

A praxis química como fundamento didático para a química: uma proposta

Chemical praxis as the didactic foundation of Chemistry: a proposal

Marcos Antonio Pinto Ribeiro¹

Duarte Costa Pereira²

Simone Barreto³

¹Departamento de Química e ciências exatas (UESB) - Universidade de Lisboa. *marcolimite@yahoo.com.br*.

²Departamento de Química e Bioquímica da Universidade do Porto/Portugal. *dcpereir@fc.up.pt*

³Departamento de Química e ciências exatas (UESB). *Simonnebarreto@yahoo.com.br*

Resumo

Na interface entre currículo, filosofia e química, no sentido de uma pedagogia crítica e emancipatória, situam-se relações surpreendentemente pouco investigadas no contexto pedagógico da química que procurámos caracterizar através da análise temática da produção da filosofia da química. Esta é uma disciplina emergente da filosofia da ciência, que identifica princípios e temas característicos do modo de pensar, operar e comunicar da praxis química, transversais à história, epistemologia e ensino desta e que podem servir de fundamento para um planeamento do aparelho pedagógico da química, consistente com a sua prática, leis e regras ocultas (tácitas).

Palavras chaves: Filosofia da química, praxis química, currículo, conhecimento tácito.

Abstract

At the interface among curriculum, philosophy and chemistry, when using a critical and emancipatory pedagogy, dwell surprisingly little investigated relationships in the context of teaching of chemistry which we have tried to characterize through the thematic analysis of the philosophy of chemistry production. This is an emerging discipline of philosophy of science, identifying characteristic principles and themes of the chemist's mode of thinking, operating and communicating, transverse to the history, epistemology and teaching of this discipline, which could serve as the basis for a chemistry pedagogical apparatus consistent with its practice laws and hidden rules (tacit knowledge).

Key Words: philosophy of chemistry, chemical praxis, curriculum, tacit knowledge.

INTRODUÇÃO

A filosofia, no sentido de uma teoria crítica e emancipatória, deve esclarecer e dar sentido à praxis (Habermas, 1982). O currículo de química não implica uma posição filosófica explícita e, implicitamente, o fisicalismo, que dá prioridade ao conceito de lei, razão apriorística, axiomatismo e a uma separação entre linguagem observacional e teórica, tem sido a orientação privilegiada (Earley, 2004;). Decisões curriculares sobre a praxis química são feitas pela tradição e transmitidas de maneira tácitas.

Este fato, ao traduzir-se em uma racionalidade técnica, que se recontextualiza em um currículo descontextualizado, enquadrado e oculto; o ensino dedutivo e algorítmico (Scerri, 2004); uma distância entre a química que se faz e que se ensina tem sido apontado como um dos grandes problemas do ensino de química (Chamizo, 2009; Berkel, 2005) ao caracterizar muitos obstáculos, epistemológicos e conceituais.

Soluções para estes problemas, têm priorizado aspectos metodológicos ou ainda tem sido caracterizado por uma confusão filosófica (Scerri, 2004) ao privilegiar aproximações relativistas e anti-científicas. Por outro lado, filósofos, desde os anos 90, têm vindo a caracterizar a química como uma pluralidade constitutiva (Ribeiro e Costa Pereira, 2012). Entretanto, no discurso curricular, em nível mundial, os químicos e formadores assumem uma filosofia tácita e esta pluralidade constitutiva é transmitida de forma implícita. Um bom exemplo é um livro publicado recentemente sobre formação superior de química no Brasil em que o conteúdo de química é negligenciado (Echeverria & et al, 2010).

O currículo ainda não integra problematizações epistemológicas internas à química como: a indefinição do carácter nomotético ou ideográfico (Lamza, 2010)¹; a ambiguidade da sua base ontológica ao constituir de substâncias ou reacções²; na dicotomia micro/macro ou até a tricotomia micro/macro/simbólico associadas ao discurso da química (Costa Pereira, 1995), as relações de afinidade altamente específicas (Bernal & Daza, 2010)³, as relações mereológicas parte/todo que exigem uma mereologia especial baseada na teoria dos grupos (Earley, 2006)⁴; as questões da redução e emergência (Earley, 2006), as relações de superveniência⁵.

Creemos assim haver um espaço e necessidade do debate da filosofia da química ao explicitar elementos transversais a história, filosofia e currículo, para em um momento posterior articula-los no nível da produção, da transmissão e da aplicação (Bernstein, 1992). Desta forma, quais os elementos mínimos da praxis química ai discutidos? E como é que estes elementos poderiam fundar uma didática da química?

Num primeiro momento, através da análise temática da produção bibliográfica da filosofia da química, principalmente das revistas *HYLE* e *Foundations of Chemistry*, identificam-se campos de problemas de maior atenção e que podem guiar tanto o currículo como a didática da química. São ainda muito poucas as aproximações entre filosofia e currículo⁶ (Erduran, 2001; Erduran & Scerri, 2002) e estamos cientes da sua provisoriedade, devido ao pouco distanciamento temporal, à falta de quadros analíticos e à falta de estabilização de conteúdos, temas e problemas.

FILOSOFIA DA QUÍMICA: UM NOVO CAMPO DISCIPLINAR

Como foi dito a filosofia da química⁷ é um campo disciplinar emergente na filosofia das Ciências. Efectivamente a química foi varrida do panorama das ciências pelo próprio Kant⁸ que lhe negava o estatuto de conhecimento “a priori” necessário, segundo ele, para caracterizar uma ciência e acabou por ser responsável pela imagem de “coleccionadores de selos e aquecedores de painéis” que os químicos, tiveram nos círculos filosóficos (Scerri, 1999). Talvez porque tenha recuperado algum prestígio como conhecimento “a priori” a partir do reconhecimento da necessidade de fechamento das suas propriedades, que permite caracterizar as entidades químicas⁹, mas principalmente por se demonstrar a impossibilidade da sua redução à física, não obstante a óbvia relação de superveniência, em meados da década de 90, a filosofia da química começou a se afirmar.

Atualmente esta disciplina conta com dois periódicos, (*HYLE*, desde 1995 e *Foundations of Chemistry*, desde 1999), o mesmo ano da criação da ISPC (*International Society for the Philosophy of Chemistry*). Nestes já largos anos de existência a filosofia da química já conta com uma vasta literatura com mais de 60 monografias e mais de 700 artigos (Schummer, 2006) e uma vasta comunidade internacional de químicos e filósofos. Entretanto, este debate tem tido um impacto modesto a nível mundial, pois o exemplo da influentíssima *American Chemical Society* ao promover nos seus encontros sessões de filosofia da química não se tem repercutido noutras Sociedades de química, concretamente nas de Portugal e do Brasil.

Um primeiro problema de investigação deste campo emergente foi indetificar razões para o negligenciamento da química no contexto da filosofia e da filosofia da ciência. A química viveu e vive ainda uma situação paradoxal: ao tempo que é uma *ciência central* ao nível das práticas é marginal na discussão dos fundamentos conceituais e filosóficos (Van Brakel, 1999, 2006); É a ciência mais produtiva e é a que menos discute os seus princípios (Schummer, 1997).

Por que razões a filosofia e a filosofia da ciência não tiveram interesse na química como objeto de reflexão, e a química não desenvolveu instrumentos e práticas reflexivas? E quais as implicações de tudo isso para o aparelho pedagógico da química? Este é um problema transversal ao currículo da filosofia, da filosofia da ciência e da química e reflete a imagem da ciência no século XX, um modelo ainda muito influente (senão mesmo hegemónico) no currículo e didática das ciências e que ignorou a maior parte da Ciência (não só química como também parte da física). Uma síntese é dada na tabela 1 abaixo.

Tabela 1: fatores que levaram ao negligenciamento da química no contexto filosófico (van Brakel, 1999)

Tecnologia	Proximidade com a tecnologia
Pragmatismo	Raízes históricas no pragmatismo e o desinteresse por questões metafísicas
Reduccionismo ¹⁰	Redução a Física e o positivismo lógico – um dos principais fatores
Questão fundacional	Ausência de uma questão Filosófica fundadora
Teoria científica	Nenhuma teoria científica de relevo (teoria da evolução ou teoria da gravitação)
Currículo da Filosofia e Filosofia da Ciência	Influência da mecânica na disciplinarização da Filosofia
	Legado Kantiano e sua caracterização da Química como arte sistémica
	Influência da Física na profissionalização da Filosofia da Ciência
Metodologia	Por possuir pluralidade metodológica como abdução

A análise do negligenciamento tem levado alguns filósofos da química a caracterizá-la por um realismo operativo (Bensaud-Vicent, 2009) e por um realismo prático e contextual (Vihalemm, 2007) e a buscar distinções da química de outras ciências. O consenso é que a epistemologia positivista ao centrar-se na análise lógica, na predominância do conhecimento “a priori” e axiomático; na pouca relevância e, conseqüentemente, pouca investigação da prática científica; ao focar-se na explicação e não na intervenção¹¹; captando mais a ciência ideal e não tanto a ciência real, negligenciou as práticas científicas, as imagens, os instrumentos, o laboratório, os valores e o contexto da descoberta.

A procura da desejável *visibilidade* da química no contexto da filosofia da ciência tem orientado um programa mínimo e inicial da pesquisa em filosofia da química (Tabela 2):

Tabela 2 : principais linha de pesquisa no início da filosofia da química

Materialidade dos objetos	Tipos naturais, referenciação, sistema de classificação, propriedades materiais e organizações das redes de relações, tabela periódica (Schummer, 2006; Harre, 2005; Needham, 1996)
Conceituação representação	Linguagem icônica e diagramática, modelos, à explicação estrutural; dualidade e circularidade dos conceitos. (Schummer, 2006; Goodwin, 2008)
Questões fundacionais	axiomatização da tabela periódica; teoria dos grupos; simetria e topologia (Schummer, 2006; Earley, 2004)
Relação com física	Reduccionismo/emergentismo; autonomia da química; ciência de serviço

FILOSOFIA DA QUÍMICA E CURRÍCULO

O nosso interesse é buscar nestes debates uma primeira aproximação ao campo de problemas visto de um ponto de vista curricular e pedagógico. Munidos de um olhar pedagógico e curricular, principalmente da noção de *conhecimento e interesse* (Habermas,

1982), da concepção de *pedagogia da substância* (Shulman, 1987) e da *teoria dos campos epistemológicos estruturantes* (Aduriz-Bravo, 2001). Em cada campo estruturante identifica-se (tabela 3) uma caracterização para a química, tensões e antinomias que a química atravessa e principais problemas e temas discutidos nas revistas.

Tabela 3: Principais problemas discutidos nas revistas por campos estruturantes

Campos estruturantes	Caracterização	Antinomias e tensões	Discutidos pela F.Q
Racionalidade e correspondência	Substancia e processos	Micro/macro, contínuo/descontínuo, todo/parte, substancia/relação, estático/dinâmico,	Mereologia, emergência, superveniência, reducionismo, classificações, realismo experimental, realismo operativo e prático,
Linguagem e representação	Diagramática e classificatória	modelo/realidade, qualitativo/quantitativo, estrutura/composição,	Fundamentação matemática, construções diagramáticas, classificações, visualização
Intervenção e método	Dual e interventiva	Indutivo/dedutivo, ação/explicação, real/ideal, análise/síntese	Descrições, classificações, diagramaticidade, narrativas de experimentos, instrumentalidade e técnica
Contextos e valores	Real e criativa	Academia/indústria, criar/descobrir, ciência/técnica, heurística/nomológica, arte/ciência	Heurísticas, estética, prática, experiência, quebra de protocolo Tecnociência, tecnocômica, ciência pos-acadêmica, laboratório,
Evolução e juízo	Central e utilitária	Central/serviço, utilitária/risco, artificial/natural	Utilidade, prática, ciência de serviço
Normatividade e recursão	Praxis	Nomotética/ideográfica, criativa/pragmática, instrumental/invenção, contexto/universal	Epistemologia histórica, aprender fazendo, pragmatismo, abdução, serendipidade

Os três primeiros campos guardam maior relação com o processo didático e ensino/aprendizagem. Principalmente com os níveis de descrição e análise, as formas de representações, diagramaticidade e visualização e os esquemas classificatório. A elucidação e integração destes problemas ontológicos como os tipos Químicos e sua referenciação, reducionismo/emergência e realismo em química e as questões da mereologia, no currículo, podem esclarecer os principais problemas e obstáculos epistemológicos e conceituais como: relações parte/todo, micro/macro, continuidade/descontinuidade, dinâmica/estática e a circularidade e dualidade conceitual. Numa descrição sucinta, Schummer (1998) tem buscado captar a essência da química como um rede de relações entre substâncias e processos (reações) descritas por propriedades materiais dependentes do contexto e do limite instrumental e técnico.

Os outros três campos têm relação maior com o pensamento curricular, principalmente com o desenvolvimento e regulação curricular e o campo de finalidades e objetivos curriculares. Tem-se caracterizado por forte inter-relação entre variados contextos (economia, indústria, academia), variados autores (professores, investigadores, industriais, engenheiros) e caracterizações como ciência explicativa (modo 1)¹², interventiva (modo 2), pós-industrial, pós-acadêmica (Sjöström, 2006), e como uma tecnociência. O que coloca um forte componente axiológico e praxiológico e também uma centralidade da ética. Deste quadro identificamos cinco *dificuldades* (tabela 4) em pensar a química curricularmente.

Tabela 4. Principais dificuldades em pensar a química e relações curriculares

Dificuldade	Filosofia da química	Relações curriculares
<i>Identidade disciplinar</i>	Imagem científica e manifesta, ciência/ técnica	Dificulta critérios racionais de seleção e organização dos conteúdos que ficam a cargo da regulação pela tradição ¹³ .
<i>Conceitos epistêmicos</i>	Nomotético/ideográfico,	Influencia no desenvolvimento e desenho curricular

	reducionismo,	
Duas ontologias	Substancia e processo	Organização e desenho curricular
Valores implícitos	Pluralidade axiológica	Inteligibilidade e compreensibilidade da química e os valores reguladores do currículo, induzindo práticas curriculares e pedagógicas orientadas fundamentalmente por códigos de natureza tácita e da tradição
<i>Pluralidade constitutiva</i>	Muitos registros filosóficos	Influencia todo aparelho pedagógico da química

Influenciado pela física teórica e pela historiografia da química, o pensamento curricular deu prioridade às ideias de leis e teorias, próprias da ciência *ideal e nomotética* em contraste com os filósofos da química que têm defendido a centralidade da noção de *modelo e de representação*¹⁴, bem como outros padrões de racionalidade como a *analogia* e a *abdução* e, mais radicalmente, um abandono mesmo do seu caráter *nomotético* (com que nunca deixaria de ser uma ciência de serviço, embora central) para assumir um caráter *ideográfico* (o que lhe permitiria, devido à sua centralidade, desempenhar o papel principal numa muito desejável *ciência pan-ideográfica* que é, graças ao papel da história, uma utopia mais fácil de realizar do que a *teoria de tudo da ciência pan-nomotética*). Também a relação com a sociedade e a imagem manifesta tem sido comprometida pela pouca publicidade, divulgação e mesmo o investimento na problematização dos principais fundamentos científicos e filosóficos. Isto faz o currículo ser refém da filosofia positivista e reducionista.

O PLURALISMO DA PRAXIS QUÍMICA: PROPOSTA DE ANÁLISE

Filósofos da química têm reiteradamente qualificado a química como uma ciência complexa, operativa, criativa, inovativa, interventiva, heterogênea e pluralista, difícil de ser pensada e conseqüentemente ensinada. O adjetivo plural tem sido recorrente e transversal na literatura. Efectivamente, para além do facto de a teoria em que se baseia a conceitualização da química não ser unificada¹⁵, esta ciência tem sido reiteradamente caracterizada por vários tipos de pluralismo: ontológico (Bachelard, 2009), metodológico (Schummer, 1997, 2006), epistemológico (Bachelard, 2009) e axiológico (Kovac, 2002). Como pensar e ensinar coerentemente esta pluralidade constitutiva?

Na tabela (5) abaixo identificamos cinco domínios em que, explícita ou implicitamente, filósofos da química têm tido maior produção. Destes cinco domínios indentificamos cinco temáticas transversais¹⁶ à filosofia, química e currículo: *classificações* (Harré, 2005; Needham, 1996; lefrefe, 2011); *processualidade* e relacionalidade (Soukup, 2005; Bernal & Daza, 2010; Earley, 2004); *diagramaticidade* (Seibert; 2001, Goodwin, 2008); *fenomenotécnica* (Rothbart, 1999; Nordhamm, 2006); *dimensão tácita* (Kovac, 2002; Nicole, Hopf & Schereiner, 2009). Estas dimensões mobilizam variados atores e contextos (indústria, economia, academia); variados estilos de pensamento (razão prática e teórica, heurístico, diagramático, relacional e processual); variados recursos cognitivos como classificação (Harré, 2005), visualização (Gilbert & Treagust, 2009; Kozma & Russel, 2007), intuição, imaginação; variados valores pessoais e culturais: estéticos, inovação, criação, utilidade; e uma fenomenologia inscrita em complexas relações ontológicas, envolvendo a categorização dos tipos naturais, relacionalidade, recursividade, lógica relacional e mereológica e uma relação constitutiva com os instrumentos de medida.

Estas dimensões estão imersas na história e regulados por valores pessoais (estético, intuição, imaginação) e sociais (inovação, criação, estética, funcionalidade, utilidade). A dimensão tácita é inclusiva e transversal, presente na construção de representações, classificações, e na relação com os instrumentos. Cada dimensão mobiliza uma

epistemologia e um modo de pensamento, instancia um modelo didático, estilos de aprendizagens, tipos de conteúdos, modos de ensino e recursos didáticos. Por esta razão, pensamos estas dimensões como articuladoras curriculares (Tabela 5) entre os fundamentos (filosofia, teoria da aprendizagem, escolas da epistemologia, psicologia cognitiva, história da química) e aplicação do currículo (didática, técnicas de ensino, didática da química).

Tabela 5: Dimensões da praxis Química e algumas articulações curriculares e didáticas

	Tácita	Processual	Diagramática	Classificatória	Fenomenotécnica
Registro Filosófico	Praexologia	Filosofia de processo	Filosofia dos signos	Filosofia natural	Filosofia dos instrumentos
Teóricos	Polanyi	Prigogine, whitehead	Peirce, Cassirer	Aristóteles, Duhem	Bachelard, Ian Hacking
Filósofos da Química	Mary Jo Nye; Jefrei Kovac	Early, Harré, Daza, Bernal	Goodwin, Seibet	Paul Nedham; Rom Harre; Eric Scerri; Van Braquel	Alfred Nordhman, Davis Baird, Daniel Rothbart
Conteúdos	Atitudinais,	Recursivos	Diagramáticos	Conceituais	Procedimentais
Ensino	Práticas culturais	Ainda não há	Modelagem Ensino como linguagem	Conceitual, demonstrativo	Descoberta, experimental
Temas	Cultura Química	Relações	Modelo e estrutura	Propriedade, substancia e estabilidade	Instrumentos e medidas

A praxis química e articulação curricular

Historiografia da química e as dimensões da praxis química

Como foi dito na introdução, a historiografia da química sofre influência da visão de ciência produzida pela física, dando muita ênfase às noções de leis e teorias. Seguindo esta tradição, uma ciência seria caracterizada como madura quando possuísse leis e teorias bem formuladas e se possível axiomatizadas. A maioria dos historiadores da química aponta Lavoisier como protagonista da grande revolução, ou evolução química (Debus, 1991). Vendo por outra óptica, por exemplo a de constituição de uma linguagem, teríamos então em Dalton o critério demarcador. Se víssemos pelo critério da prática ou critério da relação instrumental, já com Robert Boyle teríamos atingido a transição para a química científica.

Outra questão interessante é pensar as controvérsias químicas pela disputa de duas dimensões de pensamento não suficientemente explicitadas. Por exemplo, a controvérsia da aceitação do modelo atômico entre von Helmholtz e Mach pode ser claramente uma disputa entre a dimensão diagramática, defendida por von Helmholtz e a dimensão fenomenotécnica mais afeita ao instrumentalismo filosófico defendido por Mach.

A didática da química e as dimensões da praxis química

O ensino de Química foi inicialmente descritivo, dando muita ênfase aos aspectos demonstrativos e portanto à dimensão classificatória e a conteúdos factuais, mas foi desacreditado e, após a reforma proposta por Liebig passou a ser experimental, dando bastante ênfase ao laboratório como elemento central e estruturador do ensino. Na atualidade, após principalmente a reforma curricular dos anos 60¹⁷, que incentivava o ensino por redescoberta, é a dimensão fenomenotécnica, a relação com a técnica, com os instrumentos que estão em plena ênfase. Nesta dimensão os conteúdos mais valorizados são os procedimentais. E isto pode ser o retrato do ensino e das muitas dificuldades deste, já que os conteúdos procedimentais se podem dividir em: procedimentos heurísticos, nos quais se faz a

explicitação de elementos conceituais e no outro extremo procedimentos algorítmicos. No caso do ensino da química há uma forte ênfase nos procedimentos algorítmicos, tanto do ponto de vista das sub-disciplinas mais práticas, utilizando algoritmos práticos, como nas sub-disciplinas mais teóricas como a físico-química que utilizam algoritmos matemáticos. A não explicitação dos elementos conceituais favorece os procedimentos algorítmicos.

Recentemente, após os anos 90 e mais intensamente nos anos recentes com a importância dada aos processos de comunicação e linguagem no ensino, tem-se vindo a investigar muito a importância dos modelos na química (Justi, 2006) e portanto da dimensão diagramática (Gilbert, 2007; Gilbert & Treagust, 2009). Tem sido feito uma aproximação da filosofia de Caserri (Araujo-Neto, 2007) e de Peirce (Gois, 2005) aos problemas da representação estrutural em química. Também esta dimensão representa uma aproximação do modelo semântico de ciência e uma filosofia dos signos e da imagem.

A dimensão tácita e a questão dos valores são também contempladas pela linha CTSA dos currículos, contudo estes currículos partem primordialmente da ideia de contextualização e de temas geradores nos contextos sociais significativos, problematizando pouco os conteúdos¹⁸. Na química a dimensão tácita é uma dimensão que merece ser fortemente investigada, pois a gênese e o significado de muitos conceitos químicos têm relação com a dimensão prática (Aduriz-Bravo & Izquierdo, 2003) e são regulados por valores como a utilidade, funcionalidade, beleza (Schummer, 2006). A dimensão processual ainda não foi explorada no ensino de química, mas as noções de mapas de reações, redes reacionais e níveis podem oferecer muitos “insights” para a prática química. Ainda não há trabalhos sobre este tema.

Um fato que identificamos, a partir das nossas discussões, é que a didática, o currículo e a investigação em educação química prioriza, primordialmente, a partir de uma dimensão, faltando a sua integração. Pensamos que isto gera: naturalização de conceitos primitivos e não indutivos como: substância, propriedades, elementos, equilíbrio, estabilidade, os quais são da tradição da filosofia natural e não são problematizadas no currículo comprometendo a aprendizagem conceitual bem como a aprendizagem das representações química e procedimentos; naturalização da imagem e tornar um obstáculo a aprendizagem, inclusive conceitual. Isto é verificado principalmente no uso das TIC que fazem intenso uso dos recursos mediáticos, mas não problematizam a questão epistemológica de fundo, tendo uma visão muito instrumental do conhecimento; naturalização do instrumento e da técnica. Automatizando práticas e potencializando um conhecimento técnico e pouco reflexivo, potencializando algoritmos e pouco um conhecimento de produção. Outra questão refere-se à dimensão tácita que pode gerar uma autonomização sem reflexão da prática.

Assim, estas dimensões devem ser integradas, e pensadas no seu conjunto. Pensando nas tradições da didática das ciências¹⁹, a tradição da mudança conceitual mostra relação com a dimensão classificatória e descritiva da química, que analisa a ciência do ponto de vista sintático, contudo, os conceitos nucleares da química ganham sentido na dimensão prática e axiológica (Izquierdo & Aduriz, 2003).

Como proposta, a partir de nossa discussão, a didática da química pode ser constituída de uma centralidade em uma comunidade de prática e um habitar o instrumento, orientado por uma praxiologia e uma axiologia da química; por um aprofundamento da dimensão classificatória orientado pela filosofia natural e a emergente filosofia da classificação; a diagramaticidade, orientado por uma filosofia dos signos e pela processualidade do pensamento orientado por uma filosofia de processos. Em cada uma destas etapas tem relações específicas com o campo de fundamentos: filosofia, aprendizagem, currículo e matemática²⁰.

Tabela 6: Pluralidade de visões do ensino de química mediante domínios da praxis

Dimensões	Inscrição filosófica	Currículo e didática	Visões do ensino de química
Classificações	Filosofia da	Obstáculos conceituais e	Como sistematização, reorganização

	classificação e filosofia natural	epistemológicos	hierárquica e categórica
Diagramaticidade	Filosofia da linguagem e dos signos, semiótica	Linguagem, visualização	Como linguagem (Pierre Lazlo, 2011) Como modelagem (Justi, 2006; Gilbert et Al, 2009)
Fenomenotecnia	Filosofia dos instrumentos	procedimentos	Como habitar o instrumento
Tacita	Filosofia da prática	Heurísticas, Padrões Criatividade	Explicitação de códigos de práticas e heurísticas entre mestre/aluno
Processualidade	Filosofia de processo	Relações, mapas, redes	Como recursividade e reiteração

CONCLUSÕES

Longe da relação entre química e filosofia ser uma relação pobre e estreita, mostra ser uma relação imensamente rica e complexa e também necessária para o pensamento micro e macro curricular em química. Identificamos que a química atravessa cinco registos filosóficos diferentes e estes, se queremos pensar a química pedagogicamente, têm que se refletir no planeamento (currículo) e na prática letiva (pedagogia).

A química é uma ciência fortemente inscrita em esquemas classificatórios; pensamento diagramático, simbólico, relacional, processual e heurístico; pela razão prática, influenciada por valores estéticos, criação e inovação; e dependente dos instrumentos e técnicas. Influenciado pela física, o contexto epistemológico da química e o seu aparelho pedagógico, tem escolhido um dos lados das antinomias químicas: substância/ processos; axiomatização à classificação e ao diagramático; o nomotético ao ideográfico; o essencialismo ao relacional e processual. O currículo, orientado pela Filosofia da química, parece exigir um maior diálogo entre as antinomias e inerentes tensões da química.

Pensamos que o currículo e a didática da química devam identificar-se com as estruturas do pensamento e da praxis química, da forma química de interagir com o mundo. Uma compreensão mais detalhada destas dimensões oferece ferramentas suficientes para uma *compreensão profunda* e uma coerência entre *pensar, intervir e comunicar* e assim. Partindo da problematização do próprio conteúdo o currículo poderá integrar práticas inter e transdisciplinares. Pensamos também que a compreensão destas dimensões possibilite a integração da dimensão gnoseológica, axiológica, praxiológica e retórica dos conceitos químicos e dos conteúdos escolares em química levando necessariamente a que a educação química contribua com a uma literacia ou uma alfabetização científica humanista alargada.

Esta inclusão subtil no currículo e práticas pedagógicas das dimensões específicas da filosofia da química deverá ser acompanhada por uma mudança mais radical no ensino/aprendizagem de todas as ciências e que deverá começar pelos próprios professores deverá ser feito e incluir:

(1) - Uma *ontologia* que não se fixe apenas nos níveis de partículas fundamentais como a tradição fisicalista, ainda muito forte exigia, mas que reconheça a existência de estruturas a todos os níveis desde que dotadas de poder causal. Assim é que surgem como *entidades químicas* os tradicionais compostos, as estruturas dissipativas em sistemas abertos longe do equilíbrio (como as chamas), certos ciclos de reacções autocatalíticas que estão na base da auto-organização e de uma forma geral as estruturas coerentes cujas propriedades funcionem como um grupo, isto é que exibam fechatura (Del Re, 1998; Earley, 2006).

(2) - Uma *epistemologia* construtivista (Costa Pereira, 2007, p 99-111) em oposição à positivista, inspirada no positivismo lógico do Círculo de Viena em que a Ciência aparece como projecto e não objecto do conhecimento, que assenta numa *gnoseologia* fenomenológica e teleológica e numa *metodologia* de *modelação sistémica* orientada pelo princípio de *acção inteligente* (em vez da modelação analítica condicionada pelo princípio da *razão suficiente* encontrada nas epistemologias positivistas).

(3) - Um *discurso* contrastante com o cartesiano (Costa Pereira, 2007, p 88-92), que se orientava pelos princípios de evidência, reducionismo, causalidade e exaustividade, orientado pelos princípios de *pertinência, globalismo, teleologismo e agregatividade*.

(4) - Uma *cosmologia* (Earley, 2004) completamente diferenciada da da Grécia antiga (organísmica) mas também da do Renascimento tardio (mecanística e atomística), esta ainda influenciando muito a percepção da ciência actual e o seu ensino. Essa nova *cosmologia*, talvez mais apropriadamente designada por visão do mundo (*worldview ou weltanschauung*) que não hesita em abordar a natureza em toda a sua complexidade nem enjeita o uso da história e das grandes narrativas, assumindo a ciência, como foi anteriormente dito a propósito da química, um carácter crescentemente *ideográfico* em prejuízo do anterior figurino nomotético. Para além disso, é a primeira vez na história em que temos uma visão do Mundo que é completa, rigorosa e estreitamente ligada às ideias de *auto-organização, racionalidade e informação* (Artigas, 2000), mas por outro lado somos forçados a conceder que a Ciência tem limitações para as quais tem que se transcender pedindo auxílio à filosofia e adoptando alguns pressupostos filosóficos sem os quais a epopeia científica não faz sentido e que são retro-justificados pela actividade científica. Segundo Artigas (2000), opinião que perfilhamos, estes são: o pressuposto *ontológico*, segundo o qual existe uma ordem racional no Universo, o pressuposto *epistemológico* consiste em admitir que o homem tem capacidade de compreender essa ordem racional do Universo (ou parte dela) através da sua razão e o pressuposto *ético* é que tal actividade vale a pena!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adúriz-bravo, A. Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias. 2001. Tese (Doutorado)-Universitat Autonoma de Barcelona.
- Artigas, M. (2000), *The Mind of the Universe*, Templeton Foundation Press, Philadelphia and London.
- Ariza, Y. & Adúriz-Bravo, A. (2011). “la „nueva filosofía de la ciencia□ y la „concepción semántica de las teorías científicas□ en la didáctica de las ciencias naturales”. *Educación en Ciencia*. (en prensa).
- Anderson, C. W. (2007), *Perspectives in Science Learning*, in *Handbook of Research in Science Education*, Abell, S.K., Lederman, N.G.(ed), Routledge, New York
- Araujo Neto, W N. (2009). Formas de uso da noção de representação estrutural no ensino superior de Química. Tese doutorado. USP
- Bachelard, G. (2009). O Pluralismo Coerente da Química Moderna. *Contraponto*.
- Bensaude-vincent, B. (2005). Chemistry in the French tradition of philosophy of Science: Duhem, Meyerson, Metzger and Bachelard. *Studies in History and Philosophy of Science*. Volume 36, Issue 4, Pages 627-848.
- _____. (2009). The Chemists’ Style of Thinking. *Ber.Wissenschaftsgesch.* 32 (2009) 365–378
- Bernal, A. & Daza, E. E. (2010). On the Epistemological and Ontological Status of Chemical Relations.- *Hyle*, Volume 16, Number 2
- Berkel, Bernard van. (2005). *The Structure of Current School Chemistry. A Quest for Conditions for Escape / - [S.l.] : [s.n.] - Tekst. - Proefschrift Universiteit Utrecht.*
- Bernstein, B. (1990). *Class, codes and control, Vol. IV: The structuring of pedagogic discourse*. London: Routledge.
- Costa Pereira, D. (1995), *Epistemologia da Química e Estrutura e Lógica dos seus Discursos, Química, SPQ, Lisboa*.
- Costa Pereira, D. (2007), *Nova Educação na Nova Ciência para a Nova Sociedade. Fundamentos de uma Pedagogia Científica Contemporânea*, Editora da Universidade do Porto, Porto.

- Debus, A. G. (1991). A Longa Revolução Química, *Ciência Hoje* 13, 34
- Del re, G. (1998). Ontological Status of Molecular Structure. *Hyle*. 4-2. Pp. 81-103.
- Earley, J. (2004). Would Introductory Chemistry Courses Work Better with a New Philosophical Basis? *Foundations of Chemistry*, 6: 137-160, 2004.
- Earley, J. (2006). Chemical “Substances” that are not “Chemical Substances”, *Philosophy of Science*, 73, 841-852.
- Echeverría, A. R., Zanon, L. B. (Org.) (2010). Formação Superior em Química no Brasil - Práticas e Fundamentos Curriculares. 1 ed. Ijuí, RS: Editora unijuí.
- Erduran, S. & Scerri, E. (2002). The nature of chemical knowledge and chemical Education in Gilbert, J. K., Jong, J., Justi, R., Treagust, D. F. & Van Driel, J., (Eds.). *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, Dordrecht: Springer, p 7-28..
- Erduran, S. (2001). Philosophy of chemistry: An emerging field with implications for chemistry education. *Science & Education*, 10, 581-593.
- Gilbert, J. K. & Treagust, D. F. (Eds.) (2009). Multiple Representations in Chemical Education. Dordrecht: Springer.
- Gilbert, J. K. (2007) Visualization: A Metacognitive Skill. In Science and Science Education. In John K. Gilbert (Eds.). *Visualization in Science Education*. Holanda: Springer. Pp. 9-27
- Gois, J (2005). *Desenvolvimento de um ambiente virtual para estudo sobre Representação estrutural em Química*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo.
- Goodwin, W. M. (2008). Structural formulas and explanation in organic chemistry. *Foundations of chemistry*, 10 (2)
- Harré, R. (2005). Chemical kinds and essences revisited. *Foundations of Chemistry* 7: 7–30, 2005
- Habermas, Jürgen.(1982). Conhecimento e interesse. *Editores Zahar. São Paulo: 1982*.
- Izquierdo, M. Y Adúriz-Bravo, A. (2003). *Epistemological foundations of school science*. *Science & Education*, 12(1), 27-43.
- Justi, R. & Gilbert, J., Models and Modelling in Chemical Education, in Gilbert, J.; Jong, O. , Justi, R.; van Driel, J. E Treagust, D. (Eds.) (2002). *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Dordrecht: Kluwer, p. 47-68.
- Kovac, J. (2002). Theoretical and practical reasoning in chemistry. *Foundations of Chemistry*, 4, p 163-171
- Kozma & Russel. (2007). Representational Competence’s Profile of Pre-Service Chemistry Teachers in Chemical Problem Solving in Science and Science Education. In John K. Gilbert (Eds.). *Visualization in Science Education*. Holanda: Springer. Pp. 9-27
- Lamza, L. (2010). How Much History Can Chemistry Take? *Hyle*, 16, 2, 2010. P. 104-120.
- Laszlo, P. (2011). Towards Teaching Chemistry as a Language. *Science & Education*. 4 November 2011
- Needham, P. (1996). Aristotelian Chemistry: A Prelude to Duhemian Metaphysics. *Studies in History and Philosophy of Science* 26: 251–269.
- Nordamann, A. (2006). From Metaphysics to Metachemistry, in: Baird, D., Scerri, E., mcintyre, L. (eds.), *Philosophy of Chemistry: Synthesis of a New Discipline*, Boston Studies in the Philosophy of Science, Dordrecht: Springer, pp. 347–362.
- Nicole G., Henning, H, & Peter R. S. (2010). Heuristic thinking makes a chemist smart. *Chem. Soc. Rev.* 39, 1503–1512.
- Ribeiro, M. A. P & Costa Pereira, D. (2012). Pluralistic constitution of chemistry: planes of thought, Curriculum guidelines, epistemological and didactic. *Science & Education*. First online, 7, January.
- Rothbart, D. (1999). On the relationship between instrument and specimen in chemical research. *Foundations of chemistry*, 1 (3):255-268

- Scerri, E. (1999). On the Nature of Chemistry. *Educación Química* 10 (2): 74–78.
- Scerri, E. (2004). Philosophical confusion in chemical education research. *Journal of Chemical Education*, 80 (5), 468-474.
- Schummer, J. (1997). Towards a Philosophy of Chemistry. *Journal for General Philosophy of Science* 28: 307–335.
- Schummer, J. (1997a). Scientometric Studies on Chemistry I: The Exponential Growth of Chemical Substances, 1800–1995. *Scientometrics* 39: 107–123
- Schummer, J. (1999). Coping with the Growth of Chemical Knowledge: Challenges for Chemistry Documentation, Education, and Working Chemists. *Educacion Química* 10(2): 92–101.
- Schummer, J. (2006). The Philosophy of Chemistry: From Infancy Towards Maturity", in: Davis Baird, Eric Scerri & Lee MacIntyre (eds.), *Philosophy of Chemistry: Synthesis of a New Discipline* (Boston Studies in the Philosophy of Science, Vol. 242), Dordrecht: Springer, pp. 19-39.
- Seibert, C. (2001). Charley Peirce's head start in chemistry. *Foundations of chemistry*, vol 3, no 3, p 201-206
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Sjöström, J. (2006). Beyond Classical Chemistry: Subfields and Metafields of the Molecular Sciences, *Chemistry International*, 28, September-October, 9-15.
- Spector T.I.,(2003). The Aesthetics of Molecular Representation: From the empirical to the Constitutive Foundations of Chemistry, Volume 5, Number 3, pp. 215-236.
- Taber, K. S. & Watts, M. (2000). Learners' explanations for chemical phenomena. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe.*, vol. 1, no. 3, pp. 329-353.
- Van Brakel, J. (1999). On the Neglect of the Philosophy of Chemistry. *Foundations of Chemistry* 1: 111–174.
- Van Brakel, J. (2006).: Kant's legacy for the philosophy of chemistry. In: Baird, D., et al. (eds.). *Philosophy of Chemistry*, pp. 69–91. Springer, The Netherlands.
- Vihalemm, V. (2007). Philosophy of Chemistry and the Image of Science. *Foundations of Science* , 12 (3).
- Whitehead, A.N. 1978 (1929), *Process and Reality*, edn by Griffin, D. And Sherburne, Macmillan, New York.

¹ Embora considerada geralmente como Ciência nomotética (que procura estribar-se em leis gerais) as leis da Química não são tão gerais como as da Física e a assunção de um certo carácter ideográfico (permeabilidade à História) poderia ter efeitos positivos, para a Ciência em geral que poderia cumprir um programa pan-ideográfico, com a Química a funcionar como Ciência Central.

² O que instancia o velho problema filosófico de Heráclito e Parménides sobre o que é real. A escolha da mudança como base ontológica tem um suporte actual na muito popular Filosofia de Processo (Whitehead, 1978)

³ Ao contrário de outros ramos da Ciência como a Mecânica em que a atração entre corpos depende de uma qualidade inespecífica designada por massa e a Electricidade em que a atração ou repulsão são reguladas pela também não específica carga eléctrica

⁴ A mereologia (ramo da lógica que se ocupa das relações parte/todo) não se adapta à Química porque as suas partes (átomos) perdem as suas características ao combinarem-se. A mereologia química define-se através de entidades que exibem uma propriedade designada por *fechatura* e constituem um *grupo* (moléculas, cristais, estruturas dissipativas) objecto matemático que exhibe *simetria* espacial e/ou temporal.

⁵ Superveniência significa ser dependente de uma série de factos ou propriedades de tal forma que uma mudança só pode ocorrer quando ocorrer uma mudança em tais factos ou propriedades.

⁶ Somente em 2011 a revista *Science & Education* fez uma chamada especial de artigos sobre filosofia da química e ensino de química.

⁷ Apesar de existirem artigos de outros países, a Filosofia da Química é uma disciplina primordialmente Alemã (Joachim Schummer, Klaus Ruthenberg), Americana (Eric Scerri, John Early, Marcus Reiher), e inglesa (Rom

Harre, Claus Jacob), tendo em Bernadete Bensaude-Vincent e Pierre Laszlo uma forte contribuição Francesa e de Gilsepe Del Re uma contribuição Italiana. É uma disciplina essencialmente académica e seus protagonistas são, na grande maioria químicos e filósofos. Nos USA há mais químicos que filósofos, na França e Alemanha há mais filósofos e na Itália só há químicos. A revista *Hyle* investiga a química por uma vertente mais prática, tendo investigado principalmente a centralidade dos modelos, a ética em Química e as práticas das nanotecnologia e biotecnologia. A revista *Foundations of Chemistry* tem uma vertente mais analítica, tendo investigado principalmente o problema do reducionismo, a ontologia e as explicações em Química, notadamente a tabela periódica.

⁸ Kant, na sua obra póstuma veio parcialmente a retratar-se desta posição, principalmente por causa do conhecimento que tinha da obra de Lavoisier seu contemporâneo

⁹ Tanto os átomos, como as moléculas, como os cristais e ainda as estruturas dissipativas em que se distinguem os ciclos bioquímicos protagonizados pela auto-catálise e que estão na base da auto-organização central ao actual paradigma científico (Earley, 1999), como ainda a mais recente classificação das fechaturas em três tipos (De Broglie, Poincaré e Cauvin) dos grupos que levam às entidades com poder causal (portanto ontológicas) da Química.

¹⁰ Segundo o qual as últimas explicações seriam sempre dadas pelo comportamento de entidades sub-microscópicas. Numa vertente mais analítica tem sido defendido a impossibilidade da redução da química a física, seja pela impossibilidade da axiomatização da tabela periódica, seja pela impossibilidade de conceitos centrais da Química como quiralidade, composição, afinidade não se reduzirem a mecânica Quântica (Scerri, 2004). Numa vertente mais prática tem sido defendido que a Química é uma ciência de transformação de substancia e portanto, mas próxima de um realismo de entidade, realismo operativo, contextual e prático (Bensaude-Vicent, 2005, 2009; Vihalemm, 2007).

¹¹ Corresponde ao ainda dominante Modo 1 de produção científica que é baseado na explicação enquanto que o menos anacrónico Modo 2, baseado na resolução de problemas ainda está muito pouco desenvolvido, especialmente nos meios académicos.

¹² O termo modo 1 e modo 2 são dois modos de produção de conhecimento: o modo 1 refere a um conhecimento mais fundamentado na explicação (modelo da Física) e o modo 2 mais voltado para intervenção (Química e tecnociência atual). O consenso é que um modo de conhecimento não anula o outro. Mas no capitalismo avançado defende-se a existência do modo 2.

¹³ Um bom exemplo pode ser visto nos livros de história da química, poucos tem um critério explícito orientador dos conteúdos. Assim a regulação curricular é a tradição. Uma exceção pode ser feita ao livro de Bernadette Bensaude-Vicent e Isabelle Stengers (1992) que toma a busca de identidade como eixo de construção da narrativa.

¹⁴ A concepção semântica e estrutural (modelo-teórica) também defende a centralidade da noção de modelo, contudo esta corrente da Filosofia da ciência não é muito integrada na didática das ciências (Ariza & Aduriz, 2011).

¹⁵ As duas grandes teorias são a Teoria de Ligação de Valência e a teoria das Orbitais Moleculares, com bases totalmente diferentes e de que derivam conceitos também muito diferentes, que na generalidade dos compêndios de Química aparecem indiferenciados, situação que contribui para a grande dificuldade de aprendizagem da Química

¹⁶ Pensamos nestas temáticas como campos de problemas que relacionam conceitos, teorias, modelos e outros problemas de forma relacional. Estas dimensões ou domínios teriam uma certa autonomia relativa.

¹⁷ Esta reforma no currículo das Ciências ocorreu no Ocidente, em plena Guerra Fria quando o primeiro satélite tripulado, o Sputnik foi lançado pela União Soviética o que fez mobilizar enormes recursos para novos currícula de Educação Científico que permitissem recuperar o atraso do Ocidente relativamente ao Bloco de Leste.

¹⁸ Apesar de excessões a este problema, de forma geral, a proposta de inserir conteúdos sociocientíficos no currículo não parte de problematizar os conteúdos e sim de ressignifica-los em contextos sociais significativos

¹⁹ Mais propriamente da investigação em Didática das Ciências em que não há actualmente objectivos uniformes e há a considerar as seguintes tradições (Anderson , 2007), todas elas visíveis no panorama actual: tradição da *mudança conceptual* em que a literacia científica se atinge por compreensão conceptual, tradição *sócio-cultural* em que o objectivo a atingir com a literacia científica é a participação numa comunidade de discurso e a tradição *crítica* em que a literacia científica visa o empoderamento (“empowerment”).

²⁰ Apesar de excessões a este problema, de forma geral, a proposta de inserir conteúdos sociocientíficos no currículo não parte de problematizar os conteúdos e sim de ressignifica-los em contextos sociais significativos