

Proposta de um Jogo Didático para Ensino do Conceito de Equilíbrio Químico



Márlon Herbert Flora Barbosa Soares, Fabiano Okumura e Éder Tadeu Gomes Cavalheiro

Este trabalho propõe um jogo didático que utiliza materiais de fácil aquisição, tais como bolas de isopor e caixas de papelão, para facilitar o entendimento do conceito de equilíbrio químico. Tal proposta se vale de um experimento executável em sala de aula com o objetivo de transportar, por analogia, os resultados obtidos no jogo para o conceito pretendido. O jogo pode ser desenvolvido em, no máximo, 30 minutos, podendo-se trabalhar com grupos de até 5 alunos. A aplicação de tais atividades em escolas do Ensino Médio tem sido bem sucedida tanto no aspecto conceitual como no disciplinar, conforme relatos de professores da rede pública do Estado de São Paulo.

► equilíbrio químico, jogo didático, experimento alternativo ◀

Recebido em 17/7/01, aceito em 27/11/02

O desenvolvimento de estratégias modernas e simples, utilizando laboratórios, sistemas multimídia e outros recursos didáticos diversos, é recomendado para dinamizar o processo de aprendizagem em Química. A importância do uso da experimentação no ensino de Ciências já foi destacada por Giordan (1999).

No caso do ensino de Química, conceitos microscópicos e abstratos a tornam uma “vilã” do Ensino Médio há muito tempo. São bem-vindos exemplos e experiências simples, que estabeleçam uma relação entre os níveis microscópico e macroscópico e, sempre que possível, relacionados com o cotidiano dos alunos (MEC, 1999).

O uso de jogos didáticos já foi proposto no ensino de Química. Vários autores têm apresentado trabalhos com jogos e destacado sua eficiência ao despertar interesse nos alunos. Tal interesse advém da diversão proporcionada pelos jogos e tem efeito positivo no aspecto disciplinar.

Exemplos dessas propostas são

o livro de Cunha (2000) e os artigos de Crute (2000), Russel (1999), Granath e Russel (1999), Helser (1999) e Castro-Acuña *et al.* (1999). Todos esses autores destacam os jogos como elementos facilitadores do processo de ensino e ressaltam suas vantagens e aplicações em analogias com os conceitos envolvidos.

As principais analogias presentes em livros-texto de Química para o Ensino Médio foram classificadas por Thiele e Treagust (1994a, 1994b), chamando a atenção para os problemas que o uso das mesmas pode causar no ensino de Ciências.

Atualmente, temos nos preocupado com o desenvolvimento de facilitadores do processo ensino/aprendizagem em escolas de Ensino Fundamental, Médio e Superior (Couto *et al.*, 1998; Soares *et al.*, 2001). Dentro dessa linha, considera-se o desenvolvimento de atividades lúdicas envolvendo materiais concretos e manipu-

láveis para associação com conceitos abstratos do conteúdo de Química (Okumura *et al.*, 2000 e 2001).

Neste trabalho, propõe-se o uso de bolas de isopor dispostas em conjuntos que trocam elementos entre si, para trabalhar com o conceito de equilíbrio químico.

Inicialmente, o conceito de equilíbrio é construído a partir de um modelo de troca de elementos, controlado pelo tempo, que define a quantidade de ele-

mentos ao final de cada troca. O resultado da atividade é uma tabela que reúne o número de elementos em cada conjunto A e B e a relação entre esses números em função do tempo.

Ao final da atividade, essa tabela pode ser usada para a obtenção de gráficos de número de elementos em cada conjunto em função do tempo. Deve-se salientar que os melhores resultados foram obtidos quando os alunos não foram informados de que a atividade se associa ao equilíbrio químico, até o momento da transposição conceitual.

A aplicação de tais atividades em

O uso de jogos didáticos já foi proposto no ensino de Química. Vários autores têm apresentado trabalhos com jogos e destacado sua eficiência ao despertar interesse nos alunos

A seção “Espaço aberto” visa abordar questões sobre Educação, de um modo geral, que sejam de interesse dos professores de Química.

escolas do Ensino Médio tem sido bem aceita tanto no aspecto conceitual, como no aspecto disciplinar, conforme relatos de professores da rede pública do Estado de São Paulo, que trabalharam com a proposta formulada para o conceito de equilíbrio químico.

Em dois projetos desenvolvidos no Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) com professores do Ensino Médio da região de São Carlos - SP, no âmbito do Programa Pró-Ciências, foram levantados os tópicos de maior dificuldade de ensino dos conteúdos de Química. Nas duas oportunidades, o equilíbrio químico foi citado com grande frequência e, por isso, adotado como tema desta proposta (Rodrigues *et al.*, 2001).

Além disso, o tema equilíbrio químico foi escolhido porque não só os alunos encontram dificuldade de assimilação desse tópico, mas também os professores têm dificuldades em ensiná-lo, dado que ele envolve um conjunto complexo de relações entre quantidades de espécies químicas presentes (Pereira, 1989). Por outro lado, os alunos evidenciam uma deficiência na compreensão de aspectos

importantes do conceito, tais como a dinamicidade do equilíbrio químico e o significado da constante de equilíbrio, bem como a diferença entre o fenômeno e suas representações (Machado e Aragão, 1996).

Deve-se destacar que a dinamicidade do sistema químico em equilíbrio não foi enfatizada em nenhum livro didático, como detectado por Milagres e Justi (2001). É provável que isto ocorra porque não é fácil fazê-lo, principalmente em uma abordagem experimental.

Hackerman (1946) alerta para o fato de que uma das dificuldades relacionadas ao ensino de equilíbrio químico é que ele é visto, muitas vezes, como tendo dois compartimentos,

num dos quais encontra-se o reagente e no outro o produto. Tal constatação também é detectada por Machado e Aragão (1996), sendo que esse aspecto será discutido posteriormente.

Este trabalho trata da apresentação de um conceito por meio de um modelo macroscópico que, associado a uma analogia, tem o propósito de ajudar os alunos a entenderem o modelo teórico vigente (microscópico).

A elaboração de um modelo didático é um processo complexo, pois ele deve preservar a estrutura do modelo teórico vigente e ainda lidar com o conhecimento prévio dos alunos, para que eles construam sua própria compreensão (Milagres e Justi, 2001).

Na tentativa de abordar esses aspectos, o objetivo

deste trabalho é facilitar o entendimento do conceito de equilíbrio químico, com uma atividade lúdica que pode ser realizada na própria sala de aula. Os experimentos laboratoriais corriqueiramente propostos nem sempre ilustram todas as características

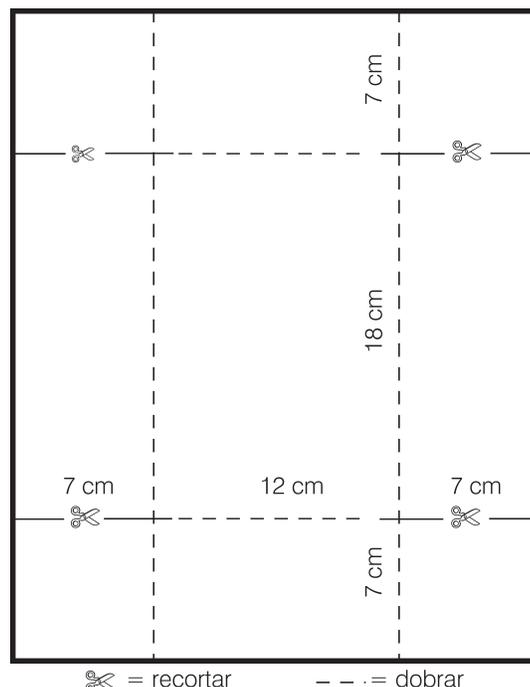
do equilíbrio químico ou envolvem o uso de reagentes de custo elevado e de difícil aquisição.

O trabalho conjunto com outras disciplinas, como Educação Artística na preparação do material (caixas, pintura das bolas etc.) e Matemática na elaboração dos gráficos, é plenamente possível no que concerne à própria diversificação da atividade lúdica desta proposta.

Material

O material sugerido para cada grupo de trabalho compreende:

- 10 bolas de isopor com diâmetro de 3 cm, que podem ser pintadas com cores vivas;
- Duas caixas montadas em papel



✂ = recortar - - - = dobrar

Figura 1: Modelo proposto para montagem das caixas em papel cartão, com dimensões otimizadas para acomodar 10 bolas de isopor e manuseio confortável das mesmas. Recortar nas linhas cheias e dobrar nas pontilhadas.

cartão (sugere-se o modelo da Figura 1 para as caixas, cujas dimensões foram otimizadas para acomodar as bolas e manuseá-las). Alternativamente podem ser utilizadas caixas de madeira, de sapato ou de bombons;

- Um relógio comum ou cronômetro;
- Papel e caneta.

O custo máximo do material, exceto o relógio, é de R\$ 5,00 por conjunto.

Métodos

O jogo baseia-se em dois conjuntos que trocam elementos entre si, em intervalos de tempo pré-determinados. Inicialmente, prepara-se o conjunto A, com 10 elementos e o conjunto B vazio. Transporta-se um elemento de A para B a cada 5 s.

A partir de um tempo pré-estabelecido, continua-se transferindo um elemento de A para B, mas simultaneamente transfere-se um elemento de B para A, a cada 5 s. Sugere-se um tempo total de 60 s, ou seja, 12 transferências.

O grupo deve definir um aluno responsável pelo controle de tempo e um para realizar as transferências, enquanto os demais anotam os resultados.

Para conjuntos de 10 bolas, os três tempos pré-determinados, a partir dos quais se iniciam as transferências simultâneas, devem ser 15 s, 25 s e 35 s, para se obter resultados satisfatórios na associação com as constantes de equilíbrio menor, igual e maior que a unidade, respectivamente.

Cada grupo deve repetir o procedimento nos três tempos de transferência das bolas de isopor propostos.

Resultados e discussão

O principal objetivo da proposta é obter as três tabelas de número de elementos nos conjuntos A (N_A) e B (N_B), em função do tempo. Deve-se também solicitar aos grupos que calculem a relação N_B/N_A , ao final dos trabalhos. Finalmente, os grupos devem lançar em gráfico os resultados obtidos para N_A e N_B , em função do tempo para cada caso.

Neste ponto, o aluno já terá tido a oportunidade de construir uma tabela a partir de resultados experimentais, assim como de trabalhar com a elaboração de gráficos a partir de dados numéricos.

Exemplos dos resultados obtidos para os diferentes tempos de retorno (de B para A) são apresentados nas Figuras 2 ($N_B/N_A = 1$), 3 ($N_B/N_A < 1$) e 4 ($N_B/N_A > 1$).

Obtidos esses resultados, pode-se fazer a transposição conceitual, associando-se a transferência de bolas com os conceitos de reação química e os elementos presentes nos conjuntos A e B com reagentes e produtos dessa reação e sua quantidade com a concentração.

Decorrem naturalmente as principais características do equilíbrio químico, enumeradas a seguir:

- 1) é dinâmico (associação com o movimento constante das bolas);
- 2) velocidades de reação direta e reversa são iguais, depois de atingido o equilíbrio (transferência de 1 bola a cada 5 s, de ambas as caixas);
- 3) concentrações não se alteram depois de atingido o equilíbrio (número

de elementos em cada conjunto não se altera).

Pode-se também buscar o conceito de quociente de reação e a constante de equilíbrio. Nas tabelas construídas com os resultados experimentais, o valor N_B/N_A varia com o

Tempo/s	N_A	N_B	N_B/N_A
0	10	0	0
5	9	1	0,11
10	8	2	0,25
15	7	3	0,43
20	6	4	0,67
25	5	5	1
30	5	5	1
35	5	5	1
40	5	5	1
45	5	5	1
50	5	5	1
55	5	5	1
60	5	5	1

Figura 2: Resultados numéricos e gráficos obtidos no jogo, para $K = 1$. Tempo de retorno igual a 25 s.

Tempo/s	N_A	N_B	N_B/N_A
0	10	0	0
5	9	1	0,11
10	8	2	0,25
15	7	3	0,43
20	7	3	0,43
25	7	3	0,43
30	7	3	0,43
35	7	3	0,43
40	7	3	0,43
45	7	3	0,43
50	7	3	0,43
55	7	3	0,43
60	7	3	0,43

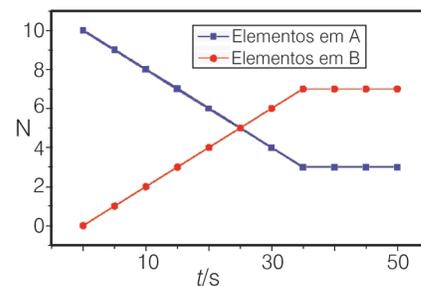
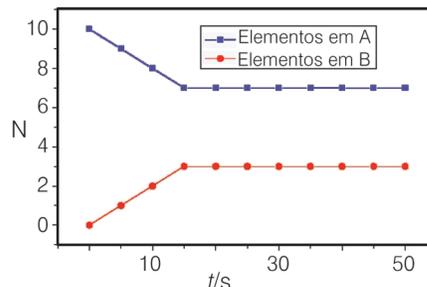
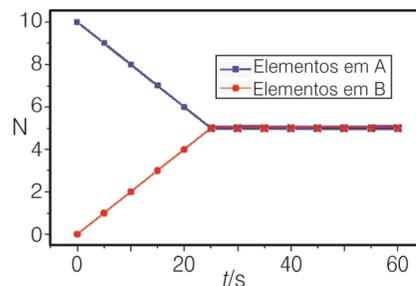
Figura 3: Resultados numéricos e gráficos obtidos no jogo, para $K < 1$. Tempo de retorno igual a 15 s.

Tempo/s	N_A	N_B	N_B/N_A
0	10	0	0
5	9	1	0,11
10	8	2	0,25
15	7	3	0,43
20	6	4	0,67
25	5	5	1,0
30	4	6	1,5
35	3	7	2,3
40	3	7	2,3
45	3	7	2,3
50	3	7	2,3
55	3	7	2,3
60	3	7	2,3

Figura 4: Resultados numéricos e gráficos obtidos no jogo, para $K > 1$. Tempo de retorno igual a 35 s.

tempo até um valor constante e cada valor pode ser relacionado ao quociente de reação em cada tempo. Já os valores constantes permitem analogia com a constante de equilíbrio (Russel, 1994).

Também é possível apresentar a



Lei da Ação das Massas e, devido à presença de resultados numéricos, discutir aspectos quantitativos dos equilíbrios químicos, pois as razões N_B/N_A podem ser relacionadas com as razões entre concentrações.

Aplicação da proposta em sala de aula

A proposta foi utilizada voluntariamente por alguns professores da rede pública de ensino do Estado de São Paulo, da região de São Carlos, atingindo-se um universo de cerca de 100 alunos.

As principais constatações descritas por esses professores, comparando os resultados didáticos obtidos usando o método de aula expositiva com a presente proposta para ministrar o mesmo conteúdo, foram:

- houve melhora significativa no entendimento do conceito de equilíbrio químico;
- verificou-se maior facilidade no entendimento do conceito de constante de equilíbrio;
- o aspecto matemático relacionado a gráficos e aquisição de dados numéricos foi considerado muito positivo;
- o fato das bolas de isopor irem e virem de uma caixa para a outra também foi considerado positivo, pois, quando o professor transportava a analogia para o conceito químico, a dinamicidade do equilíbrio foi mais facilmente explorada, aflorando naturalmente;
- um dos principais méritos desta proposta reside no aspecto de chamar a atenção dos alunos para a aula, com conseqüências muito favoráveis no aspecto disciplinar (opinião unânime entre os professores que aplicaram a proposta).

A proposta foi também aplicada a alunos dos cursos de licenciatura em Química da UFSCar e da FAFIG (Guaxupé - MG), com resultados bastante satisfatórios em termos de aprendizado e clareza de conceitos transmitidos, na opinião dos alunos, aos quais o conceito de equilíbrio

químico já havia sido apresentado, no Ensino Médio.

Nesses casos, todo o cuidado foi tomado com relação à transposição conceitual, considerando-se as limitações do modelo, conforme discutido a seguir.

Limitações do modelo e cuidados a serem observados na transposição conceitual

O modelo proposto apresenta algumas limitações e diferenças em relação ao sistema químico real. É função do professor estar atento a essas limitações quando da transposição conceitual e ao uso correto da analogia. Deve ficar claro tanto para alunos como para professores que se trata de um modelo explicativo, no qual caixas e bolas são parte de uma representação palpável e macroscópica de um conceito microscópico e abstrato.

Uma dessas limitações relaciona-se ao fato de que a reação química não ocorre em intervalos de tempo, como os que estão definidos neste trabalho; no caso presente, esses intervalos foram utilizados para organizar as transferências. Deve-se também observar que a reação reversa ocorre desde o início do processo, o que não é observado quando se manipula as bolas de uma caixa para outra. Uma outra limitação relaciona-se à forma da curva obtida, que apresenta um perfil linear com uma quebra quando o “equilíbrio” é atingido.

Por outro lado, entende-se que

Tempo/s	N_A	N_B
0	40	0
5	32	8
10	26	14
15	22	18
20	20	20
25	20	20
30	20	20

Um dos principais méritos desta proposta reside no aspecto de chamar a atenção dos alunos para a aula, com conseqüências muito favoráveis no aspecto disciplinar

essas mesmas limitações podem ser discutidas e aproveitadas para a introdução do conceito de modelo em Ciências e sua constante evolução, em uma comparação com a evolução dos modelos atômicos, por exemplo. Nesse caso, o modelo pode ser apresentado como uma representação de um sistema físico real, que é obtida por meio de resultados experimentais e pode evoluir com o avanço da experimentação. Por exemplo, adaptando-se o número de elementos trocados pelos conjuntos A e B, é possível obter um perfil como o representado na Figura 5. Neste exemplo, transfe-

rem-se inicialmente 8-n elementos de A para B, com n iniciando em zero e aumentando uma unidade a cada 5 s, até que n se iguale a 4. Simultaneamente, retornam-se

n+1 elementos de B para A, com n iniciando em 0, até que se atinja um valor igual a 4. A partir de então, o mesmo número de bolas transferidas para B são também retornadas para A.

Salienta-se que este é um exemplo modificado para o caso no qual a razão N_B/N_A tende para um valor igual a 1. Já as outras razões, $N_B/N_A > 1$ e $N_B/N_A < 1$, podem ser obtidas, definindo-se um valor final de n maior ou menor que 4. Esta adaptação adequa-se ao fato da reação química reversa ocorrer desde o início do fenômeno químico e à forma curva para os pontos de concentração.

Finalmente, é importante discutir o fato deste modelo tratar os ele-

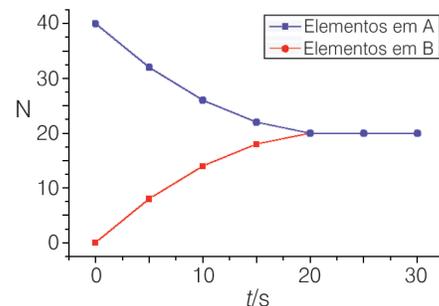


Figura 5: Exemplo de adaptação do modelo inicial, usando-se transferência de número de elementos variável. Resultados típicos obtidos para $K = 1$.

mentos dos conjuntos como estando em recipientes diferentes. Não se pretende reforçar a idéia de equilíbrio existente em dois compartimentos distintos, mas sim propor uma forma de facilitar o entendimento de tópicos como a dinamicidade do equilíbrio e de representações matemáticas na forma de gráficos e tabelas, alguns aspectos do conceito de difícil compreensão para o aluno. Isto deve ficar claro no momento da transposição.

Optou-se por iniciar o trabalho com compartimentos distintos, considerando que grande parte dos alunos já concebem o equilíbrio como tendo dois compartimentos. Este exemplo pode evoluir para um modelo em que as bolas de isopor de cores e tama-

nhos diferentes estejam em um recipiente único, obtendo-se os mesmos resultados apresentados neste trabalho.

Cabe ressaltar que é de fundamental importância que o professor discuta com os alunos as limitações não só deste, mas de outros modelos e analogias, comparando as idéias contidas em um modelo e as contidas no modelo desenvolvido a partir do primeiro, como forma de compreender e debater os conceitos no que concerne a todo o conhecimento envolvido.

Acredita-se também que os benefícios obtidos com o uso da proposta, principalmente na visualização do fenômeno de forma macroscópica, e

os ganhos no aspecto disciplinar e no interesse dos alunos justificam plenamente sua utilização.

Finalmente, note-se que simulações em computador foram desenvolvidas e podem ser fornecidas mediante contato com os autores.

Márlon Herbert Flora Barbosa Soares (marlon@quimica.ufg.br), licenciado em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU), mestre em Química e doutorando em Ciências (Química) pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), é docente no Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás. **Fabiano Okumura**, bacharel em Química pela UFSCar, ex-bolsista PIBIC/CNPq/UFSCar, é mestrando no Instituto de Química de São Carlos da USP (IQSC/USP). **Éder Tadeu Gomes Cavalheiro** (cavalheiro@iqsc.usp.br), licenciado e bacharel em Química pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto - USP, mestre em Química Analítica e doutor em Ciências (Química Analítica) pela USP, é docente no IQSC/USP.

Referências bibliográficas

CASTRO-ACUÑA, C.M.; DOMINGUEZ-DANACHE, R.E.; KELTER, P.B. e GRUNDMAN, J. Puzzles in chemistry and logic. *J. Chem. Educ.*, v. 76, p. 496-498, 1999.

COUTO, A.B.; RAMOS, L.A. e CAVALHEIRO, E.T.G. Aplicação de pigmentos de flores no ensino de química. *Química Nova*, v. 21, p. 221-227, 1998.

CRUTE, T.D. Classroom nomenclature games – BINGO. *J. Chem. Educ.*, v. 77, p. 481-482, 2000.

CUNHA, M.B. *Jogos didáticos de Química*. Santa Maria: M.B. Cunha, 2000.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, n. 10, p. 43-49, 1999.

GRANATH, P.L. e RUSSEL, J.V. Using games to teach chemistry. 1. The old prof card game. *J. Chem. Educ.*, v. 76, p. 485-486, 1999.

HACKERMAN, N. The equilibrium concept in beginning college chemistry. *J. Chem. Educ.*, v. 23, p. 45-46, 1946.

HELSER, T.L. Safety wordsearch. *J. Chem. Educ.*, v. 76, p. 495, 1999.

MACHADO, A.H. e ARAGÃO, R.M.R. Como os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*, n. 4, p. 18-20, 1996.

MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio*. Brasília: Ministério da Edu-

cação (Secretaria de Educação Média e Tecnológica), 1999.

MILAGRES, V.S.O. e JUSTI, R.S. 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, p. 41-46, 2001.

OKUMURA, F.; SOARES, M.H.F.B. e CAVALHEIRO, E.T.G. Simulação didática do equilíbrio químico. *Livro de Resumos do II Encontro Latino Americano de Ensino de Química*. Porto Alegre, 2000. Resumo RP-032.

OKUMURA, F.; SOARES, M.H.F.B. e CAVALHEIRO, E.T.G. Simulação didática da lei de Lavoisier. *Livro de Resumos da 24ª Reunião Anual da SBQ*. Poços de Caldas, Sociedade Brasileira de Química, 2001. Resumo ED-082.

PEREIRA, M.P.B.A. Equilíbrio químico – dificuldades de aprendizagem. I – Revisão de opiniões não apoiadas por pesquisa. *Química Nova*, v. 12, p. 76-81, 1989.

RODRIGUES, R.M.B.; YONASHIRO, M.; CAVALHEIRO, E.T.G. e JAVARONI, R.C.A. Utilização da técnica de mapeamento oval na detecção de problemas de ensino de Química. *Livro de Resumos da 24ª Reunião Anual da SBQ*. Poços de Caldas, Sociedade Brasileira de Química, 2001. Resumo ED-107.

RUSSEL, J.B. *Química Geral*. Trad. M. Guekezian et al. Rio de Janeiro: Makron Books, 1994. v. 2.

RUSSEL, J.V. Using games to teach chemistry. *J. Chem. Educ.*, v. 76, p. 481-484, 1999.

SOARES, M.H.F.B.; ANTUNES, P.A. e CAVALHEIRO, E.T.G. Aplicação de extratos brutos de quaresmeira e azaléia e da casca do feijão preto em volumetria ácido-base. Um experimento de análise quantitativa. *Química Nova*, v. 24, p. 408-411, 2001.

THIELE, R.B. e TREAGUST, D.F. An interpretative examination of high-school chemistry teachers analogical explanations. *J. Res. Sci. Teaching*, v. 31, p. 227-242, 1994a.

THIELE, R.B. e TREAGUST, D.F. The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. *Inst. Sci.*, v. 22, p. 61-74, 1994b.

Para saber mais

ANTUNES, C. *Jogos para estimulação das múltiplas inteligências*. Rio de Janeiro: Vozes, 1998.

LEIF, J. e BRUNELLE, L. *O jogo pelo jogo. A atividade lúdica na educação de crianças e adolescentes*. Trad. T.A. Penna. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1978.

MORAES, R. (Ed.) *Construtivismo e ensino de ciências - reflexões epistemológicas e metodológicas*. Porto Alegre: Edipucrs, 2000.

WINNICOTT, D.W. *O brincar e a realidade*. Trad. A. Araújo. Rio de Janeiro: Imago, 1975.

Abstract: Proposal of a Didactic Game for Teaching the Concept of Chemical Equilibrium – In this paper a didactic game that uses easily acquired materials, such as expanded-polystyrene balls and corrugated-paper boxes, is proposed to facilitate the understanding of the concept of chemical equilibrium. This proposal is based on an experiment carried out in class with the goal of, by analogy, transposing to the intended concept the results obtained in the game. The game can be played out in, at most, 30 minutes, with groups of up to 5 students. The application of such activities in high schools has been successful from both conceptual and disciplinary aspects, as reported by teachers from public schools of the São Paulo State system.

Keywords: chemical equilibrium, didactic game, alternative experiment