

Obstáculos epistemológicos Bachelardianos no ensino de Química

Bachelardian Epistemological Obstacles in Chemistry Teaching

Natália Costa Rodrigues

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
natalia_costa@ufms.br

Daniele Correia

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
d.correia@ufms.br

Resumo

O presente estudo é de cunho qualitativo, de natureza teórica e tem como objetivo apresentar as ideias de obstáculos epistemológicos concebidas pelo filósofo francês Gaston Bachelard, enfatizando e exemplificando aqueles que são comumente disseminados no ensino de Química: experiência primeira; conhecimento geral; obstáculo verbal; conhecimento unitário e pragmático; substancialismo; realismo e obstáculo animista. Para isso, foi analisada a obra de Bachelard *A Formação do Espírito Científico*, na qual o autor destaca a necessidade de reconhecer e vencer esses obstáculos para o avanço da ciência e evolução do saber científico. Em relação ao ensino de Química, observa-se que o professor precisa primeiramente quebrar esses obstáculos, a fim de ensinar com eficiência novos conceitos e, além disso, a identificação prévia dos obstáculos pode auxiliar os estudantes a superarem dificuldades que apresentam na construção do conhecimento.

Palavras chave: Gaston Bachelard, A Formação do Espírito Científico, Obstáculos Epistemológicos, Ensino de Química

Abstract

The present study is qualitative, theoretical in nature and aims to present the ideas of epistemological obstacles conceived by the French philosopher Gaston Bachelard, emphasizing and exemplifying those that are commonly disseminated in the teaching of Chemistry: first experience; general knowledge; verbal obstacle; unitary and pragmatic knowledge; substantialism; realism and animistic obstacle. For this, Bachelard's work *The Formation of the Scientific Spirit* was analyzed, in which the author highlights the need to recognize and overcome these obstacles to the advancement of science and the evolution of scientific knowledge. Regarding the teaching of Chemistry, it is observed that the teacher first needs to break these obstacles in order to efficiently teach new concepts and, in addition, the prior identification of obstacles can help students to overcome difficulties they present in the construction of knowledge.

Key words: Gaston Bachelard, The Formation of the Scientific Spirit, Epistemological Obstacles, Chemistry Teaching

Introdução

Gaston Louis Pierre Bachelard, foi um filósofo francês, nascido entre os anos de 1884 e 1962, tendo presenciado, portanto, as grandes transformações filosóficas e científicas desse período. De origem humilde, seus pais eram proprietários de uma tabacaria e seu avô sapateiro. Trabalhou nos correios (1903-1913), licenciou-se em matemática (1913) e almejava tornar-se engenheiro, no entanto, devido a primeira grande guerra mundial (1914-1918) precisou suspender seu projeto de formar-se em engenharia, já que foi convocado para defender seu país.

Ao retornar (1918), iniciou sua carreira docente como professor de ciências no ensino secundário (1919-1930) em Bar-sur-Aube, sua cidade natal. Ainda nesse período, de modo completamente inesperado, iniciou seus estudos no campo da filosofia, disciplina pela qual se apaixonou, resultando em seu doutorado (1927), na Universidade de Sorbonne, e rendendo seu primeiro livro *Essai Sur La Connaissance Approchée*, publicado em 1928. Pouco depois (1930), tornou-se professor universitário da Sorbonne onde, posteriormente (1940-1955), ocupou cargo de diretor do Instituto de História e Filosofia da Ciência e Tecnologia (SOUZA, 2014).

Os primeiros trabalhos de Bachelard concentram-se na filosofia da ciência e são voltados principalmente para física e química. Nesse período ele estava particularmente entusiasmado com as grandes revoluções conceituais da física, como a relatividade e a mecânica quântica no início do século XX.

Contudo, seu trabalho não se restringe à filosofia. Bachelard revelou interesse pela poética. Ele publicou mais de vinte obras, versando principalmente sobre dois assuntos aparentemente distintos: epistemologia e poesia. Por isso, suas obras foram divididas em duas faces: diurna e noturna. Sua vertente diurna apresenta uma perspectiva mais racional e lógica, com obras voltadas à epistemologia e história da ciência, as quais se destacam: *A Formação do Espírito Científico*, *A Filosofia do Não* e *O Racionalismo Aplicado*. A vertente noturna está ligada ao mundo dos sonhos, devaneios, imaginação e inspiração artística, neste grupo destacam-se as obras: *A Psicanálise do Fogo*, *O Direito de Sonhar* e *A Poética do Devaneio*.

Todavia, os escritos de Bachelard permaneceram por um longo período ignorados e quase esquecidos dentro do campo de filosofia da ciência. Embora tenha sido muito produtivo desde a década de 1920, a primeira recepção mais significativa de seu trabalho ocorreu somente após a Segunda Guerra Mundial. Na França, seus livros foram publicados até o início da década de 1960, os mesmos foram traduzidos para o português e popularizados no Brasil apenas no começo da década de 1980 (ROSALINO, 2021).

As vertentes supostamente opostas, uma voltada para ciência e outra para poesia, reflete dois mundos distintos e complementares (SOUZA, 2014). Nesse sentido, vale ressaltar que embora exista a aparente dicotomia entre as obras diurnas e noturnas, Bachelard evidencia a importância de ambas as vertentes para formação do indivíduo, declarando que só se pode estudar o que primeiramente se sonhou. Conforme Japiassu (1976), a associação entre o diurno e o noturno permite uma compreensão mais ampla da potencialidade intelectual do indivíduo. A combinação entre a ciência e a poesia é essencial para a compreensão da definição de cultura que Bachelard sugere em seus escritos.

Em sua vertente voltada à epistemologia, Bachelard critica as correntes positivistas e empiristas de sua época e preocupa-se em estabelecer uma filosofia compatível às ciências contemporâneas (SOUZA, 2014). Para este trabalho, será considerada a sua vertente diurna, com ênfase na obra *A Formação do Espírito Científico* (BACHELARD, 1996).

Obstáculos Epistemológicos

Em uma de suas mais importantes obras diurnas, o livro *A Formação do Espírito Científico*, publicado originalmente na França em 1938 e no Brasil em 1996, Bachelard apresenta o conceito de obstáculo epistemológico, uma das principais concepções de sua epistemologia.

O obstáculo não é externo, não é causado por fenômenos observáveis ou por limitações tecnológicas. O obstáculo epistemológico é interno e ideológico, são analogias ou observações que podem levar a interpretação equivocada de um conceito científico (ROSALINO, 2021). Quando as ideias se estagnam ou regridem, estamos diante de um obstáculo epistemológico. Considerando os obstáculos epistemológicos, Bachelard afirma que:

[...] não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos e do espírito humano: É no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativos funcionais, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos (BACHELARD, 1996, p. 17).

O autor define como instinto conservativo, os conhecimentos prévios incrustados no campo psicológico que impedem a compreensão do conhecimento científico. Em suas palavras:

“Chega o momento em que o espírito prefere o que confirma seu saber àquilo que o contradiz, em que gosta mais de respostas do que de perguntas. O instinto conservativo passa então a dominar, e cessa o crescimento individual (BACHELARD, 1996, p. 19).”

A aprendizagem ocorre mediante as confusões internas provocadas pelo confronto entre o que já se sabe e o que se está aprendendo (FUKUI, 2017). Conforme mencionado por Pessanha (2014, p. 64-65) “é possível concluir que basta que se busque construir conhecimento para que se tenha um terreno fértil ao surgimento e ação dos obstáculos epistemológicos”. Os obstáculos estão sempre presentes, eles são intrínsecos ao conhecimento. A vista disso, Koeppe (2020) reitera que é fundamental que o indivíduo os reconheça e procure constantemente superá-los e, assim, será possível que o conhecimento científico evolua.

Bachelard aponta que a estagnação ou até mesmo regressão do progresso da ciência é provocada pelos obstáculos epistemológicos. Ele classifica a evolução histórica do pensamento científico em três etapas, ou períodos de maturação, em que em cada um deles o saber científico é repensado e reconstruído (MARTINS, 2013). O primeiro representa o período pré-científico, que corresponde à antiguidade clássica, passando por todo o Renascimento até início do século XVIII. O segundo representa o período científico, compreendendo o final do século XVIII e se estendendo até o início do século XX. O terceiro período, chamado de novo espírito científico, iniciou-se no ano de 1905 com a ruptura de antigos paradigmas e surgimento da teoria da relatividade de Einstein e o desenvolvimento da mecânica quântica. Nesse último período, os conceitos primordiais das ciências foram profundamente modificados, as abstrações tornaram-se mais audaciosas e corresponderam a um novo espírito científico (SOUZA, 2014).

Atrelado à evolução histórica, Bachelard estabelece a lei dos três estados do espírito científico,

elaborados como crítica à lei dos três estados (teológico, metafísico e positivo) fundamentados pelo filósofo positivista Auguste Comte (ROSALINO, 2021). O espírito científico, de acordo com Bachelard (1996), passa por três estágios: conhecimento concreto, conhecimento concreto-abstrato e conhecimento abstrato. O conhecimento concreto, predominante no período pré-científico, ocorre a partir de um primeiro contato com a natureza, no qual é construída uma percepção ingênua. No período científico (XVIII-XX), o avanço da ciência clássica com início dos métodos científicos e experimentações, originou o conhecimento concreto-abstrato. Já o conhecimento abstrato, originou-se com o advento da ciência moderna e superação da ciência clássica, período conhecido como novo espírito científico.

Desse modo, a evolução da ciência acontece quando os obstáculos que delimitam determinado período ou determinado conhecimento são superados. Conforme Pessanha (2014, p. 66) “Os obstáculos epistemológicos são os motores e, ao mesmo tempo, os freios do pensamento científico, são as aproximações e o que impede outras aproximações”.

Serão descritos e exemplificados, a seguir, alguns dos obstáculos epistemológicos bachelardianos que são comumente encontrados no ensino de ciências: experiência primeira; conhecimento geral; obstáculo verbal; conhecimento unitário e pragmático; substancialismo; realismo e obstáculo animista.

Experiência primeira

Para Bachelard (1996), as experiências primeiras são percepções idealizadas por meio da vivência cotidiana, é aquela colocada antes e acima da crítica. Ela está associada ao contato mais direto e inicial com o fenômeno, em que a explicação científica é substituída pelo deslumbramento, pela imagem. Assim, o efeito visual se torna mais importante do que a sua interpretação. Segundo o autor, é necessário lutar contra o deslumbramento dos fenômenos e sua interpretação superficial apresentada pelo senso comum, só então será possível construir hipóteses, teorias e realizar desconstruções necessárias ao progresso do fazer científico. A vista disso, Bachelard escreve que “[...] não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar uma cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana [...]” (BACHELARD, 1996, p. 23).

A título de exemplo, Pessanha (2014) evidencia que o uso da TICs no ensino de ciências pode se manifestar como um obstáculo da experiência primeira, ocupando um lugar meramente de distração no processo de ensino-aprendizagem e, portanto, podem impossibilitar a legítima busca ao conhecimento científico.

Ao realizar experimentos em sala de aula, o professor deve alternar o mais rápido possível do experimento para os conceitos abstratos. Caso contrário, os estudantes se lembrarão dos experimentos mais coloridos e impressionantes, mas não pelo motivo certo. Certo que eles vão lembrar quando tudo “explodiu”, mas não o porquê ou em que contexto. Com esses experimentos, as respostas são mais claras do que as perguntas. Eles promovem uma espécie de subconsciente da mente científica do qual é difícil se livrar. Nesse sentido, Bachelard descreve que:

“Basta que uma experiência seja feita com um aparelho esquisito [...] para que os alunos prestem atenção: deixam de olhar os fenômenos essenciais ... as experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos centros de interesse [...]” (BACHELARD, 1996, p. 48-50).”

Conhecimento geral

O conhecimento geral é outro obstáculo apresentado pelo filósofo francês. Frequentemente, ele é originado como uma consequência do obstáculo da experiência primeira. Refere-se a um conhecimento construído de forma prematura, generalizando muito rápido ou muito longe e, assim, dificultando o ato de continuar a conhecer. De acordo com Bachelard, para conquistar o saber científico é necessário romper com o conhecimento comum, nesse sentido, Bachelard, (1977, p. 16) ressalta que “em seu desenvolvimento contemporâneo, as ciências físicas e químicas podem ser caracterizadas epistemologicamente como domínios de pensamentos que rompem nitidamente com o conhecimento vulgar”

Bachelard (1996, p. 69) relata ainda que nada prejudicou tanto o avanço da ciência quanto o conhecimento geral, esse obstáculo foi predominante desde Aristóteles até Francis Bacon. A visão aristotélica sobre a queda dos corpos é mencionada por Bachelard como exemplo de obstáculo do conhecimento geral. De acordo com Aristóteles, os objetos caíam porque cada um dos quatro elementos (terra, ar, fogo e água) tinham seu lugar natural e esses elementos tendiam a voltar ao seu lugar natural. Assim, os objetos feitos de terra retornaram à terra, enquanto o fogo, por exemplo, subia em direção ao céu. Esse pensamento responde facilmente o motivo de um objeto cair ou subir e, portanto, um sujeito com espírito pré-científico se daria por satisfeito com essa resposta (PESSANHA, 2014).

Além de às vezes serem falsas, as regras gerais tendem a impedir o esforço científico. Uma regra geral às vezes é satisfatória o suficiente para que o cientista não sinta a necessidade de explorar mais.

Obstáculo verbal

O terceiro obstáculo epistemológico apresentado por Bachelard é o obstáculo verbal. Basicamente, ele limita todo conjunto de ideias e teorias a uma palavra ou imagem, produzindo um falso esclarecimento. Esse obstáculo se assemelha à utilização de analogias. Essencialmente, os hábitos verbais restringem o pensamento científico, por isso, deve-se ter cuidado com as palavras e expressões que são usadas ao se pensar em ciência. Nela, deve-se usar imagens e analogias somente após estabelecer a teoria.

Bachelard mostra como exemplo de obstáculo verbal a generalização da palavra esponja, muito utilizada na história da ciência para explicar a propriedade de “armazenamento” de algumas substâncias, como exposto do trecho a seguir: “a expressão ‘o ferro é uma esponja do fluido magnético’ é, portanto, uma metáfora que foge à verdade” (Bachelard, 1996, p. 97). No exemplo mencionado, a palavra “esponja” se caracteriza como um obstáculo pois não apresenta caráter científico, a explicação dos fenômenos se limita apenas a uma analogia.

No ensino de ciências, o obstáculo verbal tende a se manifestar por meio do uso incorreto de analogias e metáforas, que pode prevalecer sobre o conhecimento que se pretende construir. Por exemplo, ao questionar seus alunos do ensino médio sobre “o que é ressonância?” A resposta mais comum obtida por Vilas Boas e Souza Filho (2018) foi “é um exame”. Pelo fato de ouvirem por várias vezes o termo Ressonância Magnética referente a um exame médico, tal termo interferiu diretamente na construção da definição do conceito de ressonância, configurando-se em um caso de obstáculo verbal.

Conhecimento unitário e pragmático

O conhecimento unitário e pragmático, bem como o obstáculo do conhecimento geral, está associado à generalização dos fenômenos, porém, neste caso, de um modo mais amplo. Nele, o

pensamento científico é limitado em torno de uma única ideia ou conceito, ou seja, deduz-se que a explicação do “grande” pode ser utilizada para explicar o “pequeno” e vice-versa.

“As diversas atividades naturais tornam-se assim manifestações variadas de uma só e única Natureza. Não é concebível que a experiência se contradiga, ou seja, compartimentada. O que é verdadeiro para o grande deve ser verdadeiro para o pequeno, e vice-versa. À mínima dualidade, desconfia-se do erro” (BACHELARD, 1996, p. 107).

Desse modo, o período pré-científico tinha como pressuposto que todas as dificuldades podiam ser resolvidas por uma natureza homogênea. Tal dedução, leva a conclusões precipitadas, fáceis, exageradas e, na maioria das vezes, equivocadas. Conforme Martins (2007, p. 36) “a formulação de princípios gerais da natureza pode pôr fim às experiências, levando a uma valorização abusiva que acaba por esconder as contradições dessa mesma experiência”.

Substancialismo

Outro obstáculo epistemológico é o chamado substancialismo que, basicamente, consiste em atribuir características de determinadas substâncias a um todo ou vice-versa.

“O obstáculo substancialista, como todos os obstáculos epistemológicos, é polimorfo. É constituído por intuições muito dispersas e até opostas. Por uma tendência quase natural, o espírito pré-científico [...] atribui à substância qualidades diversas, tanto a qualidade superficial como a qualidade profunda, tanto a qualidade manifesta como a qualidade oculta.” (BACHELARD, 1996, p. 121)

A título de exemplo, em sua pesquisa de doutorado, Cedran (2015) questionou a um grupo de acadêmicos em Química participantes de seu estudo: “Uma molécula é a menor porção de matéria que mantém as propriedades da matéria como um todo. Segundo essa definição, uma molécula de açúcar é doce. Você considera a definição falsa ou verdadeira? Justifique”. Um exemplo de resposta, que apresenta a grande parte das opiniões dos estudantes foi “sim, toda molécula que apresenta açúcar em minha opinião é doce”. Dessa forma, é possível perceber o obstáculo substancialista atribuindo a ideia de doce a uma única molécula.

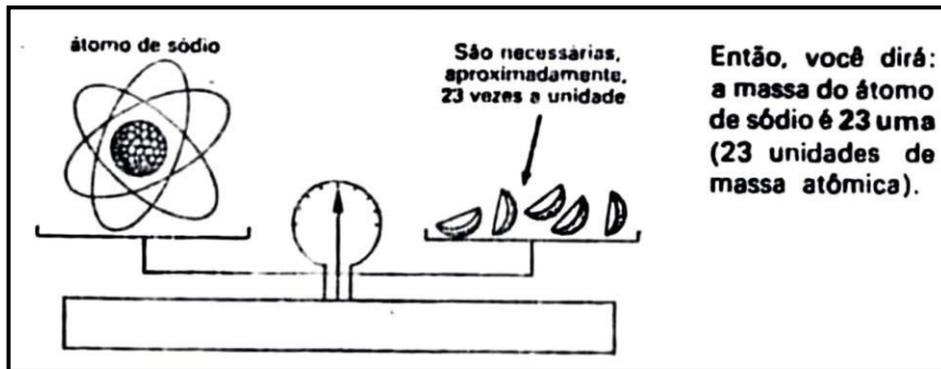
Ainda, o autor descreve outros exemplos de obstáculos substancialistas como, por exemplo, considerar que um único átomo de ouro apresenta a cor dourada ou que uma única molécula de etanol apresenta a mesma temperatura de ebulição de um tanque cheio desse combustível.

Realismo

O realismo, outro obstáculo apresentado por Bachelard, a compreensão dos fenômenos está rigorosamente associada à presença do real e, assim, não se faz necessário estudar ou ensinar o que está por trás desse realismo. Dessa forma, na ânsia de se fazer entender, algumas pessoas usam de analogias e metáforas, por meio de figuras e conceitos concretos para externar algo que é abstrato. São falas presas ao real suprimindo a compreensão do que não é material, visível, concreto.

Lopes (1990) traz como exemplo de obstáculo realista a figura de um átomo de sódio sendo pesado em uma balança e seu peso é comparado a 23 unidades de massa atômica. Representar apenas um átomo em uma balança irá causar um obstáculo realista no estudante, como se essa representação fosse possível de acontecer em contexto real.

Figura 1: Comparação do peso de um átomo à 23 unidades de massa atômica



Fonte: Lopes (1990, p. 189)

Obstáculo Animista

O obstáculo animista ou animismo, consiste em atribuir vida ao que não tem ou conferir um valor potencializado à vida ou seres vivos. O animismo, desse modo, confere a seres inanimados ou fenômenos naturais características como sentimentos, vontades e ações pensadas.

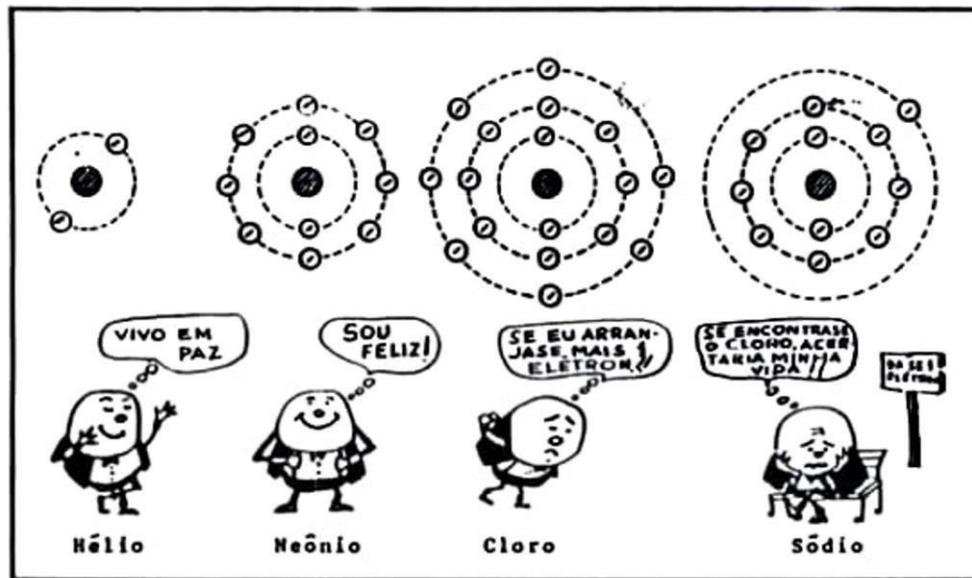
Bachelard critica esse tipo de abordagem pois, muitas vezes, as generalizações se tornam inconscientes e convincentes, transmitindo um falso esclarecimento ao indivíduo com o espírito pré-científico. Nesse contexto, o autor exemplifica:

“O metal tirado da terra da qual já não recebe alimento algum, pode muito bem ser comparado nesse estado ao homem velho, decrépito... a natureza conserva a mesma circulação de nascimento e morte tanto nos metais como nos vegetais e nos animais” (BACHELARD, 1996, p. 194).

Nesse sentido, os livros didáticos de ensino de ciências elencam variados obstáculos animistas, a exemplo, a recorrente descrição de que na ligação iônica um átomo “tem vontade” de doar elétrons e o outro átomo “tem vontade” de receber esses elétrons. Tal metáfora toma o lugar da verdadeira explicação e, dessa forma, limita o aluno em validar o aprendizado (PESSANHA, 2014).

Outro exemplo, descrito por Lopes (1990), apresenta a associação entre a distribuição eletrônica e a alegria ou tristeza apresentada pelos elementos químicos, atribuindo a eles sentimentos humanos.

Figura 2: Representação da disposição emocional dos átomos



Fonte: Lopes (1990, p. 162)

Epistemologia Bachelardiana no Ensino de Ciências

A obra de Bachelard não apresenta textos especificamente voltados à questão educacional. Contudo, o francês demonstra sua proposta filosófica por meio de conhecimentos científicos presentes na escola. Sem se aprofundar em sua discussão, Bachelard (1996, p. 23) utiliza o termo obstáculo pedagógico para exemplificar um tipo de obstáculo advindo da prática educativa. Tal obstáculo impede que os professores consigam compreender o porquê de seus alunos não compreenderem. Além disso, Bachelard considerava que os obstáculos epistemológicos, além de analisados na perspectiva da filosofia da ciência, deveriam ser estudados na prática da educação (PESSANHA, 2014). Diante disso, Bachelard faz duras críticas aos professores de sua época:

“Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana” (BACHELARD, 1996, p. 19).

De acordo com Barbosa e Bulcão (2004, p. 50), “o tema da educação está presente na obra bachelardiana através da noção de formação [...]”. Bachelard defendia uma educação formativa associada à imaginação, questionamento e racionalização, se posicionando contra a educação tradicional, repetitiva e mnemônica. Desse modo, é possível identificar princípios bachelardianos em teorias cognitivistas como no Construtivismo de Piaget, na Aprendizagem Significativa de Ausubel e até mesmo na Pedagogia da Autonomia de Paulo Freire (KOEPEPE, 2020).

As concepções de Bachelard, embora tenham sido estabelecidas a partir da segunda metade do século XX, se mostram atuais em âmbito educacional e, especialmente no ensino de ciências, vêm atraído o olhar de pesquisadores, principalmente em pesquisas de pós-graduação

(CEDRAN, 2015; FUKUI, 2017; KOEPPE, 2020; LOPES, 1990; MARTINS, 2013; PESSANHA, 2014; ROSALINO, 2021; SOUZA, 2014)

Considerações finais

O obstáculo epistemológico é algo inerente ao sujeito, não se pode afirmar que o livro didático ou outros meios de divulgação científica são obstáculos, é o indivíduo que pode desenvolvê-los mediante o contato com esses materiais. Desse modo, a identificação dos obstáculos pode auxiliar na identificação de dificuldades que os estudantes apresentam na construção do conhecimento.

Todavia, pouco esforço tem sido direcionado para o estudo dos obstáculos epistemológicos no âmbito educacional. Comumente, os professores dedicam-se a apresentar novos conceitos em suas aulas, que muitas vezes não se ajustam bem na mente do estudante. Um dos principais problemas a ser enfrentado, é que, frequentemente, os estudantes já possuem conhecimento prévios carregados de obstáculos epistemológicos que os impedem de compreender a ciência. Assim, o professor precisa primeiramente quebrar esses obstáculos, vindos das observações anteriores do estudante, a fim de ensinar com eficiência novos conceitos.

Referências –

- BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. Tradução. E. S. Abreu. Rio de Janeiro, Contraponto, 1996.
- BARBOSA, E.; BULÇÃO, M. **Bachelard**: pedagogia da razão, pedagogia da imaginação. Petrópolis: Vozes, 2004.
- CEDRAN, Jaime da Costa. **O conceito de estrutura dos compostos orgânicos**: uma análise a luz da epistemologia de Gaston Bachelard. 2015. 248 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Educação Para A Ciência e A Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015.
- FUKUI, Ana. **"Química: nossa vida, nosso futuro"**: análise discursivo-textual do ano internacional da Química na revista ciência hoje. 2017. 198 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Linguística Aplicada, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2017.
- JAPIASSU, H. **Para ler Bachelard**. Rio de Janeiro: F Alves, 1976.
- KOEPPE, Cleise Helen Botelho. **Formando espíritos científicos**: epistemologia bachelardiana aplicada ao ensino de ciências na educação básica de Florianópolis - SC. 2020. 170 f. Tese (Doutorado) - Curso de Educação em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.
- LOPES, A. R. C. **Livros Didáticos**: Obstáculos ao Aprendizado da Ciência Química. 1990. Dissertação (Mestrado em Educação) Fundação Getúlio Vargas, Instituto de Estudos Avançados em Educação, Rio de Janeiro 1990.
- MARTINS, A. F. **Tempo Físico, a Construção de um Conceito**. Natal: Ed. EDUFRN, 2007.
- MARTINS, André Luis. **Estudo e aplicação do referencial bachelardiano de obstáculos epistemológicos no ensino de sistemas químicos oscilantes**. 2013. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Química, Universidade de São Paulo, São Carlos,

2013.

PESSANHA, Márlon Caetano Ramos. **Estrutura da Matéria na Educação Secundária: obstáculos de Aprendizagem e o uso de simulações computacionais.** 2014. 231 f. Tese (Doutorado) - Curso de Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

ROSALINO, Israel. **Estudo da contribuição de uma exposição virtual museal de química para a formação do espírito científico.** 2021. 140 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Química, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

SOUZA, Paulo Henrique de. **Epistemologia e cultura no ensino de física: desvelando os conceitos de tempo e espaço.** 2014. 377 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

VILAS BÔAS, Cláudia Santos do Nascimento; SOUZA FILHO, Moacir Pereira de. Epistemologia de Bachelard e a aprendizagem do conceito de ressonância. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 40-58, nov. 2018.

