

Diagrama fundamental da educação química: Uma proposta fundamentada na filosofia da química

Marcos Antonio Pinto Ribeiro*¹, (PQ) Duarte Costa Pereira² (PQ).
***marcolimite@yahoo.com.br**

¹ Professor da Assistente da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)

² Professor do departamento de bioquímica da universidade do Porto- Portugal

Palavras chaves: Filosofia da química, praxis química, educação química

Resumo: Este trabalho é, numa primeira etapa, um estudo bibliográfico, através da técnica da análise temática, da produção literária do emergente campo disciplinar da filosofia da química. Como resultado propomos cinco campos de sentido, estruturas transversais e de especificidades químicas, no cruzamento entre filosofia, química e currículo. De posse destas estruturas propomos um diagrama heurístico para a educação química, legitimado pelo confronto com literatura e crítica de experts. Numa segunda etapa da investigação sugerimos, problematizamos e testamos este diagrama como ferramenta formativa, de planejamento, de design e avaliativa de práticas curriculares e didáticas na formação inicial de professores de química.

Introdução

A razão principal da criação da comunidade do ensino de química em nível nacional e internacional é a melhoria do ensino. O currículo sintetiza este esforço. Apesar de todo o avanço da investigação em educação química o currículo de química, em todo o mundo, ainda é, segundo Berkel (2005) rígido internamente e fechado externamente. Existe ainda uma grande diferença entre a química que se ensina da química que se pratica e as principais características e domínios de especificidade da química são transmitida de forma implícita.

Contraditoriamente ao que filósofos da química tem vindo a propor (Earley, 2004; Laszlo, 2011; Formosinho, 1987), o conhecimento escolar em química ainda é orientado por um fisicalismo reduutivo, um positivismo pedagógico e uma formação profissional do futuro cientista (Berkel, 2005). É característico de uma ciência normal Kuhniana, transmite algorítmicos, resolve problemas fechados, transmite a ciência como produto e não como processo (Berkel, 2005, p. 35). O ensino é, em grande maioria, dedutivo.

Em função da pouca reflexividade da comunidade química (Van Brakel, 1999), o currículo não é orientado por uma estrutura explícita e fundamentada no nível sintático (especificidade disciplinar), filosófico (reflexão sobre esta especificidade) e pedagógica (transmissão desta especificidade). Neste sentido, Berkel (2005) defende a necessidade de explorar uma estrutura específica pelo esforço conjunto entre filósofos químicos, os quais têm produzido o campo disciplinar da filosofia da química, desde os anos 1990, e educadores químicos. Isto possibilitaria aproximar a química que se faz da química que se ensina (Talanquer, 2011).

Algumas propostas na educação química têm buscado interpretar a essência e especificidade da química e transposto para o contexto do ensino na forma de diagramas. A proposta que teve maior aceitação e influência, quase acrítica, desde 1982¹, foi o triângulo de Jonhstone (1982). Estas propostas, entretanto, não captam toda a riqueza que tem sido explorada pelo recente debate do campo disciplinar da filosofia da química (Schummer, 2006; Van Brakel, 1997, 2000, 1999).

Este debate pode iluminar e esclarecer elementos característicos da praxis química, transversais entre filosofia, química e currículo com potencialidades de produzirem guias heurísticos para a planificação, formação, avaliação e desenho de práticas didáticas e curriculares, transversais e interdisciplinares. Como consequência, capacita mostrar a química em uma dimensão complexa de ciência (Aduriz-Bravo, 2001) nas dimensões gnoseológicas, retóricas, axiológicas e praxiológicas; Contribuir com a autonomia de uma aprendizagem integrada e auto-reguladora; organizar o conhecimento necessário ao ensino e produzir uma pedagogia emancipatória e crítica.

A integração deste debate no contexto do ensino ainda é muito pequeno, existem ainda poucos guias analíticos, o que dificulta a comparação e interlocução entre propostas. Este fato também induz uma necessidade de uma pesquisa tipo bibliográfica. Através da técnica da análise temática, este trabalho busca identificar os campos de sentidos, estruturas subjacentes, de interesse curricular, presentes neste debate da filosofia da química. Estes campos serão refinados e validados pela literatura e crítica a experts.

Filosofia da química: Emergência de um campo disciplinar

A filosofia da química é um campo disciplinar emergente na filosofia da ciência, tendo como marco de sua institucionalização o ano de 1994, quando foram realizados muitos eventos em vários países (Marburg, Londres, Roma e Alemanha). Durante o século XX, a filosofia da ciência, restrita a análise lógica e sintática da ciência ideal, e no contexto do positivismo lógico, negligenciou a filosofia da química. Contudo, na atualidade, é o campo mais fértil dentro da filosofia da ciência.

Podemos citar alguns marcos históricos na constituição deste campo disciplinar como a não existências de referências nas atas dos congressos do círculo de Viena – *The international congress for the Unity of Science* de 1931 a 1940 e no *Foundations of unity of Science: Toward international encyclopedia of Unified Science*. Em 1981 é publicado o artigo de Jap Van Brakel e H. Vermeeren “*on Philosophy of Chemistry*” identificava que na literatura da história da química havia pouca referência sobre filosofia da química.

Em 1993 ocorre o primeiro evento internacional sobre filosofia da química em Karlsruhe (Alemanha). Em 1994 ocorre o *First International Conference on Philosophy of Chemistry em Ilkey, no Reino Unido*. Em 1994, em Karlsruhe, ocorre o *Tagung Philosophie der Chemie: Bestandsaufnahme und Ausblick*. Em 1994 ocorre o primeiro congresso organizado sobre filosofia da química durante um congresso bianual da *American Philosophy of Science Association (APA)*.

Em 1994 ocorre o segundo *Erlenmeyer Kolloquium* sobre filosofia da química em Marburg e o congresso *Riflessioni Epistemologiche e Metodologiche sulla Chimica*. Em 1995 havia contribuições da filosofia da química no *10th International Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science*. Em 1995 o *Journal Hyle: An international Journal for the Philosophy Of Chemistry* publicou sua primeira versão eletrônica e em 1997 a primeira forma impressa da revista *Hyle: An international Journal for the Philosophy Of Chemistry*. Em 1997 a ISPC (*International Society for the Philosophy of Chemistry*) é formalmente estabelecida no *I symposium on the philosophy of chemistry and biochemistry*. Em 1997 é publicada uma edição especial sobre filosofia da química na revista *synthese*.

Em 2000 é publicação do livro *Philosophy of chemistry* (Van Brakel, 2000). Em 1999 Inicia a segunda revista de filosofia da química *foundations of chemistry*. Em 2005 é publicado o livro *Of minds of molecules* (Earley e et al, 2005). Em 2006 é publicado o livro *Philosophy of chemistry: Synthesis of a new discipline* (Baird et al, 2006) pelo *Boston Institute*.

Em 2007 é publicada a segunda edição especial da revista *Synthese* sobre filosofia da química. Em 2011 é publicada uma sessão sobre filosofia da química na *Encyclopedia of Stanford of Philosophy* e o *Hand Book* de filosofia da química.

Como síntese do campo disciplinar organizamos a tabela abaixo.

Tabela : Síntese da principais características do campo disciplinar da filosofia da química

Dimensão	Categoria	Descritores
Institucionalização	Duas revistas	Hyle: investiga mais a prática da química
		Foundations of Chemistry: aproximação analítica
	ISPC	Fundada em 1997
	Congressos ISPC	17 até o momento
	Infiltrando outros espaços	Dois números da revista <i>Syntheses</i> (1997, 2007), ICMPS: 1971, 1979, 1987, 1991 (1), 1995 (7), PSA: 1978 (1), 1990 (3), 1992 (2), 1994 (colloquium) 1998 (Symposium) APA: 2000 (Simpósio)
	Cursos de curta duração	Vários países
	Livros	4 livros principais
Autores	País principais	Alemanha, Uk, USA, França e Itália
	Formação	Filósofos e químicos
	Instituição	Universidades
	Temática	Ver texto
Temáticas	Principais temas	Negligenciamento, reducionismo, autonomia da química, modelos, visualização, ética e química, tipos naturais, tabela periódica, construtivismo, realismo e química, relação da física com a química, clássicos da filosofia
	Transversais	Reduccionismo, autonomia e relação com os clássicos
	Principais debates	Leis químicas, autonomia da química, reducionismo, pluralismo ontológico, ética e química,
Relações	Com física	Reduccionismo, superveniência
	Com biologia	Ciência de serviço, bio e nanobiotecnologia, prática interdisciplinar, ciência de serviço
	Com clássicos da filosofia	Kant, Peirce, Aristóteles, Leibniz, Whitehead, Hegel, Cassirer, Platão
	Com filósofos da ciência	Ian Hacking, Hilary Putnam, Peter Galison, Tomas Kuhn, Karl Popper,
	Químicos filósofos	Paneth, Polanyi, Pierre Duhem, Prigogine, Bachelard,
Caracterização da química		Classificações, relações internas, transformações, arte combinatória, ciência central, diagramaticidade, processualidade,

interventiva,

Como visto acima a filosofia da química já tem um debate estabelecido no contexto de investigação, entretanto, ainda não transposto para o contexto do ensino. Somente no ano de 2010 a revista *Science & Education* fez a primeira chamada de artigos sobre filosofia da química e ensino de química. Como uma síntese das principais relações entre estes dois contextos sintetizamos a tabela abaixo.

Tabela 2 : Principais relações feitas entre filosofia da química e ensino de química

Foco temático	Tese central
Fundamento	Metafísica de processos: Outra cosmologia para o ensino de química diferente da visão analítica e mecanicista (Earley, 2004); Pluralismo da praxis química (Ribeiro & Costa pereira, 2011) As lentes da química (Thalos, 2012)
Finalidade	Aproximar a química que se ensina da química (Talanquer, 2011); Empoderamento dos professores (Aduriz, 2005); Formação como Bildung no ensino superior (Eriksen, 2002); Imunizar de confusões filosóficas como posturas relativistas (Scerri, 2003); Discurso mais reflexivo e problematizante (<i>Sjöström, 2007</i>); Explicitar objetivos científicos (Schummer, 1998)
Ensino e aprendizagem	Conceitos implícitos (Talanquer, 2011); Domínios de especificidade: Tabela periódica, circularidade de conceito, linguagem estrutural (Erduran, 2001); Clarificar concepções espontâneas: Introduzir conceitos de emergência e superveniência, discutidos pela filosofia da química para (Newman, 2012) Conceito de emergência (Luisi, 2001); Erros conceituais no uso de estrutura eletrônica (Scerri, 1999); Superação de obstáculos epistemológicos no ensino do modelo atômico (Taber, 2003)
Abordagens do ensino	Ensino como modelagem (Justi & Gilbert, 2005); Ensino/aprendizagem como uma linguagem (Laszlo, 2011)

Pluralismo da praxis química

Iremos agora explorar a nossa proposta. O pluralismo tem sido defendido como uma filosofia mais apropriada para a química em oposição ao monismo cientificista e redutor. Filósofos da química têm reiteradamente qualificado a química como uma ciência complexa, operativa, criativa, inovativa, interventiva, heterogênea e pluralista, difícil de ser pensada e comunicada. Efetivamente, para além do fato de a teoria em que se baseia a conceitualização da química não ser unificadaⁱⁱ, esta ciência tem sido reiteradamente caracterizada por vários tipos de pluralismo: Ontológico (Bachelard, 2009), metodológico (Schummer, 1998, 2006), epistemológico (Bachelard, 2009) e axiológico (Kovac, 2002).

Para Schummer (1998) “falar de química como um campo unificado obscurece a pluralidade de métodos e tradições históricas e objetivos científicos deste campo, bem como as variedades de projetos interdisciplinares que os químicos trabalham.” Para Bachelard (2007) a química oscila entre um pluralismo de um lado e uma redução deste

por outro. O pensamento químico inicia por um empirismo ativo da investigação de propriedades materiais e num segundo momento por um racionalismo técnico e aplicado. Esta transição é feita por um pensamento cego e tácito.

O currículo de química, entretanto, não transmite esta pluralidade e como salienta Laszlo (2011), é dado pela tradição. O desenvolvimento de uma filosofia do ensino de química ainda não foi proposta. Defendemos em outro espaço (Ribeiro & Costa Pereira, 2012) que cartografar esta pluralidade e articula-los curricularmente é o objetivo primordial da educação química. Neste sentido identificamos cinco domínios de alto grau de inclusividade, transversalidade e especificidade entre filosofia, química e currículo. A estas temáticas chamamo-las de domínios da praxis química ou campo de problemas da praxis química.

Tabela 3 : Proposta dos domínios da praxis química ou campo de problemas da praxis química.

Fonte. Análise temática da produção da filosofia da química

Dimensão	Campo de problemas
Classificações	Mereologia como gramática do discurso químico (Harre & Llored, 2010) Sistema periódico: História, previsão, retrodição, (Scerri, 2004) Classificações (Lefreve, 2011) Essencialismo (Harré, 2011; Vihalemn, 2007) Pierre Duhem (Needham, 2006) Ontologia para química macroscópica (Needham, 2006)
Processualidade	Química como ciência das relações (Soukup, 2005; Bernal & Daza, 2010; Earley, 2004) Realismo processual estrutural (Earley, 2006) Filosofia de processos (Earley, 2006; Stein, 2004) Emergência e auto-organização (Luisi, 2001) Influência de prigogine na química (Lombardi, 2011; Earley, 2004)
Diagramaticidade	Semiótica, visualização (Schummer & Spector, 2003) Diagrama (Goodwin, 2008) Explicação estrutural na orgânica (Goodwin, 2008) Estrutura molecular Instrumentos de papel (Klein, 2001) Influência da química em Peirce (2001) Simetria e topologia (Earley, 2006)
Fenomenotécnica	Metaquímica (Nordhamm, 2006) Revolução instrumental (Schummer, 2006) Dependência espécie x instrumento (Rothbart, 1999) Realismo prático (Vihalhem, 2011) Realismo operativo (Bensaud-Vincent, 2009) Influência da química em Bachelard (Bensaud-Vincent, 2009) Filosofia dos instrumentos (Baird, 1999; Rothbart, 1999)
Dimensão tácita	Pensamento heurístico (Nicole, Hopf & Schereiner, 2009; talanquer, 2007) Contexto da descoberta (Schummer, 2006) Razão prática (Kovac, 2002) Estética (Schummer, 2006; Laszlo, 2003) Razão histórica (Lamza, 2010) Polanyi e a química (Jo Nye, 2005)

Em cada uma das dimensões situamos um filósofo/químico, utilizado como referência pelo debate da filosofia da química que pode servir como ícone desta dimensão. Lógico que este autor não esgota a problemática desta dimensão.

Destas dimensões é possível identificar um registo filosófico e portanto diferentes princípios heurísticos, organizadores e integradores nos níveis epistemológicos, cognitivos e pedagógicos. É possível identificar um estilo cognitivo e portanto um tema ou conceito estruturante, uma atenção maior a determinado esquema de realidade; Um estilo de pensamento; Um tipo de conteúdo, e desta forma um tipo de ensino e um estilo de aprendizagem.

Portanto, estes registos filosóficos, as várias identidades filosóficas da química, instanciam diferentes formas de estruturar uma didática e um currículo. A estes campos de problemas organizamos no seguinte esquema baixo. A cada campo de problemas atribuímos um nome de maior inclusividade e marca histórica e filosófica expressiva. Estas cinco dimensões são transversais ao currículo, a filosofia e a química e, desta forma, podem ser elementos fundantes tanto da didática como de decisões curriculares.

A primeira dimensão é o próprio prolongamento da filosofia e história natural que a química herda como necessidade de classificação e descrição dos tipos químicos naturais ou artificiais (Vihalemm, 2007). É característico da razão taxionômica, historicamente o século XVIII é quando esta dimensão ganha expressividade e alcança esplendor com o sistema periódico de Mendeleev (Scerri, 2006). Atualmente busca-se sua axiomatização e fundamentação matemática, ainda sem sucesso (Restrepo, 2007). Situamos o filósofo/químico Pierre Duhem como ícone desta dimensão. Físico-químico, este filósofo/químico, elevou a classificação a um alto estatuto epistemológico a ponto de propor uma teoria como um sistema de classificação de fenômenos.

A segunda dimensão é a diagramática, explicitada principalmente por Charles Sand Peirce (Seibert, 2001), que se caracteriza na criação de uma linguagem específica para comunicar, mas que também serve como ferramenta heurística de previsão e de explicação. Esta linguagem específica da química inscreve em outro domínio filosófico, a filosofia da imagem, do pensamento diagramático, do signo, com outras contextualizações de conceitos epistémicos de lei, teoria, e de um conhecimento não produzido nem transmitido unicamente pelo conceito.

Esta dimensão inscreve-se em uma semiótica própria da química. Historicamente esta dimensão alcança esplendor no século XIX, principalmente a partir de 1860 com a proposição das fórmulas estruturais de Berzelius. Atualmente há uma busca de sistematização teórica e matemática via topologia e simetrias (Earley, 2006).

Outra dimensão é a fenomenotécnica, própria da filosofia experimental, da relação com o instrumento e com a técnica. Tem sido a forma como tem sido entendida a racionalização da química e a forma como tem sido influenciado seu ensino desde os anos 50. Pode ser exemplificada por muitas personalidades mas tem talvez o seu expoente mais alto em Bachelard (2007), químico, professor de físico-química para quem um instrumento era uma teoria materializada. Defendeu o racionalismo aplicado e o materialismo técnico. Para Bachelard (2007, p. 104) “são os métodos que determinam a pureza...é portanto, tão vão como falso separar o critério de pureza dos instrumentos que estudam”.

Ainda outra dimensão é a dimensão tácita da qual a química dificilmente pode escapar pois é parte constitutiva do seu objeto, já que na relação dialética entre matéria e conceito, arte e ciência, a química não consegue mover-se completamente no terreno explícito como o da matemática, não consegue mover-se para o terreno de uma linguagem universal, pois constrói linguagem ao mesmo tempo que constrói o seu objeto, já que o seu objeto não está pronto à sua espera. Por outras palavras: o seu objeto também é

linguagem, o que acarreta que não seja possível falar em conteúdos de pensamento puramente declarativos em química, em conteúdos puramente proposicionais.

No contexto desta dimensão da química evidencia um território rico em heurísticas, em conhecimentos não formalizáveis, não algorítmicos, em intuições, quebras de protocolos. Em um saber transmitido na relação mestre/aprendiz e na caracterização da química também como Arte, onde os conhecimentos mobilizados não são apenas conceitos, proposições e diagramas, mas também práticas, valores, heurísticas, códigos. Inserindo-se assim em transferências de conhecimentos imerso na cultura e em sistemas axiológicos. Havendo uma grande interação com aspectos sociológicos. Uma sociologia da química passa a ter grande importância e centralidade ainda não consideradas.

Nesta dimensão evidenciamos o trabalho de Michael Polanyi, físico-químico, que trabalhou inicialmente como médico e que trouxe para a ciência a importância do papel do conhecimento tácito e da tradição. Polanyi evidenciava características da química como a inexistência dos conceitos que expressam tendências, disposições; as muitas variáveis de contorno e as aproximações ao lidar com problemas de muitos corpos e situações reais.

Uma quinta dimensão é a processual. Ela entra num outro registo filosófico mais vinculado ao tempo e a dinâmica, à evolução, criação e irreversibilidade. Assim como na física, teríamos a estática química e a dinâmica química, contudo, diferentemente da física, o conceito de tempo aqui não pode ser espacializado, ele não pode ser pensado como sucessão, como justaposição, e sim de forma não linear e sistêmica.

Enquanto que na dimensão classificatória atenta-se principalmente para a organização da diversidade estonteante dos objetos químicos, esta dimensão atenta para organização e sentido da complexidade crescente das moléculas, biomoléculas e sistemas naturais. Neste sentido entra no contexto de problematizar o tempo e a irreversibilidade dos sistemas e outras concepções ontológicas. Tem sido discutida principalmente por Rom Harré e Joseph Easley que tem reiteradamente utilizado as referências de Whitehead e Leibniz. Como representante de filósofo/químico evidenciamos o trabalho de Ilya Prigogine.

Tendo as dimensões descritas acima procedemos uma confrontação com a literatura da educação química e submetemos à crítica com professores experts. Após este processo reorganizamos a discussão e representamos no diagrama abaixo.

Figura 1: Caracterização diagramática da praxis química

No diagrama acima queremos representar que a praxis química esta imersa e contextualizada na história e nos valores, no estado de necessidades da praxis humana, no pré-científico e na pré-química, como criticado por alguns interlocutores. Sua identidade disciplinar é fortemente vinculada e contextualizada nas relações ciência/tecnologia, indústria/academia, o que coloca o campo disciplinar da química em contexto rico de valores e em uma pluralidade axiológica, com valores pessoais e coletivos, cognitivos e culturais.

Nomeadamente a química tem sido caracterizada como uma tecnociência e assim é regulado tanto pelas regras do campo científico como por outros valores não epistêmicos. Valores epistêmicos como: universalidade, objetividade, verdade, simplicidade, coerência teórica, consistência, completude, corrigibilidade, publicidade, rigor, precisão, adequação empírica. Alguns destes valores, no contexto da química são problemáticos, Bensaude_Vincent (2009) por exemplo, não identifica o valor de verdade como um fim da prática química.

Contudo, a química também tem valores não epistêmicos regulando a produção e comunicação do conhecimento químico, valores individuais e pessoais como: intuição, imaginação, criatividade, estética e valores coletivos, culturais e sociais como: Inovação, funcionalidade, eficiência, eficácia, utilidade, aplicabilidade, fiabilidade.

No centro da caracterização desta praxis estão as práticas, o laboratório e por uma forte caracterização da relação com instrumentos o que faz a química ser caracterizada por conceitos de agências, ou seja conceitos que dependem da ação humana (Harré, 2005). Em todas estes domínios estão presentes uma dimensão tácita do conhecimento do qual a química, em função do seu próprio objeto, como salientado por todos os professores, e preso a um pragmatismo de suas construções.

Como forma de explicitação desta prática temos os domínios do pensamento químico que se estabelece fundamentalmente por classificações, pela diagramaticidade e pela processualidade/relacionalidade. Claramente que estas características não são do domínio de especificidade da química, mas que na química ganham muita expressividade. A forma de explicitação desta praxis, de objetivação não é apenas através da matemática mas também por categorização, relacionalidade e diagramaticidade. Estas três relações são importantes para compreender a prática química, são os elementos mínimos, básicos da expressividade, operatividade e comunicabilidade do pensamento químico. Cada uma destas dimensões tem relações específicas com: a matemática, didática, currículo, ontologia, epistemologia.

Destes domínios podemos agora inferir núcleos temáticos de máximo inclusividade e transversais a sua evolução cognitiva e também a sua transmissão e, assim, tê-los como eixos articuladores da didática e do currículo. Nas sessões, a seguir, iremos analisar cada uma das dimensões ou domínios de forma independente, buscando já alguma articulação.

Assim, do diagrama acima nasce uma didática e um círculo didático específico. A aprendizagem em química deve inicialmente dar-se por uma imersão em uma comunidade de prática, em um ambiente cultural, em trocas de códigos tácitos e práticos, em transmissão de heurísticas (Nicole & e tal, 2010). Seguindo Polanyi (1956), uma parte da aprendizagem e ensino da química esta na transmissão cultural mestre/discípulo inscrito na tradição do uso e manipulação de instrumentos e medidas, regras heurísticas.

Assim, no centro da epistemologia da química esta uma dimensão antropológica e sociológica, do trabalhar e transformar a natureza. Elementos de economia, relação com a sociedade e a cultura devem fazer parte deste tópico de estudo. No futuro deve-se desenvolver uma disciplina como cultura química ou sociologia química. Esta temática ainda não é desenvolvida.

Neste habitar os instrumentos deve-se então introduzir os elementos básicos de explicitação da praxis química. Primeiramente sua relação com elementos da filosofia natural, os conceitos básicos como propriedades, elementos, substâncias, permanência, equilíbrio e estabilidade, fazendo um recorte histórico transversal e tendo as classificações como operador transversal. Devem ser abordados os elementos de sua ontologia, os tipos naturais e a importância das classificações como um operador transcendente na prática química.

Compreender a diagramaticidade e a semiótica própria do pensamento químico é uma outra etapa. As diversas formas de representações e razão simbólica presente na química. E então compreender a relacionalidade e processualidade do pensamento químico, a lógica relacional e recursiva das construções químicas. Esta ordem de sucessão não necessariamente deve ser assim. Contudo, penso que o entendimento anterior deva ser dos conceitos, depois da diagramaticidade e depois da relacionalidade.

Teríamos então no centro uma axiologia e uma pragmática. E fora, formas de pensar, uma ontologia e uma lógica com características distintas. A categorização com maior vinculação com a ontologia de substância. A diagramaticidade com a ontologia e a lógica simbólica e a relacionalidade com a ontologia e a lógica relacional e a filosofia dos processos.

A praxis como articuladora e integradora curricular

Julgamos que o diagrama acima possa ser um elemento de formação, planificação e avaliação de propostas e práticas curriculares e didáticas. Submetemos a um pequeno exame e, utilizando o diagrama, analisamos alguns programas de disciplinas de didática da química e de história da química em sete universidades brasileiras. Identificamos que os programas não mostram explicitamente nenhuma das dimensões; a dimensão diagramática, por trabalhar muito com a linguagem e modelagem é a mais estudada, contudo o faz em detrimento das demais. A dimensão tácita é menos problematizada.

Neste sentido é possível, para trabalhos futuros, tendo o diagrama acima descrito, propor alterações e inovações curriculares. Por exemplo, é possível propor alterações em disciplinas de didática da química, estágio supervisionado, história da química, bem como pensar em um currículo integrado e articulado a partir da praxis química, como no quadro abaixo.

Ilustração 1: Principais articulações entre conteúdos curriculares e níveis de recontextualizações curriculares

Conclusão

Mostramos neste trabalho que o debate da filosofia da química pode e deve iluminar questões curriculares em química. Propomos a organização deste debate em um instrumento diagramático que pode servir de guia heurístico para o planejamento, formação, avaliação de práticas curriculares e didáticas.

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*. Assim, partindo da problematização do próprio conteúdo da química, iluminado pela filosofia da química, o currículo poderá integrar práticas inter e transdisciplinares. Desta maneira o debate da filosofia da química pode ter uma função instrumental no sentido de iluminar a praxis química e a praxis pedagógica no sentido de uma pedagogia emancipatória e crítica.

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.

Referências Bibliográficas

- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. (2001). Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias. Tese (Doutorado), Universitat Autònoma de Barcelona.
- BACHELARD, Gaston. (2009). O Pluralismo Coerente da Química Moderna. Contraponto.
- BAIRD, Davis. (1993). Analytical chemistry and the big scientific instrumentation. *Annals of Science*, 50, 267–290.
- BENSAUDE-VINCENT, B. & Stengers, I. (1992). História da Química. Lisboa: Instituto Piaget.
- BERKEL, Bernard van. (2005). The Structure of Current School Chemistry. A Quest for Conditions for Escape / - [S.l.] : [s.n.] - Tekst. - Proefschrift Universiteit Utrecht.
- ERDURAN, Sibel. (2000). Emergence and application of philosophy of chemistry in chemistry education. *School Science Review*, 81(297), 85–87.
- ERDURAN, Sibel. (2001). Philosophy of chemistry: An emerging field with implications for chemistry education. *Science & Education*, 10, 581–593.
- ERDURAN, Sibel, & SCERRI, Eric (2002). The nature of chemical knowledge and chemical education. In J. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D. Treagust, & J. van Driel (Eds.), *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 7–27). Dordrecht: Kluwer.
- EARLEY, Joseph. (2004). Would Introductory Chemistry Courses Work Better with a New Philosophical Basis? **Foundations of Chemistry**, 6: 137-160, 2004.

- EARLEY, Joseph. (2005). Why There is no Water in the Sea, **Foundations of Chemistry**, 7, 85-102.
- EARLEY, Joseph. (2006a). Chemical “Substances” that are not “Chemical Substances”, **Philosophy of Science**, 73, 841-852.
- ERIKSEN, K. (2002). The Future of Tertiary Chemical Education – A Bildung Focus? **Foundations of chemistry**. Vol. 8, No.1 (2002), pp. 35-48.
- HABERMAS, I. (1994). Técnica e Ciência como “Ideologia”, Lisboa, Edições 70.
- IZQUIERDO-AYMERIC, Merce, & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. **Science & Education**, 12(1), 27–43.
- JUSTI, Rosária. (2006). La enseñanza de ciencias basada em la elaboracion de modelos. **Ensenansa de las ciências**, 24(2), 173–184.
- LAMZA, L. (2010). How much history can chemistry take? **Hyle**, 16(2), 104–120.
- LAURILLARD, D. (2002). Rethinking university teaching: A conversational framework for the effective use of learning technologies (2nd ed.). London: RoutledgeFalmer.
- LASZLO, Pierre. (2011). [Towards Teaching Chemistry as a Language](#) -Science & Education, 2011 – Springer.
- NICOLE, G., HENNING, H., & PETER, R. S. (2010). Heuristic thinking makes a chemist smart. **Chemical Society Reviews**, 39, 1503–1512.
- POLANYI, Michael. (1966). The tacit dimension (first published Doubleday & Co, 1966. Reprinted Peter Smith, Gloucester, MA, 1983. Chapter 1: “Tacit Knowing”).
- ROTHBART, Daniel. (1999). On the relationship between instrument and specimen in chemical research. **Foundations of Chemistry**, 1(3), 255–268.
- SCERRI, Eric. (1999). On the nature of chemistry. **Educacion Quimica**, 10(2), 74–78.
- SCERRI, Eric. (2004). Philosophical confusion in chemical education research. **Journal of Chemical Education**, 80(5), 468–474.
- SCERRI, Eric. (2007). Reduction and emergence in chemistry—two recent approaches. In Proceedings of the philosophy of science association.
- SCHUMMER, Joachim. (1998). The chemical core of chemistry I: A conceptual approach. **Hyle**, 4-1, 129–162.
- SCHUMMER, Joachim. (2006). The philosophy of chemistry: From infancy towards maturity. In D. Baird, E. Scerri, & L. MacIntyre (Eds.), *Philosophy of chemistry: Synthesis of a new discipline*. Boston Studies in the Philosophy of Science (Vol. 242, pp. 19–39). Dordrecht: Springer.
- SEIBERT, C. (2001). Charley Peirce’s head start in chemistry. **Foundations of Chemistry**, 3(3), 201–206.
- SHULMAN, Lee. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, 15(2), 4–14.
- SHULMAN, Lee. (2005). Conocimiento y enseñanza: fundamentos de la nueva reforma. **Revista de curriculum y formacion del profesorado**, 9(2), 1–30.
- SJOSTROM, J. (2006). Beyond classical chemistry: Subfields and metafields of the molecular sciences. **Chemistry International**, 28(September–October), 9–15.
- SOUKUP, R. W. (2005). Historical aspects of the chemical bond: Chemical relationality versus physical objectivity. **Monatshefte fu”r Chemie**, 136, 803–813.
- SPECTOR, T. I. (2003). The aesthetics of molecular representation: From the empirical to the constitutive. **Foundations of Chemistry**, 5(3), 215–236.
- STEIN, R. L. (2004). Towards a process philosophy of chemistry. **Hyle**, 10-1, 5–22.
- THALOS, [Mariam \(2012\)](#). The Lens of Chemistry. **Science & Education** (14 February 2012), pp. 1-15.

- TABER, K. S., & WATTS, M. (2000). Learners' explanations for chemical phenomena. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, 1(3), 329–353.
- TANNER, D., & TANNER, L. (1995). Curriculum development: Theory into practice. New Jersey: Englewood Cliffs (Vallance, E., 1986).
- VAN AALSVOOR, T. J. (2004). Logical positivism as a tool to analyze the problem of chemistry's lack of relevance in secondary school chemical education. **International Journal of Science Education**, 26, 1151–1168.
- VAN BRAKEL, Jap. (1997). Chemistry as the science of the transformation of substances. **Synthese**, 111(3), 253–282.
- VAN BRAKEL, Jap. (1999). On the neglect of the philosophy of chemistry. **Foundations of Chemistry**, 1, 111–174.
- VAN BRAKEL, Jap. (2000). Philosophy of chemistry. Between the manifest and the scientific image. Leuven: Leuven University Press.
- VIHALEMM, Rein. (2007). Philosophy of chemistry and the image of science. **Foundations of Science**, 12(3), 223–234.
- VIHALEMM, Rein. (2011). The autonomy of chemistry: Old and new problems. **Foundations of Chemistry**, 13(2), 97–107.
- ZIMAN, J. (2000). Real science—what is, and what it means. Cambridge: Cambridge University Press.

ⁱ Isto é bem evidenciado no recente livro de Gilbert (2009) que utiliza as múltiplas representações em química, fundamentado no citado triângulo, como eixo da argumentação

ⁱⁱ 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