

Alterações nos sistemas em equilíbrio químico: análise das principais ilustrações presentes em livros didáticos

Renato Canzian^{1*} (PG, FM), Flávio Antonio Maximiano (PQ).
rcanzian@iq.usp.br

Depto. de Química Fundamental, Instituto de Química, USP.

Av. Prof Lineu Prestes, 748, São Paulo – SP.

Palavras Chave: equilíbrio químico, livro didático, ilustrações

RESUMO: ESTE TRABALHO APRESENTA UMA REFLEXÃO SOBRE O PAPEL DAS ILUSTRAÇÕES PRESENTES EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA NO NÍVEL MÉDIO. SEGUNDO OS ASPECTOS ABORDADOS PELO TRIÂNGULO DE JOHNSTONE, FORAM ANALISADAS AS PRINCIPAIS ILUSTRAÇÕES QUE ABORDAM ALTERAÇÕES EM SISTEMAS EM EQUILÍBRIO QUÍMICO. OS PRINCIPAIS RESULTADOS MOSTRARAM QUE A MAIORIA DAS FIGURAS PRESENTES NOS LIVROS DIDÁTICOS REFERE-SE AO NÍVEL MACROSCÓPICO, E A VARIÁVEL CONCENTRAÇÃO É A ALTERAÇÃO MAIS DISCUTIDA. ALÉM DISTO, POUCAS SÃO AS FIGURAS QUE INTERLIGAM OS TRÊS VÉRTICES DO TRIÂNGULO, UM IMPORTANTE ASPECTO A SER CONSIDERADO POR AUTORES E PROFESSORES DE QUÍMICA AO SE DISCUTIR OS PRINCIPAIS CONCEITOS ENVOLVIDOS QUANDO DA ALTERAÇÃO DE UM SISTEMA EM EQUILÍBRIO QUÍMICO.

INTRODUÇÃO

Segundo Johnstone (1993) o aprendizado da Química implica na compreensão de três aspectos fundamentais: a observação dos fenômenos naturais (universo macroscópico), a representação destes em linguagem científica (universo simbólico) e o real entendimento do universo das partículas como átomos, íons e moléculas (universo microscópico). A compreensão e interligação entre estas três interfaces pressupõem o verdadeiro entendimento e o domínio do conhecimento químico em questão e é comumente representado através do que ficou conhecido como triângulo de Johnstone.

Outros pesquisadores brasileiros (Mortimer e cols., 2000 apud Lemes e cols, 2010) reforçam esta ideia ao afirmar que as imagens podem ser ainda mais significativas se considerarmos associados a estes três universos mencionados no triângulo de Johnstone: o nível fenomenológico (associado aos sentidos), o nível representacional (relacionado ao uso de símbolos, fórmulas e equações) e o nível teórico-conceitual, constituído pela manipulação mental de entidades abstratas como átomos e moléculas. E com relação a este último nível, Johnstone (2000) ressalta a importância e a imensa dificuldade em ensiná-lo aos alunos, que por sua vez também terão grande dificuldade em compreendê-lo.

O entendimento real das relações apontadas pelo modelo de Johnstone representa incrementar um valor significativo ao currículo no nível básico e superior inclusive em livros didáticos, manuais de laboratório e figuras ilustrativas (Johnstone, 2004). Neste trabalho, Johnstone recomenda que os professores de química criem situações reais que possam mostrar o universo macroscópico ao aluno acompanhado da simbologia química pertinente e, ao mesmo tempo, se utilize de diferentes tipos de figuras, tais como animações de computador e simulações, com o objetivo de criar habilidades para a compreensão do nível molecular. Desta forma, há que se considerar que as ilustrações presentes em livros didáticos constituem-se em importantes recursos para auxiliar no estabelecimento de relações entre os níveis macroscópico, microscópico e simbólico e, conseqüentemente, para um verdadeiro e correto

entendimento dos fenômenos químicos. Vale também lembrar que as imagens desempenham um papel importante no ensino de ciências, uma vez que a própria conceitualização depende muitas vezes da visualização (Johnstone, 2004).

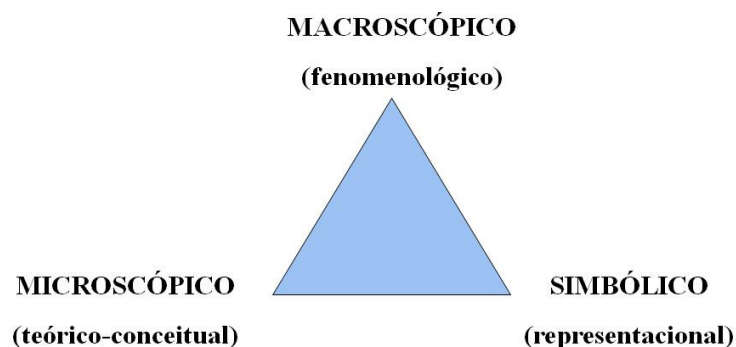


Figura 1: Triângulo de Johnstone. Representação dos universos e níveis de compreensão do conhecimento químico.

OBJETIVOS

Considerando os livros didáticos como importantes instrumentos de homogeneização de conceitos, conteúdos e metodologias educacionais e uma referência de destaque para professores e alunos, nosso objetivo é estudar como as ilustrações presentes em materiais do nível médio abordam um dos aspectos mais relevantes do estudo do equilíbrio químico, ou seja, as alterações do estado de equilíbrio químico quando um sistema é submetido a mudanças em uma das propriedades que o definem. Com relação a este tema de ensino, os PCN+ (Brasil, 1999) apontam a necessidade de que os alunos sejam capazes de identificar as variáveis que perturbam o estado de equilíbrio químico e avaliar as conseqüências de se modificar a dinâmica deste sistema. Para isso, tomamos como referência os três universos de compreensão dos fenômenos químicos, representados no triângulo de Johnstone, com o intuito de verificar se as relações entre estes três níveis são de alguma forma representadas ou discutidas, considerando que os objetivos apontados nos PCN+ só podem ser plenamente atingidos, se o aluno for capaz de compreender o fenômeno nestes três níveis.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

A escolha dos livros analisados neste trabalho se baseou no fato de serem materiais disponíveis no mercado há algum tempo e publicado por editoras comercialmente importantes. Além destes, também foram escolhidos livros de grupos de pesquisa em ensino de química no Brasil. Vale aqui ressaltar que não foram analisados os capítulos de introdução ao equilíbrio químico e os capítulos que se referem aos equilíbrios de ionização (ácido-base), pH, tampão e hidrólise salina. Sendo assim, os equilíbrios em solução aquosa ficaram restritos apenas aos casos de equilíbrios homogêneos.

Com o intuito de facilitar a identificação da análise utilizaremos, ao longo deste trabalho, as letras referentes aos autores dos livros por meio de siglas. Os livros escolhidos e suas respectivas siglas são apresentados na tabela 1.

Tabela 1: livros didáticos analisados

Nº	Livro Didático	Sigla
1	Química – volume único, de Vera Novais (Atual Editora, 1996)	VN
2	Química e Sociedade – volume único, vários autores (Editora Nova Geração, 2005)	PEQUIS
3	Interações e Transformações II: livro do aluno, vários autores – GEPEQ (Edusp, 1995)	GEPEQ
4	Química na abordagem do cotidiano – volume 2, de Francisco Miragaia Peruzzo (Tito) e Eduardo Leite do Canto (Editora Moderna, 2006)	TC
5	Química para o Ensino Médio – volume único, de Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado (Editora Scipione, 2003)	MM
6	Química – volume 2, de Ricardo Feltre (Editora Moderna, 2004)	RF
7	Química – volume 2, de João Usberco e Edgard Salvador (Editora Saraiva, 2006)	US

Foram analisados dois tipos de ilustrações presentes nos livros didáticos: gráficos e figuras. O foco deste estudo esteve centrado em analisar: 1) Se, e em que medida, estas ilustrações permitem interligar os três níveis abordados pelo triângulo de Johnstone: o macroscópico, o microscópico e o representacional e; 2) Como estas figuras podem auxiliar ou atrapalhar o correto entendimento do estudante sobre os conceitos envolvidos. Para isso, optou-se por fazer uma análise de como as variáveis: concentração, pressão e temperatura são discutidas nas ilustrações que representam as alterações de um sistema em equilíbrio químico. Assim, as questões que guiaram este estudo foram as seguintes:

- Quantas ilustrações o livro apresenta e sobre quais variáveis se refere?
- O livro se utiliza de gráficos para ilustrar as modificações no estado de equilíbrio? Se sim, quais variáveis são tratadas? Estes gráficos são acompanhados de ilustrações sobre o universo representacional, macroscópico e microscópico?
- O livro publica fotos ou desenhos que ilustram sistemas reais (universo macroscópico)? Quais mudanças de variáveis (concentração, pressão e temperatura) são ilustradas? Estes sistemas são acompanhados do universo representacional e microscópico?
- O livro apresenta figuras ilustrativas com modelos de partículas (universo microscópico) e a qual variável este se relaciona? Quais mudanças de variáveis (concentração, pressão e temperatura) são ilustradas? Estes sistemas são acompanhados de ilustrações sobre do universo representacional e macroscópico?

As ilustrações selecionadas para análise foram baseadas em aspectos que possam contribuir para o real entendimento dos conceitos químicos envolvidos ao se modificar o estado de um sistema em equilíbrio. Desta forma, não foi incluído neste estudo a análise de ilustrações tais como fotos de cientistas, fábricas de produção de amônia, analogias com o estado de equilíbrio, equilíbrio de fases, entre outros. Portanto, o gráfico ou ilustração deveria abordar claramente, no mínimo, dois estados distintos: o equilíbrio inicial e o equilíbrio modificado. Vale ressaltar que as tabelas também não fizeram parte da análise apresentadas pelos livros. Além disto, as figuras

referentes ao efeito do catalisador e aquelas contidas em exercícios propostos não foram consideradas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise contemplou um total de 32 ilustrações (tabela 2), das quais a grande maioria (14) se refere a alterações em alguma concentração dos participantes do equilíbrio; 10 ilustrações sobre modificações de pressão e apenas 7 a respeito da variação da temperatura. O livro PEQUIS mostra uma figura em que as três variáveis são abordadas simultaneamente e somente um livro não apresenta ilustração sobre alterações no equilíbrio químico (MM).

Tabela 2: número de ilustrações dos livros sobre as alterações sofridas por um equilíbrio químico

Sigla do livro	Concentração	Pressão	Temperatura	Total
VN	3	1	1	5
PEQUIS	1	1	1	4*
GEPEQ	1	3	0	4
TC	3	2	2	7
MM	0	0	0	0
RF	1	2	2	5
US	5	1	1	7
Total	14	10	7	32

* o livro apresenta uma figura que contempla as três variáveis simultaneamente

Com relação à uniformidade na quantidade figuras por variável modificada, o livro PEQUIS apresenta igualdade nesta distribuição e os livros RF, TC e VN existe a diferença de apenas uma figura entre as variáveis. Em contrapartida os livros US e GEPEQ apresentam mais figuras sobre alterações de concentração (quatro a mais) e pressão (duas a mais), respectivamente. Este último livro (GEPEQ) não apresenta ilustração para a variável temperatura.

Para a análise das demais questões, todas as ilustrações serão divididas em três grandes grupos: gráficos, figuras de sistemas reais (macroscópicas) e ilustrações a nível molecular (microscópicas). Como foram encontradas figuras que misturaram os níveis macro e microscópico foi necessária a criação de um quarto grupo (macro e microscópico).

Os resultados obtidos da análise de cada livro encontram-se na tabela 3. Pode-se observar que as figuras de sistemas macroscópicos correspondem a 47% total contra 34% de representações gráficas. Somente a minoria das ilustrações presentes nos livros (seis figuras ou 19%) aborda algum tipo de modelos de partículas que representam o universo microscópico. Dentre esta minoria, apenas três figuras, apresentam simultaneamente representações dos universos macroscópico e microscópico, que será discutida posteriormente. Portanto, somente três livros (VN, PEQUIS e GEPEQ) tentam explicar com ilustrações, do ponto de vista da mudança do equilíbrio, o que efetivamente ocorre no nível particular da matéria. A partir dos dados

fornechos pela tabela 3, analisaremos cada grupo separadamente baseando-se nas questões acima propostas.

Tabela 3: número de gráficos e ilustrações no nível macroscópico e molecular

Sigla do livro	Gráficos	Figuras Macroscópicas	Figuras Microscópicas	Figuras Macroscópicas e Microscópicas	Total
VN	0	3	1	1	5
PEQUIS	0	3	1	0	4
GEPEQ	1	1	1	1	4
TC	2	5	0	0	7
MM	0	0	0	0	0
RF	4	1	0	0	5
US	4	2	0	1	7
Total	11	15	3	3	32

A análise da segunda questão diz respeito à abordagem de gráficos para ilustrar modificações no equilíbrio e a qual variável modificada este se relaciona. Foram encontrados 11 gráficos no total e a metade dos livros (TC, GEPEQ, US e RF) mostra gráficos a respeito da variação da concentração no estado de equilíbrio em questão.

Neste âmbito, os livros (TC e RF) mostram uma preocupação em descrever no gráfico todas as etapas pertinentes ao entendimento global do processo de perturbação no equilíbrio químico: o início da reação, o estabelecimento do primeiro equilíbrio, a perturbação imposta e o estabelecimento de um novo equilíbrio (figura 2). Em contrapartida, os livros (GEPEQ e US) iniciam a análise a partir do estado de equilíbrio, ocultando o início da reação. Isto pode causar certa confusão ao aluno pois, deve-se deixar claro ao aluno o fato de que o tempo inicial apresentar um sistema em equilíbrio não significa que o equilíbrio químico é o estado inicial de qualquer transformação química.

Apenas três dos sete livros (RF, US e TC) apresentam gráficos sobre a alteração da temperatura relacionada com a constante de equilíbrio e outros dois (GEPEQ e VN) mostram esta variação em formato de tabelas. Quílez (1997) realiza um estudo e constata que grande porcentagem dos alunos não relaciona a mudança da temperatura com a constante de equilíbrio (K_c). Portanto, a utilização deste recurso gráfico (ou tabela) auxilia o estudante a perceber como uma reação endotérmica ou exotérmica se comporta a uma alteração na temperatura, fato que não foi constatado nos livros MM, SF e PEQUIS.

Em contrapartida, um único livro (RF) mostra graficamente como a porcentagem dos componentes do equilíbrio se modifica ao se alterar a temperatura e o livro GEPEQ se utiliza de uma tabela para ilustrar este aspecto. De forma análoga à temperatura, o livro RF é o único a expressar graficamente como o equilíbrio responde à variação da pressão do sistema. Uma tabela associada a um gráfico mostra diferentes valores de pressão e a porcentagem de amônia obtida (produto). Com o objetivo de percorrer todos os componentes presentes no triângulo de Johnstone,

verificamos quais destes 11 gráficos apresentam os três níveis mencionados. O resultado é que todos os gráficos são acompanhados da respectiva simbologia química (nível representacional) e nenhum deles faz menção ao nível molecular.

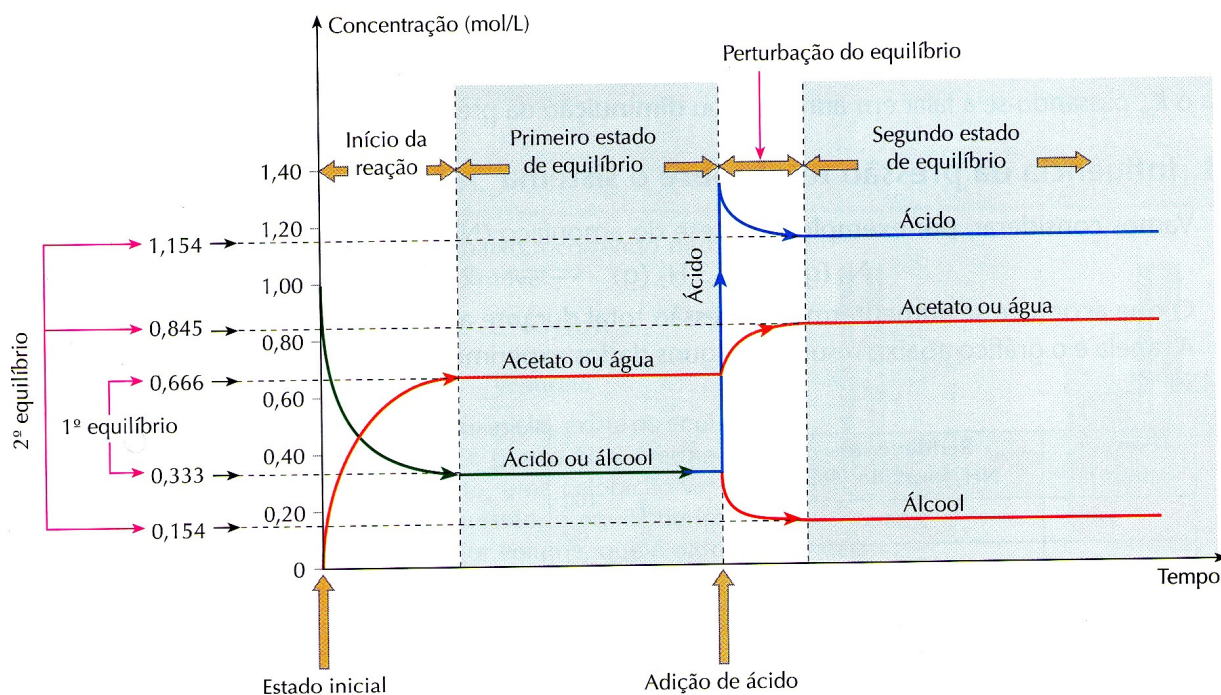


Figura 2: Ilustração do livro RF sobre a alteração da concentração em um equilíbrio químico

No livro RF, junto ao gráfico apresentado na figura 2, é apresentada uma figura que ilustra macroscopicamente e indica as quantidades em mol dos participantes em quatro diferentes estágios: sistema inicial, primeiro equilíbrio, perturbação do equilíbrio e o estabelecimento do segundo equilíbrio. Porém, neste exemplo (uma reação de esterificação) não há evidências macroscópicas da ocorrência de uma reação química, que neste caso então, é evidenciada pela variação das quantidades dos constituintes no decorrer do tempo.

Uma observação pertinente refere-se ao livro TC no capítulo de introdução aos equilíbrios químicos (não analisado em todos os casos). Ao estudar o equilíbrio gasoso $N_2O_4 \rightleftharpoons NO_2$, este livro inclui desenhos de balões volumétricos na parte superior do gráfico (nível macroscópico) com a respectiva coloração até o sistema entrar em equilíbrio. Porém, no capítulo seguinte, em que o mesmo sistema sofre uma modificação, o desenho destes balões não é apresentado. Segundo Milagres e Justi (2001) as associações de desenhos com gráficos deveriam ser mais utilizadas por autores de livros didáticos com o objetivo de integrar as ideias entre os níveis abordados no triângulo de Johnstone.

A terceira questão trata da maioria das ilustrações (47%) que foram analisadas nos livros didáticos, ou seja, aquelas pertencentes ao universo mais próximo ao aluno, ou seja, o nível macroscópico. Destas 15 ilustrações, percebe-se que todas procuram explorar exemplos que mostrem a mudança de cor ao se modificar o estado de equilíbrio químico. Todos os livros que apresentaram ilustrações continham pelo menos uma figura de um sistema real. Foram encontrados os seguintes equilíbrios: dicromato-cromato (cores amarelo e laranja), $N_2O_4 \rightleftharpoons NO_2$ (mistura de gases incolor e castanho), cloreto de cobalto II e seu íon complexo (cores azul e rosa) e apenas uma

única figura sobre o equilíbrio do ácido carbônico em água em presença de fenolftaleína (aspecto incolor e coloração rósea).

O equilíbrio $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ foi o preferido da maioria dos autores e esteve presente em 8 ilustrações. Dentre estas, a maioria preferiu mostrar dois momentos em que foi alterada a temperatura (PEQUIS, VN e TC) ou a pressão (PEQUIS, RF e TC). Apenas em uma destas figuras, no livro TC para variável pressão, a mudança de coloração do sistema não é perceptível na ilustração apresentada.

Entretanto, este mesmo livro (TC), ao discutir a variação de temperatura, mostra uma figura que favorece o entendimento da coexistência de reagentes e produtos em um equilíbrio químico, e é o único que retrata três momentos deste sistema: um balão com a mistura em temperatura ambiente, outro imerso em um banho de água com gelo e um terceiro balão mergulhado em água fervente (figura 3). Este aspecto é considerado positivo pois uma das dificuldades encontradas pelos alunos é a verificação da coexistência de reagentes e produtos em um equilíbrio químico (Quílez, 1995). A alternância da coloração nestas três temperaturas distintas em um mesmo recipiente (equilíbrio $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$) ao invés de dois frascos distintos, como o representado na figura 4, pode minimizar a formação de outra possível concepção alternativa, a da "compartimentalização do equilíbrio químico", em que os alunos tendem a considerar que os reagentes e produtos do sistema estão em compartimentos separados (Quílez, 1998; Raviolo e Aznar, 2003).

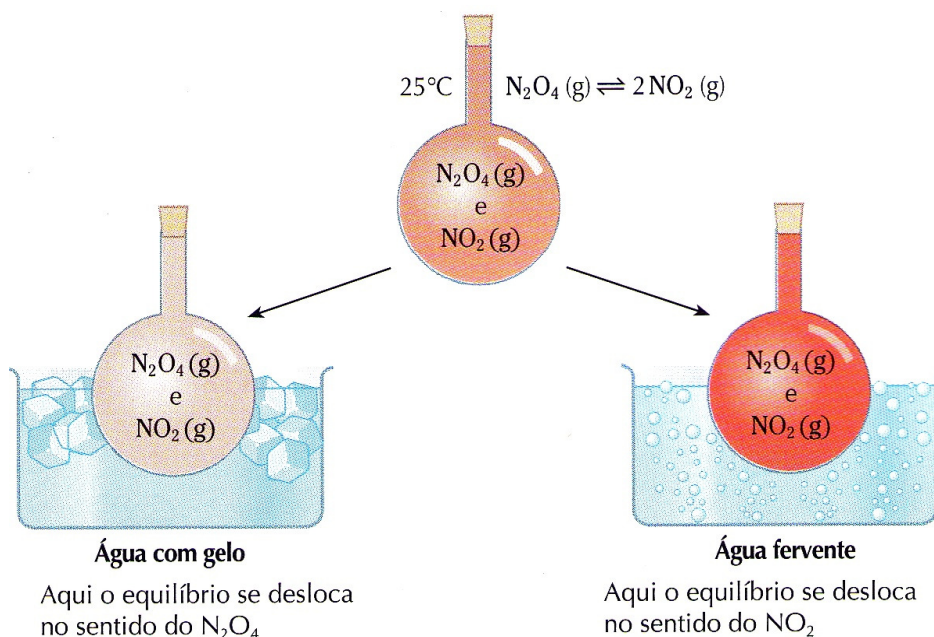


Figura 3: sistema real acompanhada da simbologia química (livro TC)

Ao discutir a mudança de pressão, o livro GEPEQ faz uma análise semelhante ao livro TC ao apresentar três desenhos com distintos valores de pressão e volume para um equilíbrio genérico. Estas figuras apresentam diferenças de tonalidade, porém, como a impressão está em preto e branco, o leitor não conseguirá distinguir cores nestas três etapas, caso seja este um equilíbrio que apresente alguma coloração característica.

As 7 figuras restantes estão divididas entre o equilíbrio dicromato-cromato: 4 figuras para os livros VN e US (figura 4), sendo 2 figuras para cada livro quando se discute o efeito da concentração em meio ácido e alcalino. Outras 2 figuras encontradas no livro TC apresentam o equilíbrio entre o cloreto de cobalto II e seu íon

complexo, uma para estudar a variação da concentração e outra para a temperatura. A última ilustração retrata o equilíbrio do ácido carbônico em água com fenolftaleína (livro PEQUIS).

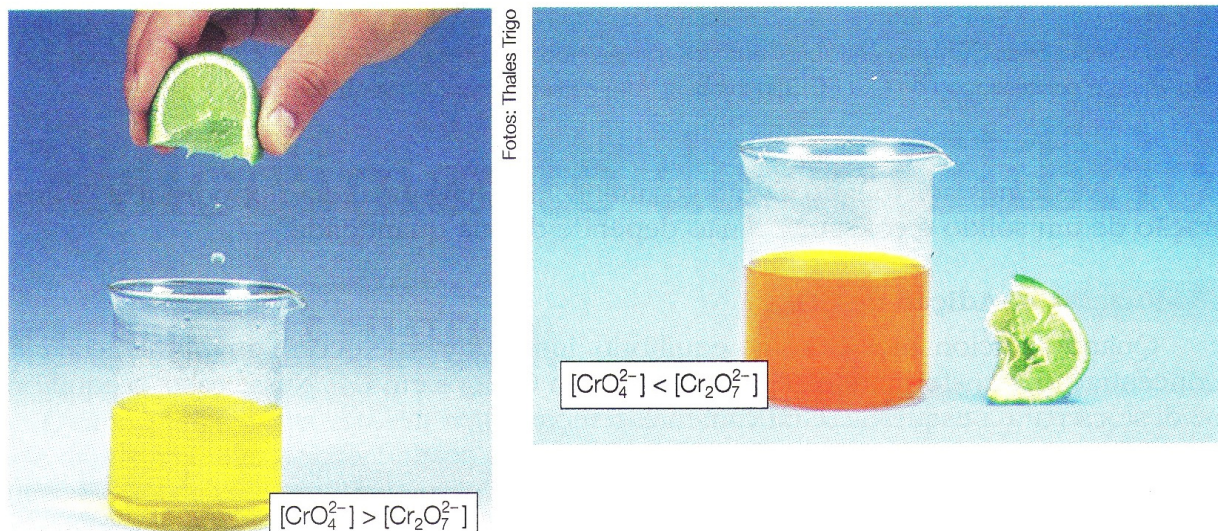


Figura 4: figura retirada do livro US que apresenta o nível representacional nas concentrações

Todos estes últimos equilíbrios, por apresentarem dois recipientes diferentes com colorações distintas não deixam evidente ao aluno, em aspectos visuais, a coexistência de reagentes e produtos em ambos os frascos representados.

Além disto, foram analisadas se estas 15 figuras que tratam de sistemas macroscópicos estão relacionadas aos outros dois níveis do triângulo de Johstone (microscópico e representacional). Nenhuma das figuras macroscópicas encontradas faz menção ao respectivo nível microscópico.

Com relação ao nível representacional, podemos citar duas características: a presença da equação química referida ao equilíbrio em questão e a inclusão de fórmulas contidas nos recipientes macroscópicos das figuras. Percebe-se o cuidado da maioria dos livros em representar a equação química do equilíbrio ilustrado na figura, pois, apenas o livro PEQUIS não apresenta a equação $N_2O_4 \rightleftharpoons NO_2$ quando discute a variação de temperatura para este sistema.

Entretanto, ao analisarmos a representação de fórmulas contidas nas figuras, estas não aparecem na maioria dos casos. Apenas 7 das 15 figuras analisadas incluem as fórmulas das substâncias na figura em questão, como observado na figura 4. Os livros TC, VN e US realizam este procedimento com 2 figuras em cada livro e o livro RF para a única ilustração macroscópica apresentada.

A última questão deste estudo trata da menor porcentagem das figuras encontradas (19%), que são aquelas que de alguma maneira ilustram o universo microscópico de átomos e moléculas.

Somente os livros VN, PEQUIS e GEPEQ (uma figura cada) apresentam ilustrações exclusivas ao nível microscópico. O livro VN, com o objetivo de exemplificar a manutenção da constante de equilíbrio, apresenta uma ilustração de um equilíbrio genérico gasoso $A \rightleftharpoons B$, em que a reação direta é denominada reação 1 e a reação inversa de reação 2 (figura 5).

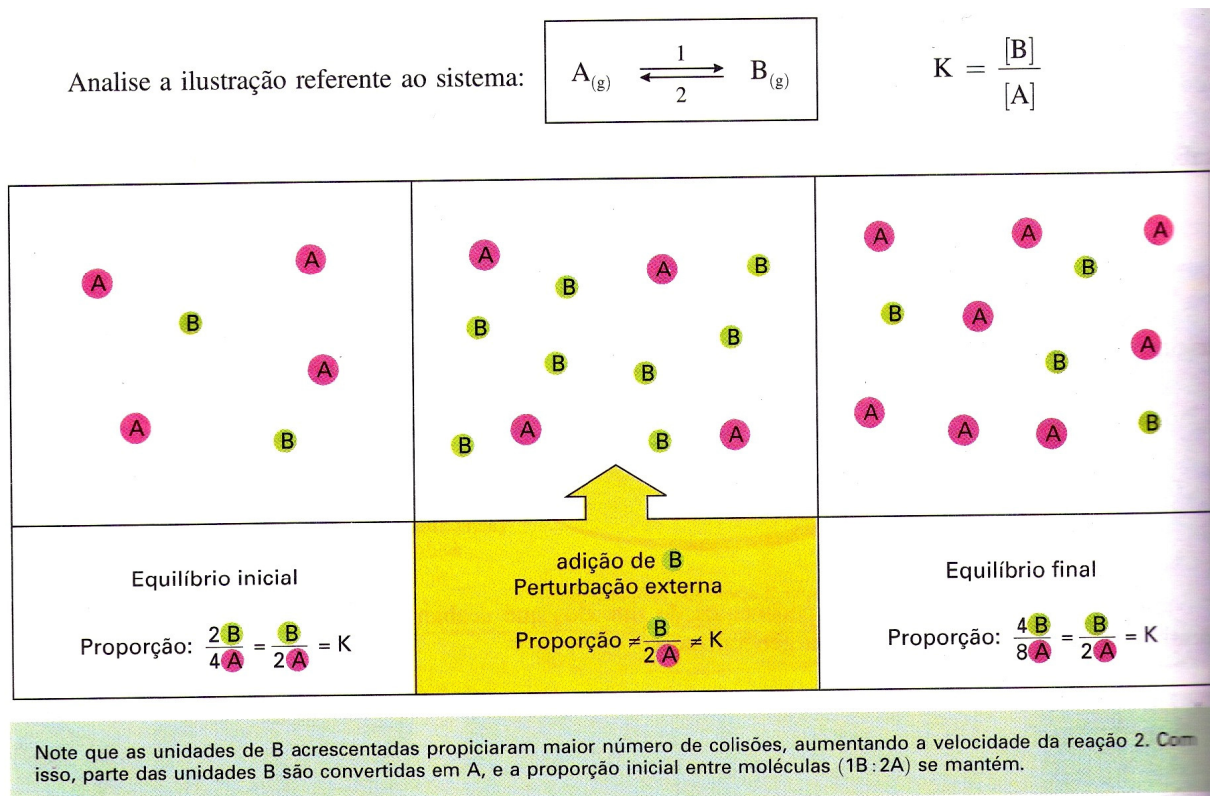


Figura 5: o nível microscópico é representado em uma alteração do equilíbrio (livro VN)

A explicação da figura 5 mostra justificativas baseadas em aspectos cinéticos com menção à teoria das colisões e nota-se que, tanto a explicação da expressão de K_c quanto a da figura, apresentam uma preocupação em enfatizar a manutenção da constante de equilíbrio. É importante frisar que o equilíbrio genérico visualizado na figura 5 não menciona que a temperatura permaneceu constante durante a perturbação externa quando da adição do produto B. Porém, um aspecto positivo desta figura é a identificação e a análise dos três momentos presentes em uma alteração de equilíbrio químico, ou seja, o equilíbrio inicial, a perturbação imposta e o equilíbrio final. Comumente, estas três etapas aparecem em alguns livros didáticos somente por meio de gráficos, como o apresentado na figura 2. Este é o único livro que representa estas etapas utilizando o modelo de partículas para mostrar ao leitor a manutenção da constante de equilíbrio.

Apesar da representação das três etapas do nível microscópico, o professor precisa tomar alguns cuidados ao discutir esta figura com os seus alunos. Um dos aspectos é deixar claro que as partículas representadas não possuem cores e que não existe um mecanismo tão simples em que uma bola rosa torna-se uma bola verde. Outra consideração seria que mesmo que não se perceba as leis ponderais na ilustração, como a conservação de massas, elas ainda continuam válidas para o exemplo em questão. Da mesma forma que as figuras macroscópicas não estão associadas às microscópicas, estas também não se referenciam a nenhum sistema macroscópico.

No último grupo de figuras, que misturou as representações macro e microscópicas, foram encontradas 3 figuras nos seguintes livros: US, GEPEQ e VN, uma para cada livro. Estas figuras representaram a variação de pressão utilizando-se do modelo de um pistão que contém modelos de partículas contidos nele. Um exemplo para este caso está representado na figura 6. Este tipo de análise foi realizado em um estudo de Milagres e Justi (2001) que destacam as dificuldades que os alunos podem

apresentar ao se misturar na mesma ilustração os níveis macro e microscópico. Elas destacam que os alunos podem se confundir com as partículas “flutuando” em um pistão macroscópico e gerar dúvidas do que seriam estes espaços vazios entre as partículas, o meio macroscópico ou ausência de matéria. Além disto, o trabalho ressalta a importância da proporcionalidade entre o tamanho do pistão e das partículas, aspecto que pode causar confusão entre os alunos. Sendo assim, acabam concluindo:

“qualquer que seja o caso, o comprometimento do entendimento de questões tão básicas da química não justifica a apresentação de desenhos nos quais os dois níveis são representados simultaneamente” (Milagres e Justi, 2001)

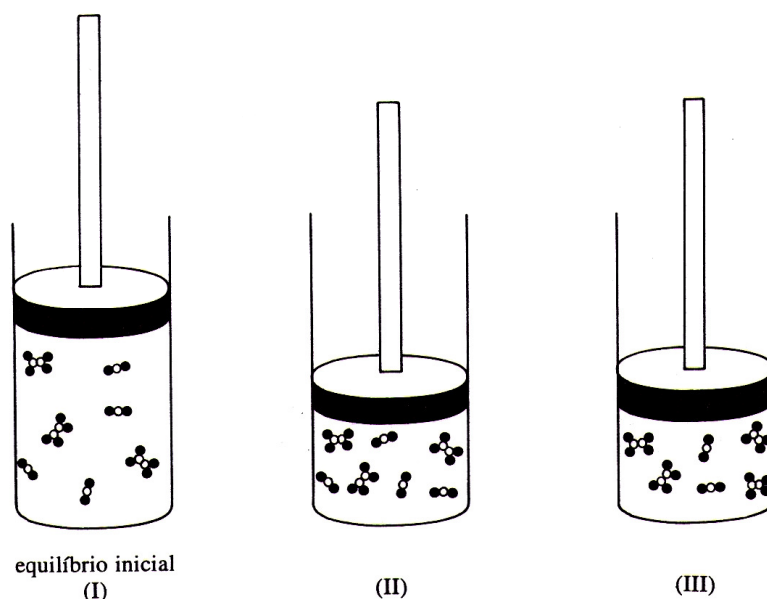


Figura 6: ilustração do livro GEPEQ que mistura os níveis macro e microscópico

Neste último caso, com o objetivo de evitar estes possíveis problemas apontados, uma alternativa interessante seria a apresentação o desmembramento desta única figura contendo os dois níveis simultâneos em duas ilustrações distintas. A primeira poderia representar o modelo de pistão (macroscópico), a variação do volume com a pressão e alguma coloração do sistema (conforme o caso). E a segunda, relacionada à primeira, mostraria as partículas dispostas em um determinado espaço definido, tal como aquele apresentado na figura 5.

CONCLUSÕES

A análise das ilustrações em livros didáticos de química no nível médio, que abordam as alterações dos sistemas em equilíbrio químico, permitiu verificar dois aspectos importantes.

O primeiro diz respeito à predominância de figuras macroscópicas e os gráficos, 81% do total, comparando-se com as ilustrações que abordam o nível molecular. Nesta maioria, a mudança da variável concentração é a preferida nas discussões sobre as alterações dos sistemas em equilíbrio (44% do total das figuras). Neste grupo, destacaram-se duas ilustrações: a primeira refere-se ao gráfico presente na figura 1, que deixa claro ao aluno como a alteração da concentração do sistema em equilíbrio se comporta com o decorrer do tempo até resultar em um novo estado de equilíbrio. O segundo destaque refere-se ao exemplo do equilíbrio $N_2O_4 \rightleftharpoons NO_2$,

presente em 53% das figuras macroscópicas que, por meio de aspectos de coloração, permitem a visualização da modificação do sistema e a verificação da coexistência de reagentes e produtos no equilíbrio químico. Com relação às figuras que apresentam algum tipo de modelo molecular (19%), destacamos a figura 5, a única que se utiliza da teoria cinético-molecular de colisões para explicar como a alteração da concentração de um dos participantes do sistema afetou o comportamento das partículas.

O segundo aspecto fundamental diz respeito à relação de todas as figuras analisadas com os três níveis propostos pelo triângulo de Johnstone. Apenas três ilustrações, 9% do total, apresentavam a alteração do sistema em equilíbrio relacionado aos três vértices do triângulo, apesar da simultaneidade verificada para os níveis macro e microscópico (figura 6). A alternativa para se evitar os possíveis problemas já apontados para estas figuras seria a separação destes níveis em duas ilustrações distintas, uma para cada nível. Percebem-se, no restante das ilustrações, dois casos típicos: a apresentação de uma figura macroscópica associada ao respectivo nível simbólico (maioria dos exemplos) ou a visualização de uma figura microscópica seguida de seu nível representacional. Uma alternativa interessante para interligar completamente os três níveis do triângulo de Johnstone seria a complementação do nível microscópico na figura 1, que apresenta o nível simbólico e macroscópico associado a uma importante análise gráfica.

Portanto, a interligação dos três níveis do triângulo de Johnstone para uma mesma ilustração é importante para mostrar o real entendimento dos conceitos químicos envolvidos nas alterações de uma variável do sistema em equilíbrio químico. Desta forma, ao se deparar com uma ilustração que não aborde um determinado nível do triângulo, professores e autores de materiais didáticos podem propor exercícios aos estudantes para que representem o nível faltante na ilustração em questão com o objetivo de que o mesmo exemplo contemple todos os vértices propostos pelo triângulo de Johnstone.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brasil, Lei n 9.394/96: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira, Brasília, 1997.

De Andrade, Marcela Gaeta, Reflexões sobre o currículo de Química para Ensino Médio no Brasil, São Paulo, 2005.

Fracalanza, H., Neto, M.J., Höfling, M.E., Leão, F.B.F., Amaral, A.I., Amorim, R.C.A., Serrão, M.S., O livro Didático de Ciências no Brasil, editora Komedi, 2006.

Johnstone, A.H. Teaching of chemistry: logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, vol. 1, nº 1, 2000.

Johnstone, A.H., The Development of Chemistry Teaching, *The Forum*, vol. 70, nº 9, 1993.

Johnstone, A.H. The Future Chape of Chemistry Education, *Chemistry Education: Research and Practice*, vol. 5, nº 3, 2004.

Lemes, A.; Souza, F.A.K, Cardoso, A.A., Representações para o processo de dissolução em livros didáticos de Química: o caso do PNLEM, Química Nova na Escola, 2010 (artigo no prelo)

Milagres, O.S.V, Justi, S.R., Modelos de Ensino de Equilíbrio Químico- algumas considerações sobre o que tem sido apresentado em livros didáticos no ensino médio, Química Nova na Escola, nº 13, 2001

Quílez, J. e SanJosé, V. Errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico: Nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier. Enseñanza de Las Ciencias, 12 [2], 123-133, ago 1995.

Quílez, J. Persistencia de errores conceptuales relacionados con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier. Educación Química, 9 [6] , 367-377, nov 1998.

Raviolo, A. e Aznar, M. M., Uma revisão sobre las concepciones alternativas de los estudiantes em la relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didáticas, Educación Química, 13 [3], 159-165, 2003.

Secretaria de Educação Média e Tecnológica, Ministério da Educação. Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, Brasília, 1999.