

Uma revisão das concepções alternativas em Equilíbrio Químico dentro do enfoque dos diferentes níveis de representação

Claudia Carobin
Agostinho Serrano

RESUMO

Neste trabalho, apresentamos uma revisão bibliográfica referente à pesquisa no ensino de equilíbrio químico, focalizando os três níveis de representação de um fenômeno químico, o macroscópico, o microscópico e o simbólico. Sendo assim, detalhamos quais as concepções alternativas mais utilizadas pelos estudantes durante o aprendizado deste tópico em química.

Palavras-chave: Ensino de Equilíbrio Químico. Níveis de Representação. Concepções alternativas.

A revision of the alternative conceptions in Chemical Equilibrium within the different level of representation of a chemical phenomena framework

ABSTRACT

In this paper we present a bibliographic review on the current research on the teaching of chemical equilibrium, focusing on the three levels of representation of a chemical phenomenon, the macroscopic, the microscopic and the symbolic level of representation. Therefore, we present which alternative conceptions are more used by students during the learning of this topic in chemistry.

Keyword: Teaching Chemical Equilibrium. Levels of representation. Alternative conceptions.

INTRODUÇÃO

No currículo de Química, tanto no Ensino Médio como Superior, o Equilíbrio Químico é um dos tópicos de maior complexidade, sendo reconhecido como um dos tópicos que mais apresentam problemas de aprendizagem (CAMACHO; GOOD, 1989; TSAPARLIS et al., 1998; QUÍLEZ-PARDO; SOLAZ-PORTOLÉS, 1995; FURIO; ORTIZ, 1983; BANNERJEE, 1991; GUSSARSKY; GORODETSKY, 1990; HAMEED et al., 1993; JOHNSTONE et al., 1977; BERGQUIST; HEIKKINEN, 1990; HACKLING; GARNETT, 1985; RAVIOLO, 2000; SOLOMONIDOU; STAVRIDOU,

Claudia Carobin e Agostinho Serrano – Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). Laboratório de Tecnologias para o Ensino de Ciências e Matemática (LTECIM), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM). Av. Farroupilha 8001 - Prédio 14, sala 230 - Canoas/RS. E-mail:asandraden@gmail.com

| | | | | | |
|----------------|--------|------|-----|------------|----------------|
| Acta Scientiae | Canoas | v. 9 | n.2 | p. 131-143 | jul./dez. 2007 |
|----------------|--------|------|-----|------------|----------------|

2001). Uma das razões para que este tópico apresente tantos problemas de aprendizagem é o fato de envolver conhecimentos prévios e integrados de reações químicas, noções de cinética e termoquímica, estequiometria e gases (QUÍLEZ-PARDO; SANJOSÉ LÓPEZ, 1995; RAVIOLO et al., 2000).

O conceito de Equilíbrio Químico é de grande importância para o ensino de Química, seja por ser um conceito central na compreensão de várias transformações químicas, seja porque muitos fenômenos de nosso cotidiano podem ser explicados através de suas leis: formação de estalactites e estalagmites, provocadas devido a reversibilidade das reações (KORTZ; TREICHEL, 2002); a síntese da amônia, processo *Haber-Bosch* (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 1999) e outros fenômenos, tais como lentes fotocromáticas e a reação reversível do ácido carbônico em refrigerantes.

Fenômenos químicos podem ser compreendidos dentro de três níveis representacionais: o *sensorio*, o *microscópico* e o *simbólico*. Segundo Gabel (1993), o nível *sensorio* é caracterizado pelos aspectos macroscópicos de fenômeno químico (experimentos, observáveis e mensuráveis, dentre outros); o nível *simbólico* é caracterizado pela representação abstrata matemática criada para representar o fenômeno químico (símbolos, equações, coeficientes, gráficos e números) e o nível *microscópico* caracterizado pela representação do comportamento cinético-molecular do fenômeno químico (partículas, átomos, íons e moléculas).

Ao se investigar as concepções alternativas dos estudantes a respeito de uma série de diversos fenômenos químicos, constata-se que estas concepções alternativas podem ser categorizadas nestes níveis (GABEL, 1993). Verifica-se, adicionalmente, que, para se ter uma boa compreensão de um fenômeno químico como um todo, é importante se ter uma boa compreensão deste fenômeno químico em cada um destes níveis.

Entender um fenômeno químico envolvendo sistematicamente os três níveis representacionais não é tarefa fácil. Raviolo apud Nurrenbern e Pickering (1987), salienta que dos três níveis, o mais utilizado durante uma exposição teórica em sala de aula consiste no nível simbólico, pela resolução de problemas algorítmico-numéricos. Nem sempre é realizada a resolução de problemas conceituais, que nos levaria a um estudo mais conciso do fenômeno (BEN-ZVI et al., 1986; GABEL et al., 1984; NOVICK; NUSSBAUM, 1978). Por outro lado, quando demonstramos experimentalmente diante de nossos estudantes uma reação química envolvendo produção de gás, alteração de cor ou cheiro, o foco principal é no aspecto macroscópico. Durante a observação da queima de uma vela, por exemplo, possivelmente o estudante irá caracterizar todos os aspectos físicos, como as cores, a fumaça “*preta*”, dirá que se passarmos o dedo pela chama não iremos nos queimar. Porém, se perguntarmos a ele o que acontece com átomos e moléculas durante a reação de queima ou pedirmos para explicar por que a chama é amarela e não vermelha, será que o estudante nos dará uma resposta satisfatória, que envolva estes três níveis de representação química? O nível microscópico é pouco enfatizado, pois decorrem de informações abstratas e invisíveis, fazendo com que os estudantes confiem em suas informações sensoriais a

nível macroscópico (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001). Estes mesmos autores esclarecem que, para explicar um determinado fenômeno conectando-o com os três níveis de representação, o estudante necessita possuir conhecimento mais conciso sobre o assunto, além de ter a habilidade de visualização espacial para imaginar o comportamento dos átomos e das moléculas.

No que diz respeito às tecnologias educacionais, ainda não se encontra estabelecido de forma clara, como os modelos computacionais interferem no desenvolvimento de habilidades representacionais (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001). No entanto, vários estudos demonstram o valor de usar essas tecnologias para facilitar o ensino de química (NICOL, 2003; HARRISON; TREGUST, 2001; SOLOMONIDOU; STAVRIDOU, 2001; WU et al., 2001; SOLOMONIDOU; STAVRIDOU, 2001, ESQUEMBRE, 2001), proporcionando oportunidades para o feedback e reflexão (ESQUEMBRE, 2001).

De acordo com Esqueembre et al. (1998), a utilização de simulações computacionais quando efetuada de maneira correta, possibilita a aquisição de conhecimento mais estável. Manusear programas de simulação que permitem variar determinados parâmetros é considerado por Esqueembre et al. (1998) e Papert (1993) como uma forma de “aprender explorando”, o que significa um aspecto muito positivo para o processo de ensino e aprendizagem. É importante lembrar a necessidade de estabelecer objetivos antes de uma atividade de simulação (BIRTA; ÖZMIZRAK, 1996). A atividade será válida e apresentará bons resultados, quando o professor tem claro quais são os seus objetivos e programar com antecedência a sua proposta. Aconselhamos inclusive, a preparação prévia de um guia de simulação. Caso contrário, de nada irá adiantar levar um número considerável de alunos para o Laboratório de Informática e deixa-los frente ao computador. Isso causará dispersão para com a atividade, desestímulo e conseqüentemente não haverá aquisição de conhecimentos. Além disso, o professor deve orientar as atividades, pois nem todos os estudantes apresentam livre iniciativa para manusear e compreender o que está na tela do computador necessitando de sugestões e esclarecimentos (ESQUEMBRE, 1998; KOZMA; RUSSEL, 1997; SOLOMONIDOU; STAVRIDOU, 2001).

Estudantes apresentam concepções espontâneas, tanto no que diz respeito a partículas (átomos e moléculas) quanto a reações químicas. Isso nos leva a crer que, a escolha de um software para equilíbrio químico, deve apresentar características que sejam muito semelhantes ao comportamento microscópico, dentro de uma visão epistemológica consistente com o nível de ensino e seus propósitos. No nosso caso, os estudantes são de ensino médio ou iniciantes no Ensino Superior, dessa forma, escolhemos uma visão mecanicista da natureza atômica, baseada, principalmente, no modelo de Dalton, pois não são usualmente abordadas reações que envolvam explicitamente troca de elétrons e espécies ionizadas. Uma visão não-mecanicista, mais inderteminística (mecânica-quântica), seria deveras desejável, porém, os estudantes necessitam compreender as leis de conservação de massa e energia no modelo microscópico, a ser formado por eles. Assim, os estudantes podem aceitar

este modelo microscópico para descrever reações químicas de forma mais natural, sem que haja introdução de um novo paradigma de descrição atômica na atividade.

Para tentar aumentar a capacidade de associação entre os três níveis de representações, vários pesquisadores têm investigado e sugerido uma variedade de estratégias para ajudar estudantes a desenvolver entendimento conceitual dessas representações químicas (BEN-ZVI, EYLON; SILBERSTEIN, 1986; KEIG; RUBBA, 1993; KOZMA; RUSSEL, 1997) em equilíbrio químico. Uma dessas estratégias baseiam-se na utilização do modelo de mudança conceitual proposta por Posner (1982)¹, utilizando ferramentas tecnológicas (BARNEA; DORI 1996, KOZMA et al., 1997; SOLOMONIDOU; STAVRIDOU, 2000) e em particular, simulações computacionais para auxiliar na compreensão destes níveis, principalmente no que diz respeito a fenômenos microscópicos. Desta forma, um programa de simulação em Equilíbrio Químico pode ajudar os estudantes a desenvolver representações mentais nos níveis sensorio, simbólico e microscópico (SOLOMONIDOU; STAVRIDOU, 2001, CROSIER et al., 2000). No entanto, segundo os mesmos autores, para se atingir este objetivo, estas simulações computacionais deveriam utilizar as concepções alternativas apresentadas pelos estudantes.

Neste artigo, apresentamos uma revisão bibliográfica da pesquisa em ensino de equilíbrio químico, utilizando estes três níveis de representação e uma categorização das diferentes concepções alternativas (CA'S) apresentadas pelos estudantes. O conhecimento destas concepções alternativas pode ser utilizado, eventualmente, para a escolha de ferramentas de simulação computacional de tal forma a atacar o problema destas concepções alternativas específicas.

METODOLOGIA DE PESQUISA

Foi analisada uma série de artigos desde 1977 até o ano de 2003 para a confecção desta revisão. Durante a leitura dos artigos, dois pontos foram fundamentais: o *report* experimental, advindo de pesquisa em educação química, das concepções alternativas. E que estas concepções possam ser relacionadas aos diferentes níveis de representação de um fenômeno químico.

Discussão das concepções alternativas encontradas no Ensino de Equilíbrio Químico

Falta de compreensão adequada para o comportamento cinético-molecular específico

¹Aqui se reporta o resultado do levantamento bibliográfico. Para melhor discussão sobre mudança conceitual, suas críticas e um possível enfoque atualizado, recomenda-se Moreira.

Os estudantes apresentam uma grande diversidade de representações mentais de átomos e moléculas, com diversas concepções alternativas (NICOLL, 2003; GRIFFITHS; PRESTON, 1992). Em geral, "...os estudantes não têm uma imagem mental desenvolvida ou acurada de como os átomos se reorganizam em uma molécula específica" (NICOLL, 2003). Eles não necessariamente herdam a representação molecular correta, utilizada em Kits de moléculas. Harrison e Treagust (2001) verificam que estudantes utilizam analogias macroscópicas para explicar o comportamento de partículas, coexistindo a idéia de que átomos são coloridos conforme as bolas dos modelos moleculares utilizados em química orgânica. Tais concepções, à medida que evoluem, criam certa resistência à mudança.

O entendimento de representações em nível microscópico, realmente é o mais deficiente de representações, tornando-se o nível de maior dificuldade, pois apresenta características abstratas e invisíveis, fazendo com que os estudantes confiem nas informações sensoriais, que para eles são mais realísticas (BEN-ZVI; EYLON; SILBERSTEIN, 1986; GRIFFITHS; PRESTON, 1992). Assim, o uso destas representações deve ser enfatizado, durante o processo de ensino, principalmente conectadas com outros níveis de representações químicas. Algumas das concepções alternativas dos estudantes a respeito do conteúdo de Equilíbrio Químico são descritas abaixo.

a- Concepção alternativa sobre a Reversibilidade da Reação

A introdução de conceitos sobre Equilíbrio Químico está diretamente vinculada à concepção de reações químicas, e de reações reversíveis. Quando um sistema atinge o Equilíbrio Químico Dinâmico, ele é tipicamente definido em livros didáticos como sendo uma situação em que "existe uma ação contínua e simultânea de reações contrárias avançando com velocidades iguais" (ATKINS, 2000). Esta afirmação nos faz raciocinar naturalmente no nível simbólico.

O termo utilizado acima envolve a compreensão simbólica do fenômeno, evocando até mesmo a dupla seta que é a representação simbólica de uma reação reversível ($aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$). Assim, tanto a reação direta ($aA + bB \rightarrow cC + dD$) quanto a inversa ($cC + dD \rightarrow aA + bB$) estão se processando ao mesmo tempo. Dessa forma, equilíbrio químico é definido baseando-se no conceito de reversibilidade de reações químicas.

Esta expressão é compreendida, no sentido de que tanto a reação direta quanto a inversa, está se processando ao mesmo tempo. Isso nos faz refletir indiretamente em aspectos microscópicos, ou seja, moléculas de reagentes através de possíveis colisões sofrem um rearranjo transformam-se em moléculas de produtos que por sua vez, produtos regeneram os reagentes. Simbolicamente, representam-se essas informações através dos gráficos de concentrações e velocidade em função do tempo, além de, naturalmente, a equação química.

Para Nicoll (2003), profissionais em química não encontram tanta dificuldade em modelar e conectar informações em diferentes níveis representacionais, conseguindo inclusive, imaginar e desenhar estruturas microscópicas utilizando modelos tridimensionais e movimento entre essas estruturas. No entanto, a bibliografia sobre dificuldades de aprendizagem sobre equilíbrio químico, identifica problemas conceituais de origem microscópica também em professores (QUÍLEZ-PARDO; SOLAZ-PORTOLÉS, 1995), representando inclusive, uma das causas para o aparecimento de concepções errôneas nos estudantes. Professores e particularmente alunos, não necessariamente são capazes de conectar os níveis de representação ao mesmo tempo, apresentando, portanto deficiências no conceito de Equilíbrio Químico.

Para estudantes que estão iniciando um curso de química, a representação mental de ordem microscópica envolvendo reações químicas não ocorre tão facilmente, e várias são as concepções espontâneas apresentadas pelos estudantes. Van Driel apud Anderson (1990), afirma que alguns estudantes explicam fenômenos químicos em termos de mudanças físicas (mudança de estado físico), além de considerar a matéria (no nível representacional sensório) estática (sem movimento inerente) e contínua (sem ocorrência de transformações).

Esta concepção de matéria estática e contínua pode ter origem na confusão estabelecida em nível sensório e microscópico. Van Driel apud Anderson (1990) afirma que os estudantes estabelecem analogias entre o conceito de reações químicas com fatos do dia a dia, com fenômenos observáveis como mudança de cor, evaporação de gás e precipitação, além de insistirem na concepção, de que reações sempre se completam, inexistindo a idéia da ocorrência de reversibilidade e conseqüentemente afirmam que as reações ocorrem em uma única direção. Com isso, a idéia de que uma substância pode ser transformada em outra não é facilmente aceita, assim como a idéia de reversibilidade.

Assim, para que o aluno desenvolva uma compreensão mais acurada do caráter reversível do equilíbrio químico, deve ser apresentada, quando em estado de equilíbrio, uma representação microscópica, onde moléculas estão constantemente reagindo; ligada a uma representação simbólica, onde contagem de moléculas de reagentes e produtos seja constante, embora as suas velocidades de reação sejam iguais, mas não nulas. No nível de representação macroscópico, não se apresentam mudanças visíveis. Quando as reações ainda não chegaram ao equilíbrio químico, devem ser apresentadas ao aluno representações correspondentes. Este tópico será detalhado mais adiante, na aproximação ao equilíbrio.

b- Equilíbrio químico dinâmico

A natureza do equilíbrio dinâmico demanda o prévio entendimento de reações químicas, tanto em sua representação simbólica, através de fórmulas e coeficientes, bem como a compreensão do seu caráter microscópico, supondo que a matéria tenha movimento e transformações de substâncias e, não a caracterizando como estática e contínua (VAN DRIEL, 1998). Além disso, a incapacidade de representar mentalmente

reações, imaginando agregados de átomos formando moléculas, bem como a atividade cinética das moléculas é uma causa de tantas concepções errôneas encontradas sobre o caráter dinâmico do Equilíbrio.

Sob o ponto de vista dos níveis de representação dos fenômenos químicos, o equilíbrio dinâmico deveria ser entendido nos três níveis. No nível macroscópico, são poucas as reações que poderiam possibilitar a diferenciação entre o equilíbrio estático e o dinâmico. Uma reação possível requer a marcação radioativa de determinadas espécies envolvidas em uma reação química, como exemplificada abaixo.

Para exemplificar esta situação, vamos utilizar como exemplo, a reação $H_2(g)+I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$, que representa um sistema de substâncias homogêneas no estado gasoso, e em equilíbrio químico dinâmico. Macroscopicamente, iremos observar que na medida em que a reação citada alcança o estado de equilíbrio dinâmico, a cor púrpura do gás I_2 vai diminuindo até estabilizar em uma cor mais clara. Porém, apesar da alteração da cor, não é possível constatar evidências do processo dinâmico desta reação, ou seja, o nível sensorio não convence os estudantes de que, microscopicamente, as moléculas continuam interagindo formando, ao mesmo tempo, reagentes e produtos. No entanto, vamos adicionar a este sistema em equilíbrio, a mesma concentração dos gases H_2 , I_2 e HI sendo que o gás I_2 é radioativo. Se, através de equipamentos adequados, acompanharmos a evolução desta reação, depois de adicionadas as partículas de I_2 radioativas, verificaremos que depois de certo tempo, além das partículas radioativas de I_2 também haverá moléculas de HI radioativas. Desta maneira, é possível visualizar a ocorrência desta reação, através das moléculas radioativas presentes no sistema. Ou seja, macroscopicamente, esta é uma das únicas evidências observáveis de reações em equilíbrio químico dinâmico.

c- Visualização de sistemas em Equilíbrio Compartmentalizados

Conforme estudos de Solomonidou e Stavridou (2001), os estudantes apresentam muitas dificuldades em imaginar que reagentes e produtos encontram-se em um mesmo sistema. Ao invés disso, expressam cada substância da equação em recipientes separados. Percebe-se que existe uma grande confusão ao relacionar o simbolismo da reação com o nível microscópico, isto detectado através de desenhos.

Esta concepção pode ter a sua origem em analogias mecânicas e físicas, como por exemplo, uma balança, em que há compartimentalização (JOHNSTONE, 1977). Para Andréa horta (1996), este fato pode ter origem até mesmo no uso das equações químicas separadas pela dupla seta, tratando separadamente reagentes e produtos.

Outra consideração importante refere-se ao fato de que os estudantes desenhavam sistemas abertos para as substâncias gasosas (SOLOMONIDOU; STAVIDROU, 2001). Estes autores salientam a insuficiente representação mental apresentada pelos estudantes sobre conceitos em nível microscópico. Os estudantes não conseguem articular ambos os níveis macroscópico e microscópico.

d- Analogia molar

Os estudantes apresentam concepções alternativas entre os coeficientes estequiométricos da equação e as quantidades das concentrações das substâncias presentes em uma reação química. Alguns apresentam a concepção de que, no equilíbrio químico, as concentrações de reagentes e produtos é a mesma. Ou então, fato mais comum, que as concentrações tanto dos reagentes quanto dos produtos é igual aos coeficientes estequiométricos da reação (HAMEED et al., 1993; HACKLING; GARNETT, 1985; CACHAPUZ; MASKILL, 1989; GORODETSKY; GUSSARSKY, 1986; NURRENBERN; PICKERING, 1987).

e- Aproximação do equilíbrio químico

Segundo Hameed et al. (1993), dentro da categoria “aproximação do equilíbrio”, os estudantes imaginam que “as taxas de reação, tanto direta quanto inversa, aumentam simultaneamente à medida que o equilíbrio se aproxima”. Outra concepção dentro desta mesma categoria é apresentada por Niaz (2001). “Após a reação ter iniciado, a taxa de reação direta aumenta com o tempo e, a taxa de reação inversa diminui, até que o equilíbrio é alcançado”. Além desta, Niaz (1995) também cita uma concepção freqüente dos estudantes, ao qual considera apenas o processo direto da reação. A concepção é de que “a taxa da reação direta aumenta com o tempo, até que o equilíbrio é estabelecido”. Segundo Niaz (1995), esta concepção ocorre devido à incompreensão da diferenciação entre uma reação reversível e uma que se completa.

Uma atividade apresentada por Wilson (1998) foi desenvolvida com a finalidade de demonstrar aos estudantes que a taxa de reação direta diminui e a taxa de reação inversa aumenta como passar do tempo. No equilíbrio, ambas as taxas devem ser iguais.

A atividade consiste em dividir a turma em dois grupos, um deles representando os reagentes e o outro os produtos. Utilizando o próprio corpo, eles se movem de acordo com as regras estabelecidas do jogo, seguindo o mesmo processo de uma reação química reversível. Esta analogia pode ser útil para: Demonstrar o caráter dinâmico de uma reação; verificar que as concentrações permanecem constantes e não iguais no equilíbrio; o sistema está em permanente movimento e verificar a taxa de reação direta e inversa.

Nesta última, a taxa de reação pode ser analisada tanto em nível simbólico pela contagem quanto em nível microscópico. Uma representação está diretamente conectada à outra.

f- Princípio de Le Chatelier

A aplicação do Princípio de Le Chatelier não representa ser um aspecto difícil aos estudantes, quando aplicado de forma mecanicista (SOLOMONIDOU;

STAVRIDOU, 2001). No entanto, verifica-se na resolução de problemas que envolvem um conhecimento mais profundo e um maior controle das variáveis envolvidas que, grande parte dos estudantes é incapaz de efetuar a resolução. Isto se deve principalmente, à ênfase dada em sala de aula dos aspectos quantitativos sobre os qualitativos (SOLOMONIDOU; STAVRIDOU, 2001).

Segundo Banerjee (1991), a porcentagem de algumas concepções alternativas são maiores em professores do que em estudantes. Por este motivo, hipótese sugerida pelo autor é que os professores apóiam-se na exclusividade e certeza do Princípio, sem a resolução de problemas mais crítica e reflexiva do assunto, sendo esta uma possível origem das concepções dos estudantes.

Concepções alternativas decorrentes da perturbação de um sistema em equilíbrio ocorrem, sobremaneira, com foco nas seguintes variáveis de estado:

Concentração

De acordo com Raviolo et al. (2000), alguns estudantes não conseguem comparar “as velocidades de uma situação de equilíbrio após a perturbação, com as velocidades iniciais”. Alguns consideram apenas o sentido direto da reação, ignorando o processo inverso. Uma das alternativas apresentadas é “o sistema sendo alterado por um aumento da concentração de um reagente, provocando um aumento na velocidade direta e produzindo um aumento na concentração dos produtos”.

Temperatura

Muitas das concepções apresentadas pelos estudantes estão relacionadas com analogias utilizadas de maneira incorreta durante o processo de aprendizagem (JOHNSTONE, 1977). Por exemplo, “quando um sistema em equilíbrio for perturbado por um aumento da temperatura, isto implica a concepção de um aumento de ambas as velocidades, direta e inversa”. Este fato pode ser induzido pela utilização da teoria das colisões com o comportamento cinético-molecular das partículas (RAVILOLO et al., 2001).

Outra concepção apresentada é de que quando “a temperatura é diminuída em uma reação exotérmica, a taxa de reação direta aumenta”, (BANERJEE, 1991). De acordo com o autor, a concepção alternativa apresentada pelos estudantes e professores no estudo realizado, demonstra que um valor alto para a constante de equilíbrio implica uma reação mais rápida. Conforme o autor, eles interpretam a taxa de reação usando o Princípio de Le Chatelier.

O quadro a seguir identifica autores e as respectivas concepções alternativas relacionadas com o conceito de Equilíbrio Químico:

I. Reversibilidade

| CONCEPÇÃO ALTERNATIVA | AUTOR |
|--|---|
| Incorreta interpretação da dupla seta. | Cros et al. (1984); MacDonald & Webb (1977); Johnstone et al. (1977). |
| Dificuldades de compreensão sobre o que ocorre com as velocidades direta e inversa quando o sistema se aproxima do equilíbrio. | Hackling & Garnett (1985); Raviolo et al. (2001). |
| Após a reação direta se completar, inicia a reação inversa. | Furió & Ortiz (1983); Raviolo et al. (2001). |

II. Equilíbrio Químico Dinâmico

| | |
|--|--|
| O Equilíbrio Químico não é dinâmico, mas estático. | Hackling & Garnett (1985); Raviolo et al. (1997). |
| No Equilíbrio, as concentrações não se mantêm constantes, mas variam constantemente, assim como a reação oscila entre reagentes e produtos | Furió & Ortiz (1983); Gorodetsky & Gussarsky (1986); Cachapuz & Maskill (1989) |

III. Visualização de Sistemas em Equilíbrio Compartimentalizados

| | |
|--|--|
| Reagentes e produtos compartimentalizados. | Furió & Ortiz (1983); Johnstone et al. (1977); Gorodetsky & Gussarsky (1986); Cachapuz & Maskill (1989). |
| Sistemas abertos para gases | Solomonidou & Stavridou (2001) |

IV. Analogia molar

| | |
|---|--|
| As concentrações de Equilíbrio são iguais aos coeficientes estequiométricos da equação. | Furió & Ortiz (1983); |
| No equilíbrio, as concentrações de reagentes e produtos são iguais. | Hackling & Garnett (1985); Gorodetsky & Gussarsky (1986). |

V. Aproximação do Equilíbrio Químico

| | |
|--|----------------------|
| A taxa de reação, tanto direta quanto inversa, aumenta à medida que o Equilíbrio é atingido. | Hameed et al. (1993) |
| Após a reação ter iniciado, a taxa de reação direta aumenta com o tempo e, a taxa de reação inversa diminui, até que o equilíbrio é alcançado. | Niaz (2001) |

VI. Aplicação do Princípio de Le Chatelier em sistemas em Equilíbrio Químico

| | |
|--|---|
| Um aumento na concentração de reagentes, a taxa da reação inversa diminui. | Hameed et al. (1993); Hackling et al. (1985). Hackling & Garnett (1985); Raviolo et al. (1997). |
| O sistema quando alterado por um aumento da concentração de reagentes provoca, um aumento na velocidade direta e conseqüentemente um aumento na concentração dos produtos. | Raviolo et al. (2000) . |
| Um aumento da temperatura, a taxa da reação direta diminui. | Hameed et al. (1993); Hackling et al. (1985). |
| Se a temperatura é diminuída em uma reação exotérmica, a taxa de reação direta aumenta. | Banerjee (1991). |
| Se a temperatura tende a aumentar, as velocidades direta e inversa também aumentam. | Raviolo (2001) |
| Uma redução do volume, a taxa de reação inversa diminui. | Hameed et al. (1993); Hackling et al. (1985). |
| O efeito de catalisadores sobre o Equilíbrio Químico | Johnstone (1977); Hackling & Garnett (1985); Gorodetsky & Gussarsky (1986). |

CONCLUSÕES

Existem vários trabalhos relatando as concepções alternativas em diversos tópicos de química, e, em geral, não é fácil encontrar estas concepções a não ser por um extenso trabalho de revisão bibliográfica. Este foi o propósito deste artigo, que deixa para a comunidade esta relação de concepções alternativas intimamente associadas com o fenômeno de aprendizagem de Equilíbrio Químico, categorizadas dentro do enfoque de Gabel dos diferentes níveis de representação de um fenômeno químico.

REFERÊNCIAS

- BANERJEE, A. C. Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. *International Journal of science education*, v.3(4), 487-497, 1991.
- BARNEA, N.; DORI, Y. J. Computerized molecular modeling as a tool to improve chemistry teaching. *Journal of Chemical Information and Computer Science*, v.36, pp.629-636, 1996.
- BEN-ZVI, R.; EYLON, B.; SILBERSTEIN, J. Is an atom of copper malleable? *Journal of chemical Education*, v.63, pp.64-66, 1986.
- BERGQUIST, W.; HEIKKINEN, H. Student ideas regarding chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, v.67, pp. 1000-1003, 1990.

- BIRTA, L. G.; ÖZMIZRAK, F. N. A Knowledge-Based Approach for the Validation of Simulation Models: The Foundation. *ACM Transactions on modeling and computer Simulation*, v.6(1), pp.76-98, jan., 1996.
- BROWN, T. L.; LEMAY, H. E. Jr.; BURSTEN, B. E. *Química: Ciência Central*. 7.ed. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 1999.
- CAMACHO, M.; GOOD, R. Problem solving and chemical equilibrium: Successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, v.26(3), pp.251-272, 1989.
- CROSIER, J. K.; COBB, S. V. G.; WILSON, J. R. Experimental Comparison of Virtual Reality with Traditional Teaching Methods for Teaching Radioactivity. *Education and Information Technologies*, v.5(4), pp. 329-343, 2000.
- ESQUEMBRE, F. Unidades Didáticas en física utilizando simulaciones interactivas controladas desde ficheros HTML. *Atas do IV Congresso RIBIE*, Brasília, 1998.
- ESQUEMBRE, F. Computers in Physics Education. *Computer physics communications*, pp.1-7, 2001.
- FURIÓ, C. J.; ORTIZ, E. Persistência de errores conceptuales en el estudio del Equilibrio Químico. *Enseñanza de Las Ciencias*, pp.15-20, 1983.
- GABEL, D.; SHERWOOD, R. D.; ENOCHS, L. Problem-solving skills of high school chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, v.21, pp.221-233, 1984.
- GABEL, D.; Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 1993.
- GARNETT, P.; HACKLING, M. W. Students' alternative conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*. v.25, pp.69-95, 1995.
- GRIFFITHS, A. K.; PRESTON, K. R. Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, v.29(6), pp.611-628, 1992.
- GUSSARSKY, E.; GORODETSKY, M. On the concept "chemical equilibrium": The Associative Framework. *Journal of research in science teaching*, v.127(3), pp.197-204, 1990.
- HACKLING, M. W.; GARNETT, P. J. Misconceptions of Chemical Equilibrium. *European Journal of Science Education*. v.7(2), pp.205- 214, 1985.
- HAMEED, H.; HACKLING, M. W.; GARNETT, P. J. Facilitating conceptual change in chemical equilibrium using a CAI strategy. *International Journal of Science Education*, v.15(2), pp.221-230, 1993.
- HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Conceptual change using multiple interpretive perspectives: Two case studies in secondary school chemistry. *Instructional Science*. v.29, pp.45-85, 2001.
- JOHNSTONE, A. H., MACDONALD, W. G. Chemical Equilibrium and its conceptual difficulties. *Education in Chemistry*. 14, 169-171, 1977.
- KEIG, P. F.; RUBBA, P. A. Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, v.30(8), pp.883-903, 1993.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. *Química e reações químicas*. 4.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S. A., 2002.

KOZMA, R. B.; RUSSEL, J. Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, v.34(9), pp.949-968, 1997.

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.

NICOLL, G. A Qualitative Investigation of Undergraduate Chemistry Student's Macroscopic Interpretations of the Submicroscopic Structure of Molecules. *Journal of Chemical Education*, v.80(2), February, 2003.

NOVICK, S.; NUSSBAUM. Junior high school pupil's understanding of the particulate nature of matter: an interview study. *Science Education*, v.72, pp.273-281, 1978.

NURRENBERN, S.; PICKERING, M. Concept learning versus problem solving: is there a difference? *Journal Chemical Education*, v.64(6), pp.508-510, 1987.

PAPERT, S. *Mind storms: Children, Computers and Powerful Ideas*. 2.ed. New York: Basic Books. p.393.

POSNER, G. J. et al. Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, v.66(2), pp.211-227, 1982.

QUÍLEZ-PARDO, J.; SANJOSÉ LÓPEZ, V. 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(1), pp.72-80, 1995.

QUÍLEZ-PARDO, J; SOLAZ-PORTOLÉS, J. J. Student's and teacher's Misapplication of Le Chatelier's Principle: Implications for the Teaching of Chemical Equilibrium. *Journal Research in Science Teaching*, v.32(9), pp.939-957, 1995.

RAVILOLO, A. et al. *Son dinamicos los equflibrios para alumnos universitarios?* Trabajo presentado en las terceras Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Química. Vaquerías. Córdoba. Argentina. 1997.

RAVILOLO, A et al. Logros y dificultades de alumnus universitarios en equilibrio químico: uso de un test con proposiciones. *Educación Química*, v.12(1), pp.18-26, 2000.

SOLOMONIDOU, Cristina; SPEARS, L. G. Jr; SPEARS, L. G. Chemical storage for solar energy using an old color change demonstration. *Journal of Chemical Education*, v.61, pp.252-254, 1984.

STAVRIDOU, H. Design and Development of a Computer Learning Environment on the Basis of Student's Initial Conceptions and Learning Difficulties about Chemical Equilibrium. *Education and information Technologies*, v.6(1), pp.5-27, 2001.

TSAPARLIS, G; KOUSATHANA, M.; NIAZ, M. Molecular Equilibrium Problems: Manipulation of Logical Structure and of M-Demand, and Their Effect on Student's Performance. *Science Education*, v.82, pp.437-454, 1998.

VAN DRIEL, J. H. Developing secondary student's conceptions of chemical reactions: the introduction of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, v.20(4), pp. 379-392, 1998.

WU, H.-K.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. Promoting Understanding of Chemical Representations: Student's use of a Visualization Tool in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, v.38(7), pp.821-842, 2001.

Recebido em: nov. 2007 **Aceito em:** dez. 2007

Normas editoriais

1. MODALIDADES DE PUBLICAÇÃO

1.1 - artigos que expressem opiniões e posicionamentos acerca de questões atuais das Ciências Naturais e Exatas, cientificamente embasados.

1.2 - resenha crítica de obras relativas a essas áreas, resumo de teses, comunicações, documentos;

1.3 - matérias de divulgação da Universidade;

1.4 - matérias informativas sobre participação em eventos científicos e tecnológicos.

2. APRESENTAÇÃO DOS ORIGINAIS

2.1 - os artigos deverão ser apresentados em CD ou disquete, de preferência em Microsoft Word ou similar, acompanhados de duas cópias impressas. Todo material anexo deve estar digitalizado.

2.2 - o texto dos artigos deverá ter de 10 a 20 laudas; o texto de resenhas ou outra modalidade de comunicação não deverá ir além de 10 laudas;

2.3 - um resumo de seis (6) a doze (12) linhas, com o nome do artigo e com o nome dos autores, em língua portuguesa e em língua inglesa, deverá introduzir o artigo, juntamente com palavras-chave;

2.4 - a apresentação deverá conter: identificação, com título, subtítulo (se houver), nome(s) do(s) autor(es), maior titulação acadêmica, cargo atual e instituição em que exerce suas funções; telefones e endereços particular e profissional;

2.5 - citações, referências bibliográficas e notas de rodapé deverão seguir as normas da ABNT, ou, excepcionalmente, em casos devidamente justificados, de outro sistema de reconhecido valor científico;

2.6 - a estrutura do artigo será a de um trabalho científico, contendo partes tais como: introdução, desenvolvimento, material, métodos, resultado, discussão, conclusão, segundo as características específicas de cada matéria.

3. PUBLICAÇÃO

3.1 - os trabalhos remetidos para publicação serão submetidos à apreciação do Conselho Editorial ou de outros consultores por este designados, de acordo com as especificidades do tema. Em se tratando de material elaborado por aluno(s), o mesmo deverá estar visado por um professor da área;

3.2 - os autores serão comunicados, através de correspondência, da aceitação ou recusa de seus artigos. A Comissão Editorial não se responsabiliza pela devolução dos originais remetidos;

3.3 - havendo necessidade de alteração quanto ao conteúdo do texto, será sugerido ao autor que as faça e devolva no prazo estabelecido; adequação lingüística e copidescagem estão a cargo da Comissão Editorial;

3.4 - os trabalhos devem ser encaminhados para:

Revista Acta Scientiae

Universidade Luterana do Brasil

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

Av. Farroupilha, 8001, - Prédio 14, sala 218

92425-900 Canoas/RS - Brasil

E-mail: actascientiae@ulbra.br

Fone: (51) 3477.9278