesmo que uma resposta do tipo “desloca para a esquerda” possa ser considerada correta por alguns, para muitos ela seria incompleta, uma vez que quando um aluno afirma que “ao aumentar a concentração de um dos reagentes, o equilíbrio é deslocado para a direita”, notamos uma resposta um pouco ingênua com relação ao que realmente acontece no sistema, principalmente no nível atômico-molecular.

Nesse sentido, respostas como “desloca para a esquerda”, “desloca para a direita”, “desloca para o lado dos produtos”, “desloca para o lado dos reagentes”, até poderiam ser consideradas corretas, porém, são vagas do ponto de vista dos conhecimentos químicos. Tais respostas evidenciam que os alunos, muitas vezes, apenas memorizam regras e as aplicam em determinadas situações. Outro cuidado a ser tomado com esse tipo de resposta diz respeito às concepções alternativas que essas expressões podem estar carregando.

Quando um aluno menciona que o equilíbrio foi “deslocado para o lado dos produtos”, ou “deslocado para o lado dos reagentes”, este pode ter a concepção de equilíbrio químico como um sistema compartimentado em que reagentes e produtos estariam em recipientes separados, como evidenciado nos estudos de Pereira (1989) e Machado e Aragão (1996). Segundo esses autores, essa compreensão parece ter origem na forma como o conceito é abordado nas aulas de Química e nos livros didáticos, com pouca ênfase em aspectos qualitativos e conceituais, priorizando exercícios quantitativos e a própria representação do fenômeno por equações químicas, utilizando da dupla flecha para separar reagentes e produtos.

São raros os livros didáticos e as metodologias empregadas pelos professores que usam outras estratégias de resolução que exijam um maior nível conceitual, adequadas para analisar de forma precisa e inequívoca as alterações que são produzidas por perturbações nos sistemas em equilíbrio químico (QUÍLEZ-PARDO, 2006).

Em foco a questão 3

Para a **questão 3** – *O que significa dizer que o equilíbrio foi deslocado para a direita?*

Em decorrência das respostas apresentadas pelos formandos e das interpretações realizadas, emergiram outras 3 categorias. Essas categorias foram assim nomeadas: **C5**² – categoria em que se enquadram as explicações *a respeito do deslocamento do sistema em equilíbrio para a direita em virtude de alguma perturbação externa, seja na variação da temperatura, da pressão ou da concentração de um dos componentes*; **C6** – categoria que explica esse deslocamento *apenas justificado pela alteração na concentração dos reagentes*; e **C7** – categoria que ressalta *o deslocamento favorecendo os produtos, no entanto, sem mencionar nenhum dos fatores*.

Na categoria **C5** – em que se enquadram as explicações a respeito do deslocamento do sistema em equilíbrio para a direita em virtude de alguma perturbação externa, seja na variação da temperatura, da pressão ou da concentração de um dos componentes, apenas uma resposta pode ser nela acomodada, conforme registro descrito:

Que se adicionou mais reagentes ou que houve algum outro tipo de alteração externa no sentido de deslocar o equilíbrio para o sentido de formação de produtos. (F2.3)

Dando continuidade às interpretações e focando agora os registros que convergem para as características da categoria **C6** – categoria que explica esse deslocamento apenas justificado pela alteração na concentração dos reagentes, 3 formandos apresentaram a hipótese de que o fator responsável pelo deslocamento para a direita seria consequência do aumento na concentração dos reagentes. Tais respostas parecem ter sido influenciadas pelas indicações dadas no enunciado da **questão 2**. Os registros podem ser vistos a seguir:

Significa um aumento da concentração dos reagentes. (F1.3)

Aumenta a concentração do reagente ou diminui a concentração do produto. (F6.3)

Que o volume de reagentes da reação foi aumentado. (F15.3)

Todos os demais formandos que fizeram parte dessa análise responderam à **questão 3** referindo-se a um deslocamento que favorece o produto, sem maiores explicações quanto aos fatores que poderiam provocar essa alteração. Essas respostas foram acomodadas na categoria **C7** – categoria que ressalta o deslocamento favorecendo os produtos, no entanto, sem mencionar a influência de algum fator externo.

Na sequência, trazemos alguns desses registros:

Significa que houve um aumento na concentração de produto. (F3.3)

Que houve reação de formação de produto. (F4.3)

Que foi deslocado para o produto. (F8.3)

Para o lado dos produtos, onde diminui os reagentes e se transformam em produtos. (F9.3)

Significa que a reação favorece a formação de produtos. (F11.3)

Que deslocou para o lado dos produtos. (F13.3)

Que a formação de produto é favorecida. (F14.3)

Observando esses depoimentos, percebe-se que, embora os formandos compreendam que o equilíbrio é deslocado no sentido de favorecer a formação dos produtos com expressões do tipo “desloca para o lado dos produtos”, “forma mais produto”, “aumento na concentração de produtos”, eles não utilizam argumentos convincentes para explicar o que ocorre, o que seria esse ‘deslocamento’ do equilíbrio, o que evidencia que essas expressões são muitas vezes utilizadas de forma mecânica e sem uma compreensão adequada.

Com relação ao que foi apresentado, Milagres e Justi (2001) também sublinham a influência dos livros didáticos no entendimento do conceito de equilíbrio químico e no uso descuidado de algumas expressões. Neles, são encontrados esquemas que não contribuem com o entendimento do conceito de equilíbrio químico, por exemplo. Ao contrário disso, incentivam a memorização de regras – como as setas que indicam se o equilíbrio desloca para a direita (\square) ou para a esquerda (\square).

Dessa forma, percebe-se que, apesar da existência de uma ampla bibliografia que tem investigado e analisado os problemas didáticos e metodológicos relativos ao conteúdo de equilíbrio químico, os resultados evidenciados por essa proposta investigativa acabam por confirmar a necessidade de investimentos em pesquisas educativas que contribuam no desenvolvimento da prática docente.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Mediante o agrupamento e a análise das respostas apresentadas pelos formandos às questões formuladas, foi possível construir sete categorias (**C1**, **C2**, **C3**, **C4**, **C5**, **C6** e **C7**). As categorias **C1**, **C2** e **C3** emergiram a partir das respostas dadas às questões **1** e **4**, a categoria **C4** foi constituída a partir das respostas dos formandos à **questão 2**, e as categorias **C5**, **C6** e **C7** foram elaboradas a partir das respostas dadas à **questão 3**. Seguem descritas, no **Quadro 1**, as sete categorias com o número de ocorrências que se enquadram em cada uma delas.

Quadro 1: Categorias emergentes a partir da análise das respostas às questões investigadas e o número de ocorrências em cada categoria.

| Categorias | Nº de respostas |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| C1 – categoria que agrega respostas que remetem à ideia de que <i>haverá uma alteração do estado de equilíbrio, devido a uma perturbação externa</i> (qualquer que seja ela). | 2 |
| C2 – encontram as respostas que descrevem <i>haver uma alteração do estado de equilíbrio, sem mencionar, no entanto, os motivos dessa perturbação</i> . | 6 |
| C3 – categoria em que foram incluídas as respostas <i>inadequadas e que não fazem sentido no que diz respeito ao aprendizado em Química</i> . | 7 |
| C4 – incluem respostas que destacam que <i>o equilíbrio de um sistema, após sofrer um aumento na concentração de um dos reagentes, será deslocado para o lado dos produtos, ou para a direita</i> . | 15 |
| C5 – categoria em que se enquadram as explicações a respeito <i>do deslocamento do sistema em equilíbrio para a direita em virtude de alguma perturbação externa, seja na variação da temperatura, da pressão ou da concentração de um dos componentes</i> . | 1 |
| C6 – categoria que explica esse deslocamento <i>apenas justificado pela alteração na concentração dos reagentes</i> . | 3 |
| C7 – categoria que ressalta <i>o deslocamento favorecendo os produtos, no entanto, sem mencionar a influência de nenhum fator externo</i> . | 11 |

Após a interpretação das respostas dos formandos e a emergência dessas categorias, foi possível buscar por compreensões a respeito do fenômeno em questão e analisar como os formandos aqui investigados atribuem significados para a expressão “deslocar o equilíbrio”.

A partir dessa análise, observamos que essa expressão é utilizada para se referir a alguma perturbação ocorrida em um sistema em equilíbrio químico e que os estudantes tendem a não tecer argumentos persuasivos para explicar o que ocorre nesse sistema. Apesar de aparentemente compreenderem os aspectos que dizem respeito aos fatores que podem interferir em um sistema em equilíbrio químico, no que se refere às consequências dessas perturbações, as respostas dos estudantes são, na maioria das vezes, vagas, aparentando não terem domínio completo do conceito e das definições a ele inerentes.

A importância dessa compreensão com relação ao conteúdo aqui investigado se justifica pelo fato de se tratarem de alunos concluintes de um curso de licenciatura em Química, sendo, assim, futuros responsáveis por ensinar o conceito de equilíbrio químico. Portanto, é necessário que o licenciando em Química fique atento ao uso indiscriminado de termos caracterizados por uma linguagem comum, podendo esse fato tornar-se um obstáculo verbal, o que não apenas impede o domínio do conhecimento científico como também cristaliza conceitos errôneos.

Em consonância com outros estudos realizados, foi possível perceber que os resultados aqui obtidos são deveras similares e permitem evidenciar que os

futuros professores possuem ideias incompletas com relação às alterações provocadas no sistema em equilíbrio.

Desse modo, é preciso que haja um maior investimento na formação científica dos licenciandos, tendo em vista que os problemas conceituais demonstrados por esses acadêmicos podem se refletir e se perpetuar nos conhecimentos que serão apresentados a estudantes da educação básica.

NOTAS

¹ Cabe destacar de antemão que a decisão pela acomodação conjunta das questões 1 e 4 foi tomada após uma análise inicial dos registros dos depoentes, movimento analítico que não julgamos conveniente apresentar neste momento por questão de espaço e das considerações finais a que essa escolha nos levou.

² Nessa categoria, enquadram-se as respostas em que os formandos justificam o deslocamento do sistema em equilíbrio para a direita por meio de algum tipo de perturbação externa, seja ele qual for. Por isso, tal categoria se apresenta de modo mais peculiar do que a categoria C1, na qual é possível ter uma ideia mais geral do fenômeno investigado.

REFERÊNCIAS

- BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BROWN, T. L.; LEMAYER, H. E.; BURSTENS, B. E. *Química: a ciência central*. Tradução da 9ª Edição americana, Printice Hall, 2005.
- GOMES, J.; AGUIAR, J. G. de; MAXIMIANO, F. A. Concepções alternativas do estado de equilíbrio químico no ensino superior. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 15., 2010, Brasília. *Anais...* Brasília: ENEQ, 2010.
- GORODETSKY, M.; GUSSARSKY, E. The roles of students and teachers in misconceptualization of aspects in chemical equilibrium. In: INTERNATIONAL SEMINAR OF MISCONCEPTION AND EDUCATIONAL STRATEGIES IN SCIENCE AND MATHEMATICS, 2., 1987, Nova Iorque. *Proceedings...* Nova Iorque: Cornell University, v. III, p. 187-193, 1987.
- JOHNSTONE, A.; MACDONALD, J.; WEBB, G. Chemical equilibrium and its conceptual difficulties. *Education in Chemistry*, v. 14, p. 169-171, 1977.
- LÓPEZ, W. G.; ESCALONA, J. T. Dificultades conceptuales para predecir equilibrios químicos homogéneos y heterogéneos. *Enseñanza de las Ciencias*, Vigo, N. Extra, p. 1302-1304, 2009.
- MACHADO, A. H.; ARAGÃO, R. M. R. Como os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico. *Revista Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 4, p. 18-20, 1996.
- MILAGRES, V. S.; JUSTI, R. S. Modelos de Ensino de Equilíbrio Químico – algumas considerações sobre o que tem sido apresentado em livros didáticos no ensino médio. *Revista Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 13, p. 41-46, 2001.
- MOARES, R.; GALIAZZI, M. do C. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Editora Unijuí, 2011.
- PEREIRA, M. P. A. Equilíbrio Químico – Dificuldades de aprendizagem I – Revisão de opiniões não apoiadas por pesquisa. *Revista Química Nova*, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 76-81, 1989.
- QUÍLEZ-PARDO J. Análisis de problemas de selectividad de equilibrio químico: errores y dificultades correspondientes a libros de texto, alumnos y profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, Vigo, v. 24, n. 2, p. 219-240, 2006.

- QUÍLEZ-PARDO, J. Persistencia de errores conceptuales relacionados con la incorrecta aplicación del principio de Le Châtelier, *Educación Química*, México, v. 9, p. 367-377, 1998.
- QUÍLEZ-PARDO, J.; LÓPEZ, V. S. Errores conceptuales em el estudio del equilibrio químico: nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación del principio de Le Châtelier. *Enseñanza de las Ciencias*, Vigo, v. 13, n. 1, p. 72-80, 1995.
- ROCHA, A.; SCANDROLI, N.; CASTIÑEIRAS, J. M. D.; GARCÍA-RODEJA, E. Propuesta para enseñanza del equilibrio químico. *Educación Química*, México, v. 11, n. 3, p. 343-352, 2000.
- TEIXEIRA JÚNIOR, J. G.; SILVA, R. M. G. Investigando a temática sobre equilibrio químico na formação inicial docente. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n. 2, p. 571-592, 2009.
- RAVIOLO, A. y M. MARTÍNEZ AZNAR. Una revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis didácticas. *Educación Química*, México, v. 14, n. 3, p. 60-66, 2003.

Data do Recebimento: 20/12/2012

Data de Aprovação: 08/07/2013

Data da Versão Final: 07/09/2013