



MAPAS CONCEITUAIS COMO FERRAMENTA PARA DETERMINAR A ESTRUTURA CONCEITUAL DE ALUNOS DO ENSINO SUPERIOR SOBRE O TEMA EQUILÍBRIO QUÍMICO

CONCEPTUAL MAPPING AS A TOOL FOR DETERMINATION OF UNDERGRADUATE STUDANT'S CONCEPTUAL FRAMEWORK ABOUT CHEMICAL EQUILIBRIUM

Regina Raquel Gonçalves Cavalcanti

Flavio Antonio Maximiano

Universidade de São Paulo/Departamento de Química Fundamental/Instituto de Química,
reginaraquel@usp.br/ famaxim@iq.usp.br

Resumo

O presente trabalho pretende testar uma metodologia capaz de comparar os mapas conceituais produzidos dois grupos distintos de estudantes de química em nível superior, com o objetivo descrever a estrutura conceitual dos mesmos a respeito do tema equilíbrio químico (EQ). Através da metodologia empregada pôde-se verificar que os conceitos dominantes estão relacionados às condições e à definição do estado de EQ e às alterações desse estado. Entre conceitos raros estão exemplos e conceitos relacionado à Termodinâmica. Foram também construídos mapas conceituais representativos dos dois grupos que apontam para uma estrutura conceitual média dos alunos na qual: a) a definição do EQ está baseada na lei da ação das massas e não na termodinâmica; b) a previsão de alterações do estado de equilíbrio químico é feita através da aplicação do princípio de Le Chatelier e não da comparação entre o cociente de reação (Q) e a constante de equilíbrio (K).

Palavras-chave: mapas conceituais, equilíbrio químico, estrutura conceitual, ensino superior

Abstract

The present work intends to test a methodology capable of compare the conceptual maps produced by two different chemistry student groups in an undergraduate course. The objective is to describe the conceptual framework of these students about the Chemical Equilibrium (CE). Through this methodology, we had verified that the dominant concepts were related to the conditions and to the definition of the state of CE and to the equilibrium changes. Among rare concepts were examples and concepts related to the

Thermodynamics. This approach enables built a representative conceptual map for each group that shows the students' conceptual framework in which: a) the definition of CE is based on the law of the action of the masses and not in the thermodynamics; b) the changes of the state of chemical equilibrium have provided through the application of the Le Chatelier's Principle and not by the comparison between the reaction coefficient (Q) and the equilibrium constant (K).

Keywords: conceptual mapping, chemical equilibrium, conceptual framework, undergraduate education.

INTRODUÇÃO

Mapas conceituais são diagramas que indicam relações entre conceitos de maneira a refletir uma dada organização conceitual. Esta ferramenta foi desenvolvida por Joseph Novak e colaboradores (Novak e Gowin, 1988) tendo como base a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (Moreira, 2006).

Um mapa conceitual é um diagrama que permite representar graficamente uma organização conceitual (Gonzalez-Yoval et al. et. al, 2004). É formado por conceitos, que podem ser entendidos como regularidades percebidas em eventos ou objetos, identificados por um rótulo, geralmente representados por uma palavra ou símbolo, inclusos quase sempre em figuras geométricas como retângulos ou elipses. Os conceitos são unidos por linhas ou setas que apresentam uma frase simplificada ou palavras que evidenciam a relação entre os conceitos, chamadas de frases de ligações (Novak e Gowin, 1988). A essa relação entre dois conceitos por uma frase de ligação dá-se o nome de proposição, que é a unidade se ântica básica de um mapa conceitual e evidencia o significado de uma relação conceitual (Novak, 1991). As proposições podem se alterar em diferentes etapas da aprendizagem, ou seja, qualquer conceito manter ou alterar uma determinada relação proposicional significativa com os outros conceitos presentes no mapa.

Por se tratar de uma técnica muito flexível, os mapas vêm sendo utilizados em uma diversidade de atividades, como: para obter e representar o conhecimento presente na estrutura cognitiva dos estudantes, apresentar as relações hierárquicas entre os conceitos ensinados durante as aulas, unidade de estudo ou um curso inteiro (Moreira, 2006), favorecer a aprendizagem significativa, auxiliar os estudantes a fazerem conexões conceituais enquanto realizam experimentos, analisar a estrutura de textos em livros didáticos, e como ferramenta de avaliação (Ruiz-Primo, 1996).

O presente trabalho tem por objetivo aqui testar e aprimorar uma metodologia capaz de comparar mapas conceituais (Gonzalez-Yoval et al., 2004, 2006 e 2008) produzidos por diferentes grupos de estudantes, com o intuito de estabelecer uma metodologia que permita acompanhar a evolução conceitual de um grupo de alunos ao longo de um processo de aprendizado ou de comparar grupos distintos submetidos a diferentes processos.

COLETA DE DADOS

Como tema de pesquisa para uma primeira aproximação foi escolhido o tema Equilíbrio Químico, já que o mesmo apresenta características interessantes, pois: trata-se de um dos conceitos mais básicos e importantes para a compreensão de outros tópicos da Química; é formalmente abordado em diversas disciplinas de química universitária como Química

General, Química Analítica e Físico-química, além de dar suporte a novos conceitos trabalhados em disciplinas como Bioquímica, Química Orgânica e Química Ambiental; trata-se também de um tema complexo e exigente para o aprendizado por depender de uma série de conceitos anteriores com o entendimento de reversibilidade, da teoria cinético molecular da matéria, entre outras, sendo um dos temas mais importantes, complexos e difíceis encontrados nos cursos de Química General (Tesserpalis et al, 1998; Maskill e Cachapuz, 1989).

O público pesquisado era composto por 67 alunos do 6º semestre dos cursos de graduação em química do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQUSP), sendo 31 de um curso em período integral e 26 do de um curso do período noturno.

Para a elaboração dos mapas conceituais os alunos tiveram uma aula com cerca de 50 minutos em que foi feita uma apresentação desta ferramenta, baseada nas sugestões apresentadas no trabalho de Ruiz-Primo et al (2001). Esta aula envolveu uma explicação a respeito do que são mapas conceituais, para que servem, como se forma uma proposição, diversos exemplos de mapas conceituais, quais as diferenças entre mapas conceituais e outras representações gráficas como fluxogramas e esquemas, quais as estruturas mais comuns de mapas conceituais, como representar a hierarquia de conceitos e quais os passos necessários para elaborar um mapa conceitual. Ao final da aula os alunos construíram um breve mapa conceitual sobre elemento químico envolvendo sete conceitos distintos.

A elaboração dos mapas sobre equilíbrio químico se deu na aula seguinte (após uma semana), em que os alunos receberam uma folha com instruções de como elaborar um mapa conceitual e uma lista em ordem alfabética contendo 36 conceitos relacionados ao tema (Figura 1). A elaboração da lista de conceitos foi feita a partir da leitura de livros-didáticos de Química Geral, Físico-química e Química Analítica adotados nas disciplinas de graduação. Procurou-se incluir os conceitos que mais apareciam nos textos. As instruções informavam que os alunos não precisavam utilizar todos os conceitos e ainda podiam acrescentar outros que não estivessem elencados, no entanto, que estes fossem pertinentes. O tempo utilizado para a elaboração deste mapa variou entre uma e duas horas.

RESULTADOS

Análise Estrutural dos Mapas Conceituais (AMC)

Os mapas foram analisados usando a metodologia de Análise Estrutural de Mapas Conceituais (AEMC) proposta por González-Yoval e colaboradores (2004, 2006 e 2008), em que:

1. Cada mapa conceitual é transformado em uma matriz de associação;
2. A cada par de conceitos que formam uma proposição é atribuído o valor numérico 1. Por exemplo, para a proposição $\Delta G \rightarrow$ indica a \rightarrow *reação favorável*, marca-se a intersecção da linha correspondente ao conceito ΔG com a coluna correspondente ao conceito *reação favorável*;
3. As matrizes são somadas resultando em uma matriz final que indica o número total de relações para cada par de conceitos (figura 1);
4. A soma das relações para cada conceito (soma dos valores em linha) fornece o número total de relações (R);
5. O número total de conceitos que se relacionam com um determinado conceito (contados em uma linha da matriz), dividido pelo número de relações possíveis (N-1, onde

N é o número total de conceitos fornecidos) indica a frequência de associação de um conceito com relação aos outros (F). F é expresso em percentual;

6. Através da matriz final pode-se, mediante a utilização da Prova de Associação de Olmstead-Tukey ou análise bidimensional (González-Yoval, 2004), determinar quais dos conceitos são (figura 2): *dominantes* (alto R e alto F), *constantes* (baixo R e alto F), *ocasionais* (alto R e baixo F) e *raros* (baixo R e baixo F).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	R	RM	F	%F	
ácido-base	1	0	1	4	0	0	0	1	0	11	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0.68	6	16.7
catalisador	2	0	0	2	3	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	2	1	0	3	0	0	0	0	0	0	17	0	35	1.13	10	27.8	
concentração(ões)	3	1	0	8	12	0	0	4	0	1	2	0	0	1	2	0	0	3	0	4	1	16	5	0	0	0	17	3	0	0	0	0	0	0	3	1	84	2.71	17	47.2	
constante de equilíbrio (K)	4	4	2	8	3	0	0	20	2	12	4	0	0	1	0	0	1	0	4	1	8	1	9	0	1	0	1	1	0	1	8	4	9	2	4	0	111	3.58	24	66.7	
deslocamento de equilíbrio	5	0	3	12	3	0	0	2	0	0	7	2	0	1	0	6	0	2	16	18	0	1	1	3	1	3	1	4	2	0	13	0	0	0	0	4	105	3.39	21	58.3	
dinâmico	6	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	22	0.71	8	22.2	
endotérmico	7	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	1	0	0	6	0	0	17	0	0	31	1.00	8	22.2	
equação da const. de equilíbrio	8	1	1	4	20	0	0	0	4	3	2	0	0	1	0	0	0	1	1	2	4	3	2	0	2	5	1	1	1	2	2	1	0	1	0	65	2.10	23	63.9		
equação química	9	0	0	2	0	0	0	4	7	2	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	7	2	4	2	3	6	1	1	0	0	2	0	0	0	0	46	1.48	15	41.7		
equilíbrio químico	10	11	3	1	12	7	7	0	3	7	8	2	1	3	2	2	2	1	3	7	1	4	5	1	5	1	2	8	3	1	8	1	3	6	0	133	4.29	33	91.7		
estado de equilíbrio	11	0	0	2	4	2	7	0	2	2	8	2	0	0	1	1	0	0	3	1	0	4	4	1	4	0	0	0	1	3	0	1	4	0	0	58	1.87	21	58.3		
estado estacionário	12	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	9	0.29	6	16.7	
exotérmico	13	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	1	0	0	6	0	0	17	0	0	32	1.03	9	25.0	
extensão de reação	14	0	0	1	1	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	2	2	1	2	1	4	0	0	1	0	0	0	2	0	27	0.87	17	47.2	
íon comum	15	3	0	2	0	6	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	2	1	0	6	0	0	0	0	0	0	28	0.90	11	30.6		
macroscópico	16	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.13	3	8.3		
microscópico	17	1	0	0	1	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0.26	7	19.4	
potencial químico	18	0	0	3	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	2	0	3	0	1	0	1	0	0	7	1	0	0	1	27	0.87	14	38.9		
pressão	19	0	0	0	4	16	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	6	0	4	1	0	1	0	4	3	1	0	3	0	1	0	1	6	55	1.77	17	47.2	
princípio de Le Chatelier	20	0	2	4	1	18	2	0	1	2	3	3	0	0	1	2	0	0	6	0	1	0	3	0	2	1	1	2	0	6	0	0	0	0	1	62	2.00	20	55.6		
produto de solubilidade	21	0	0	1	8	0	0	0	2	0	7	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	1.10	7	19.4	
produtos	22	0	0	16	1	1	0	0	5	6	1	0	0	0	2	1	0	0	1	4	1	0	3	3	0	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	51	1.65	17	47.2		
quociente de reação (Q)	23	0	0	5	9	1	0	0	3	2	4	4	0	0	2	0	0	2	1	0	0	3	0	0	0	0	3	0	2	0	0	9	0	1	0	51	1.65	17	47.2		
reação direta	24	0	1	0	0	3	1	2	2	4	5	4	1	2	2	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	4	2	1	1	4	0	0	2	0	0	10	0	57	1.84	20	55.6
reação favorável	25	0	2	0	1	1	0	1	0	2	1	1	0	0	1	0	0	3	1	0	0	0	0	4	4	0	1	0	0	2	12	4	3	3	0	47	1.52	18	50.0		
reação inversa	26	0	1	0	0	3	1	1	2	3	5	4	0	2	2	0	0	0	0	2	0	1	0	2	4	2	1	4	0	0	2	0	0	9	0	51	1.65	19	52.8		
reagentes	27	0	0	17	1	1	0	0	5	6	1	0	0	1	1	2	0	0	1	4	1	0	3	3	1	0	2	1	1	0	0	0	1	0	0	53	1.71	19	52.8		
rendimento da reação	28	0	3	3	1	4	0	1	1	1	2	0	0	1	4	1	0	0	0	3	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	32	1.03	19	52.8		
reversibilidade	29	0	0	0	0	2	1	0	1	1	8	0	1	0	0	0	1	1	2	0	1	2	4	0	4	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	33	1.06	17	47.2
solubilidade	30	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0.81	6	16.7		
temperatura	31	0	0	0	8	13	0	6	2	0	1	1	0	6	1	0	0	0	3	6	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	0	6	1	2	5	2	68	2.19	19	52.8	
variação de energia livre	32	0	0	0	4	0	0	0	2	2	8	3	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	9	2	12	2	0	0	0	0	6	0	15	15	1	0	88	2.84	14	38.9	
variação de energ. livre padrão	33	0	0	0	9	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	1	15	0	2	0	1	37	1.19	11	30.6		
variação de entalpia	34	0	0	0	2	0	0	17	0	3	1	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	15	2	0	0	0	62	2.00	9	25.0		
velocidade de reações	35	0	17	3	4	0	2	0	1	0	6	4	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	10	3	9	0	0	1	0	5	1	0	0	0	72	2.32	17	47.2		
volume	36	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	16	0.52	7	19.4		

Figura 1: Matriz final obtida a partir da soma de todos os mapas conceituais elaborados pelos alunos do 3º ano do curso do período integral. Em destaque estão as relações que apareceram em mais de 25% dos mapas.

Segundo o trabalho original de Gonzalez-Yoval et al. e col. (2006), para uma determinada proposição presente no mapa conceitual, pode-se marcar a relação entre conceitos e, conseqüentemente, efetuar a soma das relações, seguindo sempre as linhas ou as colunas da planilha. No entanto, percebemos que ao efetuar este procedimento os conceitos terminais do mapa não seriam devidamente marcados. Por exemplo, ao marcar uma relação, expressa por uma proposição terminal como, $\Delta G \rightarrow$ indica a \rightarrow *reação favorável* (figura 4), seguindo a linha da matriz, apenas o conceito ΔG terá seus valores de R e F computados, uma vez que o conceito *reação favorável* é terminal e, portanto, não está ligado a nenhum outro conceito. Em um trabalho mais recente (Gonzalez-Yoval et al. et al., 2008) os autores perceberam este problema e propuseram a criação de uma nova categoria para estes conceitos (*terminal*) além das outras quatro acima citadas.

Para evitar este tipo de problema e não classificar certos conceitos como terminais, já que um conceito terminal no mapa de um aluno não é necessariamente terminal em outro, optamos por propor aqui uma modificação no método original. Assim, as matrizes foram divididas pela diagonal nula e cada par de conceitos foi marcado na diagonal inferior e superior, marcando a relação entre determinados conceitos A e B tanto pela linha quanto pela coluna. Isto produziu uma matriz simétrica (figura 1). Outra modificação aqui proposta é normalizar o número total de relações (R) dividindo-o pelo número total de mapas de cada grupo obtendo a razão relações/mapa (R/M). Este parâmetro representa o número médio de relações do conceito em cada amostra de alunos estudada, o que permite uma melhor comparação entre os mesmos.

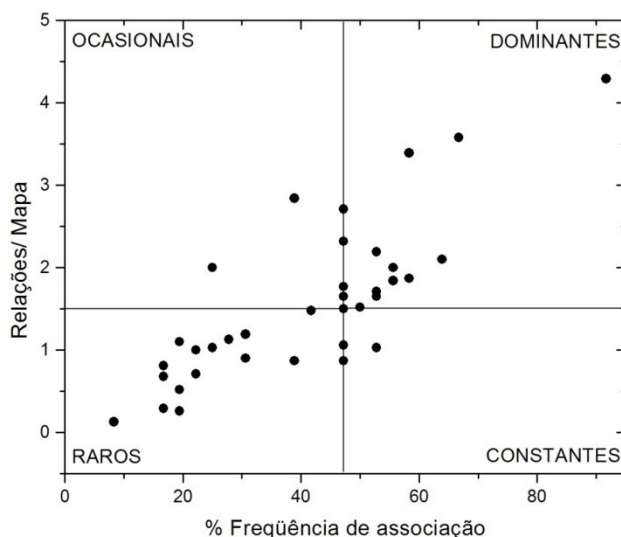


Figura 2: Prova de Associação de Olmstead-Tukey para a matriz soma dos mapas conceituais elaborados pelos alunos do período integral. Cada ponto corresponde a um conceito não está identificado para facilitar a visualização (ver tabelas 1 e 2). As linhas que dividem os quadrantes correspondem às medianas dos valores dos eixos.

Na tabela 1 os conceitos são apresentados os resultados obtidos utilizando a AEMC para os mapas obtidos para os dois grupos estudados. Pode-se constatar que é relevante a concordância (67%) entre as classificações dos conceitos para os dois grupos de alunos, especialmente com relação aos conceitos *dominantes* e *raros*. Os conceitos *dominantes* estão relacionados às condições e à definição do estado de equilíbrio químico e às alterações desse estado (*temperatura, concentrações, K, velocidades de reação, reação inversa e direta, deslocamento do equilíbrio e princípio de Le Chatelier*). Entre conceitos *raros* estão exemplos (*produto de solubilidade, ácido-base e estado estacionário*) e conceitos relacionado à termodinâmica (ΔG^o , *potencial químico, endotérmico e exotérmico*).

Na tentativas de aprimorar o uso da AEMC como ferramenta para a comparação de diferentes amostras de mapas conceituais foram verificadas algumas possibilidades de uso dos parâmetros obtidos na matriz final. Na tabela 2 são apresentados os parâmetros obtidos na análise dos mapas conceituais. Nas duas últimas colunas são apresentadas as diferenças entre os dados obtidos para o grupo dos alunos do período noturno e dos alunos do período

integral para os valores da razão R/M e de F (neste caso em valor absoluto e não percentual), respectivamente. Assim um valor negativo nesta coluna indica que o valor obtido para o curso integral é maior do que o do curso noturno, já um valor positivo indica o contrário.

Tabela 1: Resultados obtidos usando AEMC para os dados obtidos.

	Conceitos dominantes	Conceitos ocasionais	Conceitos constantes	Conceitos raros
Resultado para os alunos do período diurno	-equação de K -pressão -quociente de reação (Q) -reação favorável	-variação de energia livre (ΔG)	-extensão de reação -rendimento de reação -reversibilidade	-dinâmico -equação química -íon comum
Resultado para os alunos do período noturno	-equação química -variação de energia livre (ΔG)	-equação de K -pressão -quociente de reação (Q) -reversibilidade	-dinâmico -íon comum -reação favorável -solubilidade	-extensão de reação -rendimento de reação
Comum aos dois grupos de alunos	-concentração de constante de equilíbrio (K) -deslocamento do equilíbrio -equilíbrio químico -estado de equilíbrio -princípio de Le Chatelier -produtos -reação direta -reação inversa -reagentes -temperatura -velocidade de reações	-variação de entalpia (ΔH)		-ácido-base -catalisador -endotérmico -estado estacionário -exotérmico -macroscópico -microscópico -potencial químico -produto de solubilidade -variação de energia livre padrão (ΔG°) -volume

A comparação entre estas diferenças permite uma avaliação quantitativa do uso de cada conceito por cada grupo de alunos estudado. Uma diferença em R/M maior do que 1, em módulo, significa que em uma das amostras há, em média, uma relação a mais para aquele determinado conceito. Observar-se na tabela 2 que os conceitos *constante de equilíbrio* e *variação de energia livre* são os que apresentam diferenças mais significativas entre os dois grupos de alunos, uma vez que para esses conceitos o grupo de alunos do período integral fez em média uma relação a mais por mapa. A seguir vêm os conceitos de *energia livre padrão* e *quociente de reação* com uma diferença de cerca de 0,9.

Quanto às diferenças entre frequências, que indicam o quanto um determinado grupo fez relações com um maior número de conceitos diferentes, a aplicação do Teste Exato de Fisher para $p < 0,05$ indicou que essa é significativa apenas quando for maior ou igual a 8. Assim, apresentaram diferenças para esse parâmetro os conceitos *solubilidade*, *dinâmico* e *equação química*, com frequências maiores para os alunos do período noturno; e os conceitos *extensão de reação*, *equação de K*, *potencial químico* e *rendimento de reação* para os alunos do período integral.

Tabela 2: Resultados da AEMC para os mapas elaborados pelos alunos.

Conceitos		Mapas do curso noturno		Mapas do curso integral		Diferença (notur. – integ.)	
		R/M	F	R/M	F	R/M	F
1	ácido-base	0,47	9	0,68	6	-0,21	3
2	catalisador	0,78	11	1,13	10	-0,35	1
3	concentração(ões)	2,28	20	2,71	17	-0,43	3
4	constante de equilíbrio (K)*	2,47	21	3,58	24	-1,11	-3
5	deslocamento de equilíbrio	3,19	18	3,39	21	-0,2	-3
6	dinâmico*	0,86	19	0,71	8	0,15	11
7	endotérmico	1,06	6	1	8	0,06	-2
8	equação da constante de equilíbrio*	1,19	12	2,1	23	-0,91	-11
9	equação química*	1,67	23	1,48	15	0,19	8
10	equilíbrio químico	4,5	32	4,29	33	0,21	-1
11	estado de equilíbrio	1,47	19	1,87	21	-0,4	-2
12	estado estacionário	0,17	4	0,29	6	-0,12	-2
13	exotérmico	1,14	7	1,03	9	0,11	-2
14	extensão de reação*	0,06	2	0,87	17	-0,81	-15
15	íon comum	0,81	15	0,9	11	-0,09	4
16	macroscópico	0,11	3	0,13	3	-0,02	0
17	microscópico	0,19	4	0,26	7	-0,07	-3
18	potencial químico*	0,14	4	0,87	14	-0,73	-10
19	pressão	1,31	14	1,77	17	-0,46	-3
20	princípio de Le Chatelier	1,86	17	2	20	-0,14	-3
21	produto de solubilidade	0,5	10	1,1	7	-0,6	3
22	produtos	1,61	18	1,65	17	-0,04	1
23	quociente de reação (Q)	0,72	10	1,65	17	-0,93	-7
24	reação direta	1,69	22	1,84	20	-0,15	2
25	reação favorável	0,83	17	1,52	18	-0,69	-1
26	reação inversa	1,69	19	1,65	19	0,04	0
27	reagentes	1,72	19	1,71	19	0,01	0
28	rendimento da reação*	0,39	10	1,03	19	-0,64	-9
29	reversibilidade	1,31	14	1,06	17	0,25	-3
30	solubilidade*	0,83	19	0,81	6	0,02	13
31	temperatura	2,28	17	2,19	19	0,09	-2
32	variação de energia livre (ΔG)	1,39	21	2,84	14	-1,45	7
33	variação de energia livre padrão (ΔG°)	0,28	7	1,19	11	-0,91	-4
34	variação de entalpia (ΔH)	1,58	10	2	9	-0,42	1
35	velocidade de reações	2,33	18	2,32	17	0,01	1
36	volume	0,58	8	0,52	7	0,06	1
	mediana	1,17	40,3	1,5	47,2		

*Conceitos que apresentam valores de R/M ou F significativamente diferentes indicados em negrito.

Estas diferenças podem ser apresentadas de uma maneira gráfica como é feito, apenas para efeito de comparação, na figura 3. Neste caso, para melhor visualização, estão representados apenas os conceitos que apresentaram diferença em R/M maior que 1 e

diferença de frequência maior ou igual a 4 (ou seja 10% em frequência percentual). Observa-se claramente que, a não ser no caso de K e ΔG , já citados, as diferenças entre os dois grupos estudados se devem, principalmente, às diferenças nas frequências de associação.

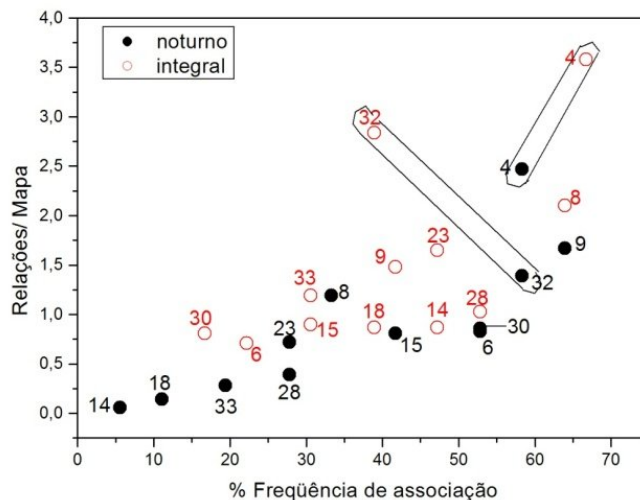


Figura 3: Gráfico comparativo entre os mapas obtidos em 2007 para os alunos dos cursos integral e noturno. 1: constante de equilíbrio; 2: dinâmico; 3: equação da constante de equilíbrio; 4: equação química; 5: extensão da reação; 6: íon comum; 7: potencial químico; 8: quociente de reação; 9: solubilidade; 10: rendimento da reação; 11: variação de energia livre e 12: variação de energia livre padrão. Em destaque os conceitos que apresentaram maior diferença em R/M.

Obtenção de um Mapa Conceitual Representativo de cada Amostra Estudada

Ainda como o objetivo de comparar as duas amostras de alunos estudadas foi construído, a partir das matrizes finais, um mapa conceitual representativo para cada grupo (figuras 4 e 5). O procedimento adotado consiste em construir um mapa a partir das relações entre conceitos que apareceram em 25% ou mais dos mapas em cada uma das amostras. Em seguida, com o auxílio das matrizes individuais, cada mapa que contém uma determinada relação é revisto e as frases de ligação utilizadas entre os dois conceitos em questão são listadas, agrupadas em categorias e computadas. Este valor de 25% é arbitrário e foi escolhido de maneira a permitir a construção de um mapa com todos os conceitos ligados. Possivelmente há uma boa relação entre o valor escolhido para o corte e o número de conceitos presentes na lista de maneira que um número menor de conceitos deve permitir a adoção de um critério mais restrito.

O mapa obtido para o período diurno é mais rico (26 conceitos e 27 proposições) do que o do noturno (19 conceitos e 20 proposições) e apresenta relações entre conceitos termodinâmicos que não existem no segundo. De uma maneira geral, estes resultados apontam para uma estrutura conceitual média dos alunos na qual a definição do equilíbrio químico está baseada na lei da ação das massas e não na termodinâmica e a previsão de alterações do estado de equilíbrio químico é feita através da aplicação do princípio de Le Chatelier e não da comparação entre Q e K .

métodos que prevêm que os alunos preencham espaços em branco em um mapa conceitual dado, referente ao conceito ou à frase de ligação (Ruiz-Primo, 2004).

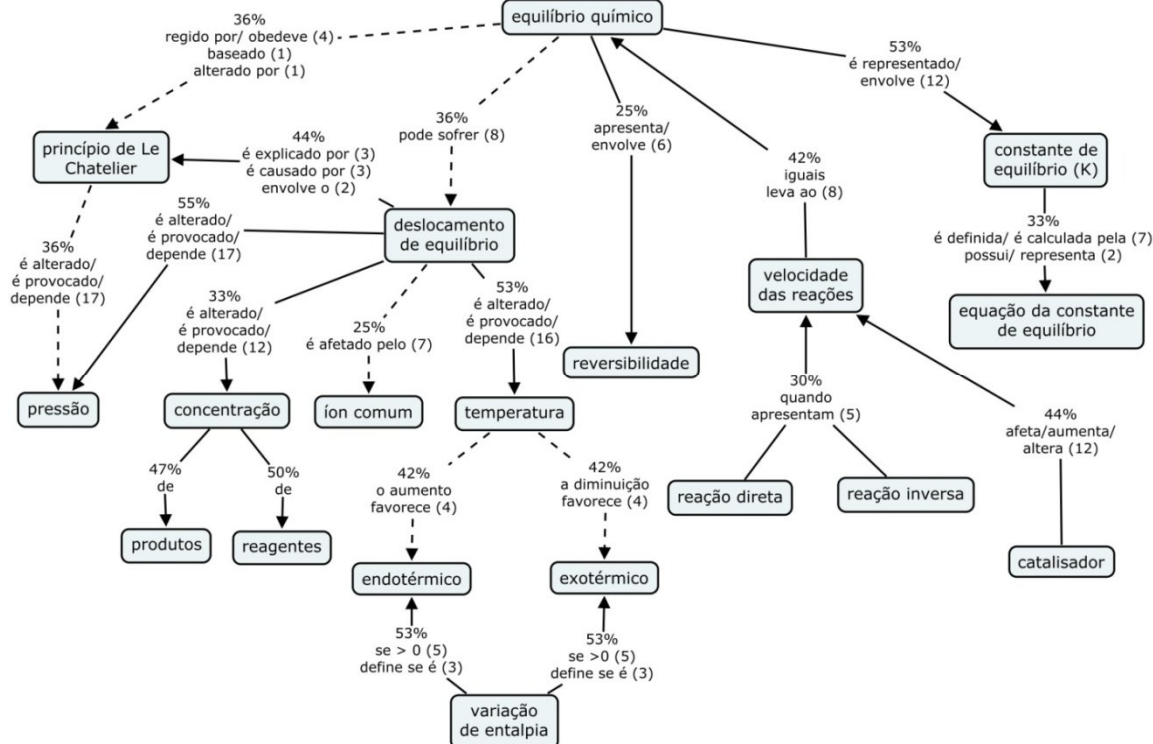


Figura 5: Mapa conceitual representativo para o grupo de alunos do curso noturno. As linhas tracejadas representam as relações que são exclusivas desse mapa. Os valores percentuais representam a proporção de alunos que ligou os dois conceitos. Entre parênteses está o número de ocorrências da frase de ligação.

Os mapas representativos também mostram erros conceituais importantes como aqueles alunos que firmam que o *Princípio de Le Chatelier* explica, causa, governa ou proporciona o *deslocamento do equilíbrio*; ou ainda a proposição que afirma que o equilíbrio químico é regido/ obedece, é baseado ou é alterado pelo *Princípio de Le Chatelier*. Essas proposições são apresentadas por 33% dos alunos.

DISCUSSÃO

O fato revelado pela Prova de Associação de Olmstead-Tukey de que os conceitos *dominantes* estão relacionados *velocidades de reação, reação inversa e direta*, enquanto que os conceitos *raros* são os vindos da Termodinâmica, reflete a tradição de ensino do tema, onde no Ensino Médio ou nas disciplinas introdutórias de Química Geral o mesmo é ensinado após o tema de Cinética Química e introduzido a partir da lei de ação das massas, onde, em geral, se mostra que no estado de equilíbrio as velocidades das reações direta e inversa se igualam. A constante de equilíbrio muitas vezes é deduzida igualando-se as leis de velocidade dessas reações (Sabadini e Bianchi, 2007). Mesmo os alunos que estudaram Físico-química, onde o equilíbrio químico é rigorosamente descrito pelas leis da Termodinâmica, parecem apresentar a definição cinética do equilíbrio como um componente importante de sua estrutura conceitual.

As diferenças com relação aos valores de R/M e F verificadas entre os dois grupos estudados (tabela 2) e, entre os mapas conceituais representativos, indicando que os alunos do período integral utilizam muito mais os conceitos provenientes da Termodinâmica pode ser compreendida quando comparamos os currículos dos dois cursos. Os alunos do curso noturno têm uma única disciplina de termodinâmica química com quatro créditos e uma disciplina de cinética química com dois créditos, enquanto que os alunos do curso integral têm duas disciplinas de físico-química, ambas com quatro créditos, que abordam estes mesmos conteúdos. Informações passadas pelo professor que ministrou disciplina de Termodinâmica para esta turma do noturno apontam que o tema equilíbrio químico não foi abordado nesta disciplina, o que está evidenciado pelo mapa conceitual obtido.

Outro aspecto que chama a atenção é o fato de que nos mapas conceituais representativos é a centralidade do *Princípio de Le Chatelier* ao se tratar do *deslocamento do equilíbrio*. Tanto K como Q não se ligam diretamente a esse último conceito, embora no grupo do período integral 20% dos alunos relacionaram que no equilíbrio químico $K=Q$. Ao consultar as matrizes soma verifica-se que apenas 1 aluno do período integral relaciona Q com *deslocamento do equilíbrio*. Isto parece estar relacionado com dados da literatura que demonstram que em geral os alunos se fixam nas regras qualitativas do *Princípio* e raramente utilizam a o quociente de reação como parâmetro preditivo para uma possível mudança do estado de equilíbrio (de Heer, 1957, Quílez-Pardo e Sanjosé-Lopez, 1995)

CONCLUSÕES

A aplicação da AEMC permitiu: classificar como um grande número de conceitos relacionados ao EQ está presente estrutura conceitual dos alunos; obter mapas conceituais representativos que apontem para uma estrutura conceitual média dos mesmos; comparar os alunos dos dois grupos estudados verificando diferenças significativas entre as mesmas.

A aplicação da AEMC não é o único método de análise de mapas conceituais e não elimina a possibilidade de se utilizar outros métodos que comparam o número de nós e ligações entre diferentes mapas, a qualidade das relações (Francisco et al, 2002), as relações hierárquicas entre os conceitos e a comparação com um mapa conceitual padrão.

Já a matriz final obtida para cada grupo estudado é, em especial, uma ferramenta útil para analisar possíveis relações conceituais de interesse, como por exemplo, verificar se existem e qual a natureza de relações entre ΔG^0 e K ou de Q e ΔG que denotaria um entendimento maior das relações entre a espontaneidade de uma reação e da aproximação de um sistema químico do estado de equilíbrio, ou quaisquer outras relações conceituais de interesse. Vale lembrar que a ausência de uma relação importante na matriz soma é um indício tão importante para avaliação quanto a presença da mesma.

Quanto à análise das estruturas conceituais dos alunos a respeito do tema Equilíbrio químico, os resultados obtidos apontam que em geral os alunos: a) definem o Equilíbrio químico como o estado onde as velocidades das reações direta e inversa se igualam (lei de ação das massas, sendo que poucos (apenas 26% do período noturno) o relacionam a conceitos termodinâmicos; b) relacionam as possíveis alterações do estado de equilíbrio químico devido a variação de variáveis do sistema com o Princípio de Le Chatelier e não consideram a possibilidade de comparar o cociente de reação (Q) com a constante de equilíbrio (K).

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado pela Fundação de Amparo da Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e Pró-reitoria de Pesquisa da Universidade de São Paulo. Agradecemos também aos professores e alunos da disciplina Química Integrada III de 2007.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.C.P., et al., Mapas conceituais: avaliando a compreensão do alunos sobre o experimento do efeito fotoelétrico, *IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2003.

DE HEER, J. The Principle of Le Chatelier and Braun. *Journal of Chemical Education*, v. 34, p. 375-380, 1957.

FRANCISCO, J.S., et al. Assessing student understanding of general chemistry with concept mapping. *Journal of Chemical Education*, v.79, n.2, p.248-257, fev. 2002.

GONZÁLEZ YOVAL, P., et. al., A proposal to refine SACMap technique (Structural Analysis of Concept Maps) AMID A STS-Webquest context. *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology: Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping*. p. 207, 2008. Disponível em: <<http://cmc.ihmc.us/cmc2008papers/cmc2008-p207.pdf>> Acesso em: 08 de julho de 2009.

GONZÁLEZ YOVAL, P., et. al., Aplicación de la técnica de análisis estructural de mapas conceptuales (AEMC) en un contexto de educación CTS. *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology: Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping*, p. 202, 2006. Disponível em: <<http://cmc.ihmc.us/cmc2006Papers/cmc2006-p202.pdf>> Acesso em: 08 de julho de 2009.

GONZÁLEZ-YOVAL, P., et. al., Valoración cuantitativa para evaluar mapas conceptuales. *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology: Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*, p. 289, 2004. Disponível em: <<http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-248.pdf>> Acesso em: 08 de julho de 2009.

MASKILL, R. e CACHAPUZ, A. F. C., Learning about the chemistry topic of equilibrium: the use of Word association tests to detect development conceptualizations, *International Journal of Science Education*, v. 11, p. 57-69, 1989.

MOREIRA, M.A. *A teoria da aprendizagem significativa e a sua implementação em sala de aula*. Brasília: UnB, 2006. 185 p.

NOVAK, J.D. Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender- la opinión de un profesor-investigador. *Enseñanza de Las Ciencias*, v.9, n.3, p.215-228, 1991.

NOVAK, J.D., GOWIN, D.B. *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca, 1988. 228p

QUÍLEZ-PARDO-PARDO, J. e SANJOSÉ-LOPEZ, V. Errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico: Nuevas aportaciones relacionadas com la incorreta aplicación del principio de Le Chatelier. *Enseñanza de Las Ciencias*, v. 12, p. 123-133, 1995.

RUIZ-PRIMO, M.A.; SHAVELSON, R.J. Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*. v.33, n.6, p 569-600, 1996.

SABADINI, E. e BIANCHI, J.C.A, Ensino do conceito de equilíbrio químico: uma breve reflexão. *Química Nova na Escola*, n. 25, p. 10-13, 2007.

TSARPALIS, G., KOUSATHANA, M. e NIAZ, M., 1998, Molecular-Equilibrium problems: manipulation of logical structure M-demand, and their effect on student performance, *Science Education*, p. 437-454.