

<https://doi.org/10.56117/ReSBEnQ.2024.v5.e052419>

Questionar, Errar e Aprender: contribuições de Gaston Bachelard para a Filosofia e o Ensino de Química

Questioning, Erring and Learning: Contributions of Gaston Bachelard to the Philosophy and Teaching of Chemistry

Cuestionar, Errar y Aprender: Contribuciones de Gaston Bachelard a la Filosofía y Enseñanza de la Química

Matheus Almeida Bauer Zytkeuwisz (matheus.bauer@unesp.br)
Instituto de Química – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Araraquara
<https://orcid.org/0000-0003-4471-1798>

Resumo

O ensaio teórico aqui descrito baseado em um estudo bibliográfico de pequena escala teve como intenção primária explorar como as diversas contribuições do filósofo e epistemólogo Gaston Bachelard se relacionam com a Filosofia da Química, sobretudo seu entendimento sobre a natureza provisória do conhecimento, o qual pode ser relacionado intimamente com a natureza do conhecimento químico e suas particularidades. Em seguida, realizou-se um breve comentário e caracterização acerca de dois conceitos organizadores da epistemologia bachelardiana: a ruptura epistemológica e os obstáculos epistemológicos. Ao dissertar sobre tais conceitos, este ensaio procurou enfatizar como eles trazem implicações bastante significativas para a temática do Ensino de Química. Ao basear-se na ótica bachelardiana acerca da relação entre o questionamento e o erro, ilustrou-se como o emprego deles no ambiente de ensino revela grande potencial para o estabelecimento de uma pedagogia bachelardiana. Tal pedagogia reflete, do ponto de vista do docente, na adoção de uma abordagem ativa no ambiente de aprendizagem, bem como a construção de um ambiente seguro e robusto que encoraje os alunos a questionarem não somente os seus conhecimentos estabelecidos, mas também o conhecimento novo que lhes é apresentado. Tal ambiente de aprendizagem também deve promover o debate de ideias dos alunos com o docente e entre si sobre os diversos temas da Química. Do ponto de vista do aluno, essa abordagem bachelardiana potencialmente propicia aos aprendizes o desenvolvimento do pensamento crítico, reflexivo, bem como a oportunidade para construir e reconstruir seus próprios conhecimentos. Como conclusão entendeu-se que tal ambiente de aprendizagem



Este texto é licenciado pela [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

possibilita uma formação e preparação dos educandos mais adequada, além de capacitá-los com os conhecimentos, atitudes e comportamentos necessários para que eles não somente possuam um entendimento mais adequado sobre a natureza do conhecimento químico, mas também da lide científica.

Palavras-chave: Filosofia da Química. Epistemologia. Bachelard.

Abstract

The primary intention of the theoretical essay described here, based on a small bibliographic study, was to explore how the various contributions of the philosopher and epistemologist Gaston Bachelard relate to the philosophy of chemistry, especially his understanding of the provisional nature of knowledge, which can be closely connected to the nature of chemical knowledge and its particularities. Afterwards a brief commentary and characterization of two organizing concepts of Bachelard's epistemology were provided: the concept of epistemological rupture and epistemological obstacles. By discussing these concepts, this essay sought to emphasize their significant implications for the theme of chemistry education. Based on Bachelard's perspective on the relationship between questioning and error, an illustration of how they can be applied in the teaching environment revealed great potential for establishing a Bachelardian pedagogy. Such pedagogy reflects, from the teacher's point of view, in adopting an active approach within the learning environment, as well as in constructing a safe and robust environment that encourages students to question not only their established knowledge, but also new knowledge that is presented to them. This very learning environment should also promote students to engage in debates and discussions with the teacher and among themselves about the many topics of chemistry. From the student's perspective, this Bachelardian approach potentially fosters the development of critical and reflective thinking, as well as the opportunity to construct and reconstruct their own knowledge. The final remarks shown that such a learning environment provides a more adequate education and preparation for students, equipping them with the knowledge, attitudes, and behaviors necessary not only for a better understanding of the nature of chemical knowledge but also of scientific practice.

Keywords: Chemical Philosophy. Epistemology. Bachelard.

Resumen

El ensayo teórico basado en un pequeño estudio bibliográfico aquí descrito tuvo como intención primaria explorar cómo las diversas contribuciones del filósofo y epistemólogo Gaston Bachelard, especialmente su entendimiento sobre la naturaleza

provisoria del conocimiento, la cual puede ser relacionada íntimamente con la naturaleza del conocimiento químico y sus particularidades. En continuación fue realizado un breve comentario y caracterización acerca de dos conceptos organizadores de la epistemología bachelardiana: la ruptura epistemológica y los obstáculos epistemológicos. Al disertar sobre tales conceptos, este ensayo procuró enfatizar cómo ellos traen implicaciones bastante significativas para la temática de la enseñanza de la química. Con el razonamiento de la óptica bachelardiana acerca de la relación entre el cuestionamiento y el error, cómo su empleo en el entorno educativo fue ilustrado, revelando un gran potencial para el establecimiento de una pedagogía bachelardiana. Dicha pedagogía se refleja, desde el punto de vista del docente, en la adopción de un enfoque activo en el entorno de aprendizaje, así como en la construcción de un ambiente seguro y robusto que anime a los alumnos a cuestionar no solo sus conocimientos establecidos, sino también el conocimiento nuevo que se les presenta. Este entorno de aprendizaje también debe promover el debate de ideas entre los alumnos y con el docente sobre los diversos temas de la química. Desde el punto de vista del alumno, este enfoque bachelardiano potencialmente propicia a los aprendices el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo, así como la oportunidad para construir y reconstruir sus propios conocimientos. Las conclusiones obtenidas revelan que tal entorno de aprendizaje posibilita una formación y preparación de los educandos más adecuada, además de capacitarlos con los conocimientos, actitudes y comportamientos necesarios para que no solo posean una comprensión más adecuada sobre la naturaleza del conocimiento químico, sino también de la práctica científica.

Palabras clave: Filosofía de la Química. Epistemología. Bachelard.

Introdução

Química. A ciência central que subjaz, conecta e permeia as mais diversas áreas do conhecimento científico, desde seus primórdios se apresenta como um conjunto de conhecimentos de natureza complexa, multifacetada e por vezes amalgamado com outros troncos da ciência como a física ou a biologia (Schummer, 1998). Nesse sentido, as discussões endossadas pela Filosofia da Química se revelam como sendo altamente pertinentes para que possamos estar sempre vigilantes, críticos com respeito aos fundamentos e ideários deste ramo tão importante das ciências da natureza. Com a finalidade de trazer uma contribuição para a área, decidimos por fazer uma incursão nas ideias e conceitos propostos pelo filósofo e epistemólogo Gaston Bachelard com suas

obras Formação do Espírito Científico (1996) e Ensaio sobre o Conhecimento Aproximado (2004). Nos baseamos nestes dois textos que não somente endossam a discussão central deste trabalho, mas são também muito bem-vindos para refletirmos acerca de como os processos do Ensino de Química, em seus mais variados níveis, podem culminar em:

- ✓ Uma maior aproximação entre a prática docente e os compromissos curriculares, no sentido de uma melhoria da compreensão dos conceitos químicos pelos educandos;
- ✓ Uma melhor formação científica dos educandos, no sentido de promover um desenvolvimento mais adequado de suas habilidades e competências científicas;
- ✓ Uma formação crítica dos educandos, no sentido de permitir aos educandos a exposição de ideias, entendimentos e concepções próprias ao amplo debate em um ambiente acolhedor e seguro.

Optamos por escrever este artigo no formato de um ensaio teórico (Meneghetti, 2011) por conta das características dessa modalidade e do intento do autor. Um ensaio teórico pretende uma reflexão crítica, aprofundada de conceitos, teorias ou ideias sem necessariamente se apoiar em dados empíricos. Assim, o ensaio teórico costuma se embasar no que já existe na literatura sobre o tema que o ensaio pretende discutir, possibilitando ao autor uma abordagem argumentativa, fundamentada, e que ao mesmo tempo permite um espaço para críticas, interpretações particulares e propostas com a intencionalidade do avanço do conhecimento teórico da temática em foco. Haja vista essas características, pensamos que este formato seria o mais adequado para as discussões que trouxemos aqui neste dossiê.

Assim sendo, este ensaio teórico teve como objetivo dissertar sobre a Filosofia da Química e a natureza do conhecimento químico, estabelecer conexões com as propostas e ideias de Gaston Bachelard e evidenciar como tais conexões fornecem fulcro para o aprofundamento das discussões da área. Por fim, finalizamos explicitando como o questionamento e o erro, na visão do filósofo, podem proporcionar fulcro para uma prática pedagógica mais adequada – e bachelardiana.

Breve contexto e comentário sobre a Filosofia da Química

A Filosofia da Química é um ramo de estudos recente, o qual veio a exibir uma crescente atenção e produção acadêmica por volta do fim da década de 1990 que pertence ao tronco maior da Filosofia da Ciência. Possivelmente o grande marco da história da Filosofia da Química seja a publicação de Eric Scerri e Lee McIntyre (1997) no renomado periódico *Synthese* com o título “Um Argumento para uma Filosofia da Química” (no original, em inglês *The Case for the Philosophy of Chemistry*). Em tal artigo, os autores fazem uma robusta defesa da importância da Filosofia da Química ter sua própria identidade dentro do corpo maior da Filosofia da Ciência. Tal defesa se fez por meio de colocações acerca da natureza do conhecimento químico, a história e o desenvolvimento da Química enquanto Ciência, a natureza largamente interdisciplinar da Química, bem como os aspectos mais pragmáticos da Química. Assim sendo, a Filosofia da Química se debruça e pretende, mais do que responder, propor as questões epistemológicas, ontológicas e metodológicas específicas do *corpus* de conhecimentos que compreendem a Ciência Química. Dessa forma, ela se torna essencial para o bom entendimento da natureza do conhecimento químico, sua linguagem e seus significados, bem como os protocolos pelos quais o ele é construído. Logo, ela pretende propor os formalismos e bases teóricas com a intencionalidade de delinear e circunscrever como o conhecimento químico, em sua totalidade, é concebido, validado e aplicado.

As discussões na seara da Filosofia da Química são variadas, mas costumam ressaltar, caracterizar, distinguir ou defender a temática, com discussões e diálogos que procuram evidenciar o caráter essencial de uma base filosófica sólida para a Química. Schummer (1998), por exemplo, disserta sobre as questões epistemológicas, ontológicas e metodológicas da química, ilustrando como a disciplina é largamente diferenciada de outras disciplinas próximas e as vezes tangentes ou interseccionais (como a Física e a Biologia). Stein (2004) procura propor uma visão para a Filosofia da Química baseada no fenômeno da “mudança molecular”, que seria o fundamento das reações químicas. Needham (2014) faz uma bela discussão sobre como os avanços na compreensão da ligação química são entendidos de um ponto de vista filosófico e se relacionam com as teorias antecedentes sobre ligação química. Lombardi e Lamarca (2005) defendem a independência ontológica da Química, a qual costuma se basear na redução

epistemológica de que nem todos os conceitos e leis da química podem ser obtidos a partir das teorias da Física – sendo tal redução considerada insuficiente pelos autores. Chang (2015), por fim, expõe como a Química é intimamente conectada com a Física, e como tais áreas apresentam por vezes uma relação de interdependência, ou como certos conceitos químicos podem ser explicados de um ponto de vista puramente físico. Contudo, mesmo sabendo da intensa sobreposição e como essas duas disciplinas científicas por vezes se apresentam amalgamadas, o autor pontua como é necessário reconhecer a necessidade e a importância de cada uma dessas ciências possuírem uma base filosófica independente. Postos estes breves comentários acerca da relevância da Filosofia Química, passaremos para uma discussão sobre a natureza do conhecimento químico e como ela se relaciona com uma ousada proposta do filósofo e epistemólogo Gaston Bachelard.

A natureza do conhecimento químico e a proposta de conhecimento aproximado de Gaston Bachelard

O conhecimento químico compreende uma região do grande mapa das ciências da natureza a qual possui características únicas. O conhecimento químico é amplamente baseado em achados empíricos e modelos teóricos, os quais muitas vezes não estabelecem relação hierárquica ou explicativa entre si. O átomo e a ligação química, por exemplo, são construtos teóricos que suportam essencialmente todo o conhecimento químico há séculos; apesar disso, as evidências da existência de tais construtos são indiretas – e, enquanto os postulados da quântica permanecerem verdadeiros, a observação direta de um átomo ou de uma ligação química não será possível. O que temos são dados indiretos obtidos a partir de técnicas e equipamentos sofisticados que endossam a sua existência e características (e.g. Espectroscopia, Microscopia de Força Atômica, Análise Cristalográfica por Difração de Raios-X).

Assim temos que o conhecimento químico se encontra em uma eterna dança entre o concreto e o abstrato, entre o observável e o modelo, entre o fenômeno e a teoria que procura explicá-lo. Mas, principalmente, o conhecimento químico possui um caráter *provisório e aproximado*, sendo formado e reformado, tendo suas bases reviradas e reestabelecidas, suas colunas derrubadas e reerguidas. Esse movimento bem caracteriza

o mover da Ciência Química, a qual permanece em constante mudança, sempre buscando por modelagens mais sofisticadas e experiências mais exatas. Nesse sentido, as contribuições de Gaston Bachelard, sobretudo o entendimento de *conhecimento aproximado* (Bachelard, 1928) e suas repercussões são relevantes para a Filosofia da Química.

Gaston Bachelard foi um filósofo e epistemólogo francês, nascido em 1884, na região da *Champagne* francesa, falecendo em Paris no ano de 1962. Bachelard viveu em um período de intensa turbulência sociopolítica, tendo vivido e contemplado a Primeira e Segunda Guerra Mundial, e presenciado proximamente as grandes mudanças na sociedade ao longo das décadas vividas no coração da Europa. Bachelard licenciou-se em Matemática em 1912, em Filosofia em 1920. O filósofo não somente vivenciou revoluções sociopolíticas de perto; ele acompanhou o germinar e florescer de revolucionárias teorias e o surgimento de novos campos da Ciência, como por exemplo a teoria da relatividade de Einstein e a física relativística. Porém, as ocorrências que provavelmente mais influenciaram suas contribuições para a História e Filosofia da Ciência se decorreram em virtude de seu testemunho dos diversos fracassos da física clássica ao tentar explicar os resultados e/ou observações de alguns experimentos – os quais inicialmente não pareciam ter relação entre si – tais como:

- ✓ A radiação de corpo negro;
- ✓ O efeito fotoelétrico;
- ✓ A natureza dualística das partículas subatômicas.

Em consequência deste fracasso e o sucesso de propostas revolucionárias aportadas por cientistas da época como Max Planck, Louis de Broglie e Erwin Schrödinger – os quais se ajuntam a um rol de célebres estudiosos responsáveis pelo aguerrido confronto com os saberes e conhecimentos estabelecidos à época – se deu a emergência de um novo *corpus* do conhecimento científico, o qual se apresentou como divisor de águas com a Física Clássica, que mais tarde viria a ser denominado Física Quântica.

Nesse período de grande efervescência de ideias, Bachelard concluiu seu doutorado em 1927, com a célebre tese “*Essai sur la connaissance approché*” (Lima,

Marinelli, 2011) a qual, no ano posterior, foi publicada como livro (Bachelard, 1928). O principal argumento do filósofo neste manuscrito foi a defesa de que, ao contrário da visão tradicional de que o conhecimento científico possuía caráter pétreo, absoluto e definitivo, o conhecimento científico era, em verdade, de caráter *provisório*, sempre sujeito a revisões e refinamentos. Para Bachelard (1947), todo conhecimento é uma *aproximação* da realidade, o qual pode ser aperfeiçoado conforme os avanços tecnológicos possibilitam novas experiências – e, por meio destas, temos novas aproximações, mais adequadas e exatas, corrigindo e aprimorando o conhecimento estabelecido.

Bachelard, assim, posicionou-se em riste ao caráter dogmático, imutável da ciência – o qual já estava sendo desafiado à época – e sugeriu que a ciência não deveria buscar uma *verdade absoluta*, mas sim teorias e conceitos cada vez mais precisos, próximos da descrição do real – real este que no entendimento bachelardiano se trata de um construto hipotético. Nesse sentido, o filósofo realizou o ousado comentário, “Por isso cremos que uma das mais temíveis objeções para as teses idealistas é a existência inegável de um erro que não pode, por natureza, ser totalmente eliminado e que nos obriga a nos contentarmos com aproximações”¹ (Bachelard, 1928, p. 16).

A noção de conhecimento aproximado forneceu um sólido embasamento para que o filósofo viesse a propor sua filosofia: *a filosofia do inexato*. A proposta bachelardiana se debruça totalmente na noção de que o conhecimento científico apresenta uma dependência temporal, tecnológica é *sempre* possui uma natureza parcial, incompleta, como segue.

Conceitos organizadores da filosofia bachelardiana: a ruptura epistemológica e os obstáculos epistemológicos

Bachelard em suas obras defendeu e propôs uma série de conceitos organizadores, os quais são relevantes para a boa compreensão de sua Epistemologia. Começamos discutindo o conceito de *ruptura epistemológica*. Para o filósofo, o fator histórico, temporal influencia diretamente no desenvolvimento científico – e tal desenvolvimento

¹ No original, em francês: Aussi croyons-nous qu'une des objections les plus redoutables pour les thèses idéalistes est l'existence indéniable d'une erreur qui ne peut, par nature, être totalement éliminée et qui nous oblige à nous contenter d'approximations.

é intimamente relacionado aos desenvolvimentos tecnológicos. Apesar disso, o filósofo defende que é necessário que haja cautela ao entender e alinhar o progresso científico; o conhecimento científico não é uma trama de uma linha só. Nem tudo está relacionado, nem sempre o conhecimento estabelecido é fundamento do conhecimento novo. Em verdade, Bachelard afirma que, em certas ocasiões, é necessário caminhar *contra* o que está estabelecido; é necessário que haja um *rompimento*, uma *ruptura* com o velho para que o novo possa florescer desvincilhado das amarras da ciência atualmente aceita. Esse movimento é a ruptura epistemológica.

Mesmo que se confine o conceito na lógica pura, é possível encontrar marcas de um arbitrário inicial na limitação de sua compreensão. O conceito é, de fato, uma suspensão da análise, um verdadeiro decreto pelo qual se enumeram as características que são dadas como suficientes para reconhecer um objetivo²(Bachelard, 1928, p. 27, tradução livre).

A importância do conceito de ruptura epistemológica se torna evidente ao pensarmos no exemplo posto anteriormente sobre a formação e estabelecimento da Física Quântica. Tomemos por exemplo a proposta da quantização da energia de Planck. Como seria possível relacionar o entendimento clássico de energia, contínua, com a ideia de pacotes de energia discretos propostos pelo físico?

Um outro exemplo é bem desenhado no âmago da Química, com os modelos atômicos. Tomemos o modelo de Dalton e Thomson. É frequentemente ensinado, e até mesmo posto em livros, que existe um caráter de continuidade (Brenner, 2010), de *linearidade*, de *consequência direta* entre os dois modelos. Mas a análise criteriosa das características do átomo de Dalton e do átomo de Thomson evidencia com clareza que há uma *ruptura conceitual* gritante entre os dois modelos. Ora, o átomo de Dalton postula que o átomo se trata de uma entidade única, sólida e indivisível. Thomson, por sua vez, propôs que o átomo não é uma entidade única, mas uma entidade com carga neutra, tal carga neutra sendo o resultado do equilíbrio de uma carga positiva esférica com uma espécie *subatômica* de tamanho infinitamente menor, chamada de elétron, a qual é envolvida pelo corpo central. Agora o átomo não é mais um corpo sólido,

² No original, em francês: Il y a plus. En acceptant même de confiner le concept dans la logique pure on peut trouver trace d'un arbitraire essentiel dans la limitation de sa compréhension. Le concept est, en effet, un arrêt dans l'analyse, un véritable décret par lequel on retient les caractères qu'on affirme suffisants pour reconnaître un objet.

homogêneo e principalmente único! O átomo de Thomson é caracterizado por duas entidades. Além disso, o conceito de carga elétrica, ausente na proposta de Dalton, se apresenta como elemento inextrincável para a explicação da estabilidade do átomo. Dessa forma, evidenciamos que ocorrem claras *rupturas conceituais* entre os dois modelos.

Mas vamos criar um sujeito hipotético, o qual quer que haja uma *continuidade* (Brenner, 2010) entre os dois modelos. Decerto, qualquer tentativa de estabelecimento de uma continuidade entre os modelos é um engano; uma *falsa verdade*. E é neste ponto que trazemos o conceito de *obstáculo epistemológico* de Bachelard. Os obstáculos epistemológicos que Bachelard (1947) propôs, os quais são variados em natureza e complexidade – desde a pueril Experiência Primeira ao sofisticado Obstáculo Substancialista – nada mais são, em sua essência, do que falsas verdades estabelecidas com a finalidade de prevenir uma ruptura epistemológica. Frequentemente, os obstáculos epistemológicos se formam a partir de suposições simplistas, generalizações mal racionalizadas, na sensualidade dos sentidos e outros aspectos subjetivos.

Quando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, logo se chega à convicção de que é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado. E 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 imperativo funcional, lentidões e conflitos. (...) Ao retomar um passado cheio de erros, se encontra a verdade num autêntico arrependimento intelectual. No fundo, o ato de conhecer se dá contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização³(Bachelard, 1947, p. 16, tradução livre).

Não iremos entrar nos detalhamentos acerca dos diversos tipos de obstáculos epistemológicos que Bachelard propôs. Nos contentaremos em dizer que tais obstáculos são, por vezes, de difícil desconstrução, especialmente por conta de sua natureza frequentemente polimórfica e plural (no sentido de dois ou mais obstáculos estarem

³ No original, em francês: Quand on cherche les conditions psychologiques des progrès de la science, on arrive bientôt à cette conviction que c'est en termes d'obstacles qu'il faut poser le problème de la connaissance scientifique. Et il ne s'agit pas de considérer des obstacles externes, comme la complexité et la fugacité des phénomènes, ni d'incriminer la faiblesse des sens et de l'esprit humain : c'est dans l'acte même de connaître, intimement, qu'apparaissent, par une sorte de nécessité fonctionnelle, des lenteurs et des troubles. (...) En revenant sur un passé d'erreurs, on trouve la vérité en un véritable repentir intellectuel. En fait, on connaît contre une connaissance antérieure, en détruisant des connaissances mal faites, en surmontant ce qui, dans l'esprit même, fait obstacle à la spiritualisation.

atuando mutuamente com respeito a determinado entendimento). O ponto que desejamos alcançar, o qual foi o sustentáculo primordial das conjecturas e proposições mais adiante, é o entendimento de *erro* para Gaston Bachelard e a importância do questionamento na lide científica, como tratamos a seguir.

O conceito de erro na ótica bachelardiana e o papel fulcral do questionamento

No cotidiano de nossa vida societária, o erro e o ato de errar é frequentemente associado a uma percepção negativa; a sinonímia estabelecida e socialmente aceita é que o erro é uma *falha*. Errar implica incompetência, falta de habilidade, uma fragilidade dos conhecimentos associados ao ato falho. Cometer um erro é algo fortemente estigmatizado, levando o ator a experimentar sensações de vergonha e culpa, e por vezes o erro acarreta formalmente penalizações das mais variadas formas, e informalmente pode promover um senso de desaprovação social e perda da autoconfiança do ator. O peso do erro é tão grande que, na tentativa de evitá-lo, criamos rotinas, repetições que inevitavelmente implicam em uma prisão da nossa mente, da nossa alma. Tal prisão é especialmente danosa quando pensamos na atividade científica, pois ela limita ou procura alienar elementos de alto valor como a criatividade e a subjetividade do sujeito em sua atuação profissional.

Porém, para Bachelard, o conceito de erro é completamente diverso do usual. Para o filósofo, o erro é componente indispensável para a construção do conhecimento científico (Bachelard, 1947), revelando sua importância para a historicidade do conhecimento científico (*e.g.* conhecimentos obsoletos são necessariamente erros que exigem retificação) e o aliciamento do aprendiz quando da ocorrência dele (*e.g.* a experiência exigente). O erro, na epistemologia bachelardiana, ocupa posição de primazia, e Bachelard ousadamente afirma que toda e qualquer experiência científica que não resulte em um processo de *retificação de erros* seja uma *experiência inútil*.

Já foi dito muitas vezes que uma hipótese científica que não esbarra em nenhuma contradição tem tudo para ser uma hipótese inútil. Do mesmo modo, a experiência que não retifica nenhum erro, que é monotonamente verdadeira, sem discussão, para que serve?⁴ (Bachelard, 1947, p. 10, tradução livre).

⁴ No original, em francês: On a dit souvent qu'une hypothèse scientifique qui ne peut se heurter à aucune contradiction n'est pas loin d'être une hypothèse inutile. De même, une expérience qui ne rectifie aucune erreur,

Dessa forma, Bachelard promove o erro a elemento constituinte do processo dialético por meio do qual o conhecimento científico se forma e, principalmente, se *reforma*. Contudo, para que o conhecimento científico avance, não basta apenas retificar erros. Em verdade, como o próprio filósofo fala no trecho supracitado, se a hipótese inicial, se a insatisfação, se o *questionamento* inicial não produz algum atrito com o que se encontra estabelecido, teremos um empreendimento esvaziado o qual, fatalmente, não resultará em uma retificação de erros. Aqui temos, enfim, o enlace entre o processo de retificação de erros com o importantíssimo ato de *questionar*.

E até no pormenor da pesquisa científica, diante de uma experiência bem específica que possa ser consignada como tal, como verdadeiramente una e completa, sempre será possível ao espírito científico mudar suas condições, sair da contemplação do mesmo para buscar o outro, para dialetizar a experiência. (...) Em resumo, o homem avivado pelo espírito científico deseja saber, mas para, imediatamente, melhor questionar⁵(Bachelard, 1993, p. 16, tradução livre).

Para Bachelard (1947), o que mantém o espírito científico avivado é a sua eterna busca pela contradição, pelo erro; sempre inquieto, levando o conhecimento de origem ao embate com a questão não respondida. É somente por meio do questionamento, da intriga, da insatisfação que o espírito científico pode realizar suas incursões nas obscuras divisas do conhecimento humano, revelando erros cada vez mais capciosos, aproximações cada vez mais exatas. Falamos antes da eterna dança entre o *concreto* e o *abstrato*, o *observável* e o *modelo*, o *fenômeno* e a *teoria*, mas há uma outra dança que queremos vislumbrar e vivificar aqui: o *ballet* entre o erro e o questionamento.

Questionamento e erro como estratégia de ensino para uma prática pedagógica bachelardiana

Tecemos até aqui, de maneira sucinta as discussões fundamentais da proposta bachelardiana. Com tais discussões, chegamos ao ponto nevrálgico do manuscrito, no qual pretendemos propor algumas reflexões e ideias acerca de como o entendimento bachelardiano sobre erro e questionamento podem suportar parcialmente uma prática

qui est platement vraie, sans débat, à quoi sert-elle?

⁵ No original, em francês: Et dans le détail même de la recherche scientifique, devant une expérience bien déterminée qui pourrait être enregistrée comme telle, comme vraiment une et complète, l'esprit scientifique n'est jamais à court pour en varier les conditions, bref pour sortir de la contemplation du même et chercher l'autre, pour dialectiser l'expérience. (...) En résumé, l'homme animé par l'esprit scientifique désire sans doute savoir, mais c'est aussitôt pour mieux interroger.

docente mais adequada no contexto do Ensino de Química – e no contexto do Ensino de Ciências no geral.

Em um trabalho anterior (Zytkuewicz, Bego, 2018) já havíamos discutido a relevância de trabalharmos com a ideia de erro como um suporte para a aprendizagem. De fato, tão importante quanto mostrar “como a ciência funciona”, é mostrar como ela “não funciona”. Contudo, o enlace do questionamento e do erro sob uma perspectiva bachelardiana com a finalidade da promoção de uma prática pedagógica mais adequada, é a grande discussão que queremos trazer aqui. Bachelard (1947) propõe que o progresso científico se dá pela superação dos obstáculos epistemológicos, pelo confronto do estabelecido com o novo – e aqui cabe uma colocação especial sobre os obstáculos epistemológicos; o conhecimento estabelecido, antecedente por vezes se coloca como obstáculo quando o novo que lhe desafia. E isso é facilmente transposto para o contexto da sala de aula ou do laboratório, como segue.

É comum que os alunos se apeguem aos seus conhecimentos internalizados, seus entendimentos particulares, suas *experiências primeiras* (Bachelard, 1947) quando se deparam com algo que as desafie – e geralmente um esforço cognitivo é necessário para que o conhecimento desafiador vença e reforme o conhecimento estabelecido. Tomemos, por exemplo, o conceito de camada de valência, mais especificamente o que é cotidianamente ensinado na Química do Ensino Médio como sendo a “regra do octeto”. O aluno ingressante na graduação em Química, posteriormente, em alguma das disciplinas de Química iniciais, terá um confronto entre o que está estabelecido (a regra do octeto) e o que geralmente se reserva ao Ensino Superior em Química, que são as *camadas de valência “estendidas”*, que se trata simplesmente do estudo dos átomos que empregam os orbitais d para realizarem ligações químicas (fenômeno tal que é verdadeiro para boa parte da tabela periódica). É comum que haja uma *resistência* do aluno, que ele tente prevenir a *reforma* do conhecimento internalizado frente ao conhecimento novo. Assim, o conhecimento internalizado, estabelecido, se dispõe como obstáculo epistemológico, e isso vale tanto para a prática científica em si quanto para o Ensino de Química.

Isso tudo, no fim das contas, se trata de *desafiar preconceitos*, os entendimentos mesquinhos (Bachelard, 1947). Nesse sentido, o questionamento vem como uma

ferramenta fulcral para uma boa pedagogia: *é necessário que os alunos sejam encorajados a questionarem o conhecimento internalizado e o conhecimento novo*. A aceitação passiva da informação, a ausência do questionamento, da crítica é, para Bachelard (1947), a morte do espírito científico. O docente de Química – e isso vale para qualquer nível de ensino – necessita fomentar, construir um ambiente de ensino no qual *o questionamento não é apenas permitido, mas incentivado*. Os alunos devem se sentir seguros para fazerem perguntas, explorarem intrigas, desafiarem seus entendimentos.

Temos ainda um outro aspecto importante da atuação docente: além de criar um ambiente que propicie essas interações – e vale ressaltar que essas interações não devem ser apenas docente e aluno ou aluno e docente, mas também aluno e aluno – o docente deve trabalhar também, em paralelo, o entendimento do dinamismo da ciência química. O conhecimento químico não é dogmático e fechado, e sim provisório e sujeito a revisões – e esse caráter do conhecimento químico deve ser clarificado aos alunos. A ciência Química sempre está sujeita a abandonar os conceitos estabelecidos, a passar por uma mudança de perspectiva e até mesmo paradigmática. A química, sobretudo na seara científica, está em permanente busca de conhecimentos cada vez mais precisos e aproximados, na retificação de erros cada vez mais diminutos – mas principalmente, a Química se apresenta como uma ciência cada vez mais *abstrata e construída*, menos *concreta e observável*. *Nada é pétreo ou imutável; todo conhecimento é inevitavelmente provisório e sujeito a falhas e erros* (Bachelard, 1928).

Nós precisamos provar que a abstração desobstrui o espírito, que ela o torna mais leve, que ela o dinamiza. Forneceremos essas provas ao estudar proximamente as dificuldades das abstrações corretas, destacar a insuficiência dos primeiros esboços, o peso dos primeiros esquemas, ao sublinhar também o caráter discursivo da coerência abstrata e essencial, que nunca alcança seu objetivo de um só golpe⁶ (Bachelard, 1947, p. 6, tradução livre).

Nesse processo de estabelecimento de um contexto pedagógico bachelardiano, não basta apenas a promoção de uma *postura ativa* (Michael, 2006) dos alunos; *tão importante quanto a promoção de um ambiente seguro para questionar, o docente deve*

⁶ No original, em francês: Il nous faudra prouver que l'abstraction débarrasse l'esprit, qu'elle allège l'esprit, qu'elle le dynamise. Nous fournirons ces preuves en étudiant plus particulièrement les difficultés des abstractions correctes, en marquant l'insuffisance des premières ébauches, la lourdeur des premiers schémas, en soulignant aussi le caractère discursif de la cohérence abstraite et essentielle qui ne peut pas aller au but d'un seul trait.

fomentar um ambiente seguro para errar. Na ótica bachelardiana, como já expusemos aqui, o erro é elemento central, *natural* da atividade científica. No ambiente de aprendizagem não pode ser diferente; o docente deve trabalhar vigorosamente para romper com a concepção cotidiana de erro, e construir, junto de seus alunos, o entendimento de que *o erro é um componente central e inextrincável da construção do conhecimento.*

Em uma proposta bachelardiana, o erro não deve ser evitado (pelos alunos) com a intenção de desviar de uma penalidade; em vez disso, a ocorrência do erro deve auxiliá-los na identificação e superação dos seus próprios obstáculos epistemológicos e, ao superá-los, os alunos tem a oportunidade de aprofundar e reformar seus conhecimentos, psicanalisar suas subjetividades, construir um *corpus* de conhecimentos mais *precisos e exatos* (Bachelard, 1928). Para o docente, por sua vez, o erro deve ser entendido como um *estopim* que lhe possibilita identificar as fragilidades e incoerências dos alunos. Com base nessa identificação, o docente possui um material para realizar devolutivas (*feedbacks*) construtivas que possuem potencialidade de proporcionar uma experiência pedagógica mais adequada. *Os erros não são fracassos; são oportunidades únicas para o desenvolvimento da crítica e da reforma conceitual e espiritual dos alunos.*

Conclusões e apontamentos finais

Na obra da ciência só se pode amar o que se destrói, só se pode continuar o passado negando-o, só se pode venerar o mestre contradizendo-o. Aí, sim, a Escola prossegue ao longo da vida. Uma cultura restrita ao momento escolar é a negação da cultura científica. Só há ciência se a Escola for permanente. É essa escola que a ciência deve fundar. Então, os interesses sociais serão definitivamente invertidos: a Sociedade será feita para a Escola e não a Escola para a Sociedade⁷ (Bachelard, 1947, p. 252, tradução livre).

Esperamos que, com o texto aqui tecido, termos esclarecido como a proposta bachelardiana, com seus conceitos fundantes – o conhecimento científico como construto aproximado e inexato, a ruptura epistemológica e os obstáculos epistemológicos – dialoga com os dispostos sobre a Filosofia da Química. Essa

⁷ No original, em francês: Dans l'œuvre de la science seulement on peut aimer ce qu'on détruit, on peut continuer le passé en le niant, on peut vénérer son maître en le contredisant. Alors oui, l'École continue tout le long d'une vie. Une culture bloquée sur un temps scolaire est la négation même de la culture scientifique. Il n'y a de science que par une École permanente. C'est cette école que la science doit fonder. Alors les intérêts sociaux seront définitivement inversés : la Société sera faite pour l'École et non pas l'École pour la Société.

perspectiva dinâmica e reformista do filósofo se demonstra fortemente alinhada com os entendimentos filosóficos da química, os quais propõem que o conhecimento químico é altamente complexo, multifacetado e provisório. A ideia de conhecimento aproximado de Bachelard é particularmente útil nesse tocante, pois permite abordar a Química de maneira a reconhecer o caráter tentativo, aproximado do conhecimento químico – o qual por meio de sucessivas aproximações e ao superar seus preconceitos e erros avança em um movimento dialético de construção e reconstrução.

No contexto pedagógico, esperamos ter esclarecido como é importante o estabelecimento de uma prática docente que construa um ambiente que não somente permita, mas promova o questionamento dos alunos. Além disso, discursamos sobre como o erro em tal ambiente deve ser entendido como oportunidade única para a construção e reforma de conhecimentos. Portanto, ao integrar as ideias de Gaston Bachelard, tentamos estabelecer um entendimento inicial para uma “prática pedagógica bachelardiana”. Tal pedagogia, pensamos nós, embasada na natureza do conhecimento químico e no eixo questionamento e erro, não é apenas uma pedagogia adequada, mas transformadora.

Conclusões e apontamentos finais

Agradecemos à Rede de Inovação e Pesquisa em Ensino de Química (RIPEQ) pelo suporte acadêmico e científico ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Agradecemos também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento concedido durante a pesquisa de doutorado do autor, a qual foi essencial para a produção deste artigo.

Referências

- Anastasios, B. (2010). La position continuiste d'Émile Meyerson. *Corpus: revue de la philosophie*, 58, 275-287.
- Bachelard, G. (1928). *Essai sur la connaissance approchée*. Vrin.
- Bachelard, G. (1947). *La formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance*. Vrin.

- Chang, H. (2015). Reductionism and the relation between chemistry and physics. *Relocating the history of science: Essays in honor of Kostas Gavroglu*, 193-209. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14553-2_13
- Lima, M. A. M., & Marinelli, M. (2011). A epistemologia de Gaston Bachelard: uma ruptura com as filosofias do imobilismo. *Revista de Ciências Humanas*, 45(2), 393-406. <https://doi.org/10.5007/2178-4582.2011v45n2p393>
- Lombardi, O., & Labarca, M. (2005). The ontological autonomy of the chemical world. *Foundations of Chemistry*, 7(2), 125-148. <https://doi.org/10.1007/s10698-004-0980-6>
- Meneghetti, F. K. (2011). O que é um ensaio-teórico? *Revista de Administração Contemporânea*, 15(2), 320-332. <https://doi.org/10.1590/S1415-65552011000200010>
- Michael, J. (2006). Where's the evidence that active learning works? *Advances in physiology education*, 30, 159-167. <https://doi.org/10.1152/advan.00053.2006>
- Needham, P. (2014). The source of chemical bonding. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 45, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2013.10.011>
- Scerri, E., & McIntyre, L. (1997). The case for the philosophy of chemistry. *Synthese*, 111, 213-232. <https://doi.org/10.1023/A:1004949814965>
- Schummer, J. (1998). The chemical core of chemistry. *International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 4, 129-162.
- Stein, R. L. (2004). Towards a process philosophy of chemistry. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 10(4), 5-22.
- Zytkuewicz, M.A.B., & Bego, A.M. (2018). Crítica à experimentação tradicional no ensino de ciências e a importância do erro no processo de ensino e aprendizagem. *Revista Iluminart*, (16).

Submetido em: 17/07/2024

Aceito em: 13/12/2024

Publicado em: 30/12/2024

Periódico organizado pela Sociedade Brasileira de Ensino de Química – SBEnQ

Sociedade Brasileira
de Ensino de Química



Este texto é licenciado pela [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).
