

A razão histórica na química e a necessidade de narrativas significativas dos conteúdos no ensino

Tiarla de Jesus Pereira (IC), Cleudes Pinheiro das Neves (IC)¹, Elias Ribeiro Borges(IC), Lídia Nunes Cunha (PQ) Marcos Antônio Pinto Ribeiro (PQ)¹

¹Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Palavras chave: História, Química, Narrativas,

Resumo: A integração da história e filosofia da ciência no currículo é ponto pacífico. Uma relação menos trabalhada, no contexto da química, é a relação intrínseca entre química história. Quais fatos históricos tiveram protagonismo químico? Até que ponto a química não protagonista na história da humanidade? E por último um questionamento que pouco se tem discutido. Para alguns filósofos da química, a própria química tem um caráter histórico, ou seja, sua forma de fazer, tem um caráter ideográfico e não nomotético. Isso aceito, nossa forma de analisar a química, seu ensino, sua racionalidade, mudará completamente. Uma consequência que analisamos aqui é que o ensino de química deve inserir a construção de narrativas com seus conteúdos para melhor ensinar.

Introdução

O objetivo científico da Química ainda é um tema obscuro. Inter-relacionada com quase todas as outras ciências (física, biologia, matemática entre outras) a Química também esta relacionada com a História. A História estuda o passado para entender o presente e busca construir uma narrativa significativa para os fatos temporais. Tem portanto um caráter sintético e ideográfico. Pode-se pois, pensar que a história não tem relação com a química para além de uma possível e necessária temporalidade dos fatos históricos da química.

A História da Química é uma disciplina já consolidada. Outra relação imediata entre História e Química, e pouco estudada é identificar fatos históricos dos quais, para o seu entendimento, convergem tanto o conhecimento histórico, quando o conhecimento químico. Vários são os acontecimentos que tiveram outro rumo por causa de descobertas e reações químicas. Muitos desses acontecimentos mudaram até mesmo o espaço geográfico e fizeram exercito perderem a guerra.

[...] por mais surpreendente que pareça a desintegração do exército napoleônico pode ser atribuída a algo tão pequeno quanto em um botão – um botão de estanho, para sermos exatos, do tipo que fechava todas as roupas no exército, [...]. “Quando a temperatura cai, o reluzente estanho metálico começa a se tornar friável e a se esboroar num pó cinza e não metálico”.(COUTEUR; BURRESON. 2006, p.8)

É necessário e urgente fazermos um banco de dados de fatos como o acima explicitado. Pensamos que isso significaria melhor, tanto o ensino de História, como de Química. Outra relação menos evidente da relação entre História e Química, é que a própria química, como defendem diversos filósofos da química (LAMŽA, 2010; EARLEY, 2004) segue uma razão histórica, tem um caráter não apenas nomotético,

isso é fundamento em uma abordagem analítica cujo objetivo seria encontrar sistemas axiomáticos de leis e teorias, mas também possui um caráter ideográfico, sintético. Essa relação sendo mais bem investigada alteraria o sistema pedagógico e científico da química.

Metodologia

Esse trabalho, fruto de um estudo bibliográfico, faz uma primeira análise dessa questão. Primeiramente buscamos, fundamentos em nossas próprias discussões em aulas, uma linha do tempo de fatos históricos onde existam convergência entre conhecimento químico e conhecimento histórico. Em um futuro pensamos em aprimorar esse material e produzir uma análise mais acurada, bem como uma variedade de linhas do tempo da química. Em um segundo momento fazemos uma análise do debate feito pela filosofia da química. Usamos para essa análise artigos principalmente das revistas *foundations of chemistry e hyle*, os principais canais de divulgação da comunidade de filósofos da química. Nessas revistas buscamos artigos que relacionam Química e História.

Em um terceiro momento buscamos expandir esse núcleo de problematizações para relações mais gerais e passamos a fazer inferências possíveis de serem sustentadas. Pensamos assim em iniciar um debate ainda ausente na educação química. A necessidade de inserir os conceitos de emergência, relacionalidade e recursividade; A necessidade de criar narrativas significativas envolvendo os conteúdos de química. Isso leva a mudar a estrutura analítica, axiomática e vertical de conhecimento, para uma estrutura sintética, evolucionária, dinâmica e ideográfica, donde ganha centralidade a construção de narrativas significativas. Aqui citamos o exemplo dos filósofos Earley (2004), um dos filósofos da química que mais tem investido em uma perspectiva sintética e outra ideia de natureza para a educação química (EARLEY, 2012). Fundamentado em alguns filósofos da química, principalmente Earley (2004, 2012) e Lamza (2010, 2014) inferimos que a construção de narrativas dos conteúdos químicos é uma consequência imediata de uma visão sintética da química. No trabalho de Earley (2004) e Lamza (2015) fica bem evidente esse esforço. Logo, nos perguntamos, que outras narrativas serão possíveis? Qual a função de um professor e qual seria a forma de organização curricular e pedagógica?

Convergência entre a química e a História

Uma relação mais imediata e estruturante da convergência entre Química e História é a investigação da natureza da matéria, iniciada pelos antigos pensadores gregos e continuada pela alquimia e química moderna. Identificamos nessa inter-relação uma condição de possibilidade da própria história e do desenrolar das sociedades humanas. Ou seja, para entender melhor as transformações das sociedades humanas ao longo da história, devemos compreender de um ponto de vista químico. Ou dito de outra forma, a compreensão química é necessária para a compreensão da história humana. Isso mostra que para compreender a categoria de trabalho e transformação da natureza é imperativo ter uma boa compreensão química.

Vejamos em uma breve incursão. No período entre 478 a.C, o filósofo Leucipo apresentou a primeira teoria atômica, Demócrito aperfeiçoou e Aristóteles rejeitou por não aceitar o modelo de matéria descontínua.

Os alquimistas, na busca pelo elixir da longa vida, fizeram muitas descobertas como, por exemplo, a pólvora no século I, na china durante a dinastia Han. Nos séculos

VII-XVII a procura era induzida pelo desejo de transformar metais não preciosos, como o chumbo e cobre em ouro. Cerca de 2.000 anos após a descoberta do cobre e do bronze, o ferro também passou a ser usado. A descoberta do ferro possibilitou uma evolução na história da humanidade, novos instrumentos foram criados.

Embora o sonho alquimista de transformar metais em ouro não fora realizado levou a descoberta de muitos outros metais e a produtos químicos, além de novas técnicas que beneficiaram a sociedade como a sublimação e a destilação. Alguns produtos foram produzidos como o ácido nítrico e o ácido sulfúrico a descoberta de novos medicamentos e a utilização de plantas como remédios. Desde que os homens descobriram os metais, que as guerras se tornaram mais sangrentas e geralmente o “grupo” que tivesse domínio com os metais venciam. Logo, a química atravessa os tempos, desde a pré-história até a atualidade, na realidade da nanotecnologia, a química é um saber imprescindível para entender a reprodução social da humanidade. É necessário, dessa forma, fazer uma linha do tempo da convergência entre química e história. Mostramos abaixo, sem rigor e exaustividade, uma linha que estamos construindo.

- **3000 a.C. Os egípcios produziram bronze, liga de cobre e estanho.** Possibilitou o homem a modelar os utensílios domésticos como: vasos, serras, espadas, escudos, machados entre outros.
- **1 d.C. Já se conhecia alguns metais (ouro, a prata, o cobre, o chumbo, o ferro, o estanho e o mercúrio).** Com a descoberta desses metais, surgiu uma era mais “civilizada” e deixou os estudiosos com o desejo de transformar metais em ouro.
- **1242 A pólvora foi introduzida na Europa vinda do Extremo Oriente.** “[...] A pólvora foi utilizada inicialmente em bombinhas e fogos de artifícios, mas em meados do século XI já era empregada para lançar objetos em chamas usados como armas, conhecidos como flechas de jogo.” Em 1067 os chineses submeteram a produção de enxofre e salitre ao controle do governo [...]
- **1519 A doença do escorbuto.** O escorbuto é uma doença causada pela falta de ácido ascórbico, a vitamina C. Os guerreiros e navegadores vikings no século IX em diante, partiam da Escandinávia para atacar o litoral atlântico da Europa. Durante o inverno, a falta de frutas e verduras frescas, ricas em vitamina devia ser comum a bordo dos navios e nas comunidades nórdicas. Supõe-se que os guerreiros usavam a colearia, um tipo de agrião antigo, quando viajavam para a América passando pela Groelândia.[...] Quando o explorador português Vasco da gama contornou a África em 1497, uma centena de sua tripulação de 160 homens havia morrido de escorbuto.
- **1760 – A revolução Industrial.** Vários fatores químicos influenciaram para que a revolução industrial acontecesse, uma dessas influências foi a descoberta da celulose. Como o algodoeiro é uma planta sensível requer um clima úmido e solos bem drenados Europa não tinha condições para cultivá-la, assim alguns países da Europa tiveram que importar algodão. O país que lucrou com isso foi à Inglaterra, que em 1760 implantou 1,12 milhão de quilos de algodão em rama. Com todo esse lucro surgiu assim à necessidade de inovação e a indústria passou a ser mecanizada. Pode-se assim dizer que a celulose foi responsável pela revolução industrial e a Guerra civil Norte Americana.
- **1914 - 1940 primeira e segunda Guerra Mundial.** A primeira guerra foi um fenômeno Químico. Acontece a disseminação dos agrotóxicos, com o

desenvolvimento da indústria química. Nesse período ocorreu a descoberta do extraordinário poder da inseticida.

Diversos fatores químicos contribuíram para que houvesse uma mudança na história. Para tentar entender os “porquê” da história é preciso entender o que levou a sociedade do passado a fazer escolhas que muitas das vezes não fizeram sentido algum. Contudo, podemos ainda problematizar uma questão mais importante. Além do protagonismo da química na definição do curso da história, a própria química tem uma razão histórica. Esse fato foi pouco avaliado ainda no ensino da química. Faremos uma breve análise abaixo.

A razão histórica no pensamento químico

Esse domínio/estilo da práxis química tem sido recorrentemente trabalhado por filósofos da química (EARLEY, 2004, 2012; LAMŽA, 2010, 2014; HOFFMAN, 1993; STEIN 2004; BERNAL e DAZA, 2010; BENSAUD-VINCENTE, 2009) e atravessa as tensões nomotético/ideográfico, substância/processo, parte/todo. Aproxima-se de uma visão sintética e dinâmica de natureza. Trata-se de uma dimensão recente no desenvolvimento histórico da química, ainda não explorada no ensino da química. Mesmo na filosofia da química é um tema ainda pouco consensual. Portanto, ainda há muitas imprecisões. Iremos analisar o contexto epistemológico, cognitivo e didático de entender a química por uma razão histórica. Como esta análise ainda é muito recente, corremos o risco de algumas afirmações ainda imprecisas.

Contexto epistemológico: filosofia de processos e o emergentismo. Segundo Bachelard (1991, p. 79): “pensou-se que as condições de estrutura decidiam tudo, imaginando certamente que se manda no tempo quando se está bem organizado no espaço. Todo o aspecto temporal dos fenômenos químicos foi negligenciado.”

Uma filosofia de processos, fundamentada principalmente em Whitehead, tem sido reiteradamente defendida por vários filósofos da química. De forma explícita, tem sido defendida em um editorial da revista *Hyle*¹. Stein (2004) defende explicitamente essa ontologia como mais propícia para a química. Segundo o autor, moléculas podem ser compreendidas como ecossistemas formados por propriedades contextuais e relacionais. Nesse sentido, devem ser compreendidas como unidades dinâmicas, resultados de padrões estabilizados.

A estrutura deve ser entendida como uma capacidade de responder ao contexto e por suas relações: interações atômicas, ligações e, por fim, interações com o contexto que definem a estrutura. Nesse sentido, uma molécula é uma rota histórica de ocasiões atuais vista como padrão de estabilidade. Stein (2004) cita o caso das enzimas como um caso explícito dessa visão ontológica. Enzimas são exemplos de ecossistemas moleculares. Nesses sistemas ficam claras a teleologia molecular e a complexidade emergente. A evolução é um avanço criativo dirigido pela mudança molecular.

Stein (2004) defende a inconsistência do materialismo para entender a evolução. Ao contrário, a ontologia de processo facilmente define a história evolutiva das moléculas e a evolução como mudanças nas relações internas influenciadas pelo contexto. Aqui Stein (2004) reconhece a importância dos conceitos de emergência e a necessidade da ontologia de processos para pensar a novidade. No materialismo ou fisicalismo reduutivo, a novidade é sempre aparente.

¹<http://www.hyle.org/journal/issues/10-1/editorial.htm>, Acesso em: 23 abr. 2011

A temática da filosofia dos processos é o *leitmotiv* do filósofo Earley (1981, 2004, 2008, 2008a, 2012). Earley (2008) tem reiteradamente defendido o realismo estrutural processual e procura uma estrutura teórica para a química que possa pensar a causalidade em outra base, ampliando para além do fisicalismo materialista, a fim de pensar estruturas dinâmicas fora do equilíbrio como ciclos autocatalíticos e estruturas dissipativas. Para essas estruturas, o fisicalismo redutivo, fundamentado na ontologia substancialista, é sabidamente incoerente. Uma das razões principais é devida ao fato de o fisicalismo não pensar os sistemas em seu dinamismo, tanto sincrônico como diacrônico, tornando impossível pensar a evolução, a novidade, a complexidade emergente e a criação.

Para tanto, é necessário construir uma mereologia modificada, admitindo-se profundas transformações dos componentes que são adicionados, por meio das explicações horizontais diacrônicas sobre a gênese e evolução dos agregados. Assim, a explicação ainda é possível mediante entidades que têm poder causal nos diferentes níveis, mediante leis que surgiram em nível químico (não no nível microfísico) e que podem influenciar os níveis mais baixos (causação descendente). Earley (2000) distingue três tipos de fechamento: eletrônico, ou de Broglie, que caracteriza as moléculas; espacial ou cristais; Poincaré e de espaço/tempo ou estruturas de Cauvin², que caracterizam estruturas dissipativas, incluindo ciclos autocatalíticos, tão importantes para explicar a vida, e outros sistemas abertos longe do equilíbrio. A consideração de tais grupos de entidades leva-nos a adotar uma ontologia substancial, que se encaixa bem na tradição química, particularmente nas suas estruturas mais convencionais (moléculas, cristais), ou uma ontologia de processo, que se relaciona mais facilmente às estruturas dissipativas e aos ciclos autocatalíticos.

A filosofia de processos adota uma visão de mundo do realismo estrutural (EARLEY, 2008) e admite uma ontologia de níveis estratificados de realidade. Todos os níveis têm poder explicativo devido a suas entidades causais e às leis emergentes desse nível. Para além disso, há também, de cima para baixo, causalidade (causalidade descendente³), ou seja, sua estrutura (molécula, átomo ou uma mitocôndria) exerce causalidade em relação aos componentes. A causalidade *bottom-up*, em que o fisicalismo foi baseado, em função da incerteza acerca das unidades básicas e devido ao entrelaçamento quântico ou *implexity* (LÉVY-LEBLOND, 2003; BUNGE, 2003), tornou-se muito duvidosa.

As ciências têm, em geral, como é o caso da química, as relações sincrônicas que podem ser tanto mereológicas (parte/todo) ou genéticas (mesmo nível) e as relações causais (causa e efeito). A história é um exemplo da abundância dessas relações causais, e a química pode ser classificada como uma ciência ideográfica; a física, constituindo-se quase exclusivamente de relações mereológicas (universal, válido para qualquer tempo, em qualquer local), é rotulada como ciência nomotética⁴.

Todas as outras ciências, incluindo-se a química, têm ambos os tipos de relações (LAMŽA, 2010), embora a química exija uma mereologia especial (como as partes transformam-se para combinar-se no todo). As leis também podem ser

²Fechamento de Jacques Cauvin são redes de reações químicas que têm determinados tipos de fechamento de processos e que apresentam propriedades com outras coerências mais complexos (como os sistemas biológicos e culturais) possível. Ver em Earley (2010), disponível em <https://www9.georgetown.edu/faculty/earleyj/papers/Three%20Closures.pdf>, Acesso em: 29 mar. 2011

³ Do Inglês DownwardCausation. Trata-se de causação resultante do nível superior no inferior. Por exemplo, causação da molécula, no comportamento dos átomos, das célula no comportamento das biomoléculas.

⁴ A coerência sintática de uma ciência nomotética dá-se pelo uso de leis.

analisadas quanto ao seu aspecto sincrônico ou diacrônico. Algumas leis físicas são simétricas em relação ao tempo e são exemplos máximos de sincrônica. As leis da química, pelo contrário, não aceitam simetria ao longo do tempo, exibindo a seta do tempo sob a forma de processos irreversíveis e inserindo um elemento ideográfico, um elemento de história.

Processos como princípio cognitivo da química. No artigo de Soukup (2005) e Bernal e Daza (2010), o tema das relações é mostrado de forma explícita. Soukup (2005) defende que a característica relacional⁵ distingue a química da física, a qual trabalha mais com relações exteriores e com simetrias temporais. Na química, as relações são assimétricas e caracterizam-se por um corte temporal, do antes e do depois, dos reagentes e dos produtos, dos processos irreversíveis e da complexidade. Bernal e Daza (2010) identificam na tabela das afinidades, em contraposição ao corpuscularismo, defendido por Robert Boyle, um primeiro exemplo de sucesso do pensamento relacional em química. Com a tabela das afinidades foi possível, além de sistematizarem-se as reações, até então conhecidas, prever novas reações. O mesmo ocorreu com a tabela periódica de Mendeleev.

Para Bernal e Daza (2010), em uma ontologia de relações internas os objetos são posteriores às suas relações. Dessa forma, a química adota uma posição antiessencialista ao considerar que as propriedades são instanciadas no contexto das relações, estabelecendo propriedades relacionais, contextuais e emergentes, levando a química a uma lógica relacional, e a recursividade ocupa um lugar central, inscrevendo-se na filosofia dos processos. Vemos evidências desses problemas na nomenclatura, nas fórmulas e nas classificações químicas, em que as partes só podem ser definidas na totalidade das suas inter-relações.

O sistema ontológico caracterizado por relações externas, típico da física, ao supor uma homogeneidade⁶ constitutiva da natureza, suporta um poderoso sistema dedutivo no qual os objetos são o resultado das relações exteriores a eles mesmos. A chave do sucesso da ciência e da tecnologia tem sido a suposição de um universo homogêneo, com simetrias temporais e espaciais, onde é possível a existência de leis universalmente válidas e invariantes. Isso é particularmente válido para ciências que trabalham no nível da idealidade, mas não se aplica a ciências contextuais e reais que trabalham com a matéria em particular e com grandes condições de contorno como a química (BERNAL; DAZA, 2010).

Quando, em um sistema, existem muitas relações seletivas, o sistema dedutivo não é tão apropriado por ferir o princípio da parcimônia e, assim, muitas descrições dos sistemas passam a ser possíveis, como nos sistemas complexos e abertos, distantes do equilíbrio. Em uma ontologia de relações internas não existe objeto anterior às suas relações. Van Brakel (1999) coloca que o conceito de reatividade é um dos conceitos mais importantes em química. As reações podem prover um inventário das mudanças possíveis e a informação das estruturas e contribuir com a “emergência” de novos produtos.

Hoffmann (1993) diz que os químicos, enquanto constroem moléculas, constroem histórias. Bensaude-Vincent (2010, [não paginado]) defende que as teorias químicas são narrativas de experimentos:

⁵No esquema classificatório das ciências de Peirce, a química está no mesmo contexto da lógica. Ele não considerava substância como categoria e sim a relação.

⁶Bergsonve nessa característica a própria natureza do conhecimento matemático e científico: a subsunção de toda heterogeneidade constitutiva da natureza na homogeneidade espacializante do pensamento.

teorias químicas, ao contrário de teorias da física, não são realmente destinadas a explicar os fenômenos. Os químicos não estão interessados principalmente na clareza e distinção, e a consistência não é um valor muito alto. Assim como no início átomos faziam parte do “novelacartesiana”, modernos orbitais eletrônicos podem ser considerados como um “novela quântica”... Ao invés de serem representações ideais precisas da natureza, narrativas teóricas exibem significados, com os átomos e as moléculas mais bem descritos como atores de uma história. (HOFFMANN, 1993, P. 35).

Stein (2004, p. 5) identifica que, surpreendentemente, a química, a ciência da mudança molecular, tem um aparato conceitual todo voltado para o entendimento de substâncias. Um elemento recorrente ao pensar a autonomia da química tem sido caracterizá-la como ciência de relações peculiares (SCHUMMER, 1997, 1998), que constrói conhecimento por meio de uma rede de relações na qual as substâncias químicas são os nodos e as relações químicas as conexões e, assim, formam o núcleo da investigação química.

Para Schummer (1998, p. 131), a relação é uma categoria essencial em química:

a ciência química, no seu núcleo, é uma ciência de relações peculiares. Em vez de estudar objetos isolados a ser medidos, compara e coloca em um esquema classificatório as relações dinâmicas entre os objetos constituintes do conjunto básico de conhecimentos de química, e, ao mesmo tempo, fornece os fundamentos para as classificações dos próprios objetos. A rede química inclui todas as informações atuais empíricas sobre as transformações de substâncias químicas, novas relações, relata, e completa todos os dias.

Emergentismo na química. Apesar de o emergentismo ter tido grande importância na química no início do século passado, sua presença foi negligenciada posteriormente. McLaughlin (1992) salienta que o desenvolvimento do emergentismo no período de 1875-1925 está estritamente relacionado ao enorme crescimento da química. Até então, o fenômeno químico não tinha nenhuma microexplicação, de forma que a tese emergentista era bastante plausível. Com o crescente avanço da teoria atômica e o advento da mecânica quântica, a fundamentação microscópica da química foi obtida e o emergentismo foi abandonado. A discussão do emergentismo bem como a discussão teórica na química foram eclipsadas pelo forte apelo substancialista e realista da atividade da pesquisa química. Surge, no entanto, na atualidade, a filosofia da química, principalmente no debate sobre a autonomia da química e sua redução à física.

Contexto educativo: visão sintética, níveis, narrativa, mapas. O grande desafio do ensino de química é inserir recursividade, narrativa e relacionalidade como um fundamento transversal da educação química. A contribuição principal tem sido oferecida pelo filósofo Earley (2004, 2012). Para esse autor, a educação química deve mudar de uma visão analítica para uma visão sintética, de uma visão de natureza estática para uma dinâmica. Isso traz como desafio inserir a narrativa como um elemento transversal. Como ensinar a recursividade? Como pensar em práticas didáticas recursivas? Como elaborar recursos didáticos recursivos? Há pouca contribuição a esse respeito.

Mapas, redes, recursividade. Uma inferência que podemos fazer é sobre a possibilidade de trabalhar com mapas de reações, visualizando mais o processo do que a reação particular, buscando sempre uma visão sintética e não analítica. Em química orgânica, cremos, seria uma grande economia de aprendizagem: construir mapas de reações e analisar os níveis de recursividade e de relações; compreender as

reações químicas como relações funcionais e fazer grandes mapas reacionais; identificar um grupo funcional, não por suas características e propriedades específicas, mas por sua recursividade. Por exemplo, os gases nobres teriam pouca recursividade, enquanto um produto muito reativo teria alta recursividade. O conceito de reatividade apresenta, implicitamente, a noção de recursividade; por exemplo, a escala de reatividade dos metais.

Emergentismo e o ensino de química. Apesar de ser um conceito importante, essa temática foi pouco problematizada na química. Encontramos apenas o trabalho de Newman (2012), que aproxima o conceito de superveniência e de emergência ao contexto do ensino e o relaciona com os obstáculos conceituais da química, principalmente a relação interníveis tão crucial em química. Talanquer (2006, 2011) defende que o conceito de emergência é implícito no ensino. Não há, ainda, explicitações didáticas e os programas analisados ainda não integram essa dimensão.

O uso desse conceito e dessa ontologia para o ensino é já muito estudado em áreas como a biologia (EL-HANI, 2000, 2002). A ontologia emergentista é baseada na noção de níveis hierárquicos, que podem ser níveis de descrição, de análise, ou mesmo afirmações ontológicas. Salthe (1985) defende a estrutura triádica⁷ como forma de transpor o conceito de emergência para o ensino. El-Hani (2000) faz uma análise para o caso da biologia, prevenindo contra os excessos de uma metodologia de ensino reducionista. A estrutura triádica fundamenta-se em concentrar atenção no nível focal, bem como em um nível acima e em um nível abaixo, buscando suas inter-relações. A contribuição para o ensino de química não foi ainda avaliada. Intuitivamente, os livros didáticos de química parecem utilizar o enfoque de níveis de realidade. Feltre (2004, p. 30), por exemplo, reconhece os níveis macroscópico (misturas) e o nível microscópico (partículas fundamentais, átomos, elementos químicos, substâncias e soluções).

O autor utiliza de forma intuitiva a noção de nível de realidade, sendo identificados os seguintes níveis: o nível atômico, o nível de substâncias, o de misturas e o nível da matéria. O conhecimento dos níveis mais inclusos, os mais importantes, seria conhecimento de estruturas mais inclusivas, subsunçoras, e, de acordo com Ausubel, facilitaria a aprendizagem significativa e a organização hierárquica da cognição. Isso indica a necessidade de se enfatizarem os conceitos centrais, estruturantes do pensamento químico, em contraste com a tendência enciclopédica dos currículos (GAGLIARDI, 1986).

A identificação dos níveis de descrição seria uma tarefa para a filosofia da química e de grande contribuição para a educação química. Propomos que um primeiro nível seria o atômico, no qual podem ser entendidas as propriedades periódicas e aperiódicas, como eletronegatividade, eletroafinidade, raio atômico, densidade, etc.. Um segundo nível seria o nível de substâncias, no qual podem ser identificadas propriedades emergentes como polaridade das ligações, forças intermoleculares, e poderia ser estabelecida uma clara correlação entre as propriedades do nível inferior, atômico, principalmente eletronegatividade, e as propriedades emergentes do nível de substâncias, caracterizadas pelas ligações químicas.

O nível de substância, caracterizado pela agregação, constitui-se em um nível com propriedades definidas, tais como: solubilidade, ponto de fusão, ponto de ebulição, condutividade elétrica e térmica, dureza etc. O terceiro nível constitui o nível de

⁷Particularmente interessante seria analisar a pertinência do sistema triádico de Salthe em consonância com o modelo de Marcus Rehier (2003).

misturas, o qual pode claramente incluir fenômenos como solubilização, saturação, propriedades coligativas.

Epistemologia histórica: narrativa e aproximações. O carácter histórico, ideográfico da química tem sido reiterado na filosofia da química e está explícito nos trabalhos de Lamza (2010), Näpinen (2007), Rein (2004), Earley (2004, 2012) e Bensaude-Vincent (2009). A historicidade e uma perspectiva sintética, *top down*, devem ser inseridas no currículo da química. Tradicionalmente, analisa-se por uma perspectiva *Bottom Up*.

Ao analisar o estilo do pensamento químico, Bensaude-Vincent (2009) identifica que o pensamento químico caracteriza-se por criar o seu objeto e por uma supremacia da relação sobre a substância e da representação sobre a realidade. A química realiza uma epistemologia do aprender em uma práxis de laboratório⁸, não existindo uma identidade trans-histórica. Suas teorias são narrativas de experimentos, são representações construídas para dar sentido à prática científica, apresentando um ponto de vista pragmático. Segundo Bachelard (2009) e Nordmann (2006), a metaquímica orienta a prática científica. Não trabalha com categorias *a priori* e sim com uma razão prática, *a posteriori*. Kovac (2002) defende que a química utiliza-se de uma razão prática.

A química é uma ciência histórica, ideográfica. Lamza (2010), ainda, defende que a química pode ser uma ciência pan-ideográfica, que ela deve ser entendida dentro de sua própria narrativa histórica e que os químicos contam história enquanto trabalham nos laboratórios (HOFFMANN, 1993). Logo, no ensino não se trata de introduzir a história da química, dado que a própria química tem um carácter histórico. A epistemologia da química é caracterizada por um “conhecer através do fazer” (BENSAUDE-VINCENT, 2009). As práticas em química não são feitas para testar hipóteses teóricas; como já denunciava Caldin (1961), químicos não usam a mediação dos instrumentos para entender o fenómeno natural, como fazem os físicos. Para Hoffmann (1993, 2007), os químicos fazem história enquanto criam moléculas, e as teorias são narrativas de experimentos.

Teorias químicas, diferente da física, não objetivam realmente a explicar fenômenos. Químicos não estão preocupados, primariamente, com clareza e distinção, e não entendem consistência em alto valor.... Além de serem uma acurada representação ideal da natureza, narrativas teóricas têm significado, com átomos e moléculas, melhor descrito como atores da história. Mesmo que entidades invisíveis sejam visualizadas usando técnicas, elas não espelham a realidade última, embora elas signifiquem alguma coisa para os químicos. Em certos casos elas podem significar que existe uma possibilidade de quebrar uma ligação, ou de substituir um grupo funcional ou encapsular certos átomos em uma molécula, etc... na história adicional requer uma estrutura temporal: temporalidade desempenha um papel proeminente na narrativa química como nas determinações cinéticas quando a reação será uma história bem-sucedida ou não. (BENSAUDE-VINCENT, 2009, [não paginado]).

Criação de narrativas químicas

Como consequência da relação imbricada entre História e Química, teríamos uma implicação imediata para o ensino, é necessário criar narrativas para dar sentido aos conteúdos químicos. Inferimos no trabalho de Joseph Earley (2004), um dos

⁸Embora haja laboratórios em quase todas as ciências, segundo Bensaude-Vincent (2009) o laboratório é uma invenção química.

primeiros educadores e filósofos da química a produzir uma abordagem sintética para a educação química, uma criação de narrativa na disciplina de química geral. Para ele todos os conteúdos da disciplina podem ser visto como a evolução da matéria. Ele propôs um curso de química da seguinte forma:

Evolution and Creation: Self-organized Dynamic Coherence as Basis for Our World

Part I. 1 Prologue: creation stories; metaphor and science; evolution by natural selection; scientific arithmetic. 2. Origins, Analysis, Structure: Hominid evolution; social archaeology; prehistoric metallurgy and astronomy; elements, compounds, mixtures; structures of MX salts; chemical and conceptual analysis. 3. Search for "Principles": ancient and medieval achievements; the 'rock' metaphor; atoms and chemical calculations; Galileo and his trial; Newtonian physics; kinetic-molecular theory; heats of reaction. 4. Particles and Fields: proton, electron, neutron; electromagnetic spectrum; relativity; isotopes and nuclear stability; fundamental forces and vectors; limits of the 'rock' metaphor. 5. Periods and Bonds: periodic properties; electrons in atoms (I); ionic and covalent bonds; shapes of molecules; electronegativity; hydrogen bonds; solubility; science and method.

Part II. 6. The Alternative Metaphor — 'the Flame.' Oscillating reactions; equilibrium structures and dissipative structures; reaction mechanisms; 'self-assembly' and 'self-organization.' 7. Origins of Elements: colors of stars; Big Bang and before, origins of protons, expansion of the Universe; galaxies and stars; the "standard" model, nucleosynthesis, dispersion of atoms. 8. Thermodynamics and the Earth: concentration, equilibrium constants; interstellar molecules; solar system and planets; convection; plate tectonics; chemical cycles: Gaia hypothesis; free energy and entropy. 9. Kinetics, Catalysis, Life: rates; catalytic cycles; protocells; biological energy storage; photosynthesis; amino acids, enzymes. 10. Genetics, Symbiosis: nucleic acids; protein synthesis; genetic code; phage X-174; fermentation, respiration; eucaryotes; sex; D. Discoidium.

Part III. 11. Causality, closure, chaos: quantum indeterminacy; complementarity; electrons in atoms (II); nonlinear dynamics; deterministic chaos. 12. On Reported Selfishness of Genes: replicators; genetic variation; kin selection; human altruism (Simon, 1990). 13. Games, Strategies, Mind: units of selection; evolutionarily stable strategies; brain structure; memes and cultural evolution. 14. Technology, Economics, Ecology, and Ideology: sulfate and chloride processes for titania production – ecological and economic considerations; exploit Madagascar titanium ore deposits? opportunities and responsibilities in evolutionary development.

Segundo o autor

“cursos introdutórios de química poderiam preencher as duas importantes funções sociais no futuro, deslocando-se a uma linha histórica que enfatiza processos de síntese (incluindo os de evolução) ao invés de técnicas analíticas. (Muitos departamentos de biologia já mudaram a partir de uma organização taxonômica do ensino introdutório para um modelo evolutivo.) Como alternativa, o ensino introdutório de química poderia imitar outros veículos educacionais anteriormente dominantes (por exemplo, estudo de línguas clássicas) e recuar em direção irrelevância, atendendo a uma população cada vez menor de estudantes que precisam aprender alguma técnica química para outros fins.” (EARLEY, 2004, P. 34).

Ou seja, o autor defende que, para disciplinas introdutórias, como química geral, é necessário inserir um componente evolucionário, histórico e cosmológico, nos cursos. Pensamos que isso possa ser feito para os mais diversos conteúdos de química. Pensamos que possamos aqui abrir uma linha de pesquisa ainda não explorada no ensino de química: A criação de narrativas que envolvam conteúdos de química, pensamos assim que os conteúdos ganhem mais significados.

Conclusão

Esse trabalho buscou uma primeira aproximação entre História e Química. Sabemos que a disciplina História da Química já é bem consolidada no currículo. Logo, não buscamos então uma interpretação historiográfica da química, mas encontrar nexos mais profundos entre a História e a Química. Uma primeira que identificamos foi a convergência da química e da história. Para compreender fenômenos históricos importantes é necessário compreendê-los de um ponto de vista químico.

Outra relação importante, fruto da análise da literatura de filósofos da química, é entender que a Química tem uma razão histórica. A química é uma ciência nomotética, mas também ideográfica. Isso significa que é fundamentada em leis e teorias, mas estas leis e teorias ganham sentido em uma narrativa. Uma relação ainda pouco explorada é de que a Química tem uma razão histórica. Como consequências disso, os conteúdos químicos ganham sentido quando postos em uma narrativa.

Por conta desse fato, pensamos inaugurar uma linha de pesquisa sobre a presença da razão histórica na química. E como consequência ver os professores como construtores de narrativas significativas. Criar narrativas para os conteúdos passa a ser uma competência fundamental no ensino. Quais narrativas são possíveis? Esse é um tema de pesquisa que nos colocamos a realizar em trabalhos futuros.

Referências Bibliográficas

- BACHELARD, G. **O pluralismo coerente da química moderna**. Rio de Janeiro: Contraponto. 2009
- BERNAL, A.; DAZA, E. E. On the epistemological and ontological status of chemical relations. **HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry**, Berlin, v.2, n.2. 2010
- BENSAUDE-VINCENT, B. The chemists' style of thinking. **Ber.wissenschaftsgesch**, [S.l.], n.32, p.365–378. 2009
- BRAKEL, J. V. On the neglect of the philosophy of Chemistry. **Foundations of Chemistry**. New York, v.1, p.111–174. 1999
- CALDIN, E. F. **The structure of Chemistry in relation to the philosophy of science**. London; New York: Sheed e Wards. 1961
- EARLEY, J. A New 'Idea of Nature' for Chemical Education. **Science & Education**, New York, Online first, 29 jul. 2012
- _____. Varieties of Chemical Closure. In: JERRY L. R. Chandler and Gertrudis Van de Vijer (ed). **Closure: Emergent Organizations and Their Dynamics**. Annals of the New York Academy of Sciences, New York, v.901, p.122-131. 2000
- _____. Would introductory chemistry courses work better with a new philosophical basis? **Foundations of Chemistry**. New York, v.6, p.137-160.
- EL-HANI, C. N. Níveis da ciência, níveis da realidade. (tese de doutorado) - Universidade São Paulo, São Paulo. 2004
- FELTRE, R. **Química**. 6. ed. São Paulo: Moderna, v.1, p. 20. 2004
- GAGLIARDI, R. Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, [S.l.], v.4, n.1, p.30-35. 1986
- HOFFMANN, J. R. How Should Chemists Think? **Scientific American**, p.66-73. 1993
- _____. **O mesmo e o não-mesmo**. São Paulo: Unesp. 2007
- _____. What Might Philosophy of Science Look like If Chemists Built It? **Synthese**, New York, v.155, n.3, p. 321-336. 2007A

- KOVAC, J. Theoretical and practical reasoning in chemistry. **Foundations of Chemistry**. New York, v. 4, p. 63-171. 2002
- SCHUMMER, J. Towards a philosophy of Chemistry. **Journal for General Philosophy of Science**, [S.I.], v. 28, p.307–335. 1997
- _____. Scientometric studies on chemistry I: the exponential growth of chemical substances, 1800–1995. **Scientometrics**, [S.I.], v. 39, p. 107–123. 1997A
- _____. Scientometric studies on chemistry ii: aims and methods of producing new chemical substances. **Scientometrics**, [S.I.], v.39, p.125–140. 1997b
- _____. The chemical core of Chemistry: A conceptual approach. **HYLE, International Journal for Philosophy of Chemistry**, v.4, n.1, p.129–162. 1998
- LAMŽA, L. How much history can chemistry take? **HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry**, Berlin, v.16, n.2, p.104-120. 2010.
- LAMŽA L. Six Phases of Cosmic Chemistry. **HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry**, Vol. 20 (2014), 165-192. 2014
- Le Couteur, Penny, (1943) – Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história/ Penny Le Couteur, Jay Burreson; tradução, Maria Luiza X. de A. Borges. – Rio de Janeiro: Zahar, 2006.
- LÉVY-LEBLOND, J. M. (2003). On the Nature of Quantons. **Science & Education**, New York, v.12, p. 495-502.
- MCLAUGHLIN, B. (1992). The Rise and Fall of British Emergentism. In: BECKERMANN,
- NÄPINEN, L. (2007). The need for the historical understanding of nature in physics and chemistry. **Foundations of Chemistry**. New York, v. 9, p.65-84.
- NEWMAN, M. (2012). Emergence, Supervenience, and Introductory Chemical Education. **Science & Education**. New York, Online first February.
- NORDMANN, A. (2006). From metaphysics to metachemistry. In: BAIRD, Davis; SCERRI, Eric; MCINTYRE, Lee (eds.). **Philosophy of Chemistry: synthesis of a new discipline**. Boston Studies in the Philosophy of Science, Dordrecht: Springer.
- RIBEIRO, M. A. P. (2014) Integração da filosofia da química no currículo de formação inicial de professores. Contributos para uma filosofia do ensino, 2014, 390p, Tese de doutoramento em Educação, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Portugal, 2014.
- SALTHER, S. N. (1985). **Evolving hierarchical systems: Their structure and representation**. New York: Columbia University Press.
- SOUKUP, R. W. (2005). Historical aspects of the chemical bond: chemical relationality versus physical objectivity. *Monatshefte für chemie*, v.136.
- STEIN, R. (2004). Towards a process philosophy of Chemistry. **HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry**, Berlin, v.10, n.1, p.5-22.
- TALANQUER, V. (2006). Propriedades Emergentes: Un Reto para el Químico Intuitivo. **Educación Química**, México, v.17, p.315-320.
- _____. (2011). Química agazapada [Lurking Chemistry]. In: J. A. Chamizo (Ed.) **Historia y Filosofía de la Química. Ministério da Educação e Cultura (MEC)**. México: UNAM.