

APRIMORANDO LA TÉCNICA DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE MAPAS CONCEPTUALES CON EL OBJETIVO DE OBTENER UN MAPA REPRESENTATIVO DE UN GRUPO DE ESTUDIANTES

Regina Raquel Gonçalves Cavalcanti, Flavio Antonio Antonio Maximiano
USP-Universidade de São Paulo
reginaraquel@usp.br, famaxim@iq.usp.br

Abstract. El presente trabajo se propone describir la estructura conceptual de estudiantes de un curso superior de química con respecto al Equilibrio Químico (EQ) y probar una metodología capaz de comparar los mapas conceptuales elaborados por los estudiantes de los períodos integral y nocturno. Con el análisis de los mapas conceptuales, y usando una metodología de análisis estructural de los mismos, se pudo comprobar que los conceptos dominantes se relacionan con las condiciones y la definición del estado de EQ y las alteraciones de este estado. Entre los conceptos raros son ejemplos los relacionados con la termodinámica. Por otro lado los mapas conceptuales representativos de los grupos muestran una estructura conceptual media de los estudiantes en las cuales: a) la definición del EQ se basa en la ley de la acción de las masas y no en la termodinámica; b) el pronóstico de las alteraciones del estado de EQ se realiza con el uso del principio de Le Chatelier, y no con el de la comparación entre Q y K.

1 Introducción

El presente trabajo se inserta en un proyecto que se propone describir la estructura conceptual de estudiantes de un curso superior de química relacionado al Equilibrio Químico, haciendo posible relacionar la evolución y el proceso de la educación a la que los estudiantes fueron sometidos e intentar establecer un paralelo al programa, los resúmenes y el material didáctico usado en esta disciplina para aquellos que ya asistieron a un curso, así como describir y analizar la evolución de los conceptos de estos estudiantes durante el curso superior. El objetivo es aquí probar y perfeccionar una metodología capaz de comparar mapas conceptuales (González-Yoval, 2004, 2006 y 2008) producidos por diversos grupos de estudiantes.

2 Metodología

2.1 Procedimiento

El grupo estudiado estaba compuesto por 57 estudiantes del 6º semestre de los cursos de graduación en química del Instituto de Química de la Universidad de San Pablo (IQUSP), siendo 31 de ellos de un curso de período integral y 26 de un curso del período nocturno.

Para la elaboración de los mapas conceptuales, los estudiantes tuvieron una exposición de cerca de 50 minutos donde fue realizada la presentación de esta herramienta, basada en las sugerencias presentadas en el trabajo de Ruiz-Primo (2001). Esta exposición constó de una explicación con respecto a que son los mapas conceptuales, cual es su utilidad, como son sus formas, ejemplos de los diversos mapas conceptuales, diferencias entre los mapas conceptuales y otras representaciones gráficas como organigramas y proyectos, cuales son las estructuras más comunes de estos mapas conceptuales, como ellos representan las jerarquías de los conceptos y cuales son los pasos necesarios para elaborar un mapa conceptual. Al final de la exposición, los estudiantes construyeron un breve mapa conceptual sobre elementos químicos que implicaba siete conceptos distintos.

La elaboración de los mapas sobre equilibrio químico fue tema de la lección siguiente (después de una semana), donde los estudiantes recibieron una hoja con instrucciones sobre la elaboración de un mapa conceptual y, en orden alfabético, una lista de 36 conceptos relacionados con el tema (Tabla 1). Después de la elaboración de los mapas conceptuales sobre la lista de conceptos fue realizada la lectura de libros didácticos de química general, físico-química y química analítica del nivel de graduación. Fueron observados para incluir el eje de los conceptos más aparecidos en los textos. Las instrucciones informaban a los estudiantes que no necesitaban utilizar todos los conceptos y que

podrían agregar otros que no estaban en la lista pero que fueran pertinentes. El tiempo usado para la elaboración de este mapa varió entre una y dos horas.

2.2 Análisis

Los mapas habían sido analizados usando la metodología del análisis estructural de Mapas Conceptuales (AEMC) (González-Yoval, 2004, 2006 y 2008), donde:

1. Cada mapa conceptual se transforma en una matriz de la asociación donde a cada par de conceptos con un valor existente de la relación se atribuye el valor 1. Por ejemplo, para la proposición *DG* → *indica la* → *reacción favorable*, marca la intersección de la línea correspondiente al concepto *DG* con la columna correspondiente al concepto *reacción favorable* y, también la intersección de la línea correspondiente al concepto *reacción favorable* con la columna correspondiente a *DG*;
2. Las matrices se agregan dando por resultado una matriz final que indica el número total de las relaciones para cada par de conceptos;
3. La adición de las relaciones para cada concepto provee el número total de las relaciones (R);
4. La razón entre las diversas relaciones y el número de relaciones posibles indica la frecuencia de relaciones de un concepto con respecto al otro (F);
5. A través de la matriz final puede, por medio del uso de la prueba de Olmstead-Tukey (González-Yoval, 2004), determinarse cuál de los conceptos son dominante (alto R y alta F), constante (R bajo y alta F), ocasional (alto R y F baja) y raro (R bajo y F baja);
6. A la licencia de la matriz final, un mapa conceptual representativo para cada uno de los grupos de estudiantes estudiados fue construido. Para esto, las relaciones que fueron consideradas fueron las presentes en por lo menos el 25% de cada grupo (Figura 1).

Según la metodología original de González-Yoval *et al.* (2006), para una determinada proposición existente en el mapa conceptual, se puede señalar la relación entre dos conceptos y también efectuar la suma de las relaciones, siguiendo las líneas o las columnas de la matriz. Sin embargo, nos damos cuenta de que el efecto de este procedimiento en los conceptos terminales de la declaración no estaría bien marcado. Por ejemplo, al señalar una relación, expresada por una proposición terminal *DG* → *indica la* → *reacción favorable* (Figura 2), siguiendo la línea de la matriz, sólo el concepto *DG* tendrá sus valores de R y F computados, puesto que el concepto *reacción favorable* es terminal y, por lo tanto, no está conectado a ningún otro concepto. En un trabajo más reciente (González-Yoval *et al.*, 2008) los autores comprendieron este problema y propusieron la creación de una nueva categoría para estos conceptos (terminal) además de las otras cuatro mencionadas anteriormente.

Para evitar este tipo de problema y no clasificar ciertos conceptos como terminales, un concepto terminal en el mapa de un estudiante no es necesariamente terminal en otro, elegimos a proponer un cambio en el método original. Así, las matrices fueron divididas por una diagonal con valores iguales a cero, y cada par de conceptos fue marcado en la región inferior y superior a la diagonal. Así pues, dada la relación entre dos conceptos cualquiera A y B, se marca en la matriz, células correspondientes al cruce de estos conceptos, tanto en relación a las líneas así como a las columnas. Esto ha producido una matriz simétrica (Figura 1). Otro cambio propuesto aquí es normalizar el número total de relaciones (R) dividiendo su valor por el número total de mapas de cada grupo. Esto genera la razón relaciones/mapa (R/M) que representa el número promedio de las relaciones en cada muestra de alumnos y permite una mejor comparación entre ellos.

3 Resultados

El acuerdo es excelente (el 67%) e incorpora las clasificaciones de los conceptos para los dos grupos de estudiantes, especialmente con respecto a los conceptos dominante y raro (Tabla 1). Los conceptos dominante se relacionan con las condiciones y la definición de estado de equilibrio químico y a las alteraciones de este estado (temperatura, concentraciones, K, velocidad de la reacción, reacción indirecta, reacción directa, desplazamiento del equilibrio y del principio de Le Chatelier). Entre los conceptos raro son ejemplos (producto de la solubilidad, ácido-base y del estado inmóvil) y los conceptos se relacionaron con la termodinámica (DGo), potencial químico, endotérmico y del exotérmico). Aunque no es dominante, Q y DG presentan un alto valor de R en los dos grupos.

El mapa conseguido por el periodo integral (Figura 2) es más rico (26 conceptos) que el conseguido por el período nocturno (19 conceptos) y presenta relaciones entre los conceptos termodinámicos. En los dos casos, se observa la existencia de relaciones del contexto de equilibrio químico (DH con DG o velocidad de la reacción con catalizador). Los resultados señalan, con respecto a una estructura conceptual media de los estudiantes en los cuales: I) la definición de equilibrio químico se basa en la ley de la acción de las masas y no en la termodinámica; II) el pronóstico de las alteraciones del estado de EQ se hace con el uso del principio de Le Chatelier y no de la comparación entre Q y K.

	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	R/M	F	%F			
ácido-base	1	0	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	21	0.68	6	16.7		
catalizador	2	0	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	0	0	35	1.13	10	27.8		
concentración(ões)	3	1	0	0	8	12	0	0	4	0	1	2	0	0	1	2	0	0	0	3	0	4	1	16	5	0	0	0	17	3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	84	2.71	17	47.2
constante de equilibrio (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 equilibrio	5	0	3	12	3	0	0	2	0	0	7	2	0	1	0	6	0	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		
dinámico	6	0	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	0	0	2	0	22	0.71	8	22.2
endotérmico	7	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	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 equilibrio	8	1	1	4	20	0	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	1	0	65	2.10	23	63.9	
equação química	9	0	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	0	0	0	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	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 equilibrio	11	0	0	2	4	2	7	0	2	2	8	2	0	0	1	1	1	0	0	3	1	0	4	4	1	4	0	0	0	0	1	3	0	1	4	0	58	1.87	21	58.3			
estado estacionário	12	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	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	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	0	1	1	3	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	0	27	0.87	17	47.2		
ion 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	0	0	0	28	0.90	11	30.6	
macroscópico	16	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	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	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	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	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	0	1	0	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			
principio de Le Chatelier	20	0	2	4	1	18	2	0	1	2	3	3	0	0	1	2	0	0	0	6	0	1	0	3	0	2	1	1	2	0	6	0	0	0	1	0	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	13	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	5	1	3	1	0	0	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	0	1	0	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	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	0	3	1	0	0	0	4	4	0	1	0	0	2	12	4	3	3	0	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	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	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	3	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	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	0	1	1	1	2	0	1	2	4	0	4	1	0	0	0	1	0	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	13	0	0	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	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	0	9	2	12	2	0	0	0	0	6	15	15	1	0	88	2.84	14	38.9			
variação de energ. livre padrão	33	0	0	0	9	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	1	15	2	0	1	37	1.19	11	30.6				
variação de entalpia	34	0	0	0	2	0	0	17	0	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	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	0	72	2.32	17	47.2			
volumen	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	0	2	0	1	0	0	0	16	0.52	7	19.4			

Figura 1. Matriz Final obtenida a partir del agregado de las matrices individuales de los estudiantes del 6º semestre del periodo integral. En destaque son las relaciones que han aparecido en más del 25% de los mapas

	Conceptos dominante	Conceptos Ocasional	Conceptos constantes	Conceptos raros
Resultado para los estudiantes del periodo integral	- ecuación de K - presión - cociente de la reacción (Q) - reacción favorable	- variación de la energía libre (DG)	- extensión de la reacción - rendimiento de la reacción - reversibilidad	- dinámico - ión común - ecuación química
Resultado para los estudiantes del periodo nocturno	- ecuación química - variación de la energía libre (DG)	- reversibilidad - ecuación de K - presión - cociente de la reacción (Q)	- dinámico - ión común - solubilidad - reacción favorable	- extensión de la reacción - rendimiento de la reacción
Campo común a los dos grupos de estudiantes	- concentración - constante de equilibrio (K) - desplazamiento del equilibrio - equilibrio químico - estado de equilibrio - principio de Le Chatelier - productos - reacción directa - reacción inversa - reaccionando - temperatura - velocidad de reacciones	- variación de la entalpia (DH)		- ácido-base - catalizador - endotérmico - estado estacionario - exotérmico - macroscópico - microscópico - potencial químico - producto de la solubilidad - DG - volumen

Tabla 1. Conceptos utilizados en la elaboración de los mapas conceptuales

