

# O domínio sociocultural na elaboração do perfil conceitual de equilíbrio

## The sociocultural domain in elaboration of the equilibrium's conceptual profile

### Resumo

Este trabalho tem como objetivo propor categorias para o domínio sociocultural do perfil conceitual de equilíbrio na Química. Para tal, apresentamos brevemente o desenvolvimento histórico do conceito incluindo os principais momentos de sua evolução e a análise dos modos de pensar sobre esse conceito. Três categorias são propostas: 1. Modelo estático baseado na mecânica; 2. Modelo dinâmico baseado na cinética; 3. Modelo dinâmico baseado na termodinâmica. Essas categorias serão posteriormente analisadas em conjunto com os demais domínios e o perfil construído poderá servir de base para estratégias didáticas visando o aperfeiçoamento do ensino e aprendizagem de equilíbrio químico.

**Palavras chave:** Perfil Conceitual, Equilíbrio Químico, Domínio Sociocultural.

### Abstract

This paper aims to propose categories for the sociocultural domain of the conceptual profile of equilibrium in Chemistry. For that, we briefly present the historical development of this concept, what includes the main moments of its evolution and an analyses of the ways of thinking on this concept. Three categories are proposed: 1. Static model based on mechanics; 2. Dynamics model based on kinectics; 3. Dynamics model based on thermodynamics. These categories will be posteriorly analysed with other domains and the proposed profile will be able to serve as a basis for didatic strategies for the improvement of teaching and learning in Chemistry.

**Key words:** Conceptual Profile, Chemical Equilibrium, Sociocultural Domain.

### Introdução

Considerado como um dos conceitos centrais da Química, os conceitos que envolvem o equilíbrio químico são importantes para o entendimento de reações químicas fundamentais, como as realizadas nos processos biológicos e no setor industrial, entre outras. Apesar disso, devido à complexidade do tema e ao grau de dificuldade encontrado por parte dos alunos e até mesmo de alguns professores, o ensino de equilíbrio na química tem sido objeto de atenção na pesquisa em educação química.

Desde sua proposição por Posner *et al.* (1982), a teoria da mudança conceitual recebeu bastante atenção da comunidade científica na área de ensino em Química. A busca por estratégias para a aprendizagem de conceitos científicos pelos alunos sob a luz dessa teoria não trouxe, porém, resultados muito satisfatórios até o momento. Percebeu-se que, com o passar do tempo, os

alunos têm dificuldades em abandonar suas concepções prévias sobre o conteúdo a ser ensinado, motivo este que acaba se tornando um grande obstáculo para a aprendizagem.

Com o intuito de dar um passo adiante, E. F. Mortimer desenvolveu durante os anos 1990 a teoria do perfil conceitual. Entre outras diferenças em relação à teoria da mudança conceitual, as concepções prévias do aluno são consideradas como diferentes modos de pensar que o indivíduo pode apresentar e, sendo assim, são igualmente importantes. Segundo Mortimer e El-Hani (2014), essa coexistência entre diferentes significados para a mesma palavra ou conceito pode acontecer mesmo quando tratamos de conceitos científicos que apresentam visões clássicas e modernas do mesmo fenômeno.

Segundo El-Hani *et al.* (2014), cada indivíduo nessa teoria possui seu próprio perfil para um dado conceito, mas é apenas a importância ou “peso” de cada zona que varia de pessoa para pessoa, já que os diferentes modos de pensar são compartilhados e mantidos pelos indivíduos nas relações socioculturais. Ainda segundo essa teoria, os modos de pensar estão intimamente relacionados aos modos de falar e, dessa forma, cada indivíduo irá utilizar uma zona do perfil de um conceito numa situação ou contexto diferente, ainda que de forma indevida.

Para traçar as zonas de um perfil conceitual, são recomendados os usos de:

- (1) Fontes secundárias sobre a história da ciência e análises epistemológicas sobre o conceito em estudo, que são particularmente instrumentais na compreensão da produção de significados no domínio sociocultural e no estabelecimento de compromissos ontológicos e epistemológicos que norteiam os processos de significação de um conceito; (2) trabalhos sobre concepções alternativas de estudantes, que são úteis para compreender a significação dos conceitos no domínio ontogenético; e (3) dados colhidos através de entrevistas, questionários e filmagens de interações discursivas numa variedade de contextos de produção de significado, particularmente em situações educacionais, que dão acesso aos domínios ontogenético e microgenético (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2011, p. 6).

Este trabalho tem como objetivo propor categorias para o domínio sociocultural do conceito de equilíbrio que, ao serem analisadas posteriormente em conjunto com categorias dos outros domínios citados acima, irão compor a base para a proposição das zonas do perfil conceitual de equilíbrio. Para tal, encontra-se neste texto um breve desenvolvimento das ideias que contribuíram para a noção contemporânea de equilíbrio químico, bem como uma análise desse desenvolvimento sob o ponto de vista da teoria do perfil conceitual.

## **A história do conceito de equilíbrio na química**

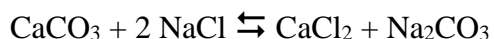
A história do conceito de equilíbrio químico nos informa que este nasce da noção de afinidade. Essa noção, comumente associada a um grau de atratividade, começou a ser utilizada ainda no século XIII por filósofos para expressar a tendência que as substâncias tinham de se combinar entre si. De acordo com essa noção, quanto maior era a afinidade entre dois corpos, maior era a tendência que eles tinham de reagir. Com isso, essa propriedade qualitativa das substâncias fornecia uma noção vaga, porém intuitiva, como explicação para as reações químicas (QUÍLEZ, 2018).

Em seu livro chamado *Opticks* (1704), Isaac Newton (1704) sugere que a causa das ligações entre substâncias químicas seriam forças de atração similares às forças gravitacionais. Pouco

tempo depois surgiram as primeiras tabelas de afinidades, das quais as mais destacáveis foram propostas por E. F. Geoffroy (1718) e T.O. Bergman (1775).

No final do século XVIII, um professor chamado C. L. Berthollet procurava um método confiável para a determinação da pureza do nitrato de potássio. Em 1793 ele foi chamado para trabalhar numa refinaria de nitrato de potássio para a produção de pólvora, e lá ele percebeu que quanto mais se adicionava o nitrato em solução, menor se tornava a capacidade desta em dissolver o composto.

Cinco anos depois, Berthollet fez parte de uma expedição ao Egito juntamente com Napoleão Bonaparte, onde ficou intrigado ao notar a contínua formação de carbonato de sódio na beira de um lago. Esse acontecimento representava exatamente o oposto do que deveria se esperar de acordo com as ideias anteriormente propostas por Bergman (QUÍLEZ, 2017).



Buscando explicar essa reação (apresentada acima), Berthollet considerou que havia grande quantidade de reagentes no local, enquanto os produtos da reação eram constantemente removidos de forma natural. Quando retornou da expedição, ele realizou vários experimentos na tentativa de buscar mais elementos que contradissem a teoria das afinidades eletivas de Bergman, e seus resultados evidenciaram que a quantidade das substâncias presentes no meio influenciava no andamento da reação.

As explicações propostas acima foram, entretanto, abandonadas pela comunidade científica. Quílez (2018) destaca alguns fatores que podem ter influenciado o seu abandono, e talvez o principal deles seja a sua proposta das proporções variáveis. De acordo com ela, era possível obter combinações diferentes simplesmente ao variar as proporções dos reagentes, mas isso contradizia a teoria atômica de Dalton, que defendia a mesma ideia de Proust, de proporções definidas em reações químicas (HOLMES, 1962).

As ideias de Berthollet foram retomadas posteriormente por outros cientistas, sendo o mais destacado dentre eles Gay-Lussac, que havia trabalhado com Berthollet. Suas publicações destacaram a teoria das combinações químicas até o ano de 1839 (LINDAUER, 1962). Gay-Lussac também imaginou um equilíbrio de mudanças contínuas entre ácidos, bases e os sais formados pelas reações entre estes (QUÍLEZ, 2018).

Em 1850, um cientista inglês chamado A. W. Williamson estava conduzindo experimentos tentando estender a cadeia carbônica de um álcool comum à época, e obteve éter etílico. Com isso, ele não apenas elucidou a composição correta da água, álcool e éter como também desenvolveu uma teoria dinâmica para as reações químicas. Segundo ele, o mecanismo seria inconcebível se não fosse pensado como um processo de trocas contínuas entre elementos em um agregado molecular (QUÍLEZ, 2006).

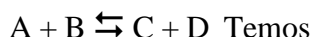
Também em 1850, o alemão L. F. Wilhelmy estudava quantitativamente a reação de inversão da sacarose. O curso da reação podia ser facilmente seguido por ser lenta e com grande exatidão pelo uso de um polarímetro. Em seus estudos, ele estudou a influência de alguns fatores sobre essa reação química e chegou à conclusão de que as concentrações dos reagentes e a temperatura influenciavam na velocidade da reação, além de ter encontrado um coeficiente (dependente da temperatura) que não variava em seus cálculos (MARTORANO; DO CARMO; MARCONDES, 2014). Infelizmente seus resultados não foram notados por vários anos.

Em 1862, os cientistas Berthelot e Saint-Giles acharam que não era apropriado trabalhar com as reações entre ácidos, bases e sais, que eram o principal foco de estudo até então. Por isso,

começaram a estudar intensamente o equilíbrio químico em reações de esterificação sob duas razões principais: elas eram mais lentas, e as quantidades de cada substância eram sempre altas o suficiente para serem medidas (QUÍLEZ, 2006).

Baseando-se em Berthelot e Saint-Giles, Guldberg e Waage começaram a realizar diversos experimentos que, após alguns anos, culminaram na proposição da lei da ação das massas. Partindo do princípio newtoniano, assumiram que as forças químicas não eram proporcionais à quantidade das substâncias, mas sim à massa ativa delas (que hoje conhecemos por concentração) (QUÍLEZ, 2018). Destaca-se aqui que os termos introduzidos anteriormente por Berthollet (“massa” e “esfera de ação”) foram importantes para o entendimento de Guldberg e Waage em relação às reações químicas.

Então, partindo de uma quantidade inicial de reagentes para a formação dos produtos:



no equilíbrio químico desta reação:

$$\alpha (p - x)^a (q - x)^b = \alpha' (p' + x)^a (q' + x)^b$$

Sendo “x” a concentração dos reagentes que foram transformados, “ $\alpha$ ” e “ $\alpha'$ ” as constantes de proporção da afinidade e os expoentes das massas ativas, todos a serem determinados experimentalmente. Esta foi a primeira fórmula matemática que possibilitou o cálculo das afinidades químicas das substâncias, mas deve-se deixar claro que os expoentes ainda não tinham relação com a estequiometria da reação (QUÍLEZ, 2006).

Em 1867 L. Pfaundler escreveu um artigo em que abordava as reações químicas sob o olhar da teoria cinética desenvolvida por Clausius (para evaporação e condensação de líquidos em sistemas fechados) (QUÍLEZ, 2006), sendo o primeiro a aplicar a teoria mecânica do calor para reações químicas. Para Pfaundler, as moléculas colidiam entre si para reagir, mas nem todas as colisões seriam efetivas, e apenas as moléculas com energia cinética suficiente poderiam se dissociar e recombinar (QUÍLEZ, 2017a) por meio de colisões.

Quase que simultaneamente, para obter medições da afinidade química os cientistas Berthelot e Thomsen propuseram que a variação de temperatura em uma reação era provocada pela perturbação das forças químicas opostas e, sendo assim, a diferença na quantidade de calor poderia ser uma forma de medir a afinidade química (LINDAUER, 1962).

Em 1884 J. G. Van't Hoff publicou o *Studies in Chemical Dynamics*, trabalho que trazia considerações sobre a natureza dinâmica do equilíbrio químico, inclusive incluindo a representação da dupla seta para substituir o sinal de igualdade (QUÍLEZ, 2017b). Ele descreveu a variação da constante de equilíbrio em função da temperatura, além de desenvolver a mesma lei da ação das massas de uma maneira diferente daquela estabelecida por Guldberg e Waage.

A partir da consolidação da cinética química e da termodinâmica, Van't Hoff deu à lei da ação das massas uma base mais lógica, afirmando que o trabalho máximo realizado por um processo químico poderia ser tomado como uma medida da afinidade química. Além disso, indicou que a lei supracitada era válida apenas para sistemas isotérmicos, e que a influência da temperatura no equilíbrio poderia ser determinada a partir de considerações envolvendo a segunda lei da termodinâmica (LINDAUER, 1962).

Em 1884 Van't Hoff ainda formulou o princípio do equilíbrio móvel, que foi posteriormente simplificado por Le Chatelier. Em 1907 G. N. Lewis introduziu os conceitos de atividade e

fugacidade para substituir o de concentração, numa definição mais rigorosa de equilíbrio químico (LINDAUER, 1962). Já o termo „energia livre” foi introduzido por Helmholtz com o significado de “a quantidade de trabalho disponível para uso”. Em 1923 J. Williard Gibbs publicou seu trabalho intitulado *Thermodynamics* e, graças ao grande interesse em processos sob pressão constante, a energia livre de Gibbs foi introduzida (LINDAUER, 1962).

## **Análise e discussão**

Por motivos de espaço, tratamos apenas da evolução histórica do conceito de equilíbrio químico, mas sabe-se que o equilíbrio era objeto de estudos na física desde os trabalhos de Arquimedes. Graças ao seu uso prático após a invenção da balança, o modo de pensar relacionado à igualdade e estabilidade foi incorporado à linguagem cotidiana. Este modo de pensar atribuído ao conceito de equilíbrio se manteve mesmo quando o conceito evoluiu cientificamente e hoje constitui um dos maiores problemas no ensino de Química.

Nesta área, o primeiro uso da noção de equilíbrio está presente na teoria de C. L. Berthollet. Após os acontecimentos que o levaram a pensar sobre a reação descrita na seção anterior e sua posterior confirmação por meio de experimentos, pela primeira vez a reversibilidade (um dos pilares do conceito) foi afirmada. Ele considerou que as reações de substituição nunca eram completas devido a um equilíbrio de estado entre forças de afinidade opostas (QUÍLEZ, 2007).

Percebe-se então o primeiro modo de pensar acerca do conceito de equilíbrio químico. O termo equilíbrio neste caso foi usado para significar o balanço entre forças químicas, exatamente os mesmos termos utilizados em mecânica (LINDAUER, 1962). Baseando-se nas ideias de Isaac Newton, Berthollet propôs um modelo de equilíbrio estático para as reações químicas, logo sugerimos a categoria que representa o “**modelo estático baseado na mecânica**”.

Pfaundler, próximo à metade do século XIX, tratou o equilíbrio químico baseando-se nas ideias de energia cinética das moléculas e das colisões que aconteciam entre elas. Ele postulou que a velocidade da formação dos produtos é igual à velocidade de formação dos reagentes quando o equilíbrio é alcançado. Baseando-se nos modos de pensar de Williamson, Wilhelmy e Pfaundler, propomos a categoria que representa o “**modelo dinâmico baseado na cinética**”.

Já Van't Hoff foi além do conhecimento baseado nas velocidades de reação e buscou explicar o motivo pelo qual as reações aconteciam da maneira como aconteciam. Com o auxílio de bases matemáticas, ele estudou a energia envolvida nos processos de transformação das reações e as interpretou baseando-se nos princípios da termodinâmica (principalmente no segundo princípio, que trata da entropia). Propomos então uma terceira categoria que representa o “**modelo dinâmico baseado na termodinâmica**”.

## **Considerações finais**

O desenvolvimento do conceito de equilíbrio químico abrange um longo período na história da Química. Neste artigo apresentamos um breve resumo do caminho percorrido e as principais contribuições dos cientistas que ajudaram para a compreensão desse importante conceito. Com base em seu desenvolvimento histórico e em suas diferentes interpretações ao longo do tempo, propomos três categorias para o domínio sociocultural com vistas à elaboração futura de seu perfil conceitual, a saber: 1. Modelo estático baseado na mecânica; 2. Modelo dinâmico baseado na cinética; 3. Modelo dinâmico baseado na termodinâmica.

Segundo Mortimer e El-Hani (2014), ainda não há uma teoria suficiente para modelar a heterogeneidade do pensamento verbal de um conceito, e com esse intuito vários perfis foram e estão sendo traçados para possibilitar a intervenção em sala de aula. Defendemos que ao questionar-se sobre a estrutura do perfil de equilíbrio, o indivíduo perceberá como estão organizadas as suas formas de pensar sobre o conceito. Acreditamos então que este trabalho possui potencial para incentivar o uso da teoria do perfil conceitual como base para a proposição de novas estratégias didáticas visando o aperfeiçoamento do processo de ensino e aprendizagem do conceito de equilíbrio químico.

Estamos empenhados na construção de outros domínios do perfil conceitual de equilíbrio, os quais, uma vez construídos, serão analisados em conjunto visando estabelecer concordâncias ou diferenças entre si. Espera-se também com a proposição desse perfil que ele venha a constituir uma importante ferramenta para a avaliação e análise do entendimento conceitual por parte dos aprendizes, auxiliando os professores a enfrentar os obstáculos e dificuldades na compreensão desse conceito central da Química.

## Agradecimentos e apoios

À CAPES e Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.

## Referências

- NASCENTES, A. **Dicionário etimológico resumido**. Instituto Nacional do Livro, Ministério da Educação e Cultura, 1966.
- MARTORANO, S. A. de A.; DO CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R. A História da Ciência no Ensino de Química: o ensino e aprendizagem do tema cinética química. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 9, p. 19-35, 2014.
- EL-HANI, C. N. *et al.* Conceptual Profiles: Theoretical-methodological Grounds and Empirical Studies. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 167, p. 15-22, 2015.
- HOLMES, Frederic L. From elective affinities to chemical equilibria: Berthollet's law of mass action. **Chymia**, v. 8, p. 105-145, 1962.
- LINDAUER, M.W. The evolution of the concept of chemical equilibrium from 1775 to 1923. **J. Chem. Educ.** n. 39, p. 384-390, 1962.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. **TED: Tecné, Episteme y Didaxis**, n. 30, p. 111-125, 2011.
- MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. (Ed.). **Conceptual profiles: A theory of teaching and learning scientific concepts**. Springer Science & Business Media, 2014.
- QUÍLEZ, J. A historical approach to the development of chemical equilibrium through the evolution of the affinity concept: some educational suggestions. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 5, n. 1, p. 69-87, 2004.

QUÍLEZ, J. A historical/philosophical foundation for teaching chemical equilibrium. **In: Makalah disajikan dalam Ninth International History Philosophy & Science Teaching Conference.** Calgary/Canada. p. 24-28, 2007.

QUÍLEZ, J. From chemical forces to chemical rates: A historical/philosophical foundation for the teaching of chemical equilibrium. **Science & Education**, v. 18, n. 9, p. 1203, 2009.

QUÍLEZ, J. The historical development of the basic ideas concerning chemical equilibrium. **ChemTexts**, v. 3, n. 2, p. 3, 2017a.

QUÍLEZ, J. Acerca de los Orígenes de la Ley de Equilibrio Químico. **In: Anales de Química.** p. 191-197, 2017b.

QUÍLEZ, J. A historical/epistemological account of the foundation of the key ideas supporting chemical equilibrium theory. **Foundations of Chemistry**, p. 1-32, 2018.

POSNER, G. J. *et al.* Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science education**, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.