

PRÁTICAS EPISTÊMICAS NO ENSINO MÉDIO DE QUÍMICA NO TEMA ESTRUTURA DA MATÉRIA

PRÁCTICAS EPISTÉMICAS EN LA ENSEÑANZA MEDIA DE QUÍMICA EN EL TEMA ESTRUCTURA DE LA MATÉRIA

José Vieira do Nascimento Júnior

Professor Adjunto de Química da Universidade Estadual de Feira de Santana
jvnjunior@hotmail.com

Resumo

Os alunos brasileiros de 15-16 anos não têm demonstrado um domínio satisfatório da Matemática e Ciências da Natureza, segundo recentes avaliações do PISA (Programa Internacional de Avaliação de Alunos, desenvolvido e coordenado internacionalmente pela OCDE - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico). Essa carência revela a necessidade de mudanças nos quadros pedagógico e didático no ensino brasileiro de ciências. Dentre as novas configurações didáticas que surgem como uma resposta a esse problema, aquela fundamentada na inserção de aspectos relativos à natureza da ciência e ensino de ciência – NCEC, mostra-se promissora pois envolve o relacionamento de elementos próprios da linguagem científica como a argumentação e a modelagem aplicadas ao ensino de química numa perspectiva representacional macro-microscópica para a descrição dos fenômenos químicos. Neste artigo, mostramos o que pensam alguns teóricos da NCEC, além de um estudo caso baseado no ensino do tema forças intermoleculares, conduzido por um desses pesquisadores, e que serve de referência para aplicar no ensino de química no Nível Médio.

Palavras-chave: Ensino de Química. Natureza da Ciência. Modelagem. Argumentação.

Resumen

Los estudiantes de 15-16 años no han demostrado un dominio satisfactorio de las matemáticas y Ciencias Naturales, según las últimas evaluaciones de PISA (Programa de Evaluación Internacional de Estudiantes, en inglés, coordinado por la OCDE, organización internacional para el desarrollo y la

cooperación económica desarrollo). Esta carencia revela la necesidad de cambios pedagógicos y didáctico en la enseñanza brasileña de las ciencias. Entre las programaciones didácticas que se presentan como una respuesta a este problema esta aquella que se basa en la inserción de la naturaleza de la ciencia y educación científico -NCEC, es prometedora porque se trata de la relación de elementos de lenguaje científico como argumento y modelización aplicado a la enseñanza de la química en una representación de la perspectiva macro-microscópica para describir los fenómenos químicos. En este artículo, nos muestran lo que piensan algunos teóricos de la NCEC, así como un estudio de caso basado en el tema fuerzas Intermoleculares, dirigido por uno de estos investigadores y que pueden servir de referencia para la aplicación en la enseñanza de la química en la escuela secundaria.

Palabras clave: Enseñanza de la Química. Naturaleza de la Ciencia. Modelización. Argumentación.

1. Introdução

O quadro institucional da educação científica no Brasil revela atualmente que a tarefa de ensinar Ciências da Natureza e Matemática é bastante desafiadora e isso, provavelmente, requer novas práticas didáticas. Uma análise realizada a partir do mais recente levantamento do PISAⁱ, em 2013, revela que apesar da melhora no desempenho dos alunos brasileiros no quesito conhecimentos básicos, eles ficaram apenas no 58º lugar em Matemática e 59º lugar em Ciências (INEP, 2013, p. 1). Com essa classificação, por exemplo, o Brasil se situa abaixo da Albânia e da Costa Rica. O mesmo levantamento revela ainda que o número de alunos brasileiros na faixa de 15 anos que estavam abaixo do nível de conhecimentos básicos em matemática caiu 18% entre 2003 e 2012, que a taxa de escolarização no Brasil passou de 65% em 2003 para 78% em 2012, houve maiores investimentos em educação [6,1% do PIB brasileiro, a mesma média dos países da OCDEⁱⁱ], além da melhoria na qualidade do material pedagógico, na formação dos professores. Estes passaram a ter incentivos como aumentos salariais e planos de carreira.

Apesar desses avanços, por que isso não se traduz em melhores números em índices como taxas de repetência - mais de um terço dos alunos com 15 anos (36%), e o aproveitamento em Matemática e ciências? Segundo o mesmo estudo, os gastos por aluno entre 6 e 15 anos [103,8 mil R\$] ainda são baixos e “é preciso criar pedagogias diferentes para

motivar os alunos” (OCDE, 2013, p. 1). Maiores detalhes desta avaliação de larga escala podem ser acessados nas referências.

Estamos de acordo com essa recomendação de que há que se romper com a pedagogia tradicional dando espaço a novas formas pedagógicas como uma saída para o problema dos índices educacionais desfavoráveis, especialmente aqueles relativos ao aprendizagem científica. Percebe-se hoje que apesar da persistência da pedagogia tradicional, as metodologias de ensino-aprendizagem “inovadoras” têm ocupado um lócus significativo nas práticas escolares. Isso pode ser visto pela inserção de novas concepções epistemológicas, sobretudo aquelas que priorizam a contextualização dos conceitos e a utilização de recursos didáticos diferenciados, onde o educador busca facilitar o processo de compreensão e significação daquilo que o aluno traz, numa abordagem crítica a essas concepções e o que está posto na ciência a ensinar, o que é próprio da construção científica (BECKER, 1994, p. 89).

Entretanto, essa construção enfrenta desafios como extrapolar o conteudismo, próprio da pedagogia tradicional e ainda fortemente presente na nossa educação, rumo a novas configurações didático-pedagógicas (SOUZA, 2012, p. 8). Para tanto, uma das ações que podem contribuir na solução deste problema pode ser o investimento mais forte em qualificação dos docentes, para que eles possam estar aptos para introduzir nas suas práticas de ensino novas configurações didáticas.

Nesse sentido, atualmente há um consenso entre educadores de que a inserção de aspectos ligados à natureza das Ciências, das tecnologias da informação, experimentação em classe e as articulações pesquisa-ensino podem contribuir para dar significado aos conceitos científicos e a consequente melhora no aprendizado dos alunos nas chamadas “ciências físicas”, como é o caso da Química (SOUZA, 2012, p. 20). Daí a necessidade de investir na formação docente no aspecto fundamentação teórica para as práticas docentes pautadas na natureza da ciência. Uma aposta para isso se dá na direção de um ensino voltado para a construção do discurso em constante diálogo com a empiria, tendo a formação da linguagem científica como um dos seus meios (LOPES, 2013, p. 1).

Segundo Johnstone (1991, p. 78), a química, por tratar-se de uma ciência experimental que lida com as dimensões micro e macroscópicas da realidade, requer o uso desse discurso para a construção do saber ensinado na sala de aula, pois certamente uma abordagem macro, micro e representacional leva a uma visão desta ciência mais adequada à superação do seu modelo pedagógico tradicional, pautado na sua divisão em Químicas Orgânica, Inorgânica,

Físico-Química e Analítica (HAMMOND e NYHOLM, 1971, p. 10, apud, SOUZA, 2012, p. 20). Essa organização, presente em muitos livros didáticos do Ensino Médio, está superada há décadas e encontra-se em descompasso com as necessidades do ensino atual desta ciência.

Nesse sentido, entendemos essa nova forma de ver a Química contribui para a elaboração e análise de modelos representativos e da argumentação para a construção do discurso químico em classe, principalmente quando se trata da modelagem dos fenômenos que esta disciplina se propõe a analisar e a sua transposição para a sala de aula. Essa mudança de paradigma deve partir de uma proposta de ensino que una a natureza da Ciência, no sentido amplo, e a sua aplicação para fins didáticos, uma vez que os problemas que a química se propõe a solucionar são de natureza interdisciplinar, tanto no campo da química pura quanto da química aplicada ao ensino.

2. O ensino de química e as contribuições da Natureza da Ciência Ensino de Ciência – NCEC

A aproximação entre elementos relacionados à natureza da ciência e o seu ensino constitui-se numa das novas tendências de configurações didáticas que visam romper com a pedagogia tradicional e contribui para minimizar o estigma de que aprender ciências é difícil por causa da natureza complexa do saber científico (RIBEIRO, 2010, p. 2). Há uma corrente de educadores que advogam que essa dificuldade é atribuída ao nível de abstração envolvido no modo de pensar próprio da ciência e que isso se constitui num obstáculo que torna o saber científico inacessível às pessoas acostumadas ao senso comum.

Segundo Bachelard (2014, p. 14), isso ocorre porque na tentativa de compreender a realidade, o homem parti da experiência primeira com os fenômenos e na medida em que o pensamento dedutivo avança há um afastando dessa visão primeira em direção ao pensamento abstrato, portanto mais complexo. Esse distanciamento dificulta a “retidão dos conceitos”ⁱⁱⁱ, por isso, nesse processo de elaboração mental mais sofisticada [através de modelos abstratos], própria da Ciência no sentido mais amplo reveste-se no que Bachelard atribui a essa forma de pensar como “estética da inteligência” (BACHELARD, 1996, p. 13).

Nesse sentido, hoje há uma preocupação em identificar as dificuldades que o aluno apresenta no aprendizado da Química (ROCHA, 2011, p. 6) e a modelagem pode ser um aliado nessa batalha. Assim, cremos que essa aproximação entre o fenômeno e sua descrição

científica, quando trazida para a sala de aula, pode contribuir para a melhora do quadro atual do ensino de ciências no Brasil, descrito pelos órgãos oficiais (OCDE, 2016; INEP, 2013).

No caso da Química, essa dificuldade está relacionada com as capacidades argumentativas dos estudantes e as habilidades relacionadas como a de descrever os fenômenos lançando mão de modelos que facilitarão a compreensão dos fenômenos químicos através de suas representações na transposição do concreto ao abstrato (JUSTI, 2015, p. 38) (SATO, 2015, p. 2). Em síntese, a descrição de entidades químicas a partir da linguagem intuitiva para a abstrata [científica], ou seja, do macro ao micro, é um percurso que pode ser feito em classe contribuindo para tornar a ciência acessível (BACHELARD, 1940, p. 38 apud RIBEIRO, 2015, p. 140).

Segundo Bachelard (2004, p. 14), essa concretude constitui-se no ponto de partida a partir do qual são abandonadas as interpretações qualitativas rumo à descrição dos fenômenos, ao formalismo, ao mundo dos conceitos e à matematização, pois a ontologia dos entes físicos e químicos foge ao óbvio e intuitivo na medida em que a Ciência tenta cumprir a sua finalidade descrever o real (BACHELARD, 2004, p. 13).

Nesse sentido, a aproximação das formas de pensar espontânea do aluno e aquela que é própria da Ciência insere-se nesta proposta desse trabalho, que também pretende fornecer, aos professores de química, detalhes de como melhorar o ensino de química através da construção de uma interface ciência-ensino e da utilização de um dos princípios da ciência – a modelagem, das relações concreto-abstrato pela construção da argumentação conceitual retificada, que envolve habilidades do pensamento complexo.

3. A introdução da natureza da ciência em sala de aula

A necessidade de implantar práticas de ensino voltadas para o desenvolvimento de habilidades cognitivas complexas em classes do Ensino Médio é uma tendência atual no Ensino das Ciências (SATO, 2015, p. 2; FERREIRA e JUSTI, 2008, p. 34; TALANQUER, 2013, p. 2; JOHNSTONE, 1991, p. 77). Sendo assim, a capacidade de argumentação e de modelagem pode ser considerada prática epistêmica importante no ensino de ciências (KHALICK, 2012, p. 15).

Posto isso, surgem questionamentos tais como:

- Quais são essas práticas e como implantá-las em classe?

- Como implantar configurações didáticas que tornem o ensino de ciências o mais próximo possível da própria ciência?
- Como desenvolver uma visão crítica no aluno?
- O que e como ensinar sobre a natureza da ciência e o que é a ciência, enfim?

Alguns autores como Lederman (2004, p. 526) defendem que esses questionamentos acima e os objetivos implícitos nessa proposta podem ser alcançados listando para os alunos aspectos da natureza da ciência, enquanto outros como McComas (2004, p. 511) creem que é melhor apresentar casos históricos como metodologia de ensino.

Por outro lado, Allchin (2014, p. 15) refuta McComas defendendo que o ensino da natureza funcional não declarativo da ciência. Outra linha centra-se na alfabetização científica (FERREIRA e JUSTI, 2006, p. 34; SOUZA, 2012, p. 81), considerando a participação dos alunos nas atividades que envolvem o contexto do ensino de ciência, enquanto outra corrente prefere o ensino fundamentado em modelagem [*modelling-based teaching*], amplamente utilizado na literatura internacional (ERDURAN et al. , 1996, p. 239; JUSTIN, 2015, p. 40).

Outras iniciativas para introduzir o debate sobre a natureza da ciência no ensino de química é tentada por Ático Chassot através da obra “Alfabetização científica”. Em sua resenha, Alice Lopes (2003, p. 1) mostra que o sucesso da proposta de Chassot depende da devida contextualização da ciência no processo educativo no âmbito da sociedade, ou seja,

[...] as finalidades sociais da escolarização devem ser atendidas pois a falta de entendimento do que ela é uma produção cultural também contribui para a eventual não compreensão, no campo da educação em ciências, do caráter produtivo do conhecimento e das disciplinas escolares” (LOPES, 2003, p. 1).

4. Propostas para a modelagem em ciências

Dentre as propostas de modelagem voltadas para o ensino de ciências, há um predomínio daquela que enfatiza as dimensões do conhecimento químico (WARTHA e REZENDE, 2011, p. 52; JOHNSTONE, 1991, p. 78), a partir das contribuições das dimensões micro-macro-representacional-visível para o ensino-aprendizagem e a ampliação do processo de pensamento químico (TALANQUER, 2011, p. 13). Há também opções mais aceitas atualmente para conciliar o conhecimento científico e o ensino de ciências podemos citar a modelagem.

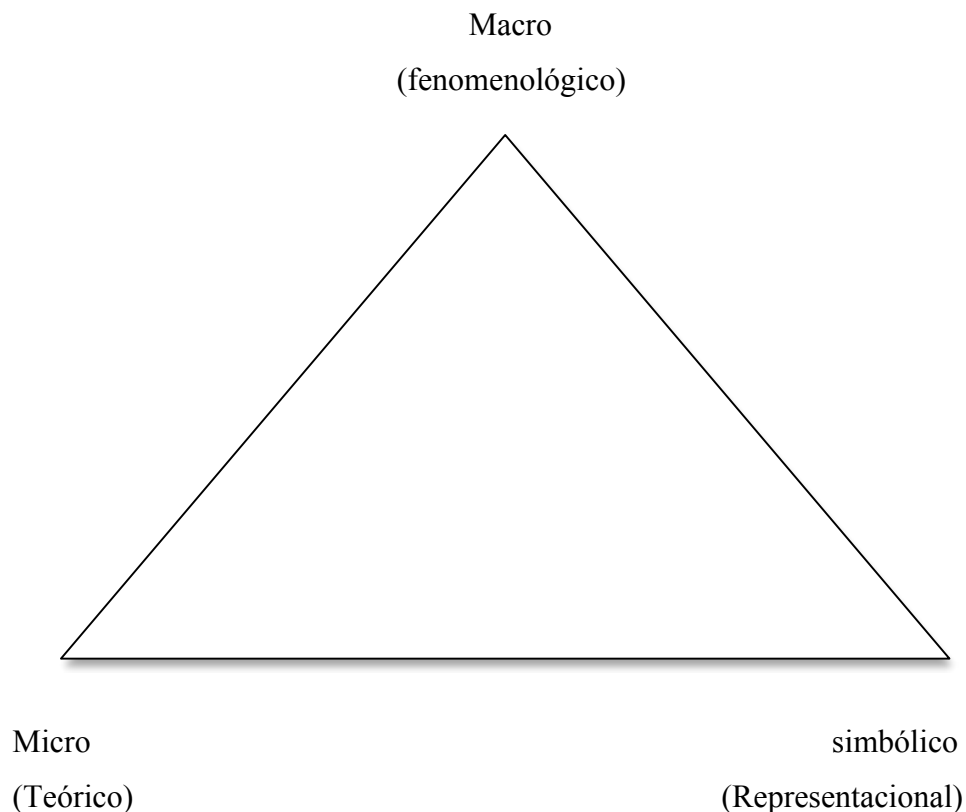


Figura 1. Diagrama modelo de modelagem: inspirado em Mortimer et al. (2000, p. 277) e Johnstone (2006, p. 59).

Embora muitos filósofos da ciência apresentem visões distintas sobre o significado de modelos (CARTWRIGHT, 1997, p. 4; GIÉRE, 199, p. 44; MORGAN; MORRISSON, 1999, p. 2), os mesmos reconhecem que modelos são um dos principais produtos da ciência e que o processo de modelagem fundamenta a produção do conhecimento científico (JUSTI, 2015, p. 39). Segundo esta autora os modelos na ciência cumprem as funções de favorecer a visualização de entidades abstratas, fundamentar a proposição de explicações, inferências, previsões e simulações, além de dar suporte à elaboração e/ou à ampliação de teorias (JUSTI, 2015, p. 39). Ainda segundo Justi (2015, p. 39), a modelagem se dá em quatro etapas que dialogam entre si: elaboração, avaliação, expressão e teste^{iv}, vide Figura 1. Na visão de outros autores como Sibel Erduram e colaboradores, um ensino fundamentado na modelagem favorece a capacidade argumentativa se estiverem em jogo situações que requeiram a

capacidade de explicação de diversos modelos pelos alunos na descrição de um fenômeno (ERDURAN, et al. 2006, p. 255). Isso se verifica quando o aluno desenvolve a capacidade de lidar com evidências, elaborar argumentos, contra-argumentar, elaborar teorias alternativas, etc. na descrição dos fenômenos.

5. Um estudo de caso: abordando o tema ligações intermoleculares

Analisamos aqui, uma aplicação do uso da natureza da ciência voltada para o ensino de química que envolve abordagens nos planos macro, micro e representacional, no tema ligações intermoleculares, fundamentado na modelagem, e desenvolvido por Justi (2015, p. 44). A autora apresenta os resultados desse estudo de caso em que os alunos descrevem o comportamento das entidades a serem modeladas [iodo e grafite, por exemplo] usando a capacidade argumentativa na descrição, o que corresponderia à etapa de elaboração de um modelo mental. Em seguida, obtêm-se informações sobre a entidade modelada na estrutura cognitiva de aluno ou na bibliografia; define-se uma analogia ou um modelo matemático para fundamentar o modelo, e integrar essas informações na proposição de um modelo praticando habilidades argumentativas mais complexas como segue.

- Quando a aluno argumenta que: “no iodo há rompimento de ligações porque sua temperatura de fusão é baixa. No grafite há apenas vibração das partículas porque sua temperatura de fusão é elevada”, ele está selecionando evidências relevantes, analisando criticamente com seus conhecimentos prévios e elaborando um argumento expresso em linguagem clara;
- Em “A ligação do iodo é covalente porque cada átomo tem sete elétrons”, ele está fundamentando a justificativa de um argumento.

Ao representar átomos e moléculas distintas com bolas de isopor, massa de modelar de cores diversas, etc., os alunos estão representando de diversos modos o mesmo modelo: concreto, bidimensional (desenho) e verbal; e explicitaram um raciocínio analógico a partir de uma representação para a proposição de um modelo. Por outro lado, se requer na etapa de teste dos modelos:

- (i) Planejar e conduzir experimentos mentais;

- (ii) Planejar e conduzir experimentos empíricos;
- (iii) Analisar criticamente os resultados dos testes;
- (iv) Modificar ou rejeitar o modelo testado. Dependendo do resultado desses testes, os modelos podem ser reformulados ou abandonados. Esses testes de modelo são possíveis utilizando as seguintes habilidades argumentativas: lidar com evidências, elaborar argumentos, contra-argumentar e elaborar teorias alternativas.

Na aplicação da etapa de avaliação de modelo requerer-se-á todas as capacidades argumentativas do aluno. Isso envolve a identificação das limitações do modelo, sua abrangência e o convencimento da sua validade perante os colegas. Isso pode ser constatado no exemplo que segue (JUSTI, 2015, p. 45):

- Identificar as limitações do modelo a partir da contraposição do mesmo com seu(s) objetivo(s) através da argumentação contrária a dado modelo defendido por outro grupo: “o modelo de NaCl molécula não explica a temperatura de fusão, porque não mostra todas as partículas próximas e com atrações fortes” (grupo A);
- Identificar a abrangência do modelo a partir da tentativa de utilização do mesmo em diferentes contextos, ao tempo em que mostra a inadequação de modelos propostos por outro grupo: “Modelo em rede explica por que as partículas estão interagindo próximas umas das outras. Modelo ‘NaCl molécula’ é incoerente porque, se as interações entre as partículas fossem iguais, elas deveriam se unir”, (grupo B);
- Convencer outros da validade do modelo produzido, destacando, via argumentação, as qualidades defendidas pelo grupo como sendo exclusivas do modelo defendido: “Nosso modelo é plausível porque mostra partículas próximas, com várias atrações, e cuja força varia com a distância”, (grupo C).

Vale ressaltar que as argumentações dos alunos foram feitas com base em conceitos que eles estavam vendo pela primeira vez. Portanto não se poderia esperar uma descrição muito próxima da científica, mas isso não invalida a discussão aqui apresentada.

6. Considerações finais

Nesta proposta didático-pedagógica foi possível estabelecer que há várias metodologias que trazem elementos ligados à natureza da ciência para o seu ensino e que a opção por uma ou outra cabe ao professor, de acordo com as condições que lhe são ofertadas. O que há de comum nessas metodologias é a formação de significados para os conceitos à medida em que a descrição fenomenológica vai do pensamento intuitivo ao pensamento abstrato da ciência em sala de aula. A partir da modelagem científica, partindo da experiência, visualização do concreto ou mesmo da dialética argumentação-modelagem, micro-macro, representação, dentre outras, constroem-se teorias que resultam na significação conceitual-teórica. Quanto mais essa descrição se aproxima da científica mais se retificam os conceitos, como prega Bachelard.

A inserção de metodologias alicerçadas na natureza da ciência em classe pode constituir-se num facilitador para resolver o problema das dificuldades de lidar com temas abstratos a partir de uma base empírica pelos alunos e que têm na Ciência a sua natureza e no caso em questão, na Química. Desta forma, a modelagem argumentativa a partir de elementos da natureza da ciência pode contribuir para diminuir o baixo desempenho em Química no Ensino Médio no Brasil.

A experiência de ensino num tema abstrato a partir de uma base empírica como as forças intermoleculares aqui apresentadas, fundamentada na modelagem permite dizer que a argumentação favoreceu a realização de etapas específicas da modelagem e esta requereu o uso de habilidades de argumentação. Esse relacionamento modelagem-argumentação, apesar de ter sido estabelecido para um tema específico poderia ser generalizado para outros temas científicos. Isso baseia-se na premissa de que argumentação e modelagem são elementos indissociáveis e os relacionamentos aqui expressos são os mesmos, só mudando o objeto de ensino.

Finalmente, foi possível estabelecer um referencial teórico significativo no campo da Natureza da Ciência – Ensino de Ciência. Seus pressupostos epistemológicos seguramente darão um suporte seguro para a formação de docentes e apoio à sua atividade, em contraposição à epistemologia da pedagogia tradicional, que ainda persiste fortemente no Ensino Médio brasileiro.

7. Referências

ALLCHIN, D. From science studies to scientific literacy: a view from the classroom. **Science and education**, Dordrecht, Holanda, p. 1-22, 2004.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuições para uma psicanálise do conhecimento**. Trad.: Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Editora Contraponto, 1996, 316 p.

_____. **Ensaio sobre o conhecimento aproximado**; tradução: Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2004. 316 p.

BECKER, F. Modelos pedagógicos e modelos epistemológicos. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 19, 1994, p. 89-96.

CARTWRIGHT, N. Models: The Blueprints for Laws. **Philosophy of Science**, Durham, Inglaterra, v. 64, p. n. Supplement, p. 292-303, 1997

ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. Learning to Teach Argumentation: Research and development in the science classroom. **International Journal of Science Education**, Londres, v. 28, n. 2-3, p. 235-260, 2006.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. Modelagem e o “Fazer Ciência”. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 28, p. 32-36, 2008.

BRASIL, INEP/MEC: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Retário do PISA**, Brasília, 2013.

JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, Amsterdã, n. 7, p. 75-83, 1991.

_____. Chemical education research in Glasgow in perspective. **Chemistry Education: Research and Practice**, Londres, v. 7, n. 2. p. 9-63, 2006.

KHALICK, F. A. Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. **Science and Education**, Melbourne, DOI: 10.1007/s11191-012-9520-2, p. 1-21. 2012.

LEDERMAN, N. G.; LEDERMAN, J. S. Project ICAN: a professional development project to promote teachers and students’ knowledge of nature of science and scientific inquiry. In: Proceedings of the 12th Annual Conference of the Southern African Association for Research in Mathematics, Science and Technology Education. **Anais...** Durban: 2004, p. 525-527.

LOPES, A. C. Resenha sobre a obra “CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: questões e desafios para a educação. Ijuí: Unijuí, 1^a ed. 2000, 434 p., 2^a ed. 2001, 438 p. In: **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 22, p. 1-3, 2003.

MCCOMAS. W. F.; CLOUGH, M. P.; ALMAZROA, H. The of the nature of science in science education. **Science and education**, v. 7, Amsterdan, p. 511-532, 1998.

MORRISON, M.; MORGAN, M. S. **Models as mediating instruments**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. 401 p.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 273-283, 2000.

OCDE (Programme for international student assessment – PISA). BRAZIL – Country Note – **Results from PISA 2012**, Paris, 2013.

RIBEIRO, C. Metafísica e ciência em Gaston Bachelard. **Revista Ideação**, Feira de Santana, Bahia, n. 32, , p. 137-166, 2015.

ROCHA, G. N.; MELO, L. F. L.; ROMERO, F. B.; FECHINE, P. B. A. Estudo do rendimento de disciplinas do curso de química nas disciplinas de Físico-Química da UFC. **Revista Científica Internacional**, Rio de Janeiro, ano 4, n. 17, p. 153-172, 2011.

SILVA, C.B.A.; SILVEIRA, F.A.; GOMES, R.O.A.; SANTOS, J.E.P. Dificuldades de aprendizagem em química dos alunos do curso de licenciatura. In: 8^o Simpósio Brasileiro de Educação Química, Natal. **Anais...** Natal: 2010. p. 1-2.

SOUZA, K. A. F. D. **Estratégias de comunicação em química como índices epistemológicos: análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos ao longo do século XX**. 2012. 189 f. Tese apresentada ao Instituto de Química da Universidade de São Paulo para a obtenção do Título de Doutor em Química. São Paulo.

TALANQUER, V. How do students reason about chemical substances and reactions? Concepts of Matter in Science Education, Innovations. **Science Education and Technology**, Dordrecht, Holanda, v. 1, p. 1-6, 2013.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 275-290, 2011.

Notas

ⁱ PISA: Programa Internacional de Avaliação de Alunos - PISA. Desenvolvido e coordenado internacionalmente pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Este levantamento envolveu 65 países membros e convidados.

ⁱⁱ Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, que conta atualmente com 35 países de 4 continentes.

ⁱⁱⁱ Retificação conceitual: para Bachelard, O conhecimento científico é retificação de erros. Retificar é regularizar, normalizar os enganos, desvios e fantasias infundadas. As ideias científicas não são resumo da experiência, mas programa de ação, refinamento, precisão e esclarecimento do material empírico. Seguir a constituição da ciência é compreendê-la como um saber aproximativo. A história das retificações científicas é a própria história dos sistemas científicos.

^{iv} A elaboração de um modelo mental ocorre a partir da integração dinâmica e, às vezes, simultânea de: definir os objetivos do modelo ou entender os objetivos propostos para o modelo; obter informações sobre a entidade a ser modelada (na estrutura cognitiva prévia ou a partir de fontes externas: bibliografia, atividades empíricas etc.); definir uma analogia ou um modelo matemático para fundamentar o modelo; e integrar essas informações na proposição de um modelo. A expressão do modelo mental de forma a torná-lo acessível a outros sujeitos pode ocorrer a partir da utilização de quaisquer dos modos de representação (concreto, bidimensional, virtual, verbal, gestual, matemático). Os testes do modelo visando avaliar sua coerência com seus objetivos podem ser de dois

tipos (empíricos e mentais), dependendo da entidade que está sendo modelada e das condições disponíveis para a realização dos mesmos. Finalmente, a avaliação do modelo consiste na identificação da abrangência e das limitações deste e ocorre a partir da tentativa de utilização do modelo em diferentes contextos (JUSTI, 2015, p. 40).

Sobre o autor

José Vieira do Nascimento Júnior. Graduado em Bacharelado em Química pela Universidade Federal da Bahia, UFBA, (1989), Licenciatura em Química, UFBA (2006), Mestrado em Química, UFBA (1996) e Doutorado em Físico-Química, UFBA (2011). Adquiriu experiência no setor industrial atuando ao longo de 6 anos em laboratório de controle de qualidade no Polo Petroquímico de Camaçari. Em Química Aplicada tem formação em catálise heterogênea e em técnicas espectroscópicas. Desde 1991, atua na área de Ensino em Química. A partir de 2012 tem focado o interesse por temas voltados ao Ensino das Ciências, com ênfase em Química, através de estudos em Didática e Epistemologia das Ciências da Natureza, destacando a atuação no Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa, Ensino e Didática das Ciências, Matemática e Tecnologias NIPEDICMT/UFBA e como membro do Programa de Pós-Graduação em Astronomia Mestrado Profissional UEFS; atua como professor adjunto de Físico-Química da Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, UEFS. Faz popularização científica com participação nas edições anuais do Curso de Extensão em Astronomia do Instituto de Física da UFBA desde 2008, e como membro da Associação de Astrônomos Amadores da Bahia, onde ocupa a presidência desde 2012.