

Compreensões sobre Representações de Estruturas Submicroscópicas à luz da Epistemologia de Hessen e Bachelard¹

Comprehensions about Representations of submicroscopic structures in the perspective of the Epistemology of Hessen and Bachelard

Fábio André Sangiogo¹, Carlos Alberto Marques²

¹ Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC/ Doutorando em Educação Científica e Tecnológica e bolsista CNPq, *fabiosangiogo@gmail.com*.

² Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. *bebeto@ced.ufsc.br*.

Resumo

Este texto tem como objetivo proporcionar discussões teórico-reflexivas sobre a natureza e produção do conhecimento científico, em especial sobre as imagens representativas de estruturas submicroscópicas, enquanto um tipo de linguagem utilizada na compreensão e interpretação de fatos/fenômenos que permeiam, principalmente, o ensino das Ciências. Para isso serão utilizadas e discutidas algumas das categorias epistemológicas apresentadas por Hessen, além de reflexões desenvolvidas com base em Bachelard. Parte-se da pergunta: em que as posturas epistemológicas possibilitariam melhores compreensões sobre a ciência e sobre suas representações? Discussões realçam a importância de reflexões epistemológicas sobre o conhecimento produzido e a ser ensinado, para os quais se defende uma posição *realista crítica e dialética* como categorias epistemológicas que melhor possibilitam compreensões sobre a ciência e suas representações de estruturas submicroscópicas.

Palavras-Chave: teoria do conhecimento, natureza da ciência, representações de estruturas submicroscópicas, reflexão epistemológica.

Abstract

This text aims to provide theoretical and reflective discussions about the nature and production of scientific knowledge, particularly about the representative images of submicroscopic structures, while a type of language used in the understanding and interpretation of facts/phenomena that permeate, mainly, the science education. For this, will be used and discussed some of the epistemological categories presented by Hessen, and reflections developed based on Bachelard. It starts with the question: in what the epistemological postures would enable better understandings about the science and about their representations? Discussions emphasize the importance of epistemological reflection on the knowledge produced and to be taught, for which it is defended a critical realist and dialectical position as epistemological categories that best enable understandings about Science and its representations of submicroscopic structures.

Palavras-chave: knowledge theory, nature of science, representations of submicroscopic structures, epistemological reflection.

Introdução

¹ Agradecemos as importantes contribuições do professor Demétrio Delizoicov.

Tanto o processo de produção do conhecimento científico quanto o escolar são objeto de reflexão por parte de distintos pesquisadores, a exemplo das pesquisas sobre história e filosofia das ciências (EL-HANI, 2007). Com base em Lopes (1999, 2007), entende-se que reflexões sobre tais campos do conhecimento são importantes, pois cada vez se tornam mais perceptíveis algumas das implicações do conhecimento produzido, seja na comunidade científica ou na comunidade escolar, como os que envolvem a compreensão e a interpretação de fatos/fenômenos.

O avanço do conhecimento científico e tecnológico tem se tornado cada vez mais visível e estão revolucionando o cotidiano da sociedade, a exemplo da medicina que avança no conhecimento produzido ao desenvolver tratamentos cada vez mais especializados, e das tecnologias de comunicação e de armazenamento de dados. No cenário da educação em Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), apesar de tímidas, também são perceptíveis algumas mudanças na abordagem didática desenvolvida em sala de aula, como as propostas de ensino mais contextualizadas e interdisciplinares envolvendo a ciência, tecnologia e sociedade, tais como propõem as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006). Nesse cenário, é importante que tais mudanças sejam merecedoras de contínuas reflexões, para os quais o olhar epistemológico é fundamental, visto que reflexos de como se compreende o processo de produção do conhecimento científico influencia, direta ou indiretamente, as visões de ciência e/ou de ensino de CNT (MALDANER, 2003). Logo, reflexões de caráter epistemológico são essenciais na formação de professores (e, porque não, de pesquisadores?) da área, de modo a possibilitar melhorias na visão de seus modelos teóricos e no ensino de CNT (GIL PÉREZ et al, 2001; MALDANER, 2003).

Uma forma de linguagem que pode funcionar como ferramenta para melhor compreensão de modelos teóricos são as imagens representativas de entidades químicas, de estruturas submicroscópicas ou nanoscópicas. Atualmente, o avanço da tecnologia tem possibilitado um reforço nessas representações, aprimorando os significados dessa linguagem imagética, a exemplo dos microscópios de força atômica, em que “a imagem é gerada pela interação entre a ponta de prova de um microscópio de força atômica e a molécula” que está sendo “observada” e “as medições dessas interações são interpretadas pelo software do microscópio, que produz uma imagem do relevo da molécula”². Já no cenário da educação em CNT, as imagens representativas de entidades químicas também permeiam, cada vez mais, as explicações desenvolvidas no contexto escolar, a exemplo das mudanças na abordagem de conteúdos/conceitos ao longo dos capítulos de livros didáticos da área das CNT, com um crescente aumento do uso de representações de entidades químicas, esquemas, fotografias e outras que alteram as suas formas de apresentação visual (SANGIOGO, 2010).

Ainda que se considere que as reflexões sobre as imagens representativas de entidades químicas se inscrevam no processo de produção do conhecimento científico, as discussões focalizam-se nas imagens porque essas se consistem numa forma de expressão da linguagem que integra e constitui importantes funções na ciência e no ensino de CNT, de modo a ajudar nas explicações que envolvem o nível submicroscópico, a exemplo de modelos atômicos, substâncias, membranas celulares, micelas, enzimas e etc. E com base em Vigotski (2001), entende-se que tais representações se constituem mediante o pensamento, pelo uso de simbologias específicas, de *signos* provenientes da cultura, em especial, a científica e a escolar; sem desconsiderar no entanto que tais construções são provenientes da relação com um objeto que se pretende conhecer. Nesse sentido, tais imagens são oriundas da relação

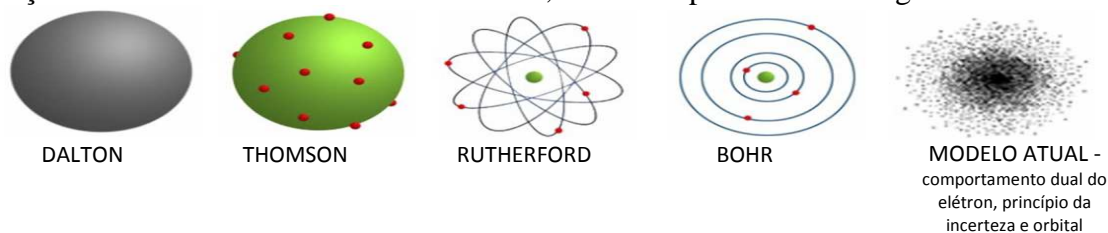
² Redação do Site Inovação Tecnológica. Molécula individual é "fotografada" pela primeira vez. 28/08/2009. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=molecula-individual-fotografada&id=010165090828>>. Acesso: 17/09/2010.

dialética entre sujeito e objeto do conhecimento, com o homem carregando marcas do seu contexto social e cultural. Algo que, se aplicado no caso de situações de representação ligadas a entidades químicas, torna necessário que se dê a apropriação de palavras e sentidos específicos a esta ciência, ou seja, coerente com pensamentos e abstrações aceitas e expressas por linguagens e conceitos (históricos) bastante específicos a esta área de conhecimento. Obviamente isso deve ser feito se julgar-se necessário propiciar, aos sujeitos da aprendizagem, o acesso a compreensões e explicações sobre o mundo, ultrapassando conhecimentos oriundos do *senso comum* e, principalmente, quando se visa dialogar e superar aqueles conhecimentos oriundos da *experiência primeira* (BACHELARD, 1996).

Uma melhor compreensão sobre esses importantes instrumentos linguísticos que compõem a ciência - as imagens representativas de entidades químicas - pode ser feita tomando as reflexões sobre a natureza do conhecimento desenvolvidas por Hessen (2003) e Bachelard (1978, 1983, 1996). O primeiro ao discutir sobre distintas posturas (visão ou concepção) filosóficas ou epistemológicas que demarcam: a *possibilidade*, a *origem (ou gênese)* e a *essência do conhecimento*. O segundo contribui sobre aspectos que permeiam o conhecimento científico e suas representações, a partir de escritos sobre a *recorrência histórica* e o *racionalismo aplicado* relacionados à perspectiva da produção do conhecimento.

A partir de uma análise epistemológica baseada em Hessen e Bachelard sobre a possibilidade, a gênese e a essência do conhecimento, relativo à ciência e as suas representações de estruturas submicroscópicas, busca-se construir ferramentas teóricas para subsidiar profissionais (em especial os professores) da área das CNT, particularmente sobre representações que permeiam os textos de divulgação científica e os livros didáticos da área das CNT. Com isso, almeja-se que estes possam romper com visões deformadas do trabalho científico (GIL PÉREZ et al., 2001), evitando obstáculos e potencializando o processo de ensino e aprendizagem do conhecimento científico escolar (SANGIOGO, 2010).

Tomando-se elementos, ou entidades, que fazem parte da cultura científica e escolar, analisam-se, a título de exemplificação quanto às categorias epistemológicas, algumas imagens representativas de modelos atômicos que constituem historicamente o cenário de produção do conhecimento científico e escolar, como as apresentadas a seguir³:



Tais representações, sejam iguais ou semelhantes às apresentadas, permeiam distintos modos de compreender e explicar modelo atômico, um dos conceitos centrais na ciência química. Logo, a pesquisa teórico-reflexiva desenvolvida neste trabalho pode possibilitar, aos professores da área das CNT, novos entendimentos sobre a natureza do conhecimento científico e as mais diversas representações de nível submicroscópico que permeiam a área.

As distintas posições epistemológicas para a compreensão da natureza do conhecimento científico

Antes de apresentar discussões mais pontuais sobre as representações, é importante refletir sobre a natureza do conhecimento científico. Para isso, assumimos uma postura epistemológica (HESSEN, 2003), pois a visão/compreensão de conhecimento (e pode-se dizer

³ Fonte: <http://estudandoalub.blogspot.com/2011/02/modelos-atomicos.html>, acesso em 31/10/2011.

também, do conhecimento científico) que possuímos, depende destas posturas que adotamos/temos. Logo, professores ou estudantes com distintas compreensões sobre um determinado objeto, podem ter distintos entendimentos sobre as relações deste com o sujeito do conhecimento, e, portanto, suas concepções epistemológicas quanto aos constructos do conhecimento científico também variam. E, nesse aspecto (compreensão do constructo) deve ser mediada. Apesar de entender que as posturas epistemológicas possam variar no discurso ou escrita de um sujeito, seja por desconhecer ou não refletir sobre as distintas categorias da “teoria do conhecimento” (HESSEN, 2003), aqui se pretende enfatizar a necessidade de buscar uma coerência com posturas consideradas mais adequadas para a compreensão da natureza do conhecimento científico e as representações de entidades submicroscópica. Como as representações de entidades químicas carregam marcas teóricas específicas do conhecimento científico, torna-se fundamental que haja certo discernimento sobre a postura epistemológica que orienta o pensamento para o desenvolvimento de reflexões que visam melhor entendê-las e/ou ensiná-las. Ou seja, o trabalho apresenta distintas possibilidades de interpretar as representações que podem subsidiar, os professores, a mediação do conhecimento ensinado, tendo em vista os obstáculos epistemológicos associados às imagens (BACHELARD, 1996), as suas limitações e potencialidades ao aprendizado escolar (SILVA et al., 2006; SANGIOGO; ZANON, 2009, SANGIOGO, 2010).

Antes da apresentação de algumas discussões presentes no livro “*Teoria do Conhecimento*” de Hessen (2003), que embasam as reflexões sobre as imagens representativas de entidades submicroscópicas, localizar-se-á a teoria do autor no campo da filosofia.

Hessen situa o seu trabalho ao explicar que uma das disciplinas da filosofia chama-se *teoria do conhecimento científico* ou *teoria da ciência* e que esta se refere a reflexões “sobre o comportamento teórico, sobre aquilo que chamamos de ciência” (HESSEN, 2003, p. 12). A *teoria da ciência* pode ser decomposta em teoria formal (a lógica) e doutrina material da ciência (a teoria do conhecimento). Enquanto a primeira pergunta sobre a “correção formal do pensamento, sobre sua concordância consigo mesmo, com suas próprias formas e leis”, a segunda “pergunta sobre a verdade do pensamento, sobre sua concordância com o objeto” (p. 13). Hessen trabalha com a segunda (a teoria do conhecimento) que se refere a “uma interpretação e uma explicação filosófica do conhecimento humano” (HESSEN, 2003, p. 19), na qual muitos epistemólogos nela se sustentam para traçar considerações a respeito da produção do conhecimento científico. Essa teoria foi dividida em seu livro entre *teoria geral do conhecimento* e *teoria especial do conhecimento*. A *teoria geral* investiga a relação do pensamento com o objeto em geral, e a *teoria especial* “toma como objeto de uma investigação crítica os axiomas e conceitos fundamentais em que se exprime a referência de nosso pensamento aos objetos” (p. 14). Este trabalho apresenta e reflete sobre algumas das categorias usadas pelo autor sobre a *teoria geral do conhecimento*. Cabe ressaltar que os escritos de Hessen não se referem exclusivamente ao conhecimento científico, mas ao conhecimento de um modo geral. Nesse sentido é que se ganha relevância a questão das posturas epistemológicas cuja análise é somada a algumas categorias epistemológicas de Bachelard e seus comentadores que ajudam a refletir mais profundamente sobre a especificidade do conhecimento científico.

Hessen caracteriza e conceitualiza distintos modos de conceber a teoria do conhecimento. Quanto à *possibilidade do conhecimento* fazem-se as perguntas: “será o sujeito realmente capaz de apreender o objeto?”, é possível conhecer? (2003, p. 27). Ele apresenta cinco categorias que representam distintas posturas epistemológicas frente às perguntas, traçando aspectos em comum, articulando-as, fazendo críticas e trazendo autores que foram adeptos às teorias que estão relacionadas ao modo como se compreendem as relações sujeito e objeto, razão e experiência, quais sejam:

- no *dogmatismo* “o problema do conhecimento não chega a ser levantado (...). É auto-evidente que o sujeito apreende seu objeto, que a consciência cognoscente apreende aquilo que está diante dela” (p. 29) e que o conhecimento não é entendido numa relação entre sujeito e objeto. Logo, o conhecimento produzido sobre o objeto é inquestionável e, portanto, nem sequer é feita a pergunta se é possível conhecer;

- no *ceticismo* “o sujeito não seria capaz de apreender o objeto. O conhecimento como apreensão efetiva do objeto seria (...) impossível. Por isso, não podemos fazer juízo algum; ao contrário, não devemos nos abster de toda e qualquer formulação de juízos” (p. 31). Logo, não seria possível conhecer o objeto;

- no *subjetivismo* e no *relativismo* “a verdade certamente existe, mas é limitada em sua validade. Não há verdade alguma universalmente válida” (p. 36). O primeiro “restringe a validade da verdade ao sujeito que conhece e que julga” (p. 36) e o segundo fala da “dependência que o conhecimento humano tem de fatores externos” em distintos grupos culturais e diz que “toda verdade é relativa, tem validade restrita” (p. 37), ou seja, a verdade depende do âmbito cultural de cada um e não faz sentido compará-las para “definir” qual verdade é mais adequada e qual melhor explica o objeto que se pretende conhecer;

- no *pragmatismo* o homem é concebido como um sujeito prático, dotado de vontade, ativo, do querer e do agir na realidade e não um sujeito pensante, teórico capaz de investigar e conhecer (p. 40); portanto, o conhecimento progride apenas se tiver funções práticas que o motivam; e

- no *criticismo*, que seria uma posição intermediária entre o ceticismo e dogmatismo, parte-se “do pressuposto de que o conhecimento é possível”, para entrar num “exame crítico das bases do conhecimento humano, dos seus pressupostos e condições mais gerais” (HESSEN, 2003, p. 45). Nesta perspectiva, o conhecimento é entendido com um processo social, histórico e cultural, sempre inacabado e incompleto. Portanto, sujeito a (re)construções permanentes, nas interações sociais.

Corroborar-se com Hessen que o modelo considerado mais razoável é o criticismo, que entende ser possível conhecer por aproximações sucessivas da realidade, um exemplo que denota boa compreensão sobre tal posição é o conceito de átomo, que evolui, agregando, ao longo da história, elementos ao seu quadro teórico inicial, que de início era uma bolinha indivisível. Nesse sentido as representações de entidades químicas, como as do átomo, também são suscetíveis a modificações e a incorporação de novos elementos explicativos, como pode ser percebida nas imagens referidas neste trabalho.

O conhecimento enquanto possibilidade de aproximação com o real, portanto, passível de modificações, encontra nas ideias de Bachelard importante sustentação. Bachelard confronta “as formas de absolutismo de toda ordem”, desbancando “qualquer concepção que defenda que a inteligência humana tenha uma estrutura pronta e definitiva. (...) O pensamento científico contemporâneo é um pensamento aberto, feito de uma razão aberta, que se reestrutura a cada movimento”, um “pensamento em mobilidade”, “em evolução” (SILVA, 2007, p. 51-52). Ou seja, as ciências não buscam a verdade universal, o “real absoluto e definitivo”, mas tentativas de “aproximações sucessivas do real” (idem, p. 55), visão que está em sintonia com a perspectiva crítica. Bachelard tem a “preocupação de conservar aberto o corpo de explicação”, defende que nosso “espírito científico” permaneça aberto e retificável (1978b, p. 172), “dado que a ciência está sempre inacabada” (1978a, p. 3).

Nos escritos de Bachelard, muito mais importante que as respostas são as perguntas. As respostas configuram a ilusão do espírito científico, mediante obstáculos, que em algum momento precisam ser superados. Afinal, na ciência da contemporaneidade vive-se na

inquietação, criam-se e recriam-se (pelo uso da razão e experiência), objetos, técnicas e procedimentos de pesquisa que possibilitam as “aproximações sucessivas do real”. Com base em Bachelard, pode-se dizer que não existem “verdades primeiras, apenas os primeiros erros: a[s] verdade[s] est[ão] sempre a devir” (LOPES, 2007, p. 34-35). Nesse sentido, compreende-se que os modelos teóricos e representações estão à mercê de modificações oriundas de novos problemas de pesquisa que permitem agregar e produzir novos conhecimentos.

Por outro lado, quanto à *origem (ou gênese) do conhecimento*, Hessen pergunta: “a fonte e o fundamento do conhecimento humano é a razão ou a experiência?” (2003, p. 27). Ele apresenta quatro categorias com distintos posicionamentos, quais sejam:

- no *racionalismo* a verdadeira fonte do conhecimento é o pensamento (a razão) que possui “necessidade lógica e validade universal” (p. 48);

- no *empirismo* “a única fonte do conhecimento humano é a experiência” (p. 54); todos os conceitos, “mesmo os mais universais e abstratos, provêm da experiência” (p. 55);

- no *intelectualismo* e no *apriorismo* há tentativa de articulação entre racionalismo e empirismo. O primeiro se aproxima mais do empirismo, pois “deriva o fator racional do fator empírico” em que todos os conceitos provêm da experiência (p. 63). O segundo se aproxima mais do racionalismo, pois deriva o fator racional do pensamento, da razão.

O autor faz um posicionamento crítico sobre as propostas apresentadas, inclinando-se a favor do apriorismo, ao afirmar “que nosso conhecimento das ciências reais contém *fatores a priori*” (p.67) que provém do pensamento, da razão, pois “o pensamento não se comporta receptiva e passivamente em face da experiência como no intelectualismo, mas espontânea e ativamente” (p. 63). O “*a priori*, aqui, não significa necessário para o pensamento, mas apenas possibilitador da experiência, vale dizer, possibilitador do conhecimento da realidade empírica (...)” (p. 67-68).

Corroborar-se com Hessen que a posição mais adequada é a que articula o pensamento e a experiência como fatores determinantes do conhecimento humano. Tal compreensão também é defendida por Bachelard quando esse desenvolve a ideia do *racionalismo aplicado*, que considera uma visão dialética entre pensamento e experiência na produção do conhecimento científico e, conseqüentemente, para a compreensão do modo como as representações derivam de fatores racionais e empíricos. Na ciência não se observa os fenômenos diretamente da natureza, pois os “fenômenos” passam a ser “tecnicamente construídos” pelo uso da razão (BACHELARD, 1983, p. 17). A criação do objeto científico, da linguagem específica, das técnicas, instrumentos e matematização proporciona à ciência (re)construções permanentes das verdades, de modo a aproximar-se cada vez mais do conhecimento do real.

O racionalismo defendido por Bachelard (1978a, p. 5) faz “face à polêmica que se apóia no irracionalismo insondável do fenômeno para afirmar uma realidade”. Nessa perspectiva, Bulcão (1981, p. 18), com base em Bachelard, afirma que “o conhecimento não se faz nem do lado do objeto, nem do lado do sujeito”, de modo que se desenvolve uma crítica do dualismo entre espírito e universo, pensamento e realidade, empírico e racional. Para a autora, Bachelard rejeita a distinção, “afirmando que a Ciência é uma construção, sendo o conhecimento fruto de racionalizações e técnicas”, que pretende não mais “expressar o real” ou a “verdade”, como se entendia ser a função da ciência por alguns filósofos positivistas, mas se pretende “atuar na realidade” (BULCÃO, 1981, p. 18). Entretanto, tal processo de atuação não é livre de conceitos *a priori*, ou seja, a criação do objeto de conhecimento decorre de influências das relações estabelecidas historicamente, pelos contextos sócio-culturais. Segundo Bachelard, o pesquisador deve confessar que ““ele não teria achado isso sozinho”.

Esse progresso dá às ciências uma verdadeira história de ensino cujo caráter social não pode ser desconhecido” (BACHELARD, 1983, p. 132).

Já quanto à *essência do conhecimento*, Hessen (2003, p. 69) pergunta: o objeto ou o sujeito é “o fator determinante no conhecimento humano?”, o real existe ou tudo não passa de idealizações? Tais questionamentos buscam compreender se o conhecimento humano é derivado do pensamento ou da realidade. Para responder as perguntas o autor expressa três soluções:

- as soluções *pré-metafísicas*, denominadas de objetivistas e subjetivistas, que não estabelecem o caráter ontológico do objeto e do sujeito;
- as soluções *metafísicas* – realista, idealista e fenomenalista - que consideram a ontologia do sujeito e do objeto; e
- as soluções *teológicas* - *monista-panteísta* (que anula sujeito e objeto ao apresentá-los numa única unidade) e *dualista-teísta* (referente a um dualismo metafísico, descendente de um princípio comum, a divindade - para tentar solucionar o problema da relação entre sujeito e objeto).

Neste texto, focaliza-se na descrição das *soluções metafísicas* (*idealista, realista e fenomenalista*), por compreendermos que elas melhor possibilitam entendimentos sobre o fator determinante do conhecimento, bem como sobre representações, como as do modelo atômico. Para o *idealista*, o objeto do conhecimento não é algo real, mas ideal, existente na consciência humana.

As coisas não passam de conteúdos da consciência. Seu ser consiste em serem percebidas por mim, em serem conteúdos de minha consciência. Tão logo deixam de ser percebidas por mim, deixam também de existir. Não lhes cabe um ser independente de minha consciência. O que há de efetivo é unicamente minha consciência e seus conteúdos (...). O idealismo *objetivo* ou *lógico* é essencialmente diverso do subjetivo ou psicológico. Enquanto o idealismo subjetivo parte da consciência do sujeito individual, o idealismo objetivo toma como ponto de partida a consciência objetiva da ciência, tal como se expressa nas obras científicas. O conteúdo dessa consciência não é um complexo de processos psicológicos, mas uma soma de pensamentos, de juízos. Em outras palavras, não é algo psicológico e real, mas sim lógico e ideal - é um sistema de juízos. (HESSEN, 2003, p. 81-82).

O *realista* compreende que há objetos reais independentes da consciência/ do pensamento. Nessa postura, destaca-se a visão do *realista ingênuo* que compreende que as coisas são exatamente como se percebe e a visão do *realista crítico* que se apoia em reflexões crítico-epistêmicas, sendo que

nem todas as propriedades presentes nos conteúdos perceptivos convêm às coisas. Muito pelo contrário, as propriedades ou qualidades da coisa apreendidas por nós apenas por meio de *um* sentido, como cores, sons, odores, sabores, etc., existem apenas e tão-somente em nossa consciência. Elas surgem na medida em que certos estímulos externos atuam sobre nossos órgãos sensíveis. Tais propriedades representam, portanto, formas de reação de nossa consciência, que são naturalmente condicionadas em seu modo de ser pela organização de nossa consciência. (HESSEN, 2003, p. 74, 75 e 78).

Para o *fenomenalista*, o fator determinante está entre os dois anteriores: existem coisas reais, mas não somos capazes de conhecer a sua essência, “acompanha o realismo na suposição de coisas reais, mas acompanha o idealismo na limitação do conhecimento à realidade dada na consciência, ao mundo das aparências” (p. 86). No fenomenalismo,

lidamos sempre com o *mundo das aparências*, com o mundo que aparece com base na organização *a priori* da consciência, e nunca com as coisas em si mesmas. Em outras palavras, o mundo no qual eu vivo é modelado por minha consciência. Jamais

serei capaz de saber como é o mundo em si mesmo, à parte de minha consciência e de suas formas *a priori*, pois tão logo tento conhecer as coisas, já lhes imponho as formas de minha consciência (HESSEN, 2003, p. 87, grifo do autor).

Quanto à essência do conhecimento, na sua solução metafísica, o autor compreende ser impossível superar definitivamente o problema sujeito-objeto.

Ao analisar as três posições da essência do conhecimento, a postura do realista crítico parece ser a mais adequada, pois as percepções derivam de objetos que existem fora de nós e, portanto, possui uma realidade (uma ontologia). Logo, é possível conhecer a realidade por meio de construções humanas (na relação entre sujeitos e objetos). Nesta compreensão, supõe-se que existam objetos reais que atuam sobre diferentes sujeitos e que a realidade provoca certas percepções nos mesmos. Também cabe destacar a compreensão de que quando pensamos em conhecimentos científicos, as percepções/construções sobre um fenômeno que é observado (objeto a conhecer) necessitam ser aceitas pelos seus pares e ser, de certo modo, coerentes com percepções decorrentes de teorias anteriores.

A posição *crítica* do realismo decorre da categoria da possibilidade do conhecimento que entende o conhecimento como aproximações sucessivas do real. Nesse sentido, as representações de entidades químicas derivam de interpretações de que o átomo, as moléculas e as interações químicas são construções humanas referentes ao real; que é possível conhecer a realidade e a estrutura atômica da matéria, ou seja, a realidade existe independente de dizer o que ela seja. Também se tem a compreensão de que tal existência ou conhecimento da realidade não representa uma verdade dogmática, mas questionável e suscetível de modificações. Trata-se de uma realidade que não pode ser compreendida sem o diálogo entre razão e experiência, entre sujeito e objeto do conhecimento, tal como nos remete a compreensão do racionalismo aplicado.

A especificidade do conhecimento científico e as representações de entidades químicas: átomo como exemplo

Na ciência se utilizam de teorias, práticas e palavras próprias, sendo comum o uso de modelos teóricos para a explicação de fatos/fenômenos cotidianos. Algumas explicações são permeadas por diversas representações parciais de algum modelo teórico. Os modelos teóricos da ciência/química (inobserváveis apenas pelos sentidos) permitem a explicação de fatos e fenômenos de certa realidade (observável) por meio de um sistema conceitual complexo, ou seja, um “emaranhado” de relações conceituais que se interpenetram. Na ciência/química é comum a criação de palavras como átomo, ligação, íon e molécula para explicar determinados fenômenos, que são aceitos como válidos pela comunidade científica, para a interpretação/compreensão de fatos/fenômenos cotidianos ou produzidos em laboratório. Entretanto, tais modelos (e suas representações) não são a realidade.

O conhecimento produzido não é a realidade, muito embora possibilite interagir e compreendê-la. Nesse sentido, uma representação também não reflete de forma direta à realidade, ou seja, a representação do átomo atual não pode ser “fotografado” tal como está representado. Lopes (1996, p. 261), com base em Bachelard, diz que “o real científico se diferencia do real dado”; afinal, “o conhecimento comum lida com um mundo dado, constituído por fenômenos; o conhecimento científico trabalha em um mundo recomeçado, estruturado em uma fenomenotécnica” em que “é necessário o diálogo da razão com a experiência para estabelecer o processo de construção racional, mediado pela técnica” (idem, p. 261). O conhecimento científico produzido permite você estudar o real dado, mas se tem de romper com o real dado para atingir o real científico.

Algumas das reflexões desenvolvidas neste texto quanto à natureza da ciência também podem ser expressas pelo que escreve Silva (2007, p. 112):

Bachelard compreende a ciência a partir do princípio epistemológico, segundo o qual, o conhecimento científico jamais atinge uma verdade objetiva absoluta. A ciência é um movimento da razão que opera por aproximações sucessivas, isto é, produz sempre um conhecimento aproximado, provisório. A objetividade da ciência é o resultado de uma construção, de uma conquista e de uma retificação dos fatos da experiência pela razão. Segundo ele, não existe uma constatação pura. Toda constatação já supõe a construção; toda prática científica engaja pressupostos teóricos e, como dissemos, progride por retificações, isto é, pela integração das críticas (recorrências), destruindo a imagem das primeiras observações: ‘o sentido do vetor epistemológico parece-nos bem nítido. Vai seguramente do racional ao real’ (1978, p. 72).

Bachelard, então, segundo Silva (2007) propõe um racionalismo, mas “trata-se de um ‘racionalismo aplicado’, que se atualiza na ação polêmica incessante da razão” (p. 112). “A experiência não mais constitui ponto de partida, nem mesmo é simples guia, ela é alvo” (BACHELARD, 1983, p. 66). Assim, na ciência, a construção do conhecimento científico vai para além do simples racionalismo ou empirismo: “trata-se de uma profunda dialética, de um racional que se aplica e de uma aplicação que se racionaliza” (SILVA, 2007, p. 163). Com base na razão, criam-se e recriam-se instrumentos, técnicas e conhecimentos científicos. “É dessa maneira que Bachelard formula a definição de ciência, como um ‘racionalismo aplicado’, capaz de uma extensão e especialização crescentes” (idem, p. 164).

Com base em Lopes (1999), entende-se que “a ciência não descreve, ela produz fenômenos, com o instrumento mediador dos fenômenos sendo construído por um duplo processo instrumental e teórico” (p. 41). Tal compreensão ajuda a entender o campo de produção de conhecimentos científicos: que o objeto a conhecer está em inter-relação indissociável com o uso da razão, ideias ou modelos criados pela atividade humana. No entanto, para que haja produção de conhecimento, há necessidade que se tenha uma pergunta, para então, produzir respostas sobre o objeto que se pretende melhor conhecer. “O pensamento não produz realidades: o real é sempre anterior ao pensamento e esse pensamento produz sempre uma teoria sobre o real” (LOPES, 1999, p. 47).

Ao analisar sob o ponto de vista histórico o desenvolvimento do conceito de átomo, torna-se perceptível a sua evolução teórica e, conseqüentemente, a evolução da sua representação, como se verifica nas imagens apresentadas. Nesse sentido é plausível a compreensão de que o conhecimento científico sobre o átomo se encontra em processo de reconstrução - coerente com a posição criticista quanto à possibilidade do conhecimento. Afinal, o conceito de átomo que foi aceito como verdadeiro no passado é diferente do conceito de átomo que se conhece hoje. Logo é possível que amanhã o modelo do átomo e sua representação sejam diferentes.

Ao perguntar se é possível conhecer a estrutura atômica, a teoria do conhecimento de Hessen (2003) possibilita a compreensão da possibilidade de se ter distintas respostas, visto que elas decorrem das posturas epistemológicas adotadas: para o dogmático tal questão nem seria realizada, pois não haveria dúvida sobre o conhecimento apreendido; para o cético o conhecimento sobre o objeto seria impossível de ser alcançado/apreendido; para o subjetivista também não, visto que cada indivíduo tem as suas verdades; para o relativista também não seria possível conhecer, visto que a verdade depende de cada grupo de pesquisa, ou seja, ela pode existir para o sujeito que está inserido num grupo, mas a verdade desse grupo é tão verdadeira quanto à do outro; e para o crítico é possível conhecer a estrutura atômica, mesmo que se esteja sempre à procura de melhor conhecer tal estrutura.

Ao adotarmos o criticismo como postura epistemológica mais adequada, defende-se que seja possível conhecer a estrutura atômica da matéria. Entretanto, têm-se a compreensão de que o conhecimento se trata de uma representação parcial não neutra, visto que há componentes do sujeito-individual e coletivo oriundos das relações sócio-histórico-culturais, decorrentes de processo de interação entre sujeito e objeto do conhecimento. Entende-se que há objetos a serem conhecidos! No entanto, há desconfiança quanto às verdades construídas, como as da estrutura do modelo atômico. O conhecimento é questionável e passível de ser ampliado e/ou retificado. A história possibilita a compreensão de que o modelo atômico de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr têm menos referência à realidade do que o modelo atômico da nuvem eletrônica e da dualidade onda-partícula do elétron do modelo atual, mesmo que as diferentes representações do átomo ainda sejam utilizadas para a explicação de fatos/fenômenos, decorrentes, possivelmente, da inviabilidade de imaginar interações entre diversas moléculas com a representação contemporânea do átomo.

Quando se pensa sobre a gênese do conhecimento, se a sua origem está no sujeito ou no objeto, defende-se a compreensão de que o modelo atômico (e suas representações) é derivado de inter-relações dinâmicas entre processos cognitivos humanos e o objeto a conhecer; que a atividade científica é dialética.

A produção de fenômenos científicos tem o nome de fenomenotécnica e é incompatível com uma fenomenologia imediata. A construção na ciência se faz pela estreita união entre o abstrato e o concreto, isto é, pela ‘concretização do abstrato’, conforme uma expressão do próprio Bachelard. O racionalismo aplicado e o materialismo aplicado vão tratar de explicitar essa construção (BULCÃO, 1981, p. 93).

Na dialética, sujeito e objeto do conhecimento são a fonte e o fundamento do conhecimento humano. Os conhecimentos e as práticas não são neutros, pois carregam marcas da história e das relações sócio-culturais. Logo, compreensões sobre o modelo atômico atual decorrem de constructos anteriores, trata-se de produções coletivas e não individualizadas.

Compreende-se que a ciência química não é uma cópia do real que chega até nós pelos sentidos, como diria um realista ingênuo, ou ainda, seria incorreto dizer (pela posição epistemológica que se assume neste artigo) que o átomo existe porque se diz que ele existe, fruto apenas do pensamento e de idealizações. Ao defender uma posição realista, entende-se que a realidade existe independente de dizer ou pensá-la. Segundo Bachelard (1978a, p. 32), “nem tudo é real da mesma maneira; a substância não tem, a todos os níveis, a mesma coerência; a existência não é uma função monótona; não pode afirmar-se por toda a parte e sempre no mesmo tom”, ou seja, a compreensão da realidade demanda processos de racionalizações sucessivas do real, não se trata de uma apropriação direta do objeto que se pretende conhecer. Entretanto, embora o conhecimento não reflita diretamente à realidade, isso não impede de dizer o que seja a realidade. Pelo que se conhece hoje sobre a realidade da matéria, pode-se dizer que ela é constituída de estruturas submicroscópicas (de átomos, moléculas). Esse conhecimento, resultante de construções históricas, possibilita dizer o que é o átomo hoje, mesmo que novas pesquisas podem dizer que o modelo atômico conhecido hoje, seja amanhã outra coisa.

Para um realista crítico, a realidade existe, mas o conhecimento (enquanto referente da realidade e de construções humanas) sobre ela está no futuro, decorre de um processo de (re)construção – o conhecimento do que seja a realidade hoje, não é o mesmo do passado, amanhã entenderemos melhor por meio de rupturas e superações, como nos ensina Bachelard – , da relação entre sujeito e objeto do conhecimento, de abstrações e compreensão da realidade que são oriundos de um arcabouço teórico que historicamente está em (re)construção, nas interações sociais.

As discussões remetem para a importância de no ensino de CNT haver reflexões que visam melhores entendimentos sobre a natureza do conhecimento científico (e as suas representações), a fim de evitar incompreensões ou visões simplistas ou deturpadas sobre aspectos que constituem a produção do conhecimento científico e conhecimento escolar. Justi, preocupada com o ensino de ciências/química diz que o fato de os

modelos serem representações parciais significa que eles (i) não são a realidade; (ii) não são cópias da realidade; e (iii) têm limitações. A importância desse elemento emerge da constatação (evidenciada em pesquisas e na realidade de muitas salas de aula) de que boa parte dos estudantes pensa, por exemplo, que o átomo “é” o que está desenhado no livro, que os desenhos de modelos atômicos nos livros são ampliações do átomo, ou que o modelo atômico mais recente é perfeito (JUSTI, 2010, p. 211).

Apensar deste texto não ter como foco principal discutir aspectos relacionados ao processo de ensino e aprendizagem de CNT, buscou contribuir a ele por meio da análise sobre os fundamentos epistemológicos cujos aspectos possam ajudar na maior compreensão sobre a natureza da ciência e das imagens representativas de estruturas submicroscópicas.

Considerações e encaminhamentos

Neste texto, partiu-se da relevância de se melhor entender a natureza e a produção do conhecimento científico e as representações de entidades químicas, as quais são uma forma de linguagem que permeia o contexto científico e cotidiano, algo que pode auxiliar a formação de especialistas da área das CNT, em especial, a formação docente. Para tal reflexão, optou-se em tomar o viés da epistemologia, apresentando discussões com base, principalmente, em Hessen e Bachelard, sobre aspectos que permeiam a especificidade do conhecimento científico. Tais referenciais ajudam na compreensão, enquanto postura epistemológica, sobre a natureza do conhecimento produzido como processo social e histórico, com aproximações sucessivas da realidade, este conhecimento, portanto, não é realidade e nem é decorrente de processos puramente racionais.

Discutiu-se sobre as distintas perspectivas epistemológicas de Hessen, visto que as posturas adotadas por um indivíduo (a exemplo de um estudante) interferem no modo de compreender o conhecimento produzido na ciência, bem como as representações de entidades químicas que são decorrentes de conhecimentos específicos. Algo que necessita ser compreendido ou considerado pelo professor no momento da prática pedagógica. Para a compreensão da ciência e suas representações, defende-se uma posição *realista crítica* que diz sobre a *possibilidade do conhecimento* e a *essência do conhecimento*, em que o real existe e pode vir a ser conhecido, mesmo que o conhecido hoje possa conter erros; daí a necessidade da recorrência histórica que visa aproximações sucessivas do real. As representações do modelo atômico apresentado ao longo da história possibilitam boa percepção sobre a perspectiva realista crítica, mesmo que diferentes representações (como a de Dalton) ainda possam ser utilizadas para a explicação de distintos fenômenos. Também se defendeu uma posição dialética quanto à *origem do conhecimento*, a exemplo do que se refere Bachelard no racionalismo aplicado: ele entende o conhecimento como produção oriunda de processos de inter-relação entre sujeito e objeto do conhecimento, superando a posição empirista e racionalista.

Nesse sentido, reitera-se sobre a necessidade do professor ficar atento ao modo como os estudantes interpretam o conhecimento apreendido e as suas representações. Escritos posteriores podem avançar quanto a propostas de ensino que visem contemplar aspectos discutidos neste trabalho, seja na formação universitária ou no âmbito da educação básica, de modo a propiciar aprendizados mais coerentes com o que constitui a natureza da ciência e as representações de entidades químicas que permeiam a área das CNT. Conhecer sobre a

ciência, o conhecimento e as suas representações é fundamental para qualquer cidadão, pois possibilita melhores leituras do mundo referentes à natureza e produção de conhecimentos científicos que circulam nas tecnologias de informação e comunicação.

Referências:

BACHELARD, Gaston. *A filosofia do não*. Tradução de Joaquim José Moura Ramos. São Paulo: Abril Cultural, 1978a, p. 1-88. (Coleção “Os Pensadores”).

_____. *O novo espírito científico*. Tradução de Remberto Francisco Kuhnen. São Paulo: Abril Cultural, 1978b, p. 89-180. (Coleção “Os Pensadores”).

_____. *Epistemologia - trechos escolhidos por Dominique Lecourt*. Tradução de Nathanael C. Caixeiro. Rio de Janeiro: Zahar, 1983.

_____. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Trad. Estela S. Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BRASIL. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias/Secretaria de Educação Básica*. V. 2, Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

BULCÃO, Marly. *O racionalismo da Ciência contemporânea: uma análise da epistemologia de Gaston Bachelard*. Rio de Janeiro: Antares, 1981.

EL-HANI, Charbel. Notas sobre o ensino de história e filosofia da Biologia na educação superior. In. NARDI, Roberto. *A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras Editora, 2007, p. 292-316.

GIL PÉREZ, Daniel *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Contexto & Educação*. V. 7, n. 2, Bauru: FE/UNESP, p. 125-153, 2001.

HESSEN, Johannes. *Teoria do Conhecimento*. Trad. João V. G. Cuter, 2.ed, São Paulo: Martins Fontes, 2003.

LOPES, Alice R. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 13, n. 3, 1996, p. 248-273.

_____. *Conhecimento escolar: ciência e cotidiano*. Rio de Janeiro: UERJ, 1999.

_____. *Currículo e epistemologia*. Ijuí: Unijuí, 2007.

JUSTI, Rosária. Modelos e modelagem no ensino de Química: Um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In. SANTOS, Wildson L. P; MALDANER, Otavio A. *Ensino de Química em Foco*. Ijuí: Unijuí, 2010, p. 209-230.

MALDANER, Otavio. *A formação inicial e continuada de professores de química – professor/pesquisador*. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2003.

SANGIOGO, Fábio A. *Representações de Estruturas Submicroscópicas no Ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: (re)construção de conhecimentos escolares*. Dissertação (Mestrado em Educação nas Ciências). Ijuí: Unijuí, 2010.

SANGIOGO, Fábio A.; ZANON, L. B. Mobilização de linguagens e pensamentos necessários à compreensão de modelos de estruturas submicroscópicas em aulas de Ciências. In. *Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, 2009

SILVA, Henrique C. *et al.* Cautela ao usar imagens em aulas de Ciências. *Ciência & Educação*. V. 12, n. 2, p. 219-233, 2006.

SILVA, Ilton B. *Inter-relação: a pedagogia da ciência - uma leitura do discurso epistemológico de Gaston Bachelard*. 2. ed., Ijuí: Unijuí, 2007.

VIGOTSKI, Lev S. *A construção do pensamento e da linguagem*. Tradução de Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.