

INTRODUÇÃO

Reações químicas são transformações da matéria caracterizadas pela alteração do(s) seu(s) constituinte (s). O conceito de reação química é considerado estruturante para a ciência química, uma vez que ele impulsionou esta ciência promovendo transformações em seu corpo teórico. Para o entendimento da química, este conceito se torna uma necessidade central, sendo relevante para o ensino/aprendizagem nos diferentes níveis de escolaridade.

Por outro lado, pesquisas relatadas por Rosa e Schnetzler (1998) mostram que estudantes, fundamentalmente da educação básica, apresentam concepções alternativas sobre as reações químicas que se configuram como obstáculos para o entendimento das transformações químicas, tais como:

- 1 – concepção de continuidade da matéria dificultando a compreensão das interações que ocorrem a nível microscópico, entre as partículas que constituem os materiais;
- 2 – explicações que se prendem ao nível macroscópico, observável, isto é, no campo fenomenológico;
- 3 – transferência de aspectos observáveis para o nível microscópico, impedindo que sejam construídos modelos explicativos que se aproximem de modelos cientificamente aceitos.

Autores como Nery, Liegel e Fernandez (2006) apontam ainda a dificuldade em compreender a representação das reações através de equações químicas. Além disso, muitos estudantes entendem que qualquer mistura de substâncias resulta em uma reação química.

Um número expressivo de estudantes apresentam a ideia antropomorfizada de afinidade como explicação das transformações químicas dos materiais. Tendo como base essa ideia, as substâncias químicas se combinam por um ‘desejo de uma substância atrair outra’. Rosária Justi (1998) relata ocorrência desse tipo de concepção entre estudantes e relaciona-a aos diversos significados que a afinidade teve ao longo da história da humanidade.

Esse texto tem como finalidade apresentar estratégias didáticas usando a abordagem histórica para o ensino do conceito de reações químicas. Essas estratégias buscarão mostrar meios que permitam discutir as concepções alternativas apresentadas por estudantes. Para que essas propostas sejam melhor entendidas, esse texto começará discutindo o que vem a ser uma abordagem que usa a História e Filosofia na sala de aula e seguirá discutindo alguns aspectos da história da reação química.

ABORDAGEM CONTEXTUAL: HISTÓRIA E FILOSOFIA NA SALA DE AULA

A Abordagem Contextual é um termo cunhado por Michael Mathews (1995) para designar uma abordagem de educação em ciências subsidiada pela História e Filosofia da Ciência. Subsidiar o ensino de ciências com aspectos históricos e filosóficos significa que, além de ensinar ciências, devemos ensinar sobre ciências, o que inclui a discussão da atividade científica, sua complexidade, sua aplicação e elaboração nas diversas dimensões do contexto sócio-histórico: ético, político, filosófico, tecnológico, dentre outros.

Na literatura (OKI; MORADILLO, 2008; FREIRE, 2002; MATHEWS, 1995) podemos encontrar algumas vantagens para o uso da abordagem contextual no ensino de ciências, a saber:

- Motiva e atrai os alunos, possibilitando trabalhar o conteúdo de maneira criativa e integrada.
- Humaniza a visão de ciência.
- Promove uma compreensão melhor dos conhecimentos científicos por traçar o seu desenvolvimento.

- Promove mudança na visão da ciência como um processo e não apenas como produto.
- Explicita problemas internos à comunidade científica esclarecendo a importância dos debates científicos.
- Prepara os indivíduos para a compreensão dos aspectos procedimentais e metodológicos do conhecimento científico.
- Ajuda a esclarecer o caráter dinâmico do conhecimento científico e o papel da comunidade científica nos processos de obtenção e validação dos resultados das pesquisas.
- Leva à compreensão da articulação de eventos em determinados períodos da História, evidenciando a contextualização das descobertas científicas.

Como podemos ver, as vantagens¹ apresentadas acima podem auxiliar positivamente o Ensino de ciências e portanto, contribuem para a aprendizagem do conteúdo uma vez que mostra a dinâmica de construção do mesmo, suas contradições no desenvolvimento, suas rupturas e continuidades.

A História da Ciência na sala de aula permite que o estudante perceba que os cientistas nem sempre acertam, que existem controvérsias e rupturas na produção do conhecimento científico e que o conhecimento é dinâmico e pode mudar. Isso permite que a ciência não seja apresentada como algo dogmático e perfeito.

A história da reação química tem as características acima, uma vez que muitos dos erros proferidos por alunos na sala de aula têm origens históricas ou se assemelham com concepções já aceitas anteriormente. São sobre esses aspectos históricos das reações químicas que discutiremos a seguir.

ASPECTOS HISTÓRICOS DO CONCEITO DE REAÇÕES QUÍMICAS

A teoria das afinidades teve várias interpretações ao longo da história. Em diferentes momentos históricos a concepção do homem acerca das transformações da matéria foi se alterando de modo a se relacionar com as diferentes imagens de natureza e imagens de ciência vigentes. De acordo com Abrantes (1998), a história da ciência fornece, ademais, consciente ou inconscientemente, explícita ou implicitamente, determinadas imagens de natureza e de ciência que não podiam ser submetidas diretamente ao crivo da experiência.

Na antiguidade o conceito de afinidade ou não entre duas espécies químicas era quase um conceito intuitivo, foram os antigos gregos que formularam as primeiras especulações sobre a origem e a composição da matéria.

As primeiras especulações gregas acerca da natureza da matéria surgiram em torno do século X a.C. no fim do período arcaico. O período Arcaico foi um período da Grécia Antiga caracterizado pelo desenvolvimento cultural, político e econômico da Grécia. Neste contexto surge a noção de democracia, cidadania e política. Além disso ocorre também a revitalização da linguagem escrita.

Por meio de proposições racionais e de base contemplativa o homem grego passou a propor explicações para a constituição dos materiais, os principais representantes do período foram os filósofos pré-socráticos. Para os pré-socráticos era necessário entender como as transformações ocorriam e para isso era preciso saber as causas da "afinidade" entre umas e a "aversão" entre outras espécies. Havia na época uma teoria do elemento originante que

¹ A literatura também traz algumas desvantagens do uso da História e Filosofia para o Ensino de Ciências: A visão distorcida do passado e da história; A decepção com o comportamento e posturas de alguns cientistas quando se conhece mais profundamente sobre sua história; a complexidade de alguns episódios históricos cuja simplificação para fins didáticos pode ser muito superficial; o uso de preconceitos e uma visão "presentista" para julgar fatos e narrativas históricas; confronto dos interesses e pontos de vista do historiador e do cientista; maior tempo requerido para abordagens do conteúdo neste contexto e a questão da interpretação envolvendo aspectos subjetivos do historiador no processo de construção da história.

postulava que os materiais eram formados por água, fogo, terra e ar de maneira excludente. Com base nesta proposta Empédocles (495/490 - 435/430 a.C.), formulou a teoria dos quatro elementos: água, fogo, terra e ar; elementos estes que, para ele, formavam todas as substâncias sob ação de duas forças onipresentes: o amor e o ódio. A partir destas forças todas as coisas eram formadas, transformadas e destruídas. Esta teoria não era unânime dentre os filósofos da época, pois haviam os defensores da hipótese descontínuista da matéria, a hipótese atômica. A concepção atômica de Leucipo(460?-370? a.C.), Demócrito (460?-370? a.C.) e Epicuro (341 -271? a.C) preferia explicar a formação de todas as espécies materiais, através de suas propriedades específicas, como tamanho e forma, das partículas últimas formadoras da matéria, denominadas átomos.

Com o fim da antiguidade, marcado pelas invasões bárbaras gerando a queda do império romano do ocidente e o início da idade média no final do século V, o pensamento grego ainda continuou a se difundir pela Europa.

A Idade Média é caracterizada, no ocidente, pela hegemonia do cristianismo e pelo grande poder político que a Igreja Católica deteve nesse período. Desse modo, enquanto sistema religioso e filosófico dominante na Europa, a igreja posicionou-se incisivamente frente aos costumes e ideias que circulavam na época, incluindo-se as ideias de pensadores gregos. Sendo sua referência principal os ensinamentos bíblicos, mostrou aversão quanto a noção de entidades indivisíveis ou de qualquer substância primordial da qual tudo seria formado.

Na Idade Média o conceito de afinidade ou *affinitas*, aparece com Alberto Magno (1193-1280), que utilizou o termo para estabelecer a ideia de semelhança entre os corpos que reagiam. Essa ideia de afinidade, apesar de explicar as interações entre as substâncias, ainda possuía características vitalistas, pois não esclarecia as causas das reações químicas entre os materiais, mantendo a justificativa da ocorrência das reações tendo como base a existência de forças ocultas. Estas concepções perduraram por toda a idade média.

A longa transição da Idade Média para a Modernidade é marcada fundamentalmente pelas transformações na base produtiva, com implicações no modo de produzir conhecimento e valores sociais. Com relação ao conhecimento, no período da transição, podemos afirmar que:

Numa fase inicial do período de transição, a rejeição das ideias, da imagem do universo e das maneiras de pensar feudais gerou um certo vazio intelectual, uma vez que não foi imediatamente seguida pelo surgimento de uma nova imagem de universo, deixando sem respostas muitos do problemas levantados (ANDERY, 1988, p. 175).

Com o advento da modernidade são identificadas duas principais tradições de pesquisa: os químicos tradicionais e os newtonianos. Os químicos tradicionais embora utilizassem algumas leis físicas, consideravam que haveria um limite na utilização destas leis, a partir do qual a ciência química teria suas próprias verdades. E os químicos newtonianos, que tinham por objetivo fornecer à química um tratamento teórico semelhante ao utilizado para explicar o movimento dos corpos no macrocosmo (MOCELLIN, 2006).

Desse período são conhecidas as ideias de Boyle (1627-1691) que considerava a afinidade como resultado de formas apropriadas das partículas que lhes permitiam aderir umas às outras (JUSTI, 1998). Com as ideias de Boyle surge uma oposição às noções místico-simbólicas de afinidade como amor e ódio, em direção a uma explicação mecanicista e que admitia um novo modelo de mundo (MAAR, 1999). Ele rejeitou o animismo e interpretações metafísicas e defendeu modelos mecânicos para explicar as causas das reações químicas. As suas afirmações eram baseadas em experimentos realizados de forma qualitativa, procurando estabelecer a composição dos materiais.

Neste período Newton se utilizou de uma abordagem mecanicista para tratar problemas químicos, com a questão 31 apresentada no final do seu livro *Óptica* na edição de 1717, questionando sobre a natureza do princípio que regia as atrações químicas e especulando que essas atrações ocorriam por intermédio de forças de atração semelhantes a de gravidade (MAAR, 1999).

Em 1718, na França, Etienne F. Geoffroy (1672-1731), realizou o primeiro estudo empírico das afinidades e criou a primeira Tabela de Afinidades, considerando a afinidade em termos de atrações fixas entre corpos diferentes.

Pierre J. Macquer (1718 – 1784), seguidor da teoria de Stahl, apresentou uma proposta que buscava harmonizar as explicações dos químicos tradicionais e a dos químicos que utilizavam a tabela de Geoffroy. Em seu livro *Elementos de Química* (1775), Macquer, apresentou uma exposição sistemática da doutrina das afinidades (MOCELLIN, 2006).

Uma outra significativa contribuição relacionada a esta discussão foi dada pelo químico sueco Torbern Bergman (1735-1784), que elaborou sua tabela com base nas alterações eletivas simples, utilizando duas condições de reação; via seca (a alta temperatura) e via úmida (em soluções). Bergman foi o primeiro a considerar que a ocorrência das reações deveriam levar em conta diferentes variáveis; a exemplo da temperatura.

Vicente. S. Telles (1764-1804), foi possivelmente o primeiro brasileiro a utilizar a nova química de Lavoisier, mencionando a tabela de afinidade entre 8 ácidos e 7 bases, com atribuição de valores relativos às afinidades entre eles, o que permitia prever a ocorrência ou não de reação.

Findando século XVIII o químico francês Louis Berthollet (1748-1822), por meio de evidências empíricas apontava para a existência de reversibilidade nos processos químicos, afirmando que todas as reações são incompletas e que as que são completas se dariam por diversos fatores.

No final do século XVIII e início do século XIX, os químicos, não de forma unânime, passaram a utilizar a ideia de átomo (partícula última) em explicações referentes às transformações dos materiais, intensificando os estudos quantitativos envolvendo as reações químicas de forma mais sistemática. Das interpretações dos muitos fatos experimentais observados, destacaram-se as noções de pesos equivalentes e pesos atômicos. A ideia de pesos equivalentes permitiu calcular as massas das substâncias envolvidas nas reações químicas, principalmente a de ácidos e bases, surgindo então estudos pioneiros em estequiometria.

Em 1808 John Dalton (1766-1844), propôs a sua teoria atômica através do seu estudo dos pesos equivalentes das substâncias presentes no ar atmosférico. Dentre os postulados propostos na teoria de Dalton ele afirmou que as transformações químicas consistem em uma combinação, separação ou rearranjo de átomos.

O sueco J. J. Berzelius (1779-1848) formulou uma teoria, conhecida como dualismo eletroquímico, em 1812, onde ele admitia que a força entre átomos era de natureza eletrostática.

Nesta época, Jean Batiste Dumas (1800-1884) reconheceu que os fatores estruturais eram importantes no estudo das transformações químicas. Ele considerava que diferenças nos arranjos dos átomos provocavam variações nas propriedades químicas das substâncias, incluindo as suas afinidades químicas (JUSTI, 1998).

As bases para a compreensão contemporânea das reações químicas foram decorrentes de um longo processo histórico de acumulações e rupturas de conhecimento que foram consolidadas no século XIX. O século XIX foi importante fundamentalmente devido a consolidação da revolução industrial iniciada no século XVIII.

Antes da primeira revolução industrial, a ciência não estava diretamente ligada às atividades produtivas. Ao contrário, o conhecimento prático/técnico alimentava a nova ciência emergente. Mais tarde, com o desenvolvimento das relações capitalistas de produção, novos

problemas apareceram, tornando-se necessário o uso da ciência para resolvê-los e proporcionando uma promissora união entre conhecimento científico e técnica associada à produção. Com a revolução industrial avançou-se no estudo das reações químicas com relação aos seus aspectos energéticos.

Hoje entendemos que as reações químicas são processos que macroscopicamente podem ser caracterizados por evidências empíricas, tais como: mudança de cor, formação de precipitado, formação de bolhas (MORTIMER; MACHADO, 2003). Entretanto, por si só, a observação de uma evidência não garante a ocorrência de uma reação química, sendo necessário testar as propriedades físicas como densidade, solubilidade, temperatura de fusão e de ebulição dos possíveis materiais formados, obtidos no processo de transformação; sendo as vezes necessário determinar também suas estruturas e reatividade. Já do ponto de vista microscópico as reações químicas se diferem dos processos físicos pela alteração dos constituintes da matéria.

Nas reações químicas substâncias de partida, denominadas reagentes, ao entrarem em contato recombinaem seus átomos a fim de formarem novas substâncias chamadas produtos. Para que a reação ocorra, as ligações químicas presentes nos reagentes devem ser rompidas (por meio da absorção de energia), enquanto que as ligações químicas características dos produtos são formadas (por meio da liberação de energia). Assim, as reações químicas na atualidade podem ser compreendidas como um rearranjo das partículas (átomos, íons ou moléculas) dos seus constituintes, envolvendo, sempre, um balanço de massa e energia entre reagentes e produtos.

REAÇÕES QUÍMICAS E O ENSINO DE CIÊNCIAS

No ensino de Química, através do uso da história e da epistemologia pode-se conhecer a gênese desses conceitos, as várias concepções que se sucederam nos seus diferentes contextos sócio-históricos e as modificações ocorridas ao longo do tempo, relacionadas a fatores socioculturais. Desse modo, um estudo usando o referencial histórico-epistemológico revelará relações com outros conceitos que serão importantes para este ensino (OKI, 2002). Desta forma, o ensino de reações químicas por meio de uma abordagem contextual (informada pela história e pela filosofia da ciência) possibilita um entendimento dos conceitos químicos, a este tema relacionados, com uma profundidade epistemológica que auxilia na aprendizagem dos estudantes.

Uma vez que já sabemos as vantagens de uma abordagem Contextual e de alguns aspectos da história das reações químicas podemos propor algumas estratégias didáticas para o ensino desse conteúdo.

Um forma de iniciar a discussão sobre as reações químicas pode ser através da Alquimiaⁱⁱ. A busca da pedra filosofal, por exemplo, está presente na mídia e em muitos filmes que os adolescentes assistem (os filmes de Harry Potter, por exemplo). A partir das discussões da transmutação alquímica o professor pode abrir espaço para discutir aspectos fenomenológicos das reações químicas, diferenciando as perspectivas da alquimia e da química moderna, mostrando que são modos de interpretar o mundo de maneira diferente. Uma abordagem como essa, também pode servir para que os alunos superem a visão do senso

ⁱⁱ Alquimia é uma prática antiga que combina elementos de diversas áreas do conhecimento, tais como: da filosofia natural, noções místico-simbólicas, da astrologia, da metalurgia, dentre outros. A alquimia teve diversas bases como a alquimia chinesa, a árabe, a européia, todas elas situadas em um sistema cosmológico extremamente diferenciado do nosso. A alquimia europeia se desenvolveu em um contexto de mundo orgânico, finito e geocêntrico o que contribuiu para certas características específicas desta prática. Concebemos que os conhecimentos alquímicos influenciaram e influenciam até hoje muitas práticas químicas.

comum da alquimia como mera magia e sem fundamento teórico algum. Desse modo a discussão da transmutação dos metais abre espaço para discussões acerca da construção da ciência química e dos próprios aspectos das reações químicas, uma vez que o professor pode explicar por que essa transmutação, tal qual pensada pelos alquimistas, é impossível dentro do nosso modelo explicativo.

Outra forma de discutir reações químicas e seus aspectos quantitativos é levando estudos de caso históricos para sala de aula. Os debates entre as idéias de Lavoisier e Sthal podem ser uma ótima fonte de discussão. É possível levar para sala uma balança e através da queima de alguns materiais discutir o aumento e a diminuição de peso através da teoria do flogisto e depois mostrar a importância do oxigênio nas reações de combustão usando uma vela e um copo (tampa-se a vela acesa com o copo e espera que o oxigênio acabe e a vela apague). Essa alternativa mostrará a não linearidade da ciência e que muitas vezes há a presença de duas ou mais teorias para o mesmo fenômeno. Essa perspectiva histórica trazendo as ideias quantitativas de Lavoisier pode ser um ótimo gancho para discutir aspectos estequiométricos das reações químicas e discutir como os gases, que são, por vezes, esquecidos pelos alunos, participam das reações.

As concepções de Empédocles de amor e ódio também podem ser usadas como um meio de fomentar discussões sobre as noções de que as partículas têm sentimentos. Pode-se apresentar essas noções e explicar aos alunos que dentro da visão atual que considera as atrações e repulsões entre prótons e elétrons esse modelo explicativo não pode mais ser usado. O professor precisa ficar atento para não ridicularizar ou tratar com desdém modelos que não condizem com a teoria atual, é preciso que ele contextualize as informações e mostre que naquele contexto aquela ideia podia ser concebida. O professor deve estimular que os alunos exponham suas concepções e discuta com eles a partir da história por que essas noções animistas foram superadas pela ciência.

A tabela de Geofroy também se configura um ótimo instrumento para trabalhar as representações das reações químicas. O professor poderá discutir como a linguagem da química mudou e como a inserção de letras para representar as substâncias facilita a representação das mesmas em comparação com os desenhos alquímicos usados para representar as substâncias.

As noções trazidas por Berthollet e Bergman podem ser trazidas para discutir como os aspectos externos (temperatura, por exemplo) podem afetar a reação. Discutir o que ele pensava sobre reações completas e incompletas e sobre condições que afetam as reações podem ser um bom passo para discutir aspectos sobre extensão da reação e princípio de Le Chatelier.

Quando se trata de formação inicial ou continuada de formação de professores uma discussão que trate dos aspectos históricos das reações químicas permitirá que o professor veja que a ideia de classificação das reações em simples troca, dupla troca ou deslocamento tinha sentido se considerarmos as noções da tabela das afinidades ou o dualismo eletroquímico do Berzelius, sendo que no modelo explicativo atual, usar esses termos nada significam e fazem pouco sentido para descrever o que acontece quando estamos tratando de reações químicas.

Desse modo, tem-se a possibilidade de aplicação de estratégias didáticas em que um conceito estruturante do pensamento químico, como a reação química, seja trabalhado numa abordagem contextual, isto é, fazendo uso da História da Química, relacionado ao contexto sócio-histórico.

Por fim, salientamos que as sugestões aqui apontadas são apenas orientações e não prescrições, uma vez que entendemos que cada professor dentro do seu dado contexto de sala de aula e com seus recursos disponíveis e sua criatividade podem criar alternativas para ensinar reações químicas usando a história da ciência. Esperamos, portanto, que o professor

use sua criatividade, seu conhecimento pedagógico e seu conhecimento químico e da história da química para promover um ensino que supere essa abordagem que pressupõe decorar um emaranhado de fórmulas que quase nunca faz sentido para os estudantes. Para isso é preciso também investir em uma melhor formação inicial e continuada dos educadores.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, P. C. C. **Imagens de natureza, imagens de ciência**. Campinas, SP: Papirus, 1998.
- ANDERY, M. A. et al. **Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica**. São Paulo: Espaço e Tempo, 1988. p.175
- ANDERSON, P. **Passagens da antiguidade ao feudalismo**. São Paulo: Brasiliense, 1998
- FREIRE, JR. **A relevância da Filosofia e da História das Ciências para a formação de professores de Ciências**. In: Epistemologia e Ensino de Ciências. Org.: Waldomiro José da Silva Filho. Salvador: Arcádia-UCSal, 2002
- JUSTI, R. S. A afinidade entre as substâncias pode explicar as reações químicas? **Química Nova na Escola**. n.7, mai., 1998.
- MAAR, H. J.; **Pequena História da Química**, parte I, Ed. Papa-Livro: Florianópolis, 1999
- MATTHEWS, M.R. História, filosofia e o ensino de ciências: A tendência atua de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- MOCELLIN, R.C. A química newtoniana. **Química Nova**. vol. 29, n.2, 2006.
- MORTIMER, E.F.; MACHADO, A. **Química para o ensino médio**. São Paulo: Scipone, 2003.
- NERY, A. L. P.; LIEGEL, R. M.; FERNANDEZ, C. Reações envolvendo íons em solução aquosa: uma abordagem problematizadora para a previsão e equacionamento de alguns tipos de reações inorgânicas. **Química Nova na Escola**, v. 23, p. 14-18, 2006.
- OKI, M.C. A história da química possibilitando conhecimento da natureza da ciência e uma abordagem contextualizada de conceitos químicos: Um estudo de caso numa disciplina do curso de química da UFBA. 2006. Tese (**Doutorado em Educação**), Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006
- OKI, M. C. M.; MORADILLO, E. F. O Ensino da História da Química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. **Ciência & Educação**, v. 14, n.1, p. 67-88, 2008.
- OKI, M.C.M. O conceito de elemento: da antiguidade à modernidade. **Química Nova na Escola**. n.16. 2002
- ROSA, M.I.P.; SCHNETZLER, R.P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**. n.8, nov.,1998.