

**Reflexões sobre obstáculos epistemológicos e níveis de representação na aprendizagem  
do conceito de equilíbrio químico**

Dileize Valeriano da Silva<sup>1</sup>

**Resumo**

O presente artigo apresenta uma reflexão sobre os obstáculos epistemológicos, na concepção de Gaston Bachelard, e os níveis de representação de Alex Johnstone e suas correlações com as dificuldades no processo de ensino e aprendizagem do conceito de equilíbrio químico, tanto em estudantes da educação básica, quanto em estudantes de Química do ensino superior. Para subsidiar esta reflexão, buscou-se na literatura por trabalhos de alguns autores que trataram da temática de equilíbrio químico e suas dificuldades de ensino e aprendizagem. A análise dos trabalhos mostrou que os estudantes investigados apresentam ideias marcadamente centradas no conhecimento comum (senso comum), de acordo com Bachelard, e a não construção do conhecimento científico abstrato, evidenciando a existências de obstáculos epistemológicos. Sugere-se, à luz da epistemologia bachelardiana, que a superação de tais obstáculos possa ser efetivada com a introdução de História da Ciência, mostrando que o processo de evolução do conhecimento científico não se dá de modo linear, mas a partir de erros, rupturas e reconstruções. Em relação aos níveis de representação, os estudantes mostraram que os aspectos macroscópicos e simbólicos predominam e apresentaram pouco domínio dos aspectos submicroscópicos. Assim, os cursos de formação inicial de professores de Química, ainda fortemente de caráter positivista, necessitam de uma reestruturação de suas matrizes curriculares, com uma abordagem mais humanística e a inserção de História e Filosofia da Ciência, de modo a formar professores mais sensíveis às dificuldades dos estudantes e que possam conduzi-los para a construção de conhecimentos científicos com mais significado.

**Palavras-chave:** equilíbrio químico, obstáculos epistemológicos, ensino de química, formação de professores, ensino e aprendizagem

**Reflections on epistemological obstacles and levels of representation in the learning of  
chemical equilibrium concept**

**Abstract**

This article presents a reflection on the epistemological obstacles, in the Gaston Bachelard concepts, and the levels of representation of Alex Johnstone and their correlation with the difficulties in the teaching and learning process chemical equilibrium concept, both students of basic education, as in chemistry students in higher education. To support this reflection, we searched in the literature by works of some authors who discussed the chemical equilibrium and their difficulties in teaching and learning. The analysis of the works showed that students in research presented ideas towards on common knowledge (common sense), according to Bachelard, and the absence of abstract scientific knowledge, showing the existence of epistemological obstacles. It is suggest, in terms of Bachelard's epistemology, that overcoming these obstacles can be occur with introduction of history of science,

---

<sup>1</sup> Professora Adjunta da UNESPAR – Universidade Estadual do Paraná – Campus de União da Vitória. Doutora em Química Analítica pelo Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista (UNESP/ Campus Araraquara).

showing that process of scientific knowledge evolution does not occur linearly, but from errors, breaks and reconstructions. Regarding the levels of representation, students showed that macroscopic and symbolic aspects predominated and presented low knowledge of the submicroscopic aspects. Therefore, teacher's role is essential, since it acts as a mediator of the teaching and learning process. Thus, the initial training courses for chemistry teachers, still strongly positivistic character, require a restructuring of its curriculum matrices, with a more humanistic approach and the inclusion of History and Philosophy of Science, to form sensitive teachers to the difficulties of students, in order to lead them to build scientific knowledge more meaningful.

**Keywords:** chemical equilibrium, epistemological obstacles, chemistry teaching, teachers training, teaching and learning

## Introdução

Há tempos vários pesquisadores relatam as dificuldades de aprendizagem da química por parte de estudantes da educação básica (JOHNSTONE, 1980; JOHNSTONE, 2000; NAKHLEH, 1992) para a construção do conhecimento químico pertinentes a esta fase de escolarização. Estas dificuldades podem estar relacionadas a vários fatores e, dentre eles, podemos destacar metodologias de ensino inadequadas, muitas vezes centradas na memorização e acúmulo de informação, que resultam em distorções na aprendizagem e certa aversão dos estudantes em relação à ciência Química. Os que vencem a aversão e ingressam no ensino superior, particularmente, em cursos de Química (bacharelado ou licenciatura), também demonstram dificuldades de aprendizagem nos anos iniciais, muito semelhantes aos dos estudantes do ensino médio (TEIXEIRA JUNIOR, 2009). No entanto, não há uma discussão mais aprofundada sobre as dificuldades de aprendizagem no processo de construção do conceito de equilíbrio químico no estudante em termos dos obstáculos epistemológicos na perspectiva bachelardiana. De acordo com Bachelard, o conhecimento comum (o senso comum), muitas vezes, se constitui nestes obstáculos epistemológicos ao conhecimento científico, pois o ensino não propiciou uma ruptura com esta experiência imediata (LOPES, 1996).

O ensino de química requer uma compreensão dos fenômenos químicos, tanto do ponto de vista submicroscópico quanto do macroscópico, além da simbologia desenvolvida para a representação de tais fenômenos (SOUZA, 2008) e percebe-se que, muitas vezes, o estudante apresenta dificuldades em correlacionar estes três níveis de representação do fenômeno químico, que exige um pensamento abstrato. No caso particular do ensino de equilíbrio químico, conceito central cujo domínio permite o controle e otimização de processos químicos, muito tem se relatado sobre as dificuldades na aprendizagem de tal conceito (MACHADO, 1996; PEREIRA, 1989a; GHIRARDI, et al., 2014).

Embora não haja na literatura correlação entre Bachelard e Johnstone, este artigo se propõe a tecer algumas reflexões sobre os obstáculos epistemológicos, numa perspectiva bachelardiana, na aprendizagem do conceito de equilíbrio químico, bem como os níveis de representação de fenômenos químicos, a partir do modelo de Johnstone.

## **Desenvolvimento**

### *Os obstáculos epistemológicos ao aprendizado de equilíbrio químico*

O ensino de equilíbrio químico é um conceito central no entendimento de transformações químicas e, partir do conhecimento e aplicação deste conceito, é possível o controle e otimização de processos químicos, como foi o caso da produção industrial da amônia, um dos fatos mais marcantes do início do século passado, que ocasionou a fabricação de fertilizantes sintéticos em larga escala (CHAGAS, 2007). No início do século XX, o químico polonês Fritz Haber desenvolveu um processo para aumentar a produção da amônia que, por ser um sistema gasoso, é passível de compressão/expansão. Além disto, a reação de formação da amônia a partir dos gases hidrogênio e nitrogênio é um processo endotérmico, ou seja, necessita de calor para ocorrer. Portanto, pressão, volume e temperatura são alguns dos fatores que podem afetar o equilíbrio químico na formação da amônia e foram estes fatores que Haber testou e alterou até otimizar a produção deste composto. Resumidamente, ele concluiu que aumentando a pressão e diminuindo a temperatura (a valores razoáveis, pois o processo é endotérmico!), levava a um drástico aumento no rendimento desta reação. A estas condições foi introduzido o uso de catalisadores (ferro e óxidos metálicos), que tornaram “possível obter uma aproximação razoavelmente rápida do equilíbrio a temperaturas em torno de 400 °C a 500 °C e com pressões de gás de 200 a 600 atm”, de modo que “a constante de equilíbrio ainda fosse razoavelmente grande” (BROWN, 2005).

A descrição acima, ainda que breve, da síntese da amônia serviu para ilustrar a importância da aplicação do conhecimento químico (neste caso, do equilíbrio químico) para finalidades (pacíficas) diversas, de modo a propiciar melhores condições de vida as pessoas. E isto só é possível quando há um entendimento dos modelos e teorias que permeiam a ciência Química, nos seus diferentes níveis de compreensão. E é exatamente neste ponto que reside um dos maiores problemas nos processos de ensino e aprendizagem de química: a compreensão dos fenômenos químicos, tanto do ponto de vista macroscópico quanto

microscópico e suas correlações. Do ponto de vista da epistemologia bachelardiana, o espírito científico (pensamento científico) é construído de modo a:

Tornar geométrica a representação, isto é, delinear os fenômenos e ordenar em série os acontecimentos decisivos de uma experiência, eis a tarefa primordial em que se firma o espírito científico. De fato, é desse modo que se chega à *quantidade representada*, a meio caminho entre o concreto e o abstrato, numa zona intermédia em que o espírito busca conciliar matemática e experiência, leis e fatos. (Bachelard, 1996a)

No percurso da construção do espírito científico é de se esperar que a evolução para o pensamento abstrato seja um percurso normal, e até natural, a ser seguido, partindo-se do concreto. No entanto, percebe-se as dificuldades no processo das abstrações corretas, no que Bachelard considera “a necessidade de valorização do pensamento científico abstrato e aponta a experiência imediata como um obstáculo ao desenvolvimento dessa abstração”(LOPES, 2007). A dificuldade reside em se fazer a ruptura dos conhecimentos comuns (o senso comum, ou a experiência imediata) para a construção de conhecimentos científicos e superar o que Bachelard (1996b, p.) chama de obstáculos epistemológicos.

Os estudos de Bachelard no campo da formação do pensamento científico é bastante pertinente para a compreensão dos obstáculos epistemológicos no processo de ensino e aprendizagem do conceito de equilíbrio químico. Em termos mais práticos, no cotidiano de uma sala de aula, seja na educação básica ou superior, dificilmente um professor leva em consideração, por várias razões, os conhecimentos que os estudantes já têm construídos (o senso comum) ao longo de sua vida. Assim, na perspectiva bachelardiana, “não se trata, portanto, em *adquirir* uma cultura experimental, mas sim de *mudar* de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana” (Bachelard, 1996b). Por exemplo, no ensino do conceito de equilíbrio químico, é comum o estudante fazer analogias com andar de bicicleta ou a com objetos em uma balança de pratos.

Assim, de acordo com Lopes (2007), “não se aprende pelo acúmulo de informações; as informações só se transformam em conhecimento na medida em que modificam o espírito do aprendiz.”

Neste sentido, na literatura encontram-se vários trabalhos que relatam as concepções, ou conhecimento comum, que estudantes apresentam sobre equilíbrio químico (MACHADO, 1996; PEREIRA, 1989a; PEREIRA, 1989b; SOUZA, 2008) e apontam os principais, como sendo:

- equilíbrio químico associado à ideia de igualdade de concentrações de reagentes e produtos;

- características estáticas do equilíbrio químico;
- compartimentalização de reagentes e produtos;
- execução mecânica de cálculos;
- relacionar o estado de equilíbrio químico à ausência de alterações no sistema;
- confusão entre fenômeno e sua representação
- relacionar o estado de equilíbrio químico ao consumo total do(s) reagente(s) na reação.

Os autores observaram que os estudantes associaram equilíbrio químico a ideia de equilíbrio em geral (físico). A concepção de igualdade é muito marcante, uma vez que eles relacionam que após a reação química ocorrer, atinge-se o equilíbrio químico com concentrações iguais de reagentes e produtos, não levando em consideração as quantidades iniciais de reagentes e produtos e tão pouco a estequiometria da reação. Para os estudantes investigados, os termos *igual* e *constante* têm o mesmo significado, quando se define o equilíbrio químico, do ponto de vista cinético, e as concentrações de produtos e reagentes se tornam constantes. Como não há evidência sensorial (macroscópica) de que o equilíbrio químico foi atingido quando a velocidade das reações direta e inversa se igualam, o estudante conclui que mais nada ocorre no sistema (para ele o equilíbrio é estático). Também associam a esta inércia o consumo total dos reagentes. A ideia de que no meio reacional existe o “lado dos reagentes” e o “lado dos produtos” também foi detectado pelos autores, evidenciando a não diferenciação entre o fenômeno (reação química) e sua representação (equação química).

Além disto, o equilíbrio químico, seja do ponto de vista cinético ou termodinâmico, envolve aspectos qualitativos e quantitativos para sua compreensão e, muitas vezes é dada maior ênfase aos cálculos matemáticos em detrimento da compreensão mais ampla do processo, uma abordagem qualitativa, que levaria o estudante a compreender o estado de equilíbrio também no nível atômico-molecular. Fica evidente, portanto, que o senso comum está marcadamente presente nestas concepções e que persistem mesmo depois da apresentação formal do conceito.

Depreende-se também da análise das referidas publicações que, quando ocorre uma certa compreensão de equilíbrio químico por parte dos estudantes, esta fica mais restrita ao nível macroscópico e representacional (que Bachelard chama de concreto), ou seja, na descrição fenomenológica de *como* acontece e também, sua representação simbólica (equações químicas, com a dupla seta separando reagentes e produtos). Pouco se observou nos estudantes um entendimento do *por que* ocorre o equilíbrio químico, que seria a compreensão

em termos dos modelos e teorias vigentes, levando a construção do pensamento científico abstrato, que possibilitaria a explicação do fenômeno em nível microscópico. Estas concepções foram observadas tanto em estudantes do ensino médio, quanto do superior.

Então, fica a pergunta: por que os estudantes não aprendem equilíbrio químico?

A resposta a esta pergunta não é simples, pois envolve um conjunto complexo de fatos, intrinsecamente ligados, que precisam ser levados em consideração, tais como metodologia de ensino adotada; material de apoio utilizado; estrutura da escola; pré-disposição do estudante em aprender; formação inicial e continuada do professor, etc. Mas pode-se fazer uma reflexão mais geral, a luz da epistemologia bachelardiana, que o ensino oferecido não foi capaz de causar uma ruptura no conhecimento comum, de modo a caminhar para a construção de um conhecimento científico, ou seja, não se superou os obstáculos epistemológicos.

O obstáculo epistemológico, neste caso, seria a não ruptura das concepções concretas (equilíbrio estático, igualdade de concentrações, compartimentalização, etc.), do conhecimento comum do estudante e, como consequência, a não formação do pensamento abstrato (equilíbrio dinâmico, velocidades de reação direta e inversa iguais, etc.). Neste ponto, o papel do professor no processo de ensino e aprendizagem torna-se de extrema importância, uma vez que compete a ele mediar tal processo. Muitas vezes, o professor percebe a dificuldade do estudante, mas pouco faz (ou sabe) para reverter esta situação, limitando suas aulas aos cálculos matemáticos que, quase sempre, são resolvidos mecanicamente, facilitando assim a vida acadêmica de ambos, professor e estudante. Este comportamento é condizente com a estrutura curricular da maioria dos cursos de formação de professores de Química que, apesar de estarmos no século XXI, ainda se mantém presa ao ensino dogmático, de caráter fortemente positivista.

A introdução de Filosofia e História da Ciência nos cursos de formação de professores de Química poderia dar um importante auxílio no trabalho pedagógico para a compreensão da construção do pensamento científico, uma vez que a evolução da ciência não ocorre de maneira linear, mas através de rupturas e reconstruções e este processo precisa estar muito claro para quem assume o compromisso de ensinar. Mostrar que o *erro* não é algo ruim e que faz parte do processo de construção de qualquer conhecimento.

De acordo com Lopes (2007), discorrendo sobre a superação dos obstáculos epistemológicos, afirma que Bachelard:

considera a história das ciências como uma imensa escola, na qual existem os bons alunos e os alunos medíocres, enfatizando a importância de se trabalhar com a história de ambos: a transmissão de verdades e a transmissão de erros. O conhecimento das verdades permite entender as progressivas construções racionais. O conhecimento dos erros possibilita entender o que obstaculiza o conhecimento científico. É a partir daí que se constata como muitos desses entraves estão presentes no processo de aprendizagem. A dificuldade do aluno, muitas vezes, não é individual, mas faz parte de uma recorrência histórica.

Nesta concepção, os conhecimentos comuns dos estudantes, assim como os pré-conceitos e possíveis erros conceituais seriam levados em consideração e questionados, para assim ter uma maior compreensão da evolução dos conceitos que se aprende.

O ensino da ciência Química, como um todo, tem se mostrado ineficiente em seus objetivos e precisa ser repensado e reformulado, e esta reformulação deve ser implementada primeiramente nos cursos de formação inicial de professores. Em linhas gerais o ensino da química tende a fazer dela,

a ciência da memória, do empírico, distante do caráter materialista racional e matemático por ela adquirido há mais de um século, a Química torna-se, muitas vezes, massa disforme de informações destituídas de lógica. Ao invés de contribuir para ensinar a pensar, e a pensar cada vez melhor, é transmitida como um conjunto de normas e classificações sem sentido (LOPES, 2007, p. 67).

Assim, percebe-se a necessidade de mudanças nos cursos de formação de professores de Química e, por consequência, uma mudança metodológica no ensino desta ciência, de modo a proporcionar um aprendizado centrado na história da ciência, levando a superação dos obstáculos epistemológicos.

#### *Os níveis de representação do conhecimento químico*

A Química, uma ciência histórica e socialmente construída que estuda as substâncias e suas transformações, pode ser compreendida a partir do modelo dos três diferentes níveis de representação, de acordo com Johnstone (1993, p. 702): a macroquímica, a submicroquímica e a química representacional. A macroquímica pode ser entendida como a observação do fenômeno químico em nível macroscópico, ou seja, a percepção sensorial do fenômeno (cor, som, luz, desprendimento de gás, formação de precipitado, etc.). A submicroquímica seria o nível de representação submicroscópico das transformações químicas em nível molecular ou

subatômico, ou seja, os modelos e as teorias (por exemplo, a estrutura atômica explica as cores dos fogos de artifício). Finalmente, a química representacional compreende a simbologia para representar o fenômeno químico através dos símbolos dos elementos e substâncias químicas, as equações químicas e matemáticas, gráficos, etc.

De modo geral, observou-se que no trabalho de Souza (2008), os estudantes apresentam dificuldades em explicar o equilíbrio químico do ponto de vista submicroscópico, demonstrando não conseguirem relacionar os modelos e teorias com as observações macroscópicas.

Como ressalta Souza (2008, p. 51): “O verdadeiro entendimento e o domínio do conhecimento químico dependem da livre transição entre esses três níveis de representação.” A dificuldade no ensino de química e, particularmente o ensino de equilíbrio químico, reside no fato da maioria dos estudantes não conseguir fazer esta livre transição, ficando a aprendizagem restrita ao nível macroscópico e simbólico. No entanto, para uma compreensão completa dos fenômenos químicos, o nível submicroscópico torna-se essencial para explicar o comportamento de substâncias em nível molecular e/ou subatômico. Ainda de acordo com Souza (2008, p. 52), os estudantes apresentam dificuldades em construir um modelo explicativo em nível submicroscópico (modelo mental), pois requer uma alta capacidade de abstração.

### **Considerações finais**

À luz da epistemologia de Gaston Bachelard, as dificuldades de aprendizagem do conceito de equilíbrio químico relatadas a partir da análise do trabalho de alguns autores, devido aos obstáculos epistemológicos que se estabelecem entre o conhecimento comum e o conhecimento científico poderiam ser superados se o professor fizesse a correlação com a não linearidade histórica na construção do conceito químico.

Do ponto de vista dos níveis de representação, há uma grande dificuldade dos estudantes em explicarem o equilíbrio químico em nível submicroscópico, demonstrando a ausência ou fragilidade do pensamento abstrato.

Do exposto, muito se tem pesquisado sobre as dificuldades de aprendizagem de estudantes em relação a ciência Química e suas leis e conceitos, mas poucas são as ações que efetivamente se realizam na prática para a sua superação, principalmente nos cursos de formação inicial de professores. Os egressos destes cursos, marcadamente de matriz empírico-

positivista, normalmente têm sólida formação nos conteúdos químicos, mas falta a instrumentação necessária para detectarem as dificuldades de aprendizagem dos estudantes da educação básica e os métodos e/ou metodologias mais adequadas para sua superação, embora sua formação também contemple conhecimentos pedagógicos. Observa-se, portanto, um ensino compartimentalizado em conteúdos de química e conteúdos pedagógicos, mas com pouca correlação prática. Talvez uma possibilidade em reverter este quadro seja a urgente mudança de paradigmas em relação aos currículos de formação de professores de Química, buscando uma formação mais humanística, com um aprofundamento dos estudos em Filosofia e História da Ciência de modo a permitir formar um professor-pensador, reflexivo na sua ação docente, na ciência que ensina e nos processos de aprendizagem do estudante sob sua responsabilidade.

### Referências

- BACHELARD, G. Discurso preliminar. In: \_\_\_\_\_ **A formação do espírito científico**. Tradução de Esteia dos Santos Abreu. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996a. p. 7-16.
- \_\_\_\_\_. A noção de obstáculo epistemológico. In: \_\_\_\_\_ **A formação do espírito científico**. Tradução de Esteia dos Santos Abreu. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996b. p. 17-28.
- BROWN, T. et al. Equilíbrio químico. In: \_\_\_\_\_ **Química, a ciência central**. Tradução de Robson Matos. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005, p. 531-564.
- CHAGAS, A. P. A síntese da amônia: alguns aspectos históricos. In: **Química Nova**. Vol. 30, n. 1, 2007, p. 240-247.
- JOHNSTONE, A. H.; KELLETT, N. C. Learning difficulties in Scholl Science – Towards a working hypothesis. In: **European Journal of Science Education**. vol. 2, n. 2, 1980, p. 175-181.
- JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching – A changing response to changing demand. In: **Journal of Chemical Education**. vol 70, n. 9, 1993, p. 701-705.
- JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry – logical or psychological? In: **Chemistry Education: Research and practice in Europe**. vol. 1, n. 1, 2000, p. 9-15.
- LOPES, A. C. R. Bachelard: o filósofo da desilusão. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. vol. 13, n. 3, 1996, p. 248-276.
- LOPES, A. C. R. **Currículo e epistemologia**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007, p. 27-56.
- MACHADO, A. H.; ARAGÃO, R. M. R. Como os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico. In: **Química Nova na Escola**. novembro, n. 4, 1996, p. 18-20.
- GHIRARDI, M. et al. A teaching sequence for learning the concept of chemical equilibrium in secondary school education. In **Journal of Chemical Education**. vol. 91, n. 1, 2014, p. 59-65.

NAKHELH, M. B. Why some students don't learn Chemistry. In: **Journal of Chemical Education**. vol. 69, n. 3, 1992, p. 191-196.

PEREIRA, M. P. B. A. Dificuldades de aprendizagem I – Revisão de opiniões não apoiadas por pesquisa. In: **Química Nova**. Vol. 12, n. 1, 1989a, p. 76-81.

\_\_\_\_\_. A. Dificuldades de aprendizagem II – Uso de analogias e modelos. In: **Química Nova**. Vol. 12, n. 2, 1989b, p. 182-187.

SOUZA, K. A. F.; CARDOSO, A. A. Aspectos macro e microscópicos do conceito de equilíbrio químico e de sua abordagem em sala de aula. In: **Química Nova na Escola**. fevereiro, n. 27, 2008, p. 51-56.

TEIXEIRA JUNIOR, J. G.; SILVA, R. M. G. Investigando a temática sobre equilíbrio químico na formação inicial docente. In: **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. vol. 8, n. 2, 2009, p. 571-592.