



A Filosofia da Química na Formação Dos Educadores em Química

Débora Schmitt Kavalek
Universidade Federal do rio Grande do Sul,
Brasil.
quimicadebora@hotmail.com

Diogo Onofre Gomes de Souza
Universidade Federal do rio Grande do Sul,
Brasil.
diogo@ufrgs.br

Marcos Antônio Pinto Ribeiro
Universidade Estadual da Bahia
Brasil
marcolimite@yahoo.com.br

José Cláudio Del Pino
Universidade Federal do rio Grande do Sul,
Brasil.
delpinojc@yahoo.com

RESUMO

O ensino da química nas escolas caracteriza-se por um ensino algorítmico, onde o fundamental, nas exposições dos docentes, restringe-se à memorização de fórmulas, conceitos e teorias descontextualizadas, utilização de modelos de limitada compreensão, levando à interpretação equivocada de fenômenos e conceitos. Tais fatores vêm gerando diversos problemas no ensino da química, tanto para o aprendizado dos discentes quanto para o desenvolvimento das aulas por parte dos docentes. Nesse sentido, a filosofia da química fornece subsídios teóricos para uma contextualização dos conteúdos. Surge a necessidade, pois, de se delinear atividades para inserir e articular a química à filosofia da química, objetivo a que almejamos neste trabalho, através de pesquisa bibliográfica em alusão a vinculação da filosofia da química para beneficiar e qualificar o ensino de química.

Palavras-chave: Filosofia da química, ensino, química.

ABSTRACT

The teaching of chemistry in schools characterized by an algorithmic learning where the fundamental, exhibitions of teachers is limited to memorizing formulas, concepts and theories decontextualized, using models of limited understanding, leading to misinterpretation of phenomena and concepts. These factors have generated several problems in the teaching of chemistry, both for the learning of students and for the development of classes by teachers. In this sense, the philosophy of chemistry provides for a theoretical contextualization of content subsidies. The need arises, therefore, to outline activities to enter the chemical and articulate the philosophy of chemistry, the goal we aim for this work, through a literature review in reference linking the philosophy of chemistry to benefit and enhance the teaching of chemistry.

Keywords: Philosophy of chemistry education, chemistry.



A Importante Contribuição da Filosofia da Química na Educação Em Química

Orientar à construção de um conceito em química requer estabelecer os dados primários (experimentos), a interpretação de leis, relações e comparações e qual o modelo usado para explicar o fenômeno. É habitual o educador não considerar estes aspectos e ponderar como dado primário o modelo ou a teoria, sem nenhuma história ou nenhuma conexão com a prática. Observam-se, inclusive, inúmeros equívocos em relação à explicação dos conceitos, principalmente dos microscópicos, em que lhes são conferidas características macroscópicas, como: ‘átomos de ferro ter brilho ou serem duros’; ‘átomos de líquidos serem maleáveis’; ‘átomos que se fundem ou evaporam’; ‘elétrons que caminham’; a crença de que ‘entre partículas de um gás tem ar’; concepção de que a ‘camada eletrônica serve para cobrir o átomo’; a ‘reação de neutralização é entendida como atingir uma solução neutra’ e muitas outras imprecisões. Segundo Ribeiro (2012), o conhecimento em química é orientado por um fisicalismo reducionista, um positivismo pedagógico e uma formação profissional de futuro cientista. Enfim, segundo Berkel (2005), citado por Ribeiro (2012), transmite a ciência como produto e não processo.

Outra dificuldade visualizada no ensino é a falta de autonomia da química, ou seja, a redução da ciência em questão à física e à matemática. A educação em química pode ser beneficiada e ter mais legitimidade, quando a mesma deixar de ser reduzida à física e à matemática. Naturalmente, os filósofos da ciência têm sua atenção concentrada na física, uma vez que é uma ciência fundamental. Mas o fundamental não significa necessariamente o mais importante (Scerri, 2003) e, tendo em vista a riqueza e complexidade da química, que serve de elo entre a física e a biologia, espera-se que o estudo filosófico acrescente contribuições para a ciência como um todo. Scerri (1997) argumenta que a dimensão filosófica da química necessita de uma atenção especial. A teoria atômica, por exemplo, só foi reconhecida através dos artigos de Einstein, pela física, sendo que, os químicos, não só tinham certeza da existência dos átomos, como propunham os primeiros modelos de reações químicas. Observa-se também que, enquanto muitos nomes da física e da matemática se destacaram pelas suas reflexões filosóficas, sempre foi precário o número de químicos-filósofos (RIBEIRO, 2012). A física traçou suas origens à filosofia, porém a química, com exceção da alquimia, delineou suas raízes à física. Antes da virada do século XX a química estava no centro das atenções filosóficas, porém, após a descoberta da radioatividade e com o desenvolvimento da teoria quântica, o ensinamento de átomo foi retirado e ligado à Física. Segundo Scerri (2003), nesse período os químicos passaram a ser vistos como profissionais fazendo Física aplicada.

Em primeiro lugar, faz-se necessário que os docentes de química tenham uma formação epistemológica, desenvolvendo ou atualizando seus conhecimentos dos modelos epistemológicos. Segundo Aduriz-Bravo (2001), a reflexão sobre a ciência está incompleta se não inclui a consideração do componente epistemológico. O caráter instrumental da epistemologia contribui para a melhora de muitos aspectos do ensino e aprendizagem das ciências, particularmente da química (AUDURIZ-BRAVO, 2001). Em segundo lugar, o currículo de química deveria incorporar, além dos conteúdos científicos propriamente ditos, os pertinentes à natureza da ciência química, sua evolução e suas relações com a sociedade e a cultura, sendo que esses conteúdos provêm em parte da epistemologia, em parte de outras disciplinas metacientíficas, ou seja, a filosofia é a fonte para a análise dos conteúdos para o currículo de química. Como Aduriz-Bravo (2001) afirma: “Se debería enseñar epistemología a maestros y profesores de ciencias de todos los niveles educativos” (p. 50), ao mesmo tempo, pode-se afirmar que deve haver um conhecimento metacientífico amplo e crítico tanto a discentes como aos docentes de química.

Eric Scerri (2003) recomenda a utilização dos filósofos em questões educacionais, sugerindo aos educadores um conhecimento maior da posição filosófica que assumem. O autor também lamenta



que a filosofia, que fornece a análise mais sistemática dos modos de pensar, tem sido tradicionalmente esquecida pelos químicos, e que os docentes devem avigorar os conceitos filosóficos que contribuíram para melhorar (ou piorar) o desenvolvimento da ciência química.

Segundo Fleck (1965), citado por Condé (2012), não pode haver uma observação neutra e objetiva pelo indivíduo, sendo que o propósito das observações influencia a natureza dessa observação. Nesse sentido, os docentes devem conhecer e debater acerca dos contextos onde a ciência foi desenvolvida, a prática dos pesquisadores, suas dificuldades, a socialização, consolidação e difusão do conhecimento, as relações entre raciocínio lógico e cognição em geral, sobre o papel das imagens, metáforas, representações e mudanças na linguagem. A institucionalização da Filosofia da química nos currículos de Licenciatura em química encaminhará à reflexão sobre a natureza do conhecimento químico, o desenvolvimento de abordagens mais contextualizadas e debates teóricos.

Para ter validade na formação do discente, o ensino de química nas escolas deve abordar, não só o que a ciência em questão conhece, mas também como se chegou ao conhecimento em questão: época, contexto social, moral, cultural e quais os envolvidos. Sob essa perspectiva, as interações entre ciência, tecnologia e sociedade são mais salientes, capacitando os estudantes a avaliarem a legitimidade das teorias e contribuir para o desenvolvimento de pessoas que reflitam, critiquem, não precisam ser gênios, mas que caminhem para o progresso e modificação da sociedade. É nesse contexto que a filosofia da química faz-se urgente e pode fornecer subsídios teóricos para contextualizar as explicações, tornando o ensino de química significativo e real.

Ribeiro (2012) afirma que a educação química será beneficiada com a filosofia da química na formação inicial dos professores. Scerri (2003) também afirma que pesquisadores em educação química distinguem vários equívocos em relação à compreensão de conceitos químicos por parte de estudantes, muitos deles causados por confusões filosóficas nas explicações abordadas em sala de aula, ou seja, devido à linguagem utilizada pelo professor. A filosofia da química auxilia a esclarecer o sentido de alguns termos, como a utilização do vocábulo “modelo”, comumente empregado no ensino das substâncias químicas, pois tais modelos devem ser eficazes porque, muitas vezes, são identificados como fundamentações filosóficas, versões simplificadas em excesso ou visões distorcidas de teorias complexas.

La ciencia por cuanto es ella misma en una de sus dimensiones un discurso, puede ser entonces tomada como objeto de estudio por parte de la filosofía y de las diferentes ciencias sociales. Así se ha hablado, por ejemplo, de la historia de la ciencia, la sociología de la ciencia, la filosofía de la ciencia, la pedagogía de la ciencia (ADURIZ-BRAVO, 2000, p.47).

A educação química necessita de discussões filosóficas, para ser possível uma acepção clara em relação aos níveis de linguagem e discursos, natureza da explicação e importância dos modelos, clarificação de conceitos e especificação de uma didática. Chassot (2003) aponta que

(...) buscar ver como se enraíza e é enraizada a construção do conhecimento é cada vez mais uma necessidade para que possamos melhorar nossa prática docente. Esta passa a ser uma exigência importante para que melhor possamos entender os conhecimentos que transmitimos (CHASSOT, 2003, p. 272).

Porém, o saber relacionado à filosofia e ao modo de construção dos conhecimentos, buscando a raiz dos saberes, das teorias químicas, é uma necessidade que, atualmente está distante das aulas do curso de Licenciatura em Química em muitas universidades. Na prática, existem inúmeras barreiras para



a inclusão da Filosofia no currículo de química. Muitas dessas são originadas no fato de alguns docentes relutarem em utilizar o tempo de suas aulas no estudo do que é visto como “periférico” (WANDERSEE, 1992). Outros educadores, segundo o autor, ainda evidenciam apreensão com a extensão dos debates entre cientistas e a natureza provisória do conhecimento científico, afirmando que os “discentes podem perder a confiança no valor do objeto em si, prejudicando a aprendizagem”. Segundo Guilherme Cutrera (2008), dentro de uma concepção realista ingênua, os princípios de verdade, neutralidade e superioridade são características do conhecimento científico. Em consequência, os saberes cotidianos são considerados formas inferiores, as ideias dos alunos são considerados erros que devem ser suprido por um conhecimento verdadeiro. Teorias antigas não são reexaminadas, nem sujeitas às transformações, acabam sendo naturalizadas, adquirindo uma visão de verdade estável e imutável.

Mesmo assim, diante de tantas dificuldades, a filosofia da química pode humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses sociais; pode tornar as aulas mais motivadoras e reflexivas, estimulando as capacidades de pensamento crítico; podem contribuir para uma maior compreensão dos conteúdos científicos, evitando aulas onde se recitam fórmulas e equações que poucos sabem o significado. As percepções de ciência do docente e sua maneira explícita de entender a epistemologia, de situar, de contextualizar os conceitos dentro da história, influenciam na abordagem dos conteúdos na sala de aula e na consequente construção de um conhecimento químico.

Filosofia Da Química Na América Latina

O debate da filosofia da química já é forte em países como a Argentina, Colômbia, México, Venezuela e Uruguai. Na Argentina temos a presença de autores importantes da filosofia da química com os professores Olimpia Lombardi (Conicet), Martim Labarca (Conicet) e Agustin Adúriz-Bravo (UBA). Os autores Martim Labarca e Olimpia Lombardi publicaram um importante artigo (Lombardi & Labarca, 2005). Este artigo propõe o pluralismo ontológico como uma possibilidade limite da autonomia da química frente às outras ciências. Olimpia Lombardi tem continuado o debate inserindo outros autores, principalmente Prigogine (Lombardi, 2012) e no trabalho Lombardi & Llored (2012) trabalha as diversas formas de pluralismo ontológico da química.

Na Colômbia tem-se a participação dos investigadores Guillermo Restrepo (Los Andes) e Andres Bernal Daza (Los Andes). Estes professores, além de organizarem dois encontros da ISPC, são atuantes do debate. Guillermo Restrepo trabalha com a fundamentação matemática da química, principalmente com a matemática da tabela periódica (Restrepo & Pachón, 2007; Restrepo & Villaveces, 2012). Foi editor da edição especial da revista Hyle sobre química e matemática e integrante do III Congresso Internacional sobre a Tabela Periódica. O autor também escreveu um importante artigo integrando o sistema filosófico de Leibniz e a química (Restrepo & Villaveces, 2012). Andres Bernal, também do grupo de química teórica, trabalha com a matematização química utilizando-se da noção de relações (Bernal & Daza, 2010). No Uruguai há um grupo de discussão sobre filosofia da química. No México o professor Antonio Chamizo tem-se destacado em participação dos congressos da ISPC e publicado o artigo Technochemistry: One of the Chemists' ways of knowing (Chamizo, 2012). Neste artigo o autor defende a química como uma tecnociência.

O Campo Emergente da Filosofia da Química no Brasil



No Brasil, que tem a segunda maior comunidade de químicos no mundo, a filosofia da química apresenta pouca representação. Encontramos apenas alguns autores como Rosária Justi & Gilbert (2002) e, recentemente, um artigo de Andrade Martins (2012) publicado na revista *Foundations of chemistry*. Também o pesquisador Nelson Bejarano (UFBA) fez seu pós doutoramento com a temática da filosofia da química, investigando o problema do reducionismo. Em várias teses de doutorado e mestrado tem sido referidas produções da filosofia da química, mas sem ser foco principal. Apenas no 16° e no 17° Congresso de Filosofia da Química houve a participação de investigadores brasileiros. Foram apresentados os trabalhos *Proposal for integrating philosophy of chemistry in the curriculum* (Ribeiro & Costa Pereira, 2011) e o trabalho *Philosophy of chemistry, no Encontro Nacional de Química como fundamentos de seu currículo Encontro Nacional de chemistry as foundations of its curriculum* (Ribeiro & Costa Pereira, 2012).

Nos programas de pesquisa em nível de mestrado e doutorado em áreas de ensino de ciências, no Brasil, tem-se um vazio nesta discussão. Em eventos do ensino de química, somente no ano de 2005 foi discutido este tema no VII EDUQUI (Encontro de Educação em Química), e durante as reuniões do ENEQ (Encontro Nacional de Ensino de Química), somente no ano de 2012 tem explicitado esta temática na agenda do congresso. Neste evento, foram lançados os elementos de um novo subcampo de investigação no ensino de química no Brasil. Contou com a participação dos investigadores Martin Labarca (Conicet), Ronei Clecio, Waldimir Araujo-Neto (UFRJ), Nelson Rui Ribas Bejarano (UFBA) e Marcos Antonio Pinto Ribeiro (UESB).

A manifestação de maior relevância aconteceu no primeiro Congresso de Filosofia da Química (PHILCHIM), nos dias 01 a 03 de Dezembro de 2011 por coordenação do professor Waldimir Araujo-Neto (URFJ) na UFRJ. Neste evento houve a participação dos professores Nelson Rui Ribas Bejarano (UFBA) que trabalhou com o tema da redução da química. Waldimir Araújo-Neto (UFRJ), que ministrou um minicurso, Joachim Schummer (Karsruhe) que trabalhou com a temática da ética em química e Olimpia Lombardi (CONICET-Argentina) que trabalhou com tema da ontologia da química. O objetivo deste congresso era aproximar a filosofia da química ao ensino de química. Contou com a participação de 20 pessoas.

O XIV ENEQ, (Encontro Nacional de Ensino de Química) que ocorreu nos dias 17 a 20/07/2012, introduziu explicitamente a temática da filosofia da química como um dos temas do seu congresso. Ocorreu uma mesa redonda com tema Filosofia da química e ensino de química, composta por Ronei Clécio Mocellin que abordou o tema Filosofia da química e a filosofia da ciência, Martin Labarca (CONICET) debatendo o tema Crítica filosófica ao triângulo de Jonhstone e por Waldimir Araujo-Neto (UFRJ) que tratou do tema representação e estrutura. Nesta mesa tratou-se do tema emergente filosofia da química; a química como uma ciência subversiva, do artificial, que cria seu próprio objeto de estudo e que foi tida durante muito tempo como a ciência que não cria problemas filosóficos. Também foi apresentado um minicurso com o tema: filosofia da química como um fundamento do ensino de química. Neste curso pretendia-se pensar a filosofia da química no ensino de química. No mesmo congresso igualmente foram apresentados outros três trabalhos (Ribeiro & Bejarano, 2012; Ribeiro et al, 2012), onde ficou explícito a criação desta nova subárea de investigação no ensino de química. E de forma ainda implícita, a busca de definir linhas de força para uma filosofia do ensino de química.

Quanto à literatura, ainda não há trabalho em revistas especializadas em ensino de ciências e ensino de química, no Brasil, que integre esta temática. Um bom exemplo é um livro publicado



recentemente sobre formação superior de química no Brasil (Echeverría et al., 2010) em que não há referência alguma sobre a filosofia da química.

Como explicar que uma comunidade tão grande de químicos, como a brasileira, dê tão pouca importância a um debate já instalado em nível internacional? E, ao mesmo tempo, como explicar que a comunidade de educadores químicos busca superar a racionalidade técnica sem uma importância à filosofia, mas sim à pedagogia? Uma resposta a esta pergunta deve estar contextualizada, obviamente, num problema curricular. Primeiramente a um problema da teoria curricular no Brasil e segundo ao currículo de química. Embora este problema seja de importância central e mesmo fundamental, não poderá ser abordado aqui. Intuímos que este problema deva estar relacionado a fatores como a influência tecnicista das teorias de currículo no Brasil; o currículo disciplinar e técnico; a ausência da disciplina de filosofia do currículo do ensino médio, somente retomado em 2008 e a características da sociedade brasileira como a atenção demasiada à política e ao pragmatismo.

Propostas de Como Inserir a Filosofia da Química na Formação Inicial dos Professores De Química

Berkel (2005), citado por Ribeiro (2012), defende a necessidade de explorar uma estrutura específica pelo esforço conjunto entre filósofos químicos, que têm produzido o campo disciplinar da Filosofia da química, e educadores químicos. Segundo Ribeiro (2012), citando Talanquer (2011), a química que se faz deve ser aproximada da química que se ensina. Este diálogo, segundo Ribeiro (2012), apenas inicia, através de algumas propostas que têm buscado interpretar a essência e especificidade da química e transpor para o contexto do ensino.

Basicamente, uma disciplina que contemple a filosofia da química deve promover o debate sobre: modelo, lei, teoria e representação; método científico; observação na ciência; os aspectos filosóficos da alquimia e da história da química; exemplos de contextos da química e trabalho dos químicos; a utilização de recursos não textuais, como imagens, vídeos e músicas para provocar discussões sobre a química e a filosofia.

Na introdução ao ensino de química, por exemplo, Wandersee (1992) sugere algumas atividades que podem ser desenvolvidas em classe, tais como: dramatizações de fatos históricos da química; aproveitamento de recursos tecnológicos (sites históricos); de modelos históricos; “vinhetas” animadas; vídeos; construção de linha do tempo; utilização de simulações históricas, etc. Todas essas atividades, num enfoque filosófico, despertam a curiosidade em relação à química e podem tornar a disciplina mais envolvente para os discentes, de maneira a aprimorar seu aprendizado.

Do mesmo modo, a história da química, se abordada numa visão filosófica, pode contribuir para aulas mais contextualizadas. Duarte (2003) apresenta várias sugestões para a utilização e exploração da história e filosofia na sala de aula:

Interpretação de documentos originais e/ou reconstrução de instrumentos históricos; apresentação e discussão de controvérsias históricas; apresentação e discussão de relatos com justificativas, exemplos e ilustrações históricas; narrativas históricas, que podem incluir a forma de ‘episódios ficcionados’, dramatização de debates históricos; exploração de relatos da vida e trabalho de alguns cientistas e/ou experiências de demonstrações baseadas na história; comparação de diferentes teorias explicativas sobre um determinado conceito ou teoria; exploração de experiências passadas; histórias sobre as ideias centrais e experiências relativas a um assunto científico; e situações que se assemelhem ao discurso de



alguns cientistas do passado (DUARTE, 2003, p.28).

Experimentos também podem ser aproveitados para retratar e refletir sobre as condições de um período histórico. Segundo Schwab (1964) a ciência que se ensina no currículo deve ser fiel à natureza da investigação científica e necessita proporcionar aos estudantes experiências similares às experiências realizadas no passado pelos cientistas.

Com a abordagem de temas envolvendo: redução de emissões, controle da degradação de reservas ambientais, desenvolvimento autossustentável e tecnologia limpa, a Filosofia da Química Verde, ou “green chemistry”¹ vem se desenvolvendo e deve ocupar um espaço nas aulas de química.

Somado a todas as atividades apresentadas, uma nova proposta de ensino baseada na filosofia da química deve promover a reflexão constante sobre a prática pedagógica docente, bem como as posturas epistemológicas adotadas. Atualmente, dispõe-se de uma série de modelos epistemológicos, sendo que essa variedade de concepções é unicamente contrária ao positivismo lógico e, a partir desta oposição, é que surgiram estes novos modelos epistemológicos. Segundo Auduriz-Bravo (2000), vários didatas das ciências propõem combinar fontes epistemológicas na formação de docentes de ciências. Deve-se eleger, dentre os modelos epistemológicos, os mais adequados para a educação química, sendo importante a tentativa de combinação de concepções, a fim de evitar cair no dogmatismo. Porlán (1998) propõe que a educação científica deve ser relativista moderada, construtivista e evolucionista .

A aprendizagem consciente e significativa é aquela amplamente transferível para novas situações, sendo útil, tanto para desafios cotidianos, quanto para aprendizagens futuras. O docente deve incentivar a aprendizagem por abordagens múltiplas, contextos variados e de diversas perspectivas. Isso pode ser feito pela utilização de uma série de desafios cada vez mais complexos, variando-se tarefas de modo a minimizar a dependência de respostas automáticas e repetições, promovendo o pensamento, aumentando a aprendizagem e níveis de desempenho.

CONCLUSÃO

A filosofia da química pode levar à compreensão da estrutura química, um entendimento mais abrangente das questões formuladas, a reflexão sobre a prática, auxiliando a esclarecer o sentido de alguns termos. A educação química necessita de discussões filosóficas, para ser possível uma aceção clara em relação aos níveis de linguagem e discursos, natureza da explicação e importância dos modelos, clarificação de conceitos e especificação de uma didática. É nesse contexto que a filosofia da química faz-se urgente e pode fornecer subsídios teóricos para contextualizar as explicações, tornando o ensino de química significativo e real, visto que os docentes precisam de formação, de esclarecimento conceitual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adúriz-Bravo, Augustin. (2001). Integración de la epistemología em la formación del profesorado de ciencias. Tese (Doutorado), Universitat Autònoma de Barcelona.

¹“Green chemistry”, segundo LEONARDÃO, Eder João et al, o termo mais utilizado atualmente, foi adotado pela IUPAC, talvez por ser o mais forte entre os demais, pois associa o desenvolvimento na química com o objetivo cada vez mais buscado pelo homem moderno: o desenvolvimento autossustentável.



Adúriz-Bravo, Augustin e Isquierdo, M. (2000). "Structuring" ideas from philosophy of science for physics teacher education, en Abstracts of International Conference Physics Teacher Education Beyond , 135, Barcelona: PTTIS.

Bernal, A. & Daza, E. E. (2010). On the epistemological and ontological status of chemical relations. HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry, Vol. n.2.

Chamizo, J. A.(2012). Technochemistry. One of the chemists' ways of knowing (prelo).

Chassot, A.(2003). Alfabetização Científica: Uma Possibilidade para a Inclusão Social. Revista Brasileira de Educação, Rio de Janeiro: n.22, Jan/Fev/Mar/Abr, p. 89- 100.

Chassot, Attico. (2003) Alfabetização científica: questões e desafios para a educação. Ijuí: Editora Unijuí, 3 ed.

Costa Pereira, D. (1995). Epistemologia da química e estrutura e lógica dos seus discursos, química. SPQ, Lisboa.

Duarte, M. C. (2003). A História da Ciência e o Ensino das Ciências: Contributos Desafios. Lição de Síntese das Provas de Agregação (não publicada). Universidade do Minho.

Duarte, M. da C. (2004). A história da Ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de Ciências. Ciência & Educação. V. 10, n.3, p. 317-331.

Fleck, Ludwick. (1965) Crítica e Interpretação. 2. Ciência-Filosofia. I. Condé, Mauro Lúcio Leitão, II. Série.

Formosinho, S. (2007) Nos bastidores da ciência: 20 anos depois. Editora Universidade de Coimbra.

Gavroglu, K. & SIMÕES, A. (2002) From Physical Chemistry to Quantum Chemistry: How Chemists Dealt with Mathematics. HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry, Vol. 18.

Leonardão, Eder João et ali. (2003). Green Chemistry- os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. Quim. Nova, Vol. 26, No.1, p. 123-129. 1, pp.45-68.

Lombardi, O. & Labarca, M. (2005). The ontological autonomy of the chemical world. Foundations of Chemistry, Vol. 7, p.125–148.

Lombardi, O. & Llored, J.(2012). Multiples way pluralism in chemistry. In: ISPC-International Society for the Philosophy of Chemistry - Summer symposium. Leuven, Bélgica.

Lombardi, O. (2012). Prigogine and the Many Voices of Nature. Foundations of Chemistry, Vol. 14, n. 3, p. 205-219.

Porlán, R.A. (1998). Passado, presente y futuro de la Didactica de las Ciencias. Enseñanza de las Ciencias, v.16, p.175-185.



Restrepo, G. & Pachón, L. (2007). Mathematical Aspects of the Periodic Law. *Foundations of Chemistry*, Vol.9, n.2.

Restrepo, G. & Villaveces, J. (2012a). Mathematical Thinking in Chemistry. *Foundations of Chemistry*, Vol. 18, n. 1, p. 3-22.

Restrepo, G. & Villaveces, J. (2012). Chemistry, a Lingua Philosophic. *Foundations of Chemistry*, Vol.13, n.3, p. 233-249.

Ribeiro, M. A. P. & Costa Pereira, D. (2012). Constitutive Pluralism of Chemistry: thought planning, curriculum, epistemological and didactic orientations. 11 international IHPST e Greek History, Philosophy and Science Teaching- Thessaloniki, Grecian, 3-6 July.

Ribeiro, M. A. P. & Costa Pereira, D. (2012). Constitutive Pluralism of Chemistry: thought planning, curriculum, epistemological and didactic orientations. *Science & Education*, online, first, 7 January.

Ribeiro, M. A. P. e Costa Pereira, D. (2012). Diagrama fundamental da educação química: Uma proposta fundamentada na filosofia da química. XVI Encontro Nacional do Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI), Salvador, Bahia, Brasil, 17 a 20 de julho.

Scerri, E..(2003). On the nature of chemistry. *Educacion Quimica*, 10 (2), 74-78.

Scerri, E. (2003). Philosophical Confusion in Chemical Education. *Journal of Chemical Education* 80.

Scerri, E. R. (2007). The Ambiguity of Reduction. Karlsruhe: *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry* 13, p. 67-81

Schwab, J. (1964). Problems, Topics and Issues. In S. Elan, *Education and the Structure of Knowledge*. Chicago, IL. Rand McNally.

Schwab J.J. (1964). The teaching of science as enquiry. *The Teaching of Science* ed J J Schwab and P F Brandwein (Cambridge, MA: Harvard University Press).

Talanquer, V. (2011). Química agazapada [Lurking Chemistry]. En J. A. Chamizo (Ed.) *Historia y Filosofía de la Química [History and Philosophy of Chemistry]* (p. 142-156). Facultad de Química, UNAM, Siglo XXI: México.

Wandersee, J. (1985). Can the History of Science Help Science Educators Anticipate Students' Misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7), p. 581-597.

Wandersee, J. ; Roach, L. (1998). Interactives Historical Vignettes. In J.J. Mintzes, JH.