



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**José Wesley Rocha Fernandes**

**EQUILÍBRIO QUÍMICO EM DOIS LIVROS DIDÁTICOS DE  
ENSINO MÉDIO – ANÁLISE E REFLEXÕES**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Brasília – DF**

**2.º/2011**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**José Wesley Rocha Fernandes**

**EQUILÍBRIO QUÍMICO EM DOIS LIVROS DIDÁTICOS DE  
ENSINO MÉDIO – ANÁLISE E REFLEXÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso em Ensino de Química apresentada ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

**Orientador: Ricardo Gauche**

**2.º/2011**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este meu trabalho à minha esposa e meus futuros filhos com todo meu carinho, admiração e amor.

## SUMÁRIO

<b>Introdução .....</b>	<b>7</b>
<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>9</b>
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>13</b>
<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>17</b>
<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>20</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>34</b>

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me mostrado ser capaz de superar todas as limitações pessoais e de tempo. Toda gratidão é devida a Este.

Agradeço de forma especial à minha esposa, que, com muita paciência e carinho, me deu força e vontade de vencer em todos os momentos de minha vida, além de acreditar sempre no meu potencial. Agradeço aos meus pais pela vida, educação e formação que me deram.

Agradeço ao professor Ricardo Gauche, que se dispôs a ajudar em todos os momentos, sendo meu orientador mesmo em meio a muitos compromissos, e também à professora Joice de Aguiar Baptista, por ter tido muita paciência e disposição para enriquecer o trabalho, e a todos os outros professores do Instituto de Química da Universidade de Brasília que, de alguma forma, contribuíram para minha formação docente.

## RESUMO

Equilíbrio Químico é um assunto que está relacionado a vários conteúdos da Química, entre eles a Termodinâmica e a Cinética. A partir dos conhecimentos de equilíbrio químico, pode-se conhecer melhor assuntos importantes, como o comportamento ácido-base, reações de oxirredução e de precipitação. Este trabalho propõe-se a analisar como o conceito de equilíbrio químico está sendo tratado em livros didáticos do Ensino Médio. É de extrema relevância a análise de livros didáticos, uma vez que se configuram como ferramenta muito utilizada no trabalho docente. O objetivo principal deste trabalho de conclusão de curso foi analisar e avaliar a abordagem de Equilíbrio Químico em dois livros didáticos utilizados no Ensino Médio, sendo um aprovado pelo PNLEM 2007. A análise foi feita com base em alguns parâmetros que incluem termos explicativos, figuras, analogias e experimentos, além de conceitos e pontos de vista. A partir da análise, são feitas reflexões sobre qual o papel desses parâmetros no livro didático e o que podem trazer de conseqüências para o processo ensino-aprendizagem de Equilíbrio Químico.

Palavras-chave: Livro didático, Equilíbrio Químico, Reações em equilíbrio

## INTRODUÇÃO

O presente trabalho nasceu com o objetivo de explicar minha preocupação para com a questão dos livros didáticos de Química para ensino médio, mais precisamente no que tange às analogias, figuras, contextualizações que são inseridas por autores que muitas vezes não se atentam para quais os efeitos positivos e negativos que poderão trazer para os aprendizes, assim este trabalho também vem como uma espécie de explanação de o quanto é importante que as instituições de ensino superior trabalhem com mais prudência na formação de professores para a produção de tais livros.

É muito comum que livros didáticos sejam utilizados por professores para preparar uma aula e isso pode ser tornar um processo mecânico ao ponto de o professor não ter uma análise crítica, pois há casos em que o próprio professor tem o livro e seu conteúdo como uma verdade absoluta, quero dizer que muitas vezes falta a análise do professor quanto aos exercícios, analogias, figuras e textos que estão no livro, isso é preocupante, pois essa deveria ser uma análise que deveria preceder a adoção do livro na escola e assim podia-se evitar a dificuldade de alguns alunos em aprender o conceito verdadeiro dos conteúdos e poderia também impedir equívocos na interpretação do aluno.

O primeiro capítulo trata do livro didático de Química no ensino médio e aborda o livro didático em meio a tecnologias, a formação de professores para a produção e avaliação de materiais didáticos, a questão da escolha dos livros didáticos nas escolas, em geral, no ensino médio e além de outros tópicos também aborda qual o papel do livro didático para alunos e professores.

O capítulo 2 faz uma abordagem sobre o equilíbrio químico, esse capítulo será criterioso quanto ao real conceito de equilíbrio e irá abordar, inclusive, tópicos de equilíbrio que, por não conter no currículo do ensino médio, não são ensinados com frequência por professores e nem são incluídos em alguns livros didáticos de ensino médio. O objetivo é ensinar o equilíbrio químico mostrando os fatores cinéticos, mas sem esquecer-se dos fatores termodinâmicos que regem esse equilíbrio.

O capítulo 3 tem a metodologia de análise, ou seja, nesse capítulo mostrarei como foi feita a análise do livro didático de Química e quais foram os parâmetros e variáveis utilizadas.

O capítulo 4 tem a análise em si, mostrando a comparação entre o livro didático analisado e o livro parâmetro. Nesse capítulo terá a análise de analogias, figuras e textos, essa análise é feita com o objetivo de mostrar quais os possíveis equívocos e interpretações errôneas que os aprendizes podem ter por causa de algumas analogias e figuras.

## CAPÍTULO 1

### O LIVRO DIDÁTICO DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

Em meio a diversas tecnologias, como a Internet, disponível em praticamente todos os locais podia-se pensar em uma diminuição considerável da utilização do livro didático – em algumas escolas tem-se disponível a Internet, inclusive *wireless*. Apesar de alguns estudiosos e leigos pensarem que o livro didático iria ser arquivado em questão de tempo, isso não irá ocorrer, pois os livros didáticos são instrumento que têm uma seleção e organização de um vasto universo de conhecimento possível isso segundo APPLE (1986, *apud.* ECHEVERRÍA; MELLO; GAUCHE).

Há na atualidade uma diversidade de mecanismos tecnológicos, quero dizer, computadores, inclusive portáteis, celulares e vários outros dispositivos para a obtenção de informações. Talvez o livro didático seja menos atrativo do que o computador, pois este possui uma gama de imagens e animações que talvez tornem mais atrativa a informação. Mas é importante salientar que:

A imagem quer na tela, quer na ilustração, constitui meio excelente para corroborar a aula ou elucidar o texto. Permitir que as projeções e as ilustrações viessem a sobrepujar a lição ou o escrito equivale a confundir os meios com os fins, insanável inversão de valores que amiúde se incorre. (Machado Filho, 1982, p. 13)

Nesta afirmativa de Machado Filho vemos que afirmar que o mais importante não são as figuras ou animações, mas estas são meios que tornam mais atrativo aquilo que importa, ou seja, o escrito.

É muito comum encontrar alunos que não tem o hábito de leitura e isso faz com que tenha maior dificuldade para utilizar um livro didático. Por experiência particular, acredito não ser muito comum um jovem de ensino médio se divertindo ao ler um livro. Com a

evolução da tecnologia e facilidade de acesso aos meios de comunicação é mais provável que haja uma série de fatores que afastam dos alunos o hábito de leitura, isso é o que também afirma Machado Filho em mais um de seus artigos

Ocupando – e quase sempre mal – as horas de lazer, televisão e rádio afastam da leitura? Pois é transformar em aliados esses inimigos aparentes. Beneficiam a cultura, apesar de tudo. (...) Entre as suas atividades, bem podem contemplar a divulgação do livro e o esforço pela intensificação do hábito e do gosto da leitura como premente necessidade cultural. (Machado Filho, 1982, 1982, p. 237)

Em algum momento da minha formação na Universidade fui indagado se o livro didático entraria em desuso após o aparecimento de tantas ferramentas cheias de tecnologias no primeiro momento fiquei sem resposta, mas a minha afirmativa final foi que provavelmente haveria essa possibilidade, pois acreditava que o livro didático seria muito “arcaico” em meio às novas tecnologias, mas minha opinião não é a mesma tendo em vista que durante minha graduação aprendi o diferencial que traz um livro didático e refleti muito no que diz Maciel (2010):

De tempos em tempos, em qualquer área de conhecimento de cultura, há um questionamento se x sobreviverá diante da iminência de um fator y. A pintura sobreviveria com o advento da fotografia? O cinema viria para matar o teatro? A TV liquidaria o cinema e demais artes? O computador virá para aniquilar o livro? (Maciel, 2010, p. 242)

É necessário que não tenhamos as novas tecnologias como grande vilã que fará o livro didáticos entrar em desuso, mas deve-se produzir tais livros consciente do atual contexto em que vivemos, isso é bem apresentado por Maciel (2010):

O que se propõe aqui não é tratar as novas tecnologias como um inimigo que deva ser destruído. O que se aventa é a invenção, o que se pede é inserir, com mais veemência e mais doçura, com mais premência e mais humor, uma adaptação do livro didático aos novos tempos, com insistência na dimensão humana, na dimensão poética, a despeito da matéria, seja português ou geografia, história ou matemática. (Maciel, 2010, p.245)

É sabido que os diversos meios de comunicação são muito facilmente acessados e alterados com facilidade, nem tudo que se lê é uma verdade absoluta, muito menos na internet, onde muitas vezes há um anonimato, ou seja, não se sabe quem redigiu, quem “postou” tal conteúdo. Mas não é também por esse motivo que um professor deve abandonar e criticar uma pesquisa feita pela internet, Maciel (2010) afirma:

[...]Ou seja, a Internet, para ser confiável, não dispensa o auxílio de um livro. Já o professor que dá as costas para a Internet, trunca a comunicabilidade com o alunado[...].(Maciel, 2010, p.247)

O livro didático é muitas vezes utilizado com o simples objetivo de obter informação, tanto professores quanto alunos por várias vezes utilizam-no com esse propósito. Acredito que quando se tem esse propósito para com o livro didático parece estar implícita a idéia de que ali no livro didático teremos a “verdade absoluta”, assim acredito estar muito distante, nesse caso, uma análise crítica do livro didático, pois não haverá questionamentos nem mesmo quanto a veracidade das informações de conteúdo contidas nele. Por experiência própria acredito que professores iniciantes tem maior probabilidade de ser “adotado” pelo livro, ou seja, utilizando-o como uma fonte de informação absolutamente segura e precisa, porém se esse professor tiver em sua formação instrução para a questão dos livros didáticos essa probabilidade irá diminuir.

Há muitos conhecimentos científicos que não são ensinados nas escolas e há muitos assuntos tratados na escola que , de fato, não são conhecimentos científicos e há muitos professores que ensinam sem saber o porquê nem para quê. Acredito que um autor de livro didático ao preparar os assuntos a serem tratados em seu livro, em algum momento deveria se perguntar do porquê de incluir aquele assunto, ou porquê tal assunto se faz necessário, assim acredito que no momento de transpor o conhecimento científico para uma sala de aula o professor também deveria fazer esse trabalho. Defendo a idéia de que nos cursos de licenciatura os futuros professores deveriam passar por um processo de análise e produção de materiais para que criassem o hábito de não ensinar de maneira mecânica (automática), mas saber o porquê de estar ensinando e o porquê de ser tão necessário os conteúdos que leciona. Muito me chamou a atenção a seguinte pergunta:

“Já que os licenciandos não poderão ensinar os conteúdos conforme os aprendem nas disciplinas

específicas, com quem apreenderão sobre o que, como e por que ensinar determinado conteúdo científico nas escolas médio e fundamental? (p. 208, grifos da autora)” Schnetzler (2002, apud, Eichler; Pino, 2010, p.640)

Essa indagação nos remete a pensar sobre a importância de um perfil crítico de um professor, o qual terá a capacidade para discernir entre o que ensinar e o que não ensinar, assim não será um professor alienado sem saber nem mesmo a importância dos conteúdos que leciona.

Existem fontes que fornecem um grande auxílio para que professores saibam fazer uma análise crítica de um livro didático de química para o ensino médio, umas dessas fontes é o Corpo Editorial da Sociedade Brasileira de Química (QNEsc) que acredito ser uma fonte confiável para professores fazerem consultas e até mesmo tirar suas dúvidas no que diz respeito a conteúdos de química. Dentro do QNEsc tem-se uma seção Conceitos Científicos em Destaque e nessa seção há uma análise crítica de alguns conteúdos e, além disso, há também uma atualização conceitual.

Em muitos casos o professor estudou em uma época em que um conceito de determinado conteúdo, por exemplo, era diferente do que se tem hoje, isso graças a evolução da ciência, e assim faz-se necessária uma atualização.

Isso muito interessa nesse trabalho, pois os “professores de Química, de posse dessas informações, podem inclusive perceber a desatualização dos conceitos veiculados, por exemplo, nos livros didáticos” (BEJARANO; CARVALHO, 2000, p. 165).

## CAPÍTULO 2

### EQUILÍBRIO QUÍMICO – UM CONCEITO FUNDAMENTAL

O equilíbrio químico é o estágio da reação química em que há uma constância na composição da mistura da reação, ou seja, quando uma reação atinge o equilíbrio químico as concentrações ou pressões parciais dos reagentes e produtos permanecem constantes.

Faz-se necessário enfatizar que o fato de serem constantes as concentrações ou pressões parciais não quer dizer que o equilíbrio é estático, mas sim dinâmico. Prova de que o equilíbrio químico é dinâmico é o fato de que em uma reação em equilíbrio as velocidades no sentido de formação de produtos e no sentido de volta aos reagentes são iguais e tais reações ocorrem simultaneamente, logo para que ele aconteça a reação deve ser reversível. Assim se pode afirmar que o que caracteriza um equilíbrio químico é o fato de a reação direta e a inversa ocorrerem simultaneamente e na mesma velocidade (logo, não existe mudança aparente).

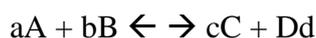
Para que uma reação atinja o equilíbrio químico, é necessário que seja reversível e vale dizer que em nível molecular as espécies reagentes (átomos, moléculas ou íons) ainda estão formando produtos, e espécies de produtos estão retornando para os reagentes. No equilíbrio, a taxa na qual os reagentes se transformam em produtos é igual à taxa da reação inversa na qual os produtos se transformam em reagentes, ou seja, a velocidade da reação direta é igual à velocidade da reação inversa.

Em 1864, Cato Guldberg e Peter Waage propuseram o conceito que descreve o equilíbrio químico em termos quantitativos (LAVORENTI, 2002).

Eles observaram que havia uma relação entre a concentração em quantidade de matéria de reagentes e produtos e isso ocorria de maneira característica em cada tipo de reação e só dependia da temperatura. A essa relação deram o nome de constante de equilíbrio.

Foi proposta por eles a lei de ação das massas que tinha o seguinte enunciado: “a velocidade de uma reação química é diretamente proporcional as concentrações dos reagentes. Fazendo-se uma análise deste enunciado é possível destacar que a velocidade de uma reação química não está relacionada a quantidade de reagente, mas a quantidade de reagente por unidade de volume.

Para uma reação em equilíbrio hipotética temos:



O quociente da reação seria:

$$Q_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Levando em consideração que o símbolo [] refere-se a concentração, pode-se afirmar que esse quociente é igual a uma constante,  $K_c$ , a qual tem um valor específico para cada reação química e varia com a temperatura. Também é importante destacar que o subscrito “c” quer dizer que a constante está definida em relação às concentrações.

Existem algumas regras para escrever a constante de equilíbrio que são:

- 1) as concentrações dos produtos são colocadas no numerador;
- 2) as concentrações dos reagentes são colocadas no denominador;
- 3) as concentrações molares ou pressões parciais possuem potência que são os coeficientes estequiométricos da reação química balanceada;
- 4) não pode haver na equação nenhuma substância sólida ou líquidos puros.

Quando uma reação química está em equilíbrio, é possível que algum lado da reação esteja sendo favorecido, ou seja, a reação pode estar “com deslocamento maior no sentido de formação dos produtos ou dos reagentes”. Se conhecido o  $K_c$ , pode-se saber se há algum lado da reação que está sendo favorecido e qual é o sentido também.

Quando há valores de  $K$  maiores do que  $10^{-3}$  pode-se afirmar que o equilíbrio está favorecendo fortemente os produtos, valores de intermediários de  $K$  ( $10^{-3}$  e  $10^3$ ) indicam que reagentes e produtos estão presentes no equilíbrio em quantidades iguais, valores pequenos de  $K$  (menores que  $10^{-3}$ ) indicam que o equilíbrio favorece fortemente os reagentes (LAVORENTI, 2002).

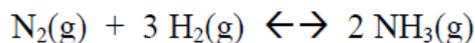
Em resumo, podemos dizer que quando se conhece o valor da constante de equilíbrio, pode-se prever e interpretar vários aspectos do sistema em equilíbrio. Pode-se interpretar, por exemplo, se há variação na composição resultante da alteração de pressão ou temperatura.

Existem casos em que se faz necessário saber como que é possível aumentar a produção de produtos em uma reação em equilíbrio, um dos casos em que se evidencia a necessidade de conhecer os fatores que podem alterar o equilíbrio químico.

Quando uma reação em equilíbrio sofre perturbações, ela se comporta de maneira a recuperar o seu estado de equilíbrio, ou seja, se algum fator provocou um aumento da taxa de formação de reagentes, então a reação em equilíbrio se ajusta para que a taxa da reação direta se iguale à nova taxa da reação inversa e assim atingirá outro equilíbrio. Situações como essa são explicadas pelo Princípio de Le Chatelier, porém em nível qualitativo.

### **Efeito da adição de reagentes no equilíbrio**

Quando há adição de reagentes, o efeito é o aumento na concentração ou na pressão parcial de produtos. Quando há adição de produtos, o efeito é contrário, ou seja, tem-se um aumento na concentração ou pressão parcial de reagentes. Por exemplo, na reação de síntese de Haber temos:



Se adicionarmos nitrogênio à reação, de acordo com o Princípio de Le Chatelier, a reação tenderá a consumir moléculas de nitrogênio e assim a reação irá se deslocar no sentido de formação de amônia. Caso haja adição de amônia, a reação irá se deslocar para a formação de nitrogênio e hidrogênio. Com a mesma lógica, pode-se afirmar que, quando há diminuição da concentração de qualquer substância, o equilíbrio se desloca com o objetivo de formar tal substância.

### **Efeito da variação de pressão no equilíbrio**

A pressão exercida em um sistema em equilíbrio é mais significativa quando se tem gases envolvidos na reação. De acordo com o Princípio de Le Chatelier, quando há um aumento de pressão em um sistema em equilíbrio, a reação se desloca no sentido de diminuir a pressão do sistema e isso ocorre quando há diminuição da formação de gases. Por exemplo, na reação da síntese de amônia a partir de  $\text{H}_2$  e  $\text{N}_2$ , há uma diminuição do número de moléculas gasosas de 4 para 2 mols, logo, a pressão é reduzida devido à menor quantidade de

gases. Utilizando o mesmo raciocínio, quando há uma diminuição de pressão, há um favorecimento da reação que formará uma maior quantidade de moléculas gasosas.

### **Efeito da temperatura no equilíbrio**

O Princípio de Le Chatelier prevê que quando há um aumento da temperatura em uma reação em equilíbrio, a reação se desloca com o objetivo de consumir esse calor que foi adicionado, ou seja, ao adicionar calor na reação em equilíbrio, a reação endotérmica será favorecida. Utilizando a mesma ideia, quando há uma diminuição de temperatura, a reação exotérmica é favorecida. “Quanto maior a energia de ativação de uma reação química, mais sensível é a sua taxa (velocidade) às variações de temperatura” (LAVORENTI, 2002, p. 12).

### **Equilíbrio Químico e Termodinâmica**

Assim como qualquer outro sistema, as reações químicas são regidas por leis universais que descrevem as transformações da Natureza. Ou seja, os sistemas “caminham” no sentido de menor energia potencial e uma “reação química ocorre, porque há diferença de potencial entre reagentes e produtos. A reação química, como qualquer outra transformação, ocorre espontaneamente em determinado sentido e, macroscopicamente, cessa quando o sistema entra em equilíbrio” (SABADINI; BLANCHI, 2007, p. 11).

Quando duas substâncias entram em contato, elas poderão reagir e, quando se tem uma reação química, ligações químicas são rompidas e também formadas e a “energia excedente”, chamada de Energia Livre (G), deverá ser liberada para o meio. Para cada valor de Q, haverá também um valor de  $\Delta G$ , que será a diferença entre a energia livre dos produtos e dos reagentes. No equilíbrio, a reação se processa de forma que o  $\Delta G$  vai diminuindo. A reação ocorre de maneira que não haja mais energia livre entre reagentes e produtos, ou seja, que o  $\Delta G$  seja igual a zero. Nesse momento da reação, todas as propriedades de nível macroscópicas não mudam mais e, assim, o Q será designado como K, que é a constante de equilíbrio. Esse é um ponto de vista mais termodinâmico do equilíbrio químico (SABADINI; BLANCHI, 2007).

## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGIA**

Este trabalho tem como objetivo fazer uma explanação das características de dois livros didáticos utilizados no Ensino Médio e como objetivo principal fazer uma análise quanto ao tópico de Equilíbrio Químico. Para fazer este trabalho, escolhi dois livros: o livro do Grupo de Pesquisa em Educação Química (GEPEQ), da EDUSP, e o livro Química volume 2, Físico – Química, do autor Ricardo Feltre, editado pela Editora Moderna no ano de 2008. O primeiro livro conheci quando cursava uma disciplina na graduação denominada “Materiais de Ensino de Química”. Durante o semestre letivo em que a cursei, tive a oportunidade de comparar o livro do GEPEQ com alguns livros para Ensino Médio e a visão que dele tive, à época, foi a de que tem uma estrutura diferente do que é comum em livros didáticos deste mesmo segmento, ou seja, há uma proposta de relacionar os conteúdos com o contexto social, propõe uma perspectiva de ensino que não foca no conteúdo, mas sim no aprendiz, os experimentos têm uma estrutura de roteiros que dão maior qualidade aos experimentos realizados por conter mais informações no roteiro e permitir reagente e materiais alternativos. Encontrei o sítio oficial do GEPEQ, que tem informações sobre as linhas de trabalho do Grupo. No sítio do grupo, tem-se a informação de que entre as linhas de trabalho encontra-se a “Produção de material didático para o ensino médio, considerando conhecimentos químicos relacionados com a vida do estudante e a promoção de competências, sob uma perspectiva construtivista [...]” e apesar de ter todas essas qualidades citadas, o livro do GEPEQ não passou pelo crivo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM/2007), por não ter sido submetido à avaliação, à época. A escolha do segundo livro pautou-se pelo fato de constar do rol dos livros selecionados pelo PNLEM/2007. No Catálogo de Química do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio, tem-se a afirmativa de que o livro didático, no mundo atual, ainda se apresenta como

eficaz instrumento de trabalho para a atividade docente e para a aprendizagem dos alunos. De acordo com o Catálogo supracitado, o acesso ao livro didático contribui para a qualidade da Educação Básica, além de promover a inclusão social. O Catálogo informa como foi o processo para a seleção dos livros didáticos no PNLEM e afirma que no processo de seleção é fundamental a preocupação com a correção conceitual e com a propagação de valores que estimulem o respeito às diferenças, à ética e a convivência solidária.

Ao ler esses critérios no Catálogo, conclui que o livro, por se encontrar no rol dos livros indicados e selecionados no processo, possui características peculiares de um livro que contribui muito para a formação social do aluno, além de trazer informação e conteúdos.

No mesmo Catálogo, há a afirmação de que o processo para seleção de livros didáticos deu-se em várias fases e que a primeira correspondeu a uma averiguação das especificações técnicas dos livros (formato, matéria-prima e acabamento). Em seguida, de acordo com o Catálogo, as obras passaram por uma detalhada avaliação dos aspectos conceituais, metodológicos e éticos. Essa etapa assegurou que todas as obras listadas no Catálogo reúnam condições satisfatórias para ser usadas no trabalho pedagógico, confirmando a interpretação que fiz, ou seja, o livro do Ricardo Feltre pode ser muito bom em termos de conteúdo, mas foi aprovado não só por isso, pois são vários os critérios, existem outros aspectos possíveis de desclassificação como os metodológicos e inclusive os éticos. Baseado nessa ideia, analisei o capítulo de Equilíbrio Químico.

Os critérios utilizados no presente trabalho podem ser assim resumidos:

1- Quanto à correção conceitual,

- A obra contém conceitos formulados de maneira equivocada?
- Há analogias que causam interpretações errôneas?
- Há desenhos, ilustrações?
- Os desenhos auxiliam a compreensão do real conceito de equilíbrio químico?
- Há informações desatualizadas?
- Trazem o conceito de equilíbrio químico com um ponto de vista mais cinético ou termodinâmico?
- De que maneira introduzem o conceito de equilíbrio químico?
- Há informações sobre os fatores que perturbam as reações químicas em equilíbrio incluindo o efeito do catalisador?

- Utilizam fatos do dia-a-dia para exemplificar o equilíbrio químico?
- É explicado o conceito da constante de equilíbrio e o que ela representa?
- Há perguntas que promovem o desenvolvimento de raciocínio por parte do leitor?

2- Quanto às atividades experimentais,

- Possui perguntas que induzem o aluno a realizar discussões quanto ao resultado encontrado?
- Proporcionam o aprendizado do real conceito de equilíbrio químico?
- Promovem a idéia de que o equilíbrio químico é dinâmico?
- A reação em equilíbrio possui variações macroscópicas?

## CAPÍTULO 4

### EQUILÍBRIO QUÍMICO – ANÁLISE

#### Obra 1 – Interações e Transformações II Química para o 2.º grau (GEPEQ)

Analisando a Obra 1 percebi que o livro possui uma maneira diferente dos demais livros para separar os conteúdos, ou seja, não há um capítulo de equilíbrio químico separado, mas sim uma série de capítulos que tem como títulos perguntas gerais para desenvolver o assunto de equilíbrio químico, essa maneira de separar o conteúdo permite aos autores relacionar o equilíbrio com outros conteúdos. Por exemplo, o capítulo 9 é introduzido com a pergunta: Por que certas transformações não se completam ou se “completam” sem consumir todo o reagente? Nesse caso os autores desenvolvem neste capítulo de reações reversíveis e assim afirmam que nem sempre uma transformação química permite prever a quantidade de produto que se obtém a partir de certa quantidade de reagente ou vice-versa. Assim os autores explicam que ocorre porque há transformações revertíveis, exemplificadas pela reação de síntese da amônia, que não se completam, mas alcançam um “limite”, a partir do qual parecem ser impedidas de prosseguir. Os autores ainda afirmam que nesse limite, pode-se considerar que a transformação chegou ao fim, apesar de os reagentes não serem totalmente consumidos, penso que dizer que a transformação chegou ao fim é afastar a idéia de que o equilíbrio é dinâmico, pois se a reação chegou ao fim ela não prossegue. No capítulo 9 tem-se 4 tópicos que trazem transformações que segundo o autor não irão prosseguir até o fim, as transformações são: transformação envolvendo os gases  $\text{NO}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}_4$ , transformações revertíveis na natureza (transformação de carbonato de cálcio em hidrogenocarbonato de cálcio, solúvel), distribuição de soluto entre dois solventes imiscíveis e transformação envolvendo íons em solução. Em todos os tópicos citados o autor utiliza experimentos químicos compostos por informações de materiais a serem utilizados, procedimento,

perguntas sobre o experimento em geral e perguntas para motivar conclusões do que foi apresentado no experimento. Os materiais a serem utilizados são de fácil acesso, sendo que as substâncias a serem utilizadas não se pode comprar em supermercados, por exemplo. Em alguns casos também se observam figuras que mostram a aparência das soluções a serem obtidas. No capítulo 10 o autor deixa mais claro que quer introduzir o conteúdo de equilíbrio químico com a idéia do que são reações reversíveis, considero que introduzir o equilíbrio químico dessa maneira é o mais adequado, pois o equilíbrio só poderá ocorrer em reações reversíveis. Assim os autores inserem a seguinte pergunta para iniciar o capítulo: Como prever quanto de produto se forma em uma transformação reversível? Até onde prossegue uma transformação? Os autores trazem a idéia de que as transformações químicas tendem a alcançar uma situação de equilíbrio a que é sinalizada pela constância das propriedades mensuráveis em escala macroscópica, como a intensidade da cor, a concentração, a pressão e em seguida os autores mostram a vontade de descrever o equilíbrio em termos quantitativos, ou seja, como descrever até onde a transformação prossegue. Logo no início do capítulo tem-se uma informação que considero importante para o conceito de equilíbrio químico que é a de que no equilíbrio os reagentes não transformados e produtos formados coexistem, vejo como muito importante essa afirmativa, pois um dos problemas conceituais que alguns livros didáticos trazem através de analogias é a de que o equilíbrio se dá de forma que os reagentes e produtos se encontram em compartimentos separados, os reagentes geralmente a esquerda e os produtos à direita (GARRITZ; RAVIOLO, 2008) , além de trazer essa informação os autores enfatizam que é possível saber em que proporção coexistem e que relação numérica pode existir entre suas concentrações.

Utilizando a reação de síntese de amônia como exemplo os autores inserem uma tabela no tópico que trata da busca de uma relação entre as concentrações de equilíbrio, tal tabela coloca uma relação do tempo com as concentrações de concentração dos reagentes e dos produtos, importante salientar que nessa tabela constam dados reais de um experimento realizado semelhante ao experimento de Haber. Após a tabela têm-se algumas perguntas que promovem o desenvolvimento de raciocínio quanto aos aspectos quantitativos do equilíbrio químico citado. Um dos aspectos mais destacados é a constância das massas e das concentrações. E através dos dados da tabela os autores tendem a mostrar o valor constante do termo  $\frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3.[N_2]}$  e assim falar sobre a constante de equilíbrio ( $K_c$ ), mas felizmente os autores não se limitam a falar do aspecto quantitativo do  $K_c$ , sendo assim dedicam um tópico do capítulo 10 para tratar do significado da constante de equilíbrio. Após várias questões

propostas tem-se uma conclusão breve sobre a constante, na qual os autores afirmam que para qualquer transformação em equilíbrio, a determinada temperatura, existe uma condição de equilíbrio. E que esta é expressa por uma relação entre as concentrações dos participantes, em cada concentração é elevada a uma potência igual ao coeficiente do respectivo participante na equação química balanceada da transformação. Na conclusão ainda é dito que o valor numérico de  $K_c$  se relaciona com a extensão da transformação, tendo portanto um significado, assim para os autores se o valor de  $K_c$  é elevado, deve-se entender que a formação dos produtos é favorecida e ao contrário e o valor de  $K_c$  for pequeno, deve-se entender que a transformação que constitui os reagentes é favorecida.

Os autores também colocam outra forma de expressar a relação de concentração no equilíbrio que é baseada na expressão  $Pv = nRT$ , desta forma expressa que  $K_p = \frac{(PN_{H_3})^2}{PN_2 \cdot (PN_2)^3}$ , os autores não deixaram de esclarecer que a constante  $K_p$  é empregada para um equilíbrio que envolve gases. O capítulo 11 é dedicado aos fatores que alteram a velocidade de uma reação química e inicia com a seguinte pergunta: Como a temperatura, a pressão e a concentração podem afetar a situação de equilíbrio alcançada por uma transformação? É muito interessante a maneira como os autores introduzem o capítulo pelo fato de que mostram o porquê de saber os fatores que alteram o equilíbrio químico. Logo no início do capítulo os autores afirmam que no processo de Haber de obtenção da amônia, uma das observações feitas refere-se à influência da temperatura e da pressão no rendimento da transformação. Assim mostra-se uma maneira de alterar o rendimento de uma reação química, isso propicia que o aluno veja a importância dos conhecimentos de equilíbrio para questões comerciais da indústria. O autor desenvolve o capítulo com tópicos que separam os diferentes fatores que alteram ou perturbam o equilíbrio químico. Sendo os seguintes tópicos: alterando a temperatura de sistemas em equilíbrio, mudanças de concentração de reagentes ou de produtos podem influir no equilíbrio e como variações de pressões podem influir no equilíbrio. O autor lança mão de tabelas com dados de experimentos já realizados e práticas a serem feitas pelos alunos, assim em todos os casos é possível comparar os diferentes valores de  $K_c$  e  $K_p$  para cada situação.

Em todos as situações em que se fala de pressão o autor lança mão de figuras que envolvem um pistão, além de representar moléculas com o modelo de Dalton (bolinhas), as representações de figuras de um pistão em nada contribuem para que o aluno entenda o que acarreta o aumento de pressão. Em algumas partes do capítulo o autor escreve brevemente parte da história do conteúdo ensinado. Nesse capítulo o autor conclui que quando uma perturbação é imposta a uma transformação em equilíbrio, este é rompido por curto espaço de

tempo, estabelecendo-se a seguir um novo estado de equilíbrio, ao afirmar que o estado de equilíbrio é rompido por curto espaço de tempo dá a idéia de que o equilíbrio sempre se restabelecerá rapidamente ou até instantaneamente (CANZIAN; MAXIMIANO, 2010, p.14) . Os autores afirmam que como resposta à perturbação, ocorrerá no sistema ou a transformação que se realiza no sentido direto (formação de produtos) ou a que se realiza no sentido inverso (formação de reagentes). Para citar um pouco da história da ciência os autores afirmam que essa generalização foi proposta em 1899 por Henri Le Chatelier. Para citar a importância do princípio de Le Chatelier foi colocado no livro que graças a esse princípio é possível exercer melhor controle sobre as transformações químicas. Colocou-se no final deste capítulo uma tabela que resume todas as perturbações e os respectivos efeitos para a transformação. No final deste capítulo o autor dedica o último parágrafo para falar que o catalisador não afeta o equilíbrio, pois acelera ao mesmo tempo ambas as transformações (direta e inversa), mas lembrou que o catalisador faz com que o estado de equilíbrio seja atingido mais rapidamente.

No capítulo 12 o autor propõe a resposta à seguinte pergunta: O que se passa realmente, ao nível das partículas, quando a transformação se dirige para o equilíbrio e este é alcançado? No início deste capítulo o autor resume algumas idéias construídas sobre cinética e equilíbrio que são: as partículas (átomos, agregados de átomos, íons) que constituem a matéria movimentam-se continuamente, estando, portanto, em constante interação, as transformações químicas resultam de colisões entre partículas, o movimento das partículas aumenta com a elevação da temperatura e, conseqüentemente as colisões aumentam e o equilíbrio é alcançado quando as transformações são revertíveis. Vê-se aqui que o autor relaciona os assuntos cinética química com equilíbrio químico, isso para propor uma discussão sobre o estado de equilíbrio ao nível das partículas, ou seja, a transformação deixará de prosseguir por que para a movimentação de partículas e as colisões deixam de ocorrer, ou se a movimentação continua e, portanto, as colisões continuam. Nesse capítulo o autor apenas propõe essas linhas de raciocínio e não deixa uma resposta pronta, mas deixa em aberto para o leitor, para isso propõe algumas questões com suas respectivas figuras na representação de Dalton (bolinhas).

No capítulo 13 (Uma “visão microscópica” da situação de equilíbrio) o autor encontrará a resposta que faltou no capítulo 12, neste capítulo o autor deixa claro que o equilíbrio químico não é estático, mas sim dinâmico, os autores foram diretos na afirmação, isso é muito positivo, pois um dos problemas comuns em alguns livros é exatamente trazer ao aluno a idéia de que o equilíbrio químico é estático. Para isso inicia o capítulo afirmando que

embora no estado de equilíbrio não ocorrem mudanças aparentes no sistema as coisas não devem ser tão quietas assim. Nesse capítulo o autor exemplificou um meio que possibilita “observar” de perto como se comportam as partículas, que poderão ser “vistas” através de instrumentos adequados. E propôs e explicou o contador de Geiger que está relacionado ao uso de radioatividade. Particularmente, não achei nada fácil para um aluno de ensino médio compreender o método, mas no final deste capítulo foram feitas as afirmações e conclusões que simplificaram o que foi concluído por esse método. Ou seja, afirma-se que embora ao nível macroscópico a situação de equilíbrio pareça estática, ao nível microscópico pode ser “vista” como um processo dinâmico que envolve duas transformações que ocorrem em sentidos opostos. Então os autores concluem que ao nível microscópico, as transformações continuam ocorrendo, mas seus efeitos se compensam. Macroscopicamente nenhuma alteração é observada.

No capítulo 14 o autor cita alguns exemplos que evidenciam a relevância da utilização das idéias elaboradas sobre a condição de equilíbrio alcançada por uma transformação e evidenciam também as idéias sobre a rapidez com que é atingida tal condição quando se trata do controle de transformações químicas, favorecendo as desejáveis e impedindo ou minimizando as indesejáveis. Nos exemplos percebe-se a vontade dos autores em mostrar as vantagens de o homem poder controlar essas transformações químicas para seu próprio benefício e mostrar aplicações do que foi aprendido no livro no dia-a-dia. Do ponto de vista comercial da síntese da amônia os autores afirmam que levando em conta que o fator tempo é uma variável que influi no custo da produção e que a rapidez da transformação é afetada pelos mesmos fatores que é realizada em condições de alta pressão, alta temperatura, presença de catalisador e elevada concentração de  $H_2$  (e/ou  $N_2$ ). No que tange ao efeito do catalisador sobre a reação em equilíbrio os autores apenas afirmam textualmente que aumenta a velocidade da reação direta e inversa, acredito que o autor poderia explorar melhor esse tópico de catalisadores e lançar mão de gráficos, por exemplo, que envolvem a energia de ativação. Outro exemplo de aplicação dos conhecimentos adquiridos sobre equilíbrio químico é o de controle da poluição do ar pelo NO, que é um poluente indesejável que pode surgir durante a combustão do material combustível no motor dos carros. Nessa oportunidade o autor informa que o  $K_c$  da reação que envolve a síntese de NO é igual a  $4,8 \times 10^{-31}$  e que esse valor tão pequeno informa que muito pouco NO se forma na temperatura ambiente. Do ponto de vista do princípio de Le Chatelier o autor afirma que como a formação de NO é endotérmica, uma elevação da temperatura desloca o equilíbrio no sentido de sua formação. Desse modo, de

acordo com os autores, uma das formas de minimizar a formação de NO é o resfriamento dos gases de exaustão.

No capítulo 15 o autor conta um pouco da história da reelaboração das idéias sobre transformação química do conceito de afinidade até o conceito de equilíbrio. Nesse capítulo tem-se algumas curiosidades da história da ciência e no final o autor lista algumas afirmações sobre o equilíbrio químico:

1. As transformações são incompletas porque são “reversíveis” e tendem a um estado de equilíbrio, no qual a força que impulsiona a reação direta equilibra a força que impulsiona a reação reversa.
2. No equilíbrio ocorrem duas transformações em sentidos opostos com a mesma rapidez.
3. Mudança de massa de um dos participantes de uma reação em “equilíbrio” causa mudança na massa de todos os outros.
4. Quando as condições de um sistema em equilíbrio são alteradas, este se desloca no sentido de restabelecer as condições iniciais.

Vejo como um problema a afirmação número 1, por tornar possível ao aluno uma interpretação de que o equilíbrio químico é como um equilíbrio de forças, o que não pode ser associado (MILAGRES, 2001, p. 43). Para a afirmação 3 acredito que ficaria mais adequado substituir o termo mudança de massa, por mudança de concentração, pois a variação na concentração que desloca o equilíbrio, vê-se aqui uma confusão de conceitos de massa com concentração. É relevante considerar que quando um equilíbrio químico é perturbado a reação tende a entrar novamente em equilíbrio, sendo este último um estado de equilíbrio diferente do primeiro, mas de acordo com a afirmação 4 o equilíbrio químico é o mesmo com as mesmas condições iniciais.

## **Obra 2 – Química, volume 2, Físico Química, Ricardo Feltre, 2008**

Na obra acima o Equilíbrio Químico é um assunto tratado em três capítulos sendo os capítulos 6, 7 e 8. O assunto é dividido em Equilíbrios Químicos Homogêneos, Equilíbrio Iônico e Equilíbrios Heterogêneos, respectivamente. Como o foco deste trabalho é o equilíbrio químico em si. Limito a análise ao capítulo 6.

Para iniciar o capítulo 6 o autor utiliza uma imagem que envolve os raios UV e relaciona com a camada de ozônio, para relacionar com equilíbrio químico o autor utiliza as reações:



Em um pequeno texto o autor afirma que essas reações ocorrem continuamente e que portanto não ocorre um equilíbrio estático, mas dinâmico. Em um parágrafo inicial do capítulo o autor introduz o assunto de maneira semelhante ao da obra 1, pois afirma que muitas reações químicas começam continuam até o consumo total de, no mínimo, um dos reagentes e que há reações que se estabilizam quando ainda existem reagentes disponíveis, finalizando o parágrafo o autor afirma que nesses casos a reação atingiu um equilíbrio.

Na introdução o autor lança mão de uma analogia, para a qual utiliza uma imagem de um homem acima de uma esteira ergométrica. A analogia se dá quando o autor afirma que em uma esteira uma pessoa anda sem sair do lugar, porém não está parada. Ou seja, a pessoa está em um equilíbrio dinâmico, Em seguida o Feltre afirma que a esteira se movimenta para trás com a mesma velocidade que a pessoa se movimenta para frente. Esta analogia proporciona melhor entendimento de dois aspectos importantes do equilíbrio que é ser dinâmico e ter velocidade da reação direta e inversa iguais.

Na situação o autor aproveita a analogia para citar a hipótese de se alterar a velocidade de uma das reações (direta ou inversa) para que a reação busque o restabelecimento de outro equilíbrio, percebe-se que nessa obra que ao afirmar “outro equilíbrio” enfatiza-se que o equilíbrio restabelecido não possui condições idênticas ao equilíbrio que havia sido perturbado, afirmado na Obra 1. Para falar sobre possível mudança na velocidade da reação direta ou inversa o autor propõe a hipótese em que através de um botão na esteira o homem aumenta a velocidade da esteira, sendo assim obrigado a aumentar também sua velocidade, ocorrendo assim o que o autor chama de novo equilíbrio dinâmico. Ainda no tópico 1 o autor introduz o conceito de reações reversíveis, para tal o autor continua utilizando a analogia com a esteira ergométrica. Finalizando o conceito de reações reversíveis como reações que se processam simultaneamente nos dois sentidos e ainda reações na qual os reagentes se transformam nos produtos, e estes, à medida que se formam, regeneram os reagentes iniciais. (Feltre, 2008, p. 268). Ficou mais claro aqui nesta obra que no início é necessário formar uma quantidade de produtos para ser possível ter uma reação em equilíbrio.

O autor dedica um tópico deste capítulo 6 para falar sobre o conceito de equilíbrio químico e utiliza uma tabela que envolve dados de concentração dos componentes da reação:



em relação ao tempo em minutos. Na tabela em questão observa-se o interesse do autor em mostrar que até um determinado tempo ocorre variação nas concentrações, mas a partir de determinado instante as concentrações são constantes. Faço aqui a observação de que o autor se preocupou em mostrar que a partir daquele instante as concentrações se manteriam inalteradas se a pressão e temperatura não mudarem. Diferentemente da obra 1, Feltre dedica um tópico do capítulo 6 para citar o Grau de equilíbrio e sua importância para saber qual o rendimento da reação, mas menciona tal Grau para afirmar que dependendo o tipo de reação esse grau de equilíbrio pode receber nomes diferentes como grau de dissociação térmica da água nome dado ao grau de equilíbrio na reação de dissociação térmica da água.

Para falar da constante de equilíbrio o autor utiliza o artifício de igualar a equação de velocidade das reações direta e inversa e para isso ao escrever as expressões referentes à lei de velocidade, assume-se que as reações possuem apenas uma etapa, o que não é verdade (BLANCHI; SABADINI, 2007, p.10). Para deduzir a equação do  $K_c$  a partir das concentrações dos componentes da reação o autor utilizou como exemplo a reação de síntese da amônia, assim percebe-se um erro conceitual evidente, pois como teremos o coeficiente estequiométrico como potência considera-se que a equação da lei de velocidade para a reação direta seria  $[\text{N}_2]^1 \cdot [\text{H}_2]^3$ , ou seja assumiria como sendo uma reação tetramolecular, mas ainda não se tem registros de reações químicas como molecularidade maior do que três (BLANCHI; SABADINI, 2007, p.10). Apesar de parecer mais complexo a maneira de introduzir a constante de equilíbrio o autor conclui no livro que pode haver uma infinidade de estados de equilíbrio diferentes, mas o valor numérico de  $K_c$  permanece constante enquanto a temperatura se mantiver inalterada. (Feltre, 2008, p. 275). Apesar de trazer vários exercícios, resolvidos ou não, que possibilitam ao aluno saber escrever a equação do  $K_c$  e do  $K_p$ , o autor em nenhum momento destacou que tipo de informação que traz o  $K_c$ , ou seja, não destacou que através da equação do  $K_c$  é possível saber para qual lado da reação o equilíbrio está mais deslocado.

O autor afirma que pelo equilíbrio químico sabe-se até que ponto a reação caminha e, conseqüentemente, seu rendimento em diversas situações, para isso o autor utiliza outra analogia, afirmando que no carro dispomos do volante, do acelerador e do freio para

comandar o movimento de um automóvel, a Química também dispõe de controle sobre as reações. Uma analogia que também não atrapalha o aprendizado do real conceito de equilíbrio químico, pois variar concentração, pressão e temperatura podem ser mecanismos de deslocar o equilíbrio químico, ou seja, mecanismos de controle de uma reação química. O autor aproveita para no tópico seguinte introduzir o assunto deslocamento do equilíbrio. Conceituando o termo, Feltre afirma que deslocamento do equilíbrio é toda e qualquer alteração da velocidade da reação direta ou da reação inversa, provocando modificações nas concentrações das substâncias e levando o sistema a um novo estado de equilíbrio. (Feltre, 2008, p. 290). Na parte que o autor cita os efeitos da concentração no deslocamento do equilíbrio, o autor utiliza um campo para falar sobre equilíbrio no sistema respiratório humano, para isso lança mão de uma figura com um esquema da relação do sistema respiratório, hemácias e células do corpo. Quando o assunto é o efeito da pressão total do sistema o autor utiliza uma figura com pistão e uma curiosidade sobre a reação entre oxigênio e hemoglobina no organismo de uma pessoa que vai para locais de grandes altitudes. As figuras do livro que envolvem um pistão são incapazes de mostrar ao aluno a relação que existe entre o aumento da quantidade de gás e o aumento de pressão. Não vejo que essas figuras contribuem para o aprendizado do conceito de equilíbrio químico. Quando o tópico é sobre a influência da temperatura o autor utiliza vários gráficos como recursos e mais uma vez enfatiza que o  $K_c$  é alterado quando se altera a temperatura. Para finalizar o capítulo o autor cita a influência do catalisador e afirma que o catalisador diminui o tempo necessário para atingir o equilíbrio, mas não altera o próprio estado de equilíbrio, isto é, não altera o rendimento obtido no processo nem o valor das constantes de equilíbrio  $K_c$  e  $K_p$ . (Feltre, 2008, p. 297). É proposta uma atividade prática que envolve o equilíbrio e o seu deslocamento, o autor recomenda que o experimento seja realizado exclusivamente pelo professor de forma demonstrativa. No final do capítulo o autor inseriu um texto para leitura sobre a síntese de Haber-Bosch. O texto contribui para conhecimentos gerais sobre a fixação de  $N_2$  do ar pelo solo e também para mostrar a aplicação dos conhecimentos de deslocamento de equilíbrio para a indústria.

## SÍNTESE

Quanto aos conceitos formulados de maneira equivocada pode-se afirmar que há um problema já visto em outras obras que é a de trazer uma idéia de que o equilíbrio químico ocorre de maneira que os reagentes estão em um recipiente e os produtos em outro, geralmente este do lado direito e aquele do lado esquerdo (GARRITZ; RAVIOLO, 2008). Mas a obra 1 afasta esse pensamento errôneo quando afirma que no equilíbrio químico reagentes e produtos coexistem. Um problema conceitual visto na obra 1 está na parte referente a fatores que alteram o equilíbrio químico, os autores afirmam que quando há um fator externo que perturba o equilíbrio químico, este é rompido por “um curto espaço de tempo”, assim dá a entender para o aluno que em questão de segundos, por exemplo, o equilíbrio se restabelece, o que não necessariamente é verdade.

Na obra 2 o autor deduz a equação da constante de equilíbrio ( $K_c$ ) e para tal iguala as equações de velocidade das reações direta e inversa. Para isto assume-se que as reações possuem apenas uma etapa o que não é verdade (MILAGRES, 2001, p.43).

Quanto ao uso de analogias a obra 2, de maneira diversa da obra 1, utiliza, porém não vejo que elas causam interpretações errôneas. O capítulo de equilíbrio químico na obra 2 traz uma primeira analogia que é a de um homem caminhando em uma esteira ergométrica, tal analogia propicia relacionar a esteira ergométrica com o equilíbrio químico, para a analogia vale lembrar que o homem tem a mesma velocidade que a esteira, por isso não sai do lugar, ou seja, a velocidade da reação direta é igual a da inversa, além disso o homem apesar de não sair do lugar, não está parado, ou seja, o equilíbrio químico não é estático, mas sim dinâmico. No caso da obra 1, os autores afirmaram diretamente em uma frase que o equilíbrio não é estático.

Outra analogia que contém na obra 2 é a de que no carro dispomos do volante, do acelerador e do freio para comandar o movimento de um automóvel, a química também dispõe de controle sobre as reações químicas que são variação de temperatura, pressão e concentração, ou seja, os fatores que possibilitam controlar e assim prever para qual lado a reação irá se deslocar.

As duas obras utilizam ilustrações ou figuras, na obra 1 se observam figuras que mostram a aparência das soluções a serem obtidas nos experimento, mas as ilustrações da obra 2 são mais atrativas, uma vez que são mais nítidas e coloridas. No entanto, em nenhum dos desenhos ou imagens das duas obras a questão da dinamicidade do equilíbrio químico foi

destacada. Isso, com certeza, contribui para a dificuldade dos alunos em entenderem como ocorrem as reações e como o estado de equilíbrio é atingido (MILAGRES, 2001, p.43).

Então pode-se afirmar que a maioria dos desenhos descreve ou ilustra algum sistema, mas não propõe ou fundamenta a discussão de idéias.

Nas duas obras tem-se o conceito de equilíbrio químico é trazido com um ponto de vista mais cinético, ou seja, relacionando-o com a cinética química. Em nenhum caso foi apresentado conceito de energia livre de Gibbs ou, por exemplo, entropia.

Quanto a forma que introduzem o equilíbrio químico os autores têm algo em comum que é começar o capítulo respectivo com a idéia de reações reversíveis. No tópico referente aos fatores que perturbam o equilíbrio químico os autores das duas obras incluíram o catalisador como um dos fatores, mas apenas a obra 2 utilizou gráficos para deixar mais claro os efeitos. A obra 1 apenas informou que o catalisador não altera o equilíbrio químico, mas a velocidade em que este é atingido.

Para exemplificar o equilíbrio químico os autores da obra 1 colocam algumas reações que ocorrem na natureza, como a reação que traz a formação de cavernas. Já na obra 2 encontramos na maioria das vezes reações como a de síntese de amônia, ou seja, reações que tem grande importância, porém não vejo como do dia-a-dia do aluno.

As duas obras trazem a explicação sobre a constante de equilíbrio, porém a obra 1 informou o significado do  $K_c$  e ainda o que ele representa para a reação química em equilíbrio. A obra 2 apenas deduziu a equação do  $K_c$  igualando-se as equações de velocidade. Não vejo sentido explicar matematicamente o que significa o  $K_c$ , mas não explicar o que ele representa, ou seja, é necessário explicar que através do  $K_c$  é possível saber para qual lado da reação o equilíbrio está deslocado.

A obra 1 se destaca mais quanto a utilização de perguntas para o desenvolvimento de raciocínio, durante todo o capítulo, inclusive nas introduções, os autores lançam mão de indagações que proporcionam um reflexão relacionada ao conteúdo.

Na obra 1 os experimentos são utilizados com mais frequência, geralmente se encontram no desenvolvimento do capítulo e trazem informações que exemplificam o equilíbrio químico, ou seja, trazem exemplos de equilíbrio químico. Nem todos os experimentos enfatizam a idéia de que o equilíbrio químico é dinâmico, mas ajudam na compreensão de que o equilíbrio não ocorre com reagentes e produtos em ambientes separados, mas que eles coexistem. A obra 2 tem apenas um experimento que vem apenas exemplificando um exemplo de reação química em equilíbrio.

Alguns dos experimentos apresentados exemplificam casos de mudanças macroscópicas, como a alteração de coloração, em uma reação em equilíbrio, uma maneira de mostrar que o equilíbrio químico é um sistema que não se encontra estático.

Então de alguma forma os experimentos contribuem de forma significativa para o ensino do real conceito de equilíbrio químico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a grande importância do livro didática para o processo de ensino e aprendizagem de química no Ensino Médio, este trabalho apresentou a análise de dois livros didáticos de ensino médio, sendo um livro considerado por mim como uma obra diferenciada pela maneira que traz os conteúdos e outro livro aprovado pelo PNLEM, que é um programa que ajudou na maior valorização do livro didático no País. É possível perceber através da análise do conteúdo de equilíbrio químico que os autores seguem as orientações curriculares de 2009 do Ministério da Educação com pequenas falhas, ou seja, as orientações curriculares para o 3º ano do ensino médio contêm a previsão de conteúdos e expectativas de aprendizagem para cada área do conhecimento e os autores das obras em questão não foram aquém do esperado pelas orientações. No caso do conteúdo analisado era previsto que fosse trabalhado no 3º ano o estado de equilíbrio, o caráter dinâmico das interações químicas e fatores que afetam o equilíbrio. Para esses conteúdos tem-se a expectativa de que o aluno seja capaz de reconhecer e relacionar o aspecto dinâmico no equilíbrio químico às concentrações dos reagentes e produtos, analisar, em situações dadas, segundo o Princípio de Le Chatelier, os fatores que podem afetar a condição de equilíbrio de um sistema, interpretar e expressar as constantes de equilíbrio, em função da concentração e da pressão no estudo de situações-problema do cotidiano. Uma das explicações para que eu afirme que há falhas no seguimento das orientações é o fato de que a obra 2, por exemplo, não traz a interpretação da constante de equilíbrio, mas apenas o aspecto quantitativo dela.

É necessária utilização mais eficiente da experimentação como maneira de se mostrar o real conceito dos conteúdos de química. As duas obras tem seus pontos positivos e também negativos, mas vejo que ainda precisa-se aproximar mais o ensino de química à formação social do aprendiz.

Tenho como intenção promover a problematização do ensino de química através dos livros didáticos, além de trazer a idéia de um ensino de equilíbrio químico com um pouco mais de visão termodinâmica dessas reações.

Que este trabalho mostre que o ensino em si é algo que deve estar em constante discussão para que um dia se seja ao nível de excelência, tomando como foco principal um formação centrada no aluno, para formar melhores pessoas.

## REFERÊNCIAS

CANZIAN, R.; MAXIMIANO, A, F.; Analogias no Ensino de Equilíbrio Químico. **Revista Química Nova na Escola**. Vol. 32, Nº 2; 2010.

EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** Vol. 9 Nº3. A produção de material didático como estratégia de formação permanente de professores de ciências.2010. p. 633-656.

GARRATIZ, A.; RAVIOLO, A. Analogias no ensino de equilíbrio químico. **Revista Química Nova na Escola**, Nº 27, fevereiro 2008

INSTITUTO DE QUÍMICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Grupo de Pesquisa em Educação Química. Disponível em: <<http://gepeq.iq.usp.br/>>. Acesso em: 21 setembro 2011.

LAVORENTI, A. **Equilíbrio Químico**. 2002. Disponível em: <<http://www.lce.esalq.usp.br/arquimedes/Atividade03.pdf>>. Acesso em: 21 setembro 2011.

MACHADO FILHO, A. M. **Inquietação e rebeldia**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1983.

MACIEL, F. I. P., Coleção Didática e Prática de Ensino, Novas Tecnologias X Livros Didáticos: Por uma Didática da Invenção. 2010. Disponível em: <[http://www.fae.ufmg.br/endipe/livros/Livro\\_4.PDF](http://www.fae.ufmg.br/endipe/livros/Livro_4.PDF)>. Acesso em 25 outubro 2011.

MILAGRES. S. O. Vânia. Modelos de ensino de equilíbrio químico – algumas considerações sobre o que tem sido apresentado em livros didáticos no ensino médio. **Química Nova na Escola**. n. 13 maio 2000

RAVIOLO, A.; MARTÍNEZ-AZNAR, M. Uma revisión sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en la relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didáticas. **Educación Química**, v. 13, p. 159-165, 2003.

SABADINI, E.; BLANCHI, J. C. A. Ensino do conceito de equilíbrio químico: Uma breve reflexão. **Química Nova na Escola**, N.º 25, MAIO 2007.

SCHNETZLER, R. P. (2002). Práticas de ensino nas ciências naturais: desafios atuais e contribuições de pesquisa. Em: D.E.G. Rosa e V.C. Souza, Didáticas e práticas de ensino: interfaces com diferentes saberes e lugares formativos (pp. 205-222). Rio de Janeiro: DP&A.