

## Concepções alternativas sobre mudanças do estado de equilíbrio químico no ensino superior.

Juliana N. Gomes\* (PG), Joana G. de Aguiar (PG), Flávio A. Maximiano (PQ)  
[famaxim@iq.usp.br](mailto:famaxim@iq.usp.br)

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências - Modalidade Química – USP;  
Departamento de Química Fundamental - IQUSP. Av. Prof Lineu Prestes, 748, Butantã – CEP: 05508-900  
São Paulo – SP.

*Palavras-Chave:* equilíbrio químico, concepções alternativas, ensino superior.

**RESUMO:** O OBJETIVO INICIAL DESTES TRABALHOS É VERIFICAR SE EXISTEM DIFERENÇAS NAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS APRESENTADAS POR ALUNOS NO INÍCIO E NO FIM DE SE CURSO DE GRADUAÇÃO A RESPEITO DO TEMA EQUILÍBRIO QUÍMICO. A METODOLOGIA DE TESTE EMPREGADA NÃO PERMITIU VERIFICAR VARIAÇÕES SIGNIFICATIVAS ENTRE OS DIFERENTES GRUPOS DE ALUNOS. NO ENTANTO, AS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS QUE MAIS SE DESTACARAM ENTRE TODOS OS ALUNOS FORAM: INCOMPREENSÃO DO EFEITO DE SE ADICIONAR UM GÁS INERTE NO SISTEMA EM EQUILÍBRIO; INCOMPREENSÃO DO PAPEL DO SÓLIDO EM UM EQUILÍBRIO HETEROGÊNEO (A ADIÇÃO DE MAIS SÓLIDO MODIFICA O EQUILÍBRIO; APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO DE LE CHATELIER A SITUAÇÕES QUE CONDUZEM A PREDIÇÕES INCORRETAS; APLICAÇÃO DE APROXIMAÇÕES DO TIPO LE CHATELIER A SITUAÇÕES INAPROPRIADAS E PRINCIPALMENTE, O NÃO USO DE  $K$  E  $Q$  PARA PREDIZER A EVOLUÇÃO DE UM ESTADO DE EQUILÍBRIO.

### INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Ao passar por um curso de graduação em química o estudante é apresentado formalmente a uma série de conceitos básicos que perpassam por praticamente todas as disciplinas do curso e formam uma estrutura fundamental para se entender e fazer química. Entretanto, as pesquisas que focalizam o processo ensino/aprendizado da química, particularmente aquelas que compreendem o chamado “movimento das concepções alternativas” (Furio e Ortiz, 1983), tem diagnosticado uma série de concepções errôneas apresentadas por alunos de todos os níveis, inclusive no ensino superior ou em profissionais já formados.

Dentre os temas químicos fundamentais o do equilíbrio químico é um dos tópicos mais difíceis e exigentes para o aprendizado do aluno do ensino médio ou de cursos introdutórios de química no ensino superior (Wilson, 1998 e Stewart et al, 1982). Pode ser visto como uma síntese de conceitos e princípios químicos mais gerais (Camacho e Good, 1989) e por isso, demanda o domínio de um grande número de conceitos subordinados (Quilez-Pardo e Solaz-Portoles, 1995). Trata-se também de um dos conceitos mais básicos para o entendimento de outros tópicos da química como o comportamento ácido-base, reações de oxidação-redução e solubilidade (Kirk et al 2000), sendo que a falta de conhecimento e de domínio de seus princípios, ou a falta de habilidade em transferir estes princípios a outros domínios, é fonte de dificuldades que os alunos encontram no estudo destes tópicos acima citados (Quilez-Pardo e Sanjosé-Lopes, 1995).

Segundo Teserpalis et al (1998), os problemas que envolvem equilíbrio químico estão entre os mais importantes, complexos e difíceis encontrados nos cursos de Química Geral. Sendo assim, não é surpresa que muitos pesquisadores tenham se dedicado a este tema em uma vasta perspectiva que vai desde levantar as dificuldades e concepções alternativas apresentadas pelos alunos (Furio-Mas e Ortiz, 1983 e Thomas e Schwenz, 1998), até propor novas metodologias de ensino, como por

exemplo, através de resolução de problemas (Camacho e Good, 1989) ou utilização de jogos (Wilson, 1998).

Uma importante revisão das concepções alternativas a respeito de equilíbrio químico foi realizada por Raviolo e Aznar (2003). Dos 28 trabalhos analisados onze deles envolvem estudos com alunos do ensino superior. Destes, nove trabalhos investigam as concepções de alunos do primeiro ano do curso universitário, apenas um dos trabalhos levanta as concepções de alunos que cursam uma disciplina de físico-química. Este trabalho sistematiza uma grande quantidade de concepções alternativas e dificuldades que foram classificadas em oito categorias diferentes, definidas como: 1) conceitos prévios necessários para o estudo do equilíbrio químico; 2) características de um sistema em equilíbrio químico; 3) linguagem, simbolismo empregado e constante de equilíbrio; 4) efeito de mudança de variáveis sobre o sistema em equilíbrio (aplicação do princípio de Le Chatelier); 5) velocidade de reação; 6) catalisadores; 7) energia e 8) equilíbrios heterogêneos. Os autores ainda encerram o trabalho apresentando, para cada categoria de dificuldades, uma importante e extensa lista de sugestões que devem ser levadas em conta no planejamento de ensino do tema equilíbrio químico.

A sistematização de Raviolo e Aznar (2003) e a análise de outros trabalhos sobre o tema (Barker, 2001, Wandersee et al, 1994) evidenciam uma importante característica admitida sobre as concepções alternativas que é o fato de que são comuns a estudantes de diferentes idades, meios, gênero e culturas. Os autores observam que esta universalidade é observada de uma maneira mais significativa em um tema como equilíbrio químico, cujos conceitos são construídos apenas no âmbito acadêmico e não no contexto cotidiano. A razão para isto é que o ensino formal do tema utiliza metodologias e livros textos similares, principalmente nos primeiros anos do ensino universitário, onde há uma notável uniformidade entre os modelos de ensino (Raviolo e Aznar, 2003).

Diante deste quadro é de se perguntar se, no caso de um curso superior de Química, estas concepções permanecem ou são superadas à medida que o estudante vai aprofundando seus estudos nesta ciência. Será que ao estudar novos conceitos em novas disciplinas da Química, principalmente aqueles que fazem uso e até mesmo aprofundam os conceitos de equilíbrio químico, estas concepções alternativas dão lugar a uma concepção cientificamente correta?

Assim, o presente trabalho faz parte de um projeto maior que pretende, a partir das concepções alternativas já conhecidas, das características comuns a estas concepções e das metodologias de pesquisa consagradas nesta área de investigação (Quilez-Pardo, 1998; Furio et al., 2003; Raviolo e Aznar, 2003), verificar quais são as concepções dos alunos sobre equilíbrio químico que se encontram em diferentes etapas da sua formação. Verificar se existem diferenças nas concepções alternativas apresentadas por alunos no início e no fim de seu curso de graduação. Espera-se assim, ter indícios se, ao longo de um curso de graduação, mudam e como mudam essas concepções e ainda, quais são as mais resistentes a mudanças.

Neste trabalho, procurou-se identificar as concepções alternativas relacionadas a duas das oito categorias listadas por Raviolo e Aznar (2003): o efeito da mudança de variáveis sobre o sistema em equilíbrio químico (aplicação do princípio de Le Chatelier) e os equilíbrios heterogêneos.

## **METODOLOGIA**

Foi elaborado um teste (anexo 1) composto por 16 questões de múltipla escolha com justificativa aberta, de maneira que era pedido para que o aluno

justificasse sua escolha (Treagust, 1988). Com o objetivo de comparar com os resultados já publicados optou-se por montar este teste baseado em questões utilizadas em outros estudos e já validadas. Foi feita, então, uma seleção de questões presentes em diversos trabalhos de pesquisa sobre o tema que abordavam as diferentes concepções alternativas relacionadas ao tema. Este teste foi aplicado em 158 alunos do 1º ao 4º ano dos cursos de Graduação em Química do IQUSP do período Integral. Os 60 alunos do 1º ano foram considerados como iniciantes, os 52 alunos do 2º ano como intermediários e os do 3º e 4º anos, que devido à pequena amostra de alunos submetidos ao questionário, foram agrupados na categoria de veteranos, totalizando 46 alunos. O tempo de duração do teste foi em média de uma hora.

Para analisar se houve diferença estatística significativa entre o número de acertos das alternativas e justificativas, por questão, em relação aos grupos de ensino foi utilizado o Teste de Qui-Quadrado (Kirkman, 1996).

Neste trabalho serão apresentados os resultados e discussões referentes às questões que apresentam o enfoque principal nos efeitos da mudança de variáveis sobre o equilíbrio, ou seja, a aplicação do Princípio de Le Chatelier. O quadro 1 apresenta as concepções alternativas e dificuldades estudadas com as respectivas questões utilizadas para identificar a presença ou não destas concepções.

Quadro 1 - Efeito da mudança de variáveis sobre o equilíbrio (aplicação do princípio de Le Chatelier)

Concepção alternativa/dificuldade <sup>a</sup>	Questão <sup>b</sup>
<b>Efeito da mudança de variáveis sobre o equilíbrio (aplicação do princípio de Le Chatelier)</b>	
Maiores dificuldades em aplicar o princípio de Le Chatelier diante de mudanças de temperatura	2 e 7
Aplicação de aproximações do tipo Le Chatelier a situações inapropriadas.	3, 4, 5, 6, 8, 10 e 11
Aplicação de Le Chatelier a situações que conduzem a predições incorretas.	1, 5, 6, e 11
Incompreensão do efeito de adicionar um gás inerte ao sistema em equilíbrio.	4
Não usam Q e K para predizer evolução do estado de equilíbrio.	1, 2, 3, 5, 6 e 9
<b>Equilíbrios heterogêneos</b>	
Incompreensão do papel do sólido. A adição de mais sólido modifica o equilíbrio.	9 e 10

a. Extraído de Raviolo e Aznar (2003).

b. As questões selecionadas para discussão neste trabalho estão no anexo 1

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados coletados no questionário, foi contabilizado o número de alunos que acertaram a questão em sua totalidade (alternativa mais justificativa) seguida do cálculo da porcentagem, apresentado na Figura 1. Pode-se observar que a porcentagem de acertos das questões ficou, em geral, abaixo dos 50%, com exceção das questões 2, 7, 8 e 9. Os alunos veteranos apresentaram uma porcentagem de acertos maior nas questões 1, 3, 6, 8, 9 e 10, quando comparado aos demais grupos. Entretanto, nas questões 4 e 5 a porcentagem de acertos esteve muito abaixo dos 10%. Nas questões 6, 8 e 9 há um aumento gradual na porcentagem de acertos entre iniciantes, intermediários e veteranos.

A análise feita a partir do teste do qui-quadrado para os três níveis estudados – iniciantes, intermediários e veteranos - indicou que somente nas questões 2, 6, 7 e 10 houve variações significativas na quantidade de acertos, mas isto não é

necessariamente marcado por uma evolução com o tempo de estudo do aluno. A análise das questões selecionadas gerou uma série de interpretações, as quais foram organizadas abaixo. Destacam-se a porcentagem de acerto geral (alternativa mais justificativa) e análise dessa justificativa de acordo com a categoria estabelecida.

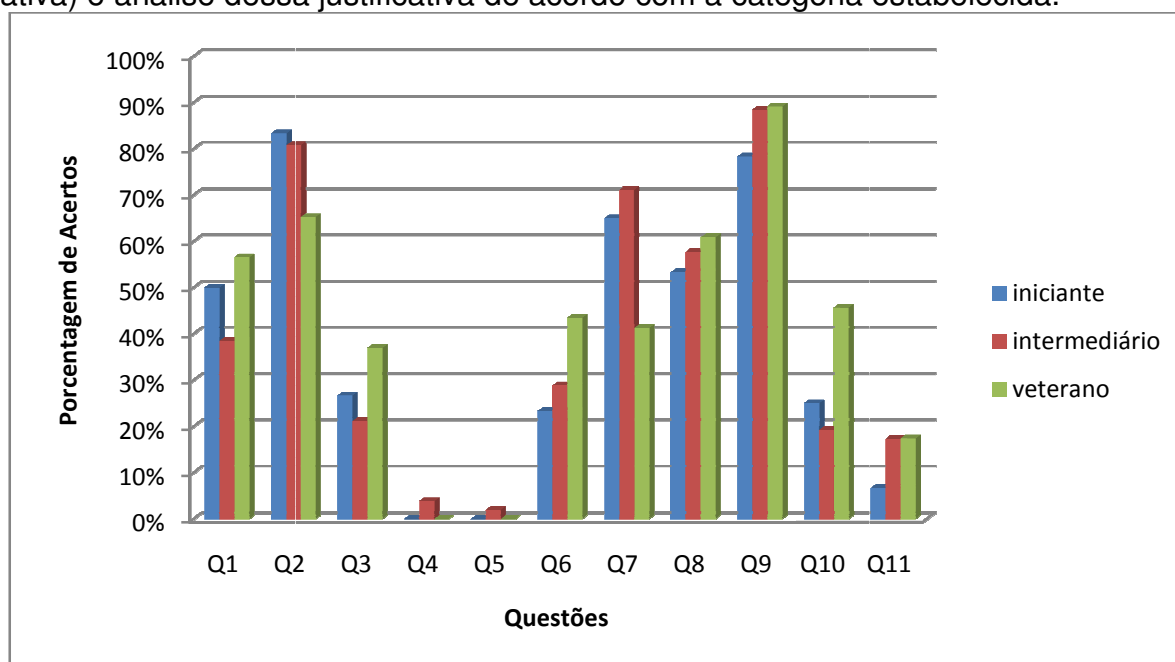


Figura 1 - Gráfico dos acertos em porcentagem por questão e grupo de alunos.

As questões 1, 2 e 3 apresentam um sistema em equilíbrio representada pela reação exotérmica  $\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{O}(\text{g})$ , que sofre variações nas concentrações, temperatura e pressão das substâncias envolvidas, respectivamente. Na primeira questão espera-se que o aluno identifique o sistema que mantém a proporção  $[\text{reagente}]/[\text{produto}] = K$  e considere o princípio de Le Chatelier (relacionado ou não com a proporção). Na segunda questão espera-se que o aluno relacione o aumento da temperatura de uma reação exotérmica com a diminuição do valor de  $K$  e/ou aplique o princípio de Le Chatelier corretamente. Na terceira questão espera-se que o aluno identifique que o aumento da pressão não altera o equilíbrio, uma vez que há o mesmo número de moléculas gasosas em ambos os lados da reação. Os resultados encontrados são apresentados abaixo:

#### Questão 1:

O número total de alunos que acertou a alternativa e a justificativa é de apenas 48,4%. Cerca de 27% dos alunos que assinalaram a alternativa correta justificaram de maneira incompleta. Em geral, estes alunos afirmam que a adição de  $\text{O}$  desloca o equilíbrio no sentido de formação de  $\text{O}_2$  (aplicação direta do princípio de Le Chatelier), mas não levam em consideração a proporção  $\text{O}_2/\text{O}$ , expressa por  $K$ , o que poderia levar à escolha de outra alternativa. 2,3% dos alunos assinalaram a alternativa errada (C) aplicando somente o princípio de Le Chatelier sem considerar que  $K$  deve ser mantido constante.

#### Questão 2:

Pelo teste do qui-quadrado os veteranos apresentaram um declínio conceitual onde as justificativas errôneas foram de modo a confirmar as concepções alternativas mais comuns como: “o aumento da temperatura favorece a reação exotérmica” e “não há alterações no equilíbrio”. Os iniciantes e intermediários se encontram no mesmo patamar e apresentam erros conceituais do mesmo tipo, porém apresentaram uma

porcentagem maior de acertos nas alternativas. Esta questão foi a que apresentou um dos maiores índices de acerto (77,7%). Neste caso todas as justificativas fazem uso do princípio de Le Chatelier, embora a minoria (4,5%) cite textualmente este princípio. Nenhuma das respostas cita a razão entre  $\bullet/\circ$ . Nesta questão o número de justificativas incorretas foi menor para os alunos veteranos do que para os demais, entretanto os mesmos escolheram mais alternativas incorretas.

### Questão 3:

Foi nesta questão, referente ao efeito do aumento de pressão em um sistema em equilíbrio, que se observou um menor índice de acertos (28%), comparado com as duas anteriores. 9,6% dos alunos, apresentou respostas incompletas, ou seja, apenas afirmam que não há alteração do equilíbrio sem justificar. Outros 19,7% erram a alternativa assinalando a alternativa E aplicando a regra de que o aumento de pressão desloca o equilíbrio para a condição apresenta o menor número de moléculas. Neste caso, os alunos simplesmente assinalaram a alternativa que apresentava um número menor de partículas de produtos. Isto demonstra o fato de que estes alunos, mais uma vez, aplicaram o princípio de Le Chatelier diretamente sem levar em conta o valor de K. No entanto, a porcentagem de alunos que assinalou uma das alternativas erradas diminuiu entre os alunos iniciantes (45%) e intermediários (28,8%).

### Questão 4:

A questão 4 considera um sistema gasoso em equilíbrio e se investiga o efeito da adição de um gás inerte a este sistema, mantendo a temperatura constante e o volume fixo. Nesta questão ficou claro como a maioria dos alunos não consideram todas as variáveis envolvidas em um equilíbrio químico antes de aplicar o princípio de Le Chatelier como regra qualitativa para prever possíveis alterações mediante uma perturbação no sistema. 69,4% dos alunos assinalaram a alternativa B, considerando que a adição de um gás inerte produz um aumento de pressão (42% citam isto textualmente) o que deslocaria o equilíbrio na direção de formação do  $\text{PCl}_5$ . Um número expressivo de estudantes (24,2%) considera que por ser inerte o gás não perturba o equilíbrio assinalando a alternativa correta, porém, com uma justificativa incorreta. Neste caso, pode-se observar uma evolução a respeito do papel de um gás inerte, uma vez que a incidência desta justificativa caiu de 30% para alunos iniciantes ou intermediários para 10,9% em alunos veteranos, ou seja, embora o índice de acertos da questão permaneça próximo de zero, pois os alunos em geral não levam em conta as condições em que se pode aplicar o princípio de Le Chatelier, o número de alunos que simplesmente consideram que o fato do gás ser inerte não influi no equilíbrio cai consideravelmente ao longo do tempo de curso.

### Questão 5:

Esta questão considera um sistema em equilíbrio cuja solução apresenta uma coloração azul e se investiga o que será observado se adicionarmos água no sistema. Para responder corretamente o aluno precisa considerar a equação da constante de equilíbrio e pensar em termos do coeficiente de reação Q. A aplicação direta do princípio de Le Chatelier leva a resposta certa pela justificativa errada.

Os resultados mostram que nesta questão apenas um aluno acertou a alternativa e a justificativa. Cerca de 69% dos alunos assinalam a alternativa correta "A" mas justificam pela simples aplicação do princípio de Le Chatelier. 14,6% afirmam que o equilíbrio se deslocará para consumir a água adicionada que é produto da reação. Outros cinco alunos (3,2%) pertencentes ao grupo de alunos intermediários afirmam que o equilíbrio será deslocado para a esquerda mas não sabem se as concentrações são suficientes para mudar de cor. Vinte alunos (12,8%) assinalaram a alternativa C, que afirma que a solução permanecerá inalterada. Destes, metade afirma que as



concentrações envolvidas diminuem igualmente, o que denota dificuldade, ou falta de costume, em utilizar equação da constante de equilíbrio. A outra metade simplesmente afirma que a água não aparece na equação de equilíbrio.

#### **Questão 6:**

A questão 6 investiga a compreensão dos alunos relacionadas a adição de uma solução com a mesma concentração do sistema em equilíbrio. Esta questão procura verificar se os alunos conseguem expressar claramente o papel da concentração no equilíbrio.

A análise por qui-quadrado das respostas e justificativas desta questão mostra certa evolução com relação ao tempo de curso, já que os veteranos acertaram e justificaram corretamente numa porcentagem maior que os intermediários e estes maiores em relação aos iniciantes. Dos alunos que erraram a questão a maioria (30,6%) considera que para compensar a adição de  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  o equilíbrio será deslocado para a esquerda. Um número bem menor de alunos (2,5%) considera que houve adição de  $\text{CrO}_4^{2-}$  o que provoca um deslocamento para a direita. O que demonstra que o enunciado do problema, que afirma que uma solução de dicromato foi adicionada, foi determinante para o resultado obtido. Mais uma vez se observa a aplicação direta e literal do princípio de Le Chatelier levando a respostas equivocadas. Quatro alunos (2,5%) responderam que o equilíbrio será deslocado para a esquerda uma vez que foi adicionado água, um produto da reação.

#### **Questão 7:**

Esta questão considera um sistema gasoso em equilíbrio químico de uma reação exotérmica que é resfriada, mantendo volume constante, investiga-se o que ocorre com a constante de equilíbrio. Para responder corretamente esta questão o aluno precisa reconhecer que a mudança de temperatura altera o valor de K, além de saber expressar a constante de equilíbrio e usar corretamente o princípio de Le Chatelier.

O teste de qui-quadrado nos mostra que o número de respostas corretas caiu de maneira significativa nas respostas dos alunos veteranos em relação aos iniciantes e intermediários, que se encontram no mesmo patamar. Levando em conta todos os alunos, 60,5% dos mesmos conseguem relacionar corretamente a diminuição da temperatura com o aumento da constante de equilíbrio. A maioria destes o faz raciocinando em termos do princípio de Le Chatelier. Apenas 26,8% dos alunos usam a equação da constante de equilíbrio para justificar sua resposta, o que denota preferência dos estudantes por regras e relações qualitativas do que uma análise dimensional quantitativa.

#### **Questão 8:**

A questão 8 investiga o que acontece com a concentração de sal na solução se a água evapora até que o volume da solução seja metade do volume original. Espera-se que o aluno justifique que ao evaporar a solução, só aumenta a massa de sal sólido porque parte do sal que estava dissolvido precipita, e retirar solvente não altera a concentração de uma solução já saturada.

Dentre os alunos que assinalaram as alternativas incorretas a maioria não compreende que haverá aumento da massa de precipitado. Estes alunos (22,3%) consideram que como haverá uma diminuição do volume, devido à evaporação da água, a concentração de sal vai aumentar (alternativa A). Novamente, ao comparar as respostas erradas, observa-se uma evolução dos alunos iniciantes para os intermediários e veteranos, pois se verifica uma diminuição significativa neste tipo de resposta ao longo do tempo de curso (36,7% para cerca de 13%). Outra resposta digna

de nota é a dada por 6,4% dos alunos que afirmam que será formada uma solução supersaturada, o que denota mais a falta de uma correta compreensão da natureza do equilíbrio químico, uma vez que uma solução saturada não está em equilíbrio.

#### Questão 9:

Trata-se do efeito do íon comum em uma solução saturada em equilíbrio químico. O aluno pode justificar corretamente de duas maneiras, usando o princípio de Le Chatelier e usando a constante de equilíbrio  $K_s = [Ag^+][Cl^-]$  (produto de solubilidade).

Esta é a questão com maior índice de acerto (85,4%) o que aponta que os alunos conhecem o efeito do íon comum. O menor índice de acerto é dos alunos iniciantes (78,3%), o que mostra que o curso reforça este conceito. Dentre as justificativas corretas apenas 4 (2,5%) dos alunos veteranos utilizaram a equação do equilíbrio e apenas 5 alunos desta mesma categoria usam o termo mais técnico produto de solubilidade, o que não significa que os demais o desconheçam. A justificativa correta predominante entre os alunos é que parte de um raciocínio baseado no princípio de Le Chatelier.

#### Questão 10:

Este caso considera o seguinte sistema em equilíbrio:  $PbI_{2(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+}_{(aq)} + 2 I^{-}_{(aq)}$  e questiona-se o que ocorrerá com a concentração de íons iodeto na solução quando há a adição de uma certa massa de iodeto de chumbo sólido a este sistema em equilíbrio. Para responder corretamente o aluno deverá considerar que uma vez atingido o equilíbrio de solubilidade a adição de maior massa do mesmo sólido não afetará a concentração das espécies em solução.

O teste do qui-quadrado aponta para um aumento no índice de respostas corretas pelos alunos veteranos, indicando a possibilidade de que estes alunos estão mais familiarizados com equilíbrios heterogêneos em relação aos alunos iniciantes e intermediários. Dos que erraram a questão a maioria assinalou a alternativa A (38,2%), pois aplicaram diretamente e de maneira incorreta o princípio de Le Chatelier. Este tipo de erro acompanhou a evolução observada ao longo do tempo de curso, pois diminuiu significativamente dos alunos iniciantes (46,7%) para os alunos intermediários e veteranos (cerca de 33%), embora ainda seja alto, para estas categorias, o número de alunos que aplicam incorretamente o princípio de Le Chatelier em equilíbrios heterogêneos.

#### Questão 11:

Esta questão investiga qual o procedimento adequado para aumentar o valor de  $K_p$ , mantendo a temperatura constante, no seguinte sistema em equilíbrio químico,  $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2 NO_{2(g)}$ . Ao ler a questão o aluno deve observar que é impossível variar  $K_p$  mantendo a temperatura constante, qualquer constante de equilíbrio é, como o nome diz, uma constante que depende das condições experimentais, principalmente a temperatura.

Embora não seja estatisticamente significativo o número de acertos aumentou do grupo de alunos iniciante para os demais. O interessante é observar que de qualquer forma o índice acertos total é muito baixo (13,4%), ou seja, ao responder esta questão os alunos não se lembram ou não sabem que  $K$  é invariável se a temperatura é constante (o que define  $K$  ser uma constante). Todas as demais alternativas foram assinaladas sendo, 10% para a alternativa A, 12% para B e 47% para C. Outros 16 alunos (10%) assinalaram a alternativa E indicando que não sabiam responder à pergunta. Dos que assinalaram a alternativa B, as justificativas, em geral, relacionam a diminuição da pressão ao deslocamento de equilíbrio e aumento de  $K_p$ , ou seja, mais uma vez aplicaram diretamente e de maneira equivocada as regras qualitativas do

princípio de Le Chatelier, sem levar em conta que um valor de  $K_p$  deve ser constante a uma dada temperatura.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados coletados no questionário e o teste de qui-quadrado, foi possível observar que, das questões analisadas, apenas 4 delas apresentaram uma mudança significativa de conceitos. Nas questões 2 e 7, que investigam a variação de temperatura em um sistema em equilíbrio, as dificuldades enfrentadas pelos alunos veteranos foram maiores em relação aos iniciantes e intermediários, que se mantiveram no mesmo nível conceitual. Ressalta-se que, na questão 2, o número de justificativas incorretas foi menor para os alunos veteranos do que para os demais, ainda que os mesmos tenham escolhido mais alternativas incorretas. Por outro lado, nas questões 6 e 10, que investigam, dentre outros aspectos, a aplicação inapropriada e indiscriminada do princípio de Le Chatelier, os veteranos acertaram e justificaram corretamente numa porcentagem maior que os intermediários e iniciantes, marcando uma certa melhora da qualidade das respostas com relação ao tempo de curso.

No entanto, tendo em vista que, em geral, não houve diferenças no índice de acertos entre os três grupos de alunos, pode-se concluir que testes desta natureza não permitem determinar diferenças significativas entre alunos em diferentes estágios de curso de graduação. No entanto, permite detectar a existência de certas concepções alternativas ou problemas conceituais de uma forma em geral.

A incapacidade do teste em diferenciar alunos pode ser compreendida pelo fato de estar centrado na identificação de concepções alternativas, concepções estas que têm se mostrado comuns, presentes em estudantes com diferentes graus de instrução e extremamente resistentes a mudanças (Wandersee, 1994; Quílez e Sanjosé, 1995). No entanto, constituem-se em um importante ponto de partida para se refletir a respeito dos modelos de instrução empregados e para o encaminhamento de sugestões.

Dentre as concepções alternativas ou dificuldades mais encontradas se destacam: incompreensão do efeito de se adicionar um gás inerte no sistema em equilíbrio; incompreensão do papel do sólido em um equilíbrio heterogêneo (a adição de mais sólido modifica o equilíbrio; aplicação do princípio de Le Chatelier a situações que conduzem a predições incorretas; aplicação de aproximações do tipo Le Chatelier a situações inapropriadas e principalmente, o não uso de  $K$  e  $Q$  para prever a evolução de um estado de equilíbrio. Não foram observadas de maneira significativa dificuldades em aplicar o princípio de Le Chatelier diante de mudanças de temperatura.

Pelos resultados obtidos nas questões 1, 2 e 3 também se verifica que os alunos apresentam uma inadequada compreensão microscópica do equilíbrio químico. Esta é uma habilidade que deveria ser melhor desenvolvida quando se aborda o tema.

Dentre estas questões chamam a atenção as duas últimas relacionadas à aplicação do princípio de Le Chatelier de maneira pouco criteriosa, em situações impróprias ou que levem a predições incorretas. O uso destas regras qualitativas desempenha um papel central na maneira de como os alunos encaminham a resolução de problemas que envolvem mudanças no estado de equilíbrio. Não foi identificado em nenhuma das respostas o uso da constante de equilíbrio para prever o comportamento de um sistema, mesmo nos casos em que esta estratégia era necessária. Parece que o princípio de Le Chatelier resume o conhecimento médio dos alunos a respeito do tema. No entanto é interessante notar que são raros os alunos que citam textualmente o princípio de Le Chatelier. A grande maioria simplesmente afirma que com o aumento



de, por exemplo, um reagente (ou produto) "o equilíbrio se desloca (sic)" para a formação de mais produto (ou reagente).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMACHO, M e GOOD, R., 1989, , *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (3), 251-272.
- FURIO, C. J. e ORTIZ, E., 1983, *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1), 15-21.
- \_\_\_\_\_ e HERNANDO, M.; HERNÁNDEZ, J.; CALATAYUD, M. L.. Disponível em:  
<http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/viewFile/21875/21709>. Acesso em: 27/03/2008
- HUDDLE, 1998, *Journal of Chemical Education*, 75 (9), 1175.
- KIRKMAN, T.W., 1996, Statistics to Use. Disponível em: <<http://www.physics.csbsju.edu/stats/>> Acesso em 20 Abr 2010.
- MULFORD D. R. e ROBINSIN, 2002, W. R., *A Journal of Chemical Education*, 79 (6), 739-744.
- QUILEZ-PARDO, 1995, J. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (9), 939-957.
- \_\_\_\_\_, J., 1998, , *Educación Química*, 9 (6), 367-376.
- \_\_\_\_\_, J., e SOLAZ-PORTOLES, J., 1995, *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 939-957.
- RAVILOLO, A. e AZNAR, M. M., 2003, *Educación Química*, 13 (3), 159-165.
- TYSON, L., TREAGUST, D. F. e Bucat, R. B., 1999, The complexity of teaching and learning chemical equilibrium, *Journal of Chemical Education*, 76 (4), 554-561.
- VOSKA, 2000. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (2), 160.
- WILSON, A. H., 1998, *Journal of Chemical Education*, 75(9), 1176-1177.
- WANDERSEE, J. H., MINTZES, J. J. e NOVAK, J. D., 1994, In: Gabel, D. L (org.), *Handbook of Research on Science Education*, New York: MacMillan Pub Co., 177-210.



c) a mesma que a constante de equilíbrio anterior.

d) os dados são insuficientes para uma conclusão.

e) Não sei

Justifique sua(s) escolha(s):

**8.** Certo sal é adicionado em água e a mistura é agitada até que o sal não mais se dissolva. O sal que não se dissolveu permanece precipitado na solução. O que acontece com a concentração de sal na solução se a água evapora até que o volume da solução seja a metade do volume original?

a) aumenta

b) diminui

c) permanece a mesma

d) não há informação suficiente para responder a questão.

e) Não sei

Justifique sua(s) escolha(s):

**9.** Cloreto de prata sólido (AgCl) é colocado em um béquer com água. Após um certo tempo, o equilíbrio a seguir é estabelecido entre o AgCl não dissolvido, íons prata (Ag<sup>+</sup>) e íons cloreto (Cl<sup>-</sup>):



$$T = 25^\circ\text{C}, K_{ps} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1,7 \times 10^{-10}$$

Cloreto de sódio (NaCl) que se dissolve em água como íons sódio (Na<sup>+</sup>) e íons cloreto (Cl<sup>-</sup>) é adicionado na solução. O que acontecerá com a quantidade de AgCl<sub>(s)</sub>?

a) a quantidade de AgCl diminuirá.

b) a quantidade de AgCl não mudará.

c) a quantidade de AgCl aumentará.

d) não há informação suficiente para responder a questão.

e) não sei.

Justifique sua(s) escolha(s):

**10.** Iodeto de chumbo sólido (PbI<sub>2</sub>) é colocado em um béquer com água. Após um certo tempo, o equilíbrio a seguir é estabelecido entre o PbI<sub>2</sub> não

dissolvido, íons chumbo (Pb<sup>2+</sup>) e íons iodeto (I<sup>-</sup>):



$$T = 25^\circ\text{C}, K_{ps} = [\text{Pb}^+][\text{I}^-]^2 = 1,4 \times 10^{-8}$$

Uma certa massa de iodeto de chumbo sólido é adicionado na solução. O que acontecerá com a concentração de íons iodeto na solução?

a) a concentração de íons I<sup>-</sup> em solução aumentará.

b) a concentração de íons I<sup>-</sup> em solução diminuirá.

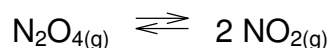
c) a concentração de íons I<sup>-</sup> em solução não mudará.

d) não há informação suficiente para responder a questão.

e) não sei.

Justifique sua(s) escolha(s):

**11.** O sistema da figura abaixo está em equilíbrio segundo a equação:



para o qual K<sub>p</sub> é dado pela expressão

$$K_p = \frac{p_{\text{NO}_2}^2}{p_{\text{N}_2\text{O}_4}}$$

Qual dos seguintes procedimentos é adequado para aumentar o valor de K<sub>p</sub> a 27 °C?

a) Aumentar a pressão total (diminuindo o volume à temperatura constante).

b) Aumentar a pressão parcial de NO<sub>2</sub> (adicionando NO<sub>2</sub> ao sistema em equilíbrio, mantendo o volume e a temperatura constantes).

c) Diminuir a pressão total (aumentando o volume a temperatura constante).

d) A pergunta é absurda.

e) Não sei.

Justifique sua(s) escolha(s):