

## Entrelaçando conceito e contexto: elementos para uma análise sócio-histórica do conceito moderno de transformação química.

Maricleide P. de Lima Mendes\*<sup>1</sup> (PQ), Hélio da S. Messeder Neto<sup>2</sup>, (PQ), Edilson F. de Moradillo<sup>2</sup> (PQ). \*maricleide.mendes@ufrb.edu.br

1. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
2. Universidade Federal da Bahia

*Palavras-chave: Materialismo histórico-dialético, História das Ciências, Transformação Química.*

**RESUMO:** O presente trabalho traz uma breve articulação do conceito moderno de transformação da matéria/química com o contexto sócio-histórico em que ele é gestado e sedimentado, utilizando como fundamentação teórica o materialismo histórico-dialético. Para atingir tal objetivo, recorreremos à literatura que versa sobre as seguintes áreas do conhecimento: trabalho como categoria fundante do ser-social, modo de produção de subsistência e a história da ciência e da química. O estudo teceu nexos e significados entre o modo de produzir bens materiais e conhecimento/ciência. Buscamos demonstrar que, após a revolução industrial, a ciência foi incorporada ao sistema produtivo, passando a ser força propulsora do desenvolvimento social e tecnológico, tendo como lastro, do ponto de vista da economia política, a acumulação de capital. Nesse percurso histórico-crítico, foi discutido elementos para se estabelecer as inter-relações das transformações químicas e o desenvolvimento no modo de produção moderno, com ênfase nas suas raízes epistemológicas e da econômica política.

### INTRODUÇÃO

Há quase um consenso de que a história da ciência deve estar no ensino de química. No entanto, essa articulação entre a história, sala de aula e conhecimento químico está longe de ser trivial e depende, entre outros aspectos, da concepção de história que o professor possui. Isso significa que nem toda abordagem histórica é igual e todas elas carregam consigo uma intencionalidade e uma visão de mundo, seja do historiador que narrou os aspectos históricos, seja do professor que utiliza ou adapta a narrativa na sua aula.

De partida, assumimos que este trabalho assumirá uma perspectiva de história que é crítico-dialética. Isso significa que é na produção material da nossa existência e nas relações sociais de produção que, em última instância, os seres humanos se educam, se qualificam, compreendem e transformam as circunstâncias em que estão inseridos. Ou como, “os homens fazem sua própria história, mas não a fazem como querem; não a fazem sob circunstâncias de sua escolha e sim sob aquelas com que se defrontam diretamente, legadas e transmitidas pelo passado” (MARX, 1969, p. 15).

Quando se faz uso de uma concepção como essa de História das Ciências passamos a compreender a ciência ao longo do tempo, passamos a conhecer o passado e conseqüentemente passamos a entender o presente e projetar, de forma tendencial, o futuro. A utilização da abordagem histórica no ensino de ciências/química, que assume uma perspectiva crítico-dialética e portanto, tenta articular questões internalistas da ciência — a questão epistemológica — e a externalista — os fatores sociais: principalmente o econômico, político e ético —, pode levar estudantes a adquirirem uma aprendizagem crítica ao estabelecer nexos e significados entre partes distintas e constitutivas de uma mesma realidade social, no seu movimento histórico,

possibilitando a devida apropriação de conhecimentos e entendimento da realidade social de forma radical — ir na raiz das coisas —, já que partimos do pressuposto de que o lógico/categorial/conceito e o histórico são dimensões estruturantes da realidade social, formam uma unidade dialética.

Há inúmeras possibilidades de pensarmos a história da química/ciência na sala de aula a partir dessa perspectiva crítico-dialética, no entanto, escolheremos aqui como foco o conceito químico de transformação. Essa escolha não foi aleatória. O conceito de transformação é essencial para o entendimento da própria história da humanidade, uma vez que ele está potencialmente articulado ao processo produtivo da existência humana. Devido aos limites do artigo, optamos por um recorte temporal que vai da transição da sociedade feudal, que coincide (não por acaso) com a revolução científica no século XVI, até a revolução industrial (1776-1830), marco importante para entender o pano de fundo a partir do qual vai ser gestado o conceito moderno de transformação química<sup>1</sup>.

Percebemos que existem poucos trabalhos de pesquisa no ensino de química nesta perspectiva, principalmente as que utilizam o materialismo histórico e dialético como referencial metodológico de investigação científica e, neste caso, acreditamos que essa linha de pesquisa pode se constituir em um frutífero campo de investigação. Como sabemos que esse referencial não é tão conhecido, optaremos por vezes, assumir um tom professoral e por isso estruturamos o trabalho de modo a esclarecer inicialmente alguns princípios norteadores do materialismo histórico-dialético, depois passaremos para uma abordagem que tenta articular aspectos gerais da história com o conceito específico de transformação química, ressaltando sempre que este espaço é relatividade limitado para fazermos todas as mediações o que pode levar, por vezes a nexos simplificados entre o contexto e o conteúdo, sem que as devidas mediações apareçam.

## **PRINCIPIOS FILOSÓFICOS GERAIS NORTEADORES DO TRABALHO**

Para o materialismo histórico-dialético, é por meio do trabalho que o homem se constitui — o trabalho é fundante do ser social — e articula o saber e o fazer, produzindo seus meios de subsistência, tendo a cultura como fruto desse trabalho, permitindo-lhe pensar, compreender e explicar através de conceitos e teorias a realidade concreta do mundo (MARX, 1980; 2006; 2007). O homem, nesta perspectiva, é um ser da natureza que vive dela, mas é também um ser histórico social em constante processo de reelaboração de si próprio e de autocriação e, ao passo que isto ocorre, ele se transforma e transforma a realidade em que vive. Realidade esta que é objetiva e concreta, resultante da síntese de inúmeras determinações e que está

---

<sup>1</sup> Como nesse artigo não teremos espaço para expor todos os fundamentos sócio-históricos que vão estar presentes na transição do feudalismo para o capitalismo, já antecipamos, de forma sintética, que a burguesia de forma revolucionária, nessa transição, vai negar o modo de vida feudal nas três grandes dimensões da nossa existência: 1- o modo de produção de bens materiais: vai sair do modo de produção baseado no feudo, onde a terra representa a riqueza, para o modo de produção mercantil — a mercadoria vai se tornar algo sistêmico —, onde a reprodução/acumulação do capital vai ser o seu fundamento e razão principal da riqueza e da nossa reprodução; 2- o modo de produção de conhecimento: vai sair de uma concepção de base ontológica (busca da essência e qualidades) para uma concepção de base epistemológica (busca de relações e quantidade: como as coisas funcionam) e; 3- o modo de produção de valores sociais: a ética e a política saem de uma concepção essencialista para uma concepção existencialista, tendo o egoísmo burguês e a propriedade privada como fundamentos (ANDERY et al, 1988; MORADILLO, 2010; TONET, 2013).

sustentada, em última instância, nas relações de produção dos bens materiais da nossa existência.

Uma das bases centrais do materialismo histórico dialético é partir do trabalho como categoria fundante do ser social. Aqui entendemos trabalho como uma atividade na qual o homem se relaciona com a natureza para produzir os meios de satisfazer suas necessidades. Segundo Marx, o trabalho é:

[...] atividade orientada a um fim para produzir valores de uso, apropriação do natural para satisfazer as necessidades humanas, condição universal do metabolismo entre o homem e a natureza, condição natural eterna da vida humana e, portanto, [...] comum a todas as suas formas sociais (MARX, 1983: p.140-150, 153)

Nesta mesma perspectiva Tonet (2006), na trilha de Marx (1980; 1983; 2006; 2007), afirma que na base de todas as relações humanas, determinando e condicionando a vida está o trabalho, uma atividade humana intencional que envolve formas de organização, objetivando a produção dos bens necessários à vida humana. O trabalho sempre se realiza em um campo de necessidades e possibilidades posta pela reprodução social, e ao se realizar abre novas possibilidades e necessidades, criando novos complexos sociais que vão além do trabalho, como por exemplo: a ciência, filosofia, a arte, ética e educação. Dito de outra forma: o trabalho remete sempre para além dele mesmo.

Ao conhecer o ser humano transforma a si e ao entorno, em um movimento constante (MARX, 1980; 2007). Ao longo do desenvolvimento histórico, o homem, por meio do trabalho, passou a acumular conhecimentos de como transformar os materiais e de como adaptá-los às suas necessidades de sobrevivência. Esse conjunto de conhecimentos permitiu o desenvolvimento de produtos e instrumentos de trabalho (meios de trabalho) cada vez mais sofisticados, aumentando assim a capacidade de domínio da natureza.

Assim, podemos dizer que como a ciência é fruto de relações sociais, ela possui uma historicidade, e como os conceitos químicos, em particular o conceito de transformação química, também é determinado pelo contexto histórico no qual ele se insere. O trabalho passa ser a base para entender a sociedade bem como explicar o caráter lógico/conceitual e histórico da ciência, pois, por meio do trabalho, os seres humanos apreendem, compreendem e transformam as circunstâncias, ao mesmo tempo em que buscam transformar a realidade em que estão inseridos.

Neste trabalho, dirigimos nossa pesquisa para duas importantes atividades que foram de decisiva importância para o sistema socioeconômico em consolidação no final do século XVIII — a sociedade capitalista. Essas atividades são: A nova forma conhecer a natureza (a ciência moderna) e a necessidade de transformar permanentemente a natureza, para fins da reprodução social, que vai originar a grande indústria (a revolução industrial).

## **A transição do feudalismo para o capitalismo: uma nova forma de produzir bens materiais, uma nova forma de fazer ciência, uma nova perspectiva de transformação da natureza.**

A grosso modo, podemos dizer que a sociedade capitalista, que começa a ser gestada a partir do século XV e XVI, com a transição da sociedade feudal, vai se desenvolver em três grandes etapas: 1- a primeira que vai do século XV/XVI ao último terço do século XVIII, que a denominamos de capitalismo mercantil ou comercial, onde vai ocorrer a acumulação primitiva do capital; 2- do último terço do século XVIII até antes dos últimos vinte anos do século XIX, o chamado capitalismo industrial ou concorrencial ou liberal<sup>2</sup>, e 3- dos últimos vinte anos do século XIX até os nossos dias, o denominado período imperialista ou do capital financeiro; (MÈSZÁROS, 2006; NETTO; BRAZ, 2009).

Na transição do feudalismo para o capitalismo vamos encontrar, com a crise dos feudos e constituição dos burgos (o ressurgimento das cidades), o típico artesão desse período, que a partir de determinada matéria prima (pedras, barro, peles, lã, madeira, metal, etc.) ele transformava em produtos úteis para à sua sobrevivência e da comunidade que ele vivia, o valor de uso é a finalidade maior do trabalho. Nesse sistema o artesão trabalhava por conta própria, detinha os meios de produção (instrumentos) necessários à confecção do produto, dominava todas as etapas da transformação (o conhecimento da produção era pleno), da matéria-prima ao produto final, tinha o ritmo e o tempo do trabalho e no final o produto produzido era dele. É a típica produção familiar ou doméstica.

Em um segundo momento a produção desse artesão vai ser atravessada pelo típico comerciante que está surgindo, inicialmente disponibilizando a matéria prima para o artesão comprar e vendendo o produto final, depois, passando por várias etapas, chega-se ao que se denomina de manufatura, onde o artesão vai ser colocado com outros em um “galpão” — passaram a ser alocados num mesmo local de trabalho —, cada um com uma atividade específica, utilizando principalmente as mãos associada a alguns instrumentos de pequeno porte para transformar a matéria-prima.

Esse novo sistema de produção foi caracterizado pela divisão do trabalho e aumento da produtividade. Neste momento, de forma correlacionada, o trabalho começa a ser parcelado visando o aumento da produção (o artesão já não detém todas as etapas da produção); está posto as condições para a concepção Taylorista de produção, para a concepção científica de uma nova racionalidade científica de gestão e execução da produção que vai se consolidar a partir da revolução industrial (COGGIOLA; KATZ; BRAGA, 1995). Passando por outras pequenas etapas, vamos chegar ao advento da maquinaria, na fábrica industrial; este é o terceiro grande momento, onde nem o ritmo de trabalho o artesão agora vai dominar; nesta etapa, mais do que nunca, ele é transformado em apêndice da máquina, no trabalhador moderno: proletariado, assalariado. Neste momento o trabalhador proletariado está apartado da concepção e parcelado na execução do trabalho. Aqui estão as bases para a fragmentação do trabalho, com todas as suas consequências no conhecimento e outros complexos sociais.

---

<sup>2</sup> É aqui que vamos concentrar as nossas discussões sobre o conceito moderno de transformação química.

Assim, com o desenvolvimento e crescimento da economia capitalista, a produção para o mercado passou a ser feita em série, com máquinas, e a participação dos trabalhadores no processo produtivo passou a ser apenas com a força de trabalho que aplicavam na produção, já que os meios de produção (instalações, máquinas, capitais, etc.) pertenciam à elite industrial, à classe burguesa. E assim, o trabalho do artesão que dominava as técnicas de seu ofício foi dando lugar e substituído pelo trabalho rápido, especializado e fragmentado.

Deste modo, de forma revolucionária a burguesia vai estar gestando uma nova forma de reproduzir a vida que vai ter na mercadoria o elemento nucleador e centro de gravidade da nossa reprodução. Desta forma, com a acumulação primitiva que vai ocorrer nessa primeira etapa do capitalismo, denominada de comercial, vamos encontrar no final do século XVIII, período da revolução industrial, dois tipos de homens “livres”, um que detém os meios fundamentais de produção da nossa existência e o outro que só tem a força de trabalho para vender como mercadoria: os trabalhadores, mais propriamente os proletariados (MARX, 1980; NETTO; BRAZ, 2009).

Estão postas as condições para a consolidação da economia política para a reprodução do capital: a mercadoria força de trabalho, disponível em abundância — fonte de toda a riqueza produzida, fonte de mais valia<sup>3</sup> — e a completa alienação do trabalho, onde concepção e execução se separam (o trabalho parcelar, fragmentado, se consolida!), com todas as suas consequências subjetivas (o pensar — como totalidade — e o fazer se separam, está é a base da fragmentação do conhecimento a partir do trabalho) e objetivas (quem produz não detém o produto do seu trabalho).

Esse novo contexto de ascensão e consolidação de uma nova classe permite que a ciência atinja outro patamar, é necessário outro modo de lidar com a natureza que a concepção filosófica feudal não dava respaldo. Se da Grécia Antiga até o fim do Feudalismo, a ciência era estudada pela filosofia — ciência e filosofia estavam imbricadas — é na modernidade, com o desenvolvimento das relações capitalistas de produção, que se impõe a necessidade de conhecer cada vez mais os fenômenos a partir de uma outra base interpretativa; ciência e filosofia se separam, novos ramos de conhecimento foram sendo originados e organizados, criando assim as especializações que compreendem a produção do saber através da racionalidade analítica, gerando uma fragmentação nas diferentes áreas do conhecimento científico.

A ciência se separa da filosofia e uma outra concepção de natureza e conhecimento são gestadas a partir da modernidade: a natureza deixa de ser encantada, endeusada e passa a ter uma concepção mecânica, a ideia de causalidade muda, deixa de ser interna aos fenômenos e passa a ser externa, gerando um novo tipo de racionalidade, uma nova base interpretativa da natureza (ABRANTES, 1998; MORADILLO, 2010). Essa nova racionalidade vai estar calcada na busca de relações e quantidade — o mundo foi escrito com caracteres matemáticos, diria Galileu (1564-1642) — em contraposição a uma perspectiva que dominava anteriormente<sup>4</sup> (com diversas diferenças específicas entre pensadores e correntes de pensamento) e que se pautava, a grosso modo, na busca da essência e qualidades: uma questão ontológica –

<sup>3</sup> Para o conceito de mais valia ver MARX (1980) ou, de uma forma mais sintética, José Paulo Netto e Marcelo Braz (2009).

<sup>4</sup> Estamos tratando aqui do período Grego ao Medieval.

o que é o ser — precede a questão epistemológica – como conhecer o ser (ANDERY et.al., 1988; ABRANTES, 1998; MORADILLO, 2010; TONET, 2013). Na perspectiva moderna, aos poucos, a questão ontológica passa a ser considerada metafísica, não temos como conhecer o ser, mas podemos conhecer como as coisas funcionam. Em um período de quase trezentos anos, do século XVI até os últimos anos do século XIX, vamos alcançar o amadurecimento do empreendimento epistemológico chamado de positivismo, com grande sucesso na área das ciências da natureza, porém, com grandes consequências negativas na área das ciências sociais (MORADILLO, 2010).

É nesse período que a busca das causas (externas) e não a essência dos objetos que o conceito de transformação química sofrerá significativas mudanças. Se tomarmos o período grego e mesmo o feudal (com as diversas nuances, nas concepções que aparecem), podemos perceber uma perspectiva de que as causas e características intrínsecas dos materiais são os responsáveis pelas transformações dos materiais. Segundo Ducan (1996), a mais antiga explicação para a combinação química é aquela que atribui emoções humanas como causa para a interação das substâncias. Para ele, o filósofo pré-socrático Empédocles (490 – 430 a.C.), por exemplo, considerava que a causa da combinação entre as substâncias era o sentimento de amor ou de ódio que cada uma delas possuía. Essa resposta, além de outras que considerava forças divinas ou poderes ocultos, não explicitava o que causava as combinações e nem como poderiam existir diferentes materiais.

Com a nova concepção mecânica e burguesa de mundo e, portanto, um novo cenário epistemológico, há essa abertura para cientistas que vão propor uma nova explicação para os fenômenos, explicação essa que precisava, inclusive, reforçar a noção de universo como máquina. Não por acaso, de acordo com Justi (1998), no século XVII, muitos químicos preocuparam-se com a tarefa de equiparar a química às outras áreas da filosofia, introduzindo modos de pensar e princípios utilizados, por exemplo, na astronomia e na mecânica. O desenvolvimento da concepção corpuscular da matéria imprimiu uma nova dimensão à compreensão das transformações químicas e as explicações das teorias e das leis passaram a ser explicadas pelo formalismo matemático, pela experimentação e observação.

Entretanto, é com Robert Boyle (1627-1691), no século XVII, que 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. Boyle considerava que a afinidade era o resultado de formas apropriadas das partículas que lhes permitiam aderir umas as outras (PARTINGTON, 1969 apud JUSTI, 1998, p.7). Boyle discordava do modelo explicativo que envolvia os quatro elementos Aristotélicos (água, terra, ar e fogo) e dos três princípios de Paracelso (1493–1541) (enxofre, mercúrio e sal), afirmando que era impossível extraí-los de todos os corpos. Newton (1642 -1727) também acreditava que a matéria era constituída por partículas. Como Boyle, Newton acreditava que a matéria era formada de partículas e a esta associou poderes de atração e repulsão, explicando situações em que um corpo se dissociava, pelo fato de uma de suas partes ser mais fortemente atraída por outra substância, do que por aquela com a qual ela estava originalmente combinada. Embora Newton reconhecesse a existência de diferenças nas forças atrativas entre as partículas, supostamente de tipos diferentes, não

apresentou explicações para tais variações e para as diferenças identificadas (JUSTI, 1998).

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. Atualmente, percebe-se que os resultados desta tabela apresentam alguns problemas, porque muitos fatores que poderiam influenciar na afinidade entre duas substâncias, não foram considerados por Geoffroy. Embora naquela época já fosse possível a identificação fenomenológica de ácidos, álcalis e sais, a natureza das reações que ocorriam entre estas espécies não estava esclarecida, pois não existia um apoio teórico e uma lei empírica geral para explicar as causas dessas afinidades (MAAR, 1999).

Assim, a revolução científica iniciada no século XVI significou uma ruptura na concepção de natureza e ciência/conhecimento, negando o modo de produção de conhecimento anterior. As bases ontológicas e epistemológicas se alteram. Se antes, para conhecer os fenômenos (estabelecer as qualidades do ser) precisávamos conhecer o ser — a questão ontológica precede a questão epistemológica —, agora, a questão ontológica é pura metafísica: não temos como conhecer o ser, por isso, a questão epistemológica passa a ser o centro do conhecimento<sup>5</sup>: podemos conhecer como as coisas funcionam através das regularidades fenomênicas existentes na natureza, tendo como premissa uma outra ideia de causalidade, a causalidade mecânica (a ideia de “lei” da natureza ganha estatuto epistemológico nesse momento); já que agora a natureza é destituída de encantamentos, ela é desantropomorfizada, não há mais causas internas (ABRANTES, 1998; MORADILLO, 2010). Percebamos que tais concepções se refletem no entendimento dos fenômenos químicos, assim como em uma relação dialética ajudam a tais concepções filosóficas se sustentarem, uma vez que o desendeusamento da natureza fará, inclusive, as forças produtivas avançarem. Isso irá desembocar em uma revolução industrial e claro, em novas aberturas para pensar e desenvolver outros aspectos do estudo das transformações dos materiais como a termodinâmica e o equilíbrio químico, que estarão imbricados, certamente com a consolidação da ciência moderna.

### **A revolução industrial: consolidação da ciência moderna e a abertura para pensar em novos aspectos da transformação da matéria.**

Como dito antes, a ciência emergente nesse processo histórico vai se constituindo como força produtiva. Ao desvelar a natureza, ao desvincula-la de uma causalidade interna, de algo antropomorfizado, ela, a ciência, potencializa o transformar a natureza; a manipulação e não a contemplação é a fonte primeira dos sentidos, a concepção de experimento muda (ANDERY et. Al, 1988; ABRANTES, 1998; MORADILLO, 2010; TONET, 2013). Assim, se a ciência moderna em processo de consolidação está bebendo nas diversas técnicas que permeiam a produção de bens materiais nos primeiros séculos da transição, com diversas formas teóricas de

---

<sup>5</sup> Aqui é emblemático o que se convencionou chamar da virada copernicana na filosofia do conhecimento a partir de Kant (1724-1804): já que não temos como conhecer a coisa em si, a questão do conhecimento sai da questão do que é a coisa, para como podemos conhecer a coisa. Se o centro de gravidade do conhecimento estava no objeto agora está no sujeito. Isto vai dar origem a todo o empreendimento epistemológico gestado a partir do final do século XVIII. A filosofia do conhecimento se limita a epistemologia (TONET, 2013).

sustentação, em um universo novo, que renasceu nos séculos XVI e XVII e se ilumina do século XVIII, a nova síntese do conhecer, no final do século XVIII, vai inverter o jogo, a nova ciência emergente vai dar as cartas, vai ser incorporada aos processos produtivos, fazendo da técnica uma submissa, vai se transformar na tecnologia, na técnica que se baseia em princípios científicos, na lógica do saber fazer que tem por traz uma teoria que unifica os processos técnicos em uma base. Segundo Milagre (1996):

A Revolução Industrial constitui-se no processo que determinou a incorporação da ciência ao sistema produtivo, tornando-a um fundamento cada vez mais imprescindível para sua sustentação. (MILAGRE, 1996, p. 121)

Podemos ver que é no século XVII/XVIII que as quantidades ganham um status importante o processo produtivo e no fazer ciência. No século XVIII, podem ser identificadas várias tentativas para quantificar adequadamente as afinidades. Em 1776, por exemplo, Guyton de Morveau (1737- 1816), adotando a metodologia newtoniana, mediu a força mecânica necessária para separar placas de diferentes metais do banho de mercúrio no qual elas flutuavam. Através de um outro caminho, Guyton tentou quantificar a afinidade, atribuindo à relação entre dois corpos, uma medida independente das operações de substituição ou deslocamento (MOCELLIN, 2006).

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). As explicações propostas no século XVIII se baseiam em ideias empiristas. Esta perspectiva filosófica se apoia no pensamento de Francis Bacon (1561 – 1626) que considera que o conhecimento tem origem na observação e pela indução, dirige-se dos fatos às teorias, do particular, ao geral (BORGES, 1996). A influência do pensamento baconiano (já mecanicista) contribuiu para uma melhor compreensão das transformações químicas e o desenvolvimento da Físico-Química possibilitou novas formas de ver a reatividade entre as espécies químicas tornando superada a ideia de afinidade, tal como cultivada no século XVIII, por ser incapaz de abrigar a complexidade envolvida na diversidade de processos físico-químicos e todos os fatores que influem na reatividade.

Essa foi uma fase de muitas mudanças sociais e econômicas na Europa, concretizadas com o estabelecimento do modo de produção capitalista. A expansão de demandas como; industrialização têxtil, crescimento dos setores da siderurgia e da metalurgia, novos setores de produção a exemplo da eletricidade e da química passou a exigir um ritmo de crescimento que, sistematicamente se via ameaçado por causa de desajustes no desenvolvimento dos diferentes processos (MILAGRE, 1996). Ainda segundo esse autor, esses desajustes são decorrentes da lentidão de operações ou a escassez de matérias primas e intermediários.

[...] Assim, por exemplo, o aumento significativo de bens têxteis, decorrente do aperfeiçoamento das máquinas de fiar e tecer, esbarrava na lentidão da operação de branqueamento. Essa operação constituiu, a princípio, na imersão alternada em soluções ácidas (leite azedo) e alcalinas (cinzas vegetais), obtidas a partir da queima de algas e pposterior exposição ao sol durante os meses de verão (MASSON, 1986 apud MILAGRE, 1996, p. 121).

Com a investigação da química pneumática, essas substâncias foram substituídas por cloro, que foi rapidamente incorporado à produção industrial por possuir elevado poder alvejante. Nesse contexto social e econômico as transformações químicas tomam seu rumo. O interesse pelo entendimento dos processos de transformação das substâncias cresce, pois prever e controlar o processo de transformação das substâncias é de grande interesse econômico. Esse interesse define e imprime a importância da química e seu papel estratégico para o sistema produtivo.

Percebemos neste contexto que a revolução industrial passou a marcar a integração da ciência ao sistema produtivo, pois para que ocorra um avanço tecnológico é indispensável que se tenha um avanço científico. O cientista deixa de ser um mágico, místico, aquele que vive sozinho e recluso e passa a ser um trabalhador assalariado que necessita de capital e recursos para poder desenvolver suas pesquisas (BERNAL, 1975).

Com a integração da ciência com o meio produtivo, a demanda por mercadorias passa a ser crescente, e esse aumento na produção de mercadorias e conseqüentemente dos mercados interfere nas relações sociais. A cultura, a moral, os costumes e a educação passam a ser generalizada entre os diferentes povos e nações.

Segundo Milagre (1996), a França desencadeou de maneira irreversível, a institucionalização da ciência, profissionalizando definitivamente o cientista. Existe uma intenção de romper com a concepção de que a ciência, e o cientista, avançam separadamente da esfera da produção. E é neste período que a química assume a liderança dos processos industriais e áreas como a da química orgânica e da físico-química trouxeram aportes relevantes para o controle das transformações químicas.

É no início do século XIX, em 1803, que Dalton, imerso nas poluições provenientes das grandes indústrias em Manchester/Inglaterra, vai elaborar a concepção moderna de átomo. Uma concepção empirista que durante todo o século vinte vai provocar várias controvérsias, se consolidando no início do século XX com os trabalhos de Jean Perrin sobre a descontinuidade da matéria (FILGUEIRAS, 2004; OKI, 2006). Este vai ser um conceito fundamental para a ideia moderna de transformação química, principalmente no século XX, onde o conceito sai de uma abordagem macroestrutural (reação como massas equivalentes: o conceito de equivalente químico) para uma abordagem microestrutura, onde a ideia de composição, baseada em entidades atômicas, passa a ser de fundamental importância para explicar as transformações da matéria/química, abrindo espaço para aspectos que passaram a ser importantes no estudo das reações, estabelecendo-se a teoria de valência, os estudos sobre a estereoquímica e, posteriormente, as noções mecânico-quânticas das estruturas das substâncias e da formação de ligações químicas (JUSTI, 1998).

Das interpretações dos muitos fatos experimentais observados, destacaram-se as ideias de pesos de combinação (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 (TOLENTINO; ROCHA FILHO, 1994). Em 1869, Charles A. Wurtz (1817-1884) distingue claramente atomicidade de afinidade, onde a

atomicidade estava relacionada à transferência de energia de um determinado átomo para outros e a afinidade seria uma força química de natureza desconhecida. Segundo Wurtz o conceito de afinidade fazia sentido quando relacionado ao conceito de valência (JUSTI, 1998). Nesta época, Jean Batiste Dumas (1800-1884) reconheceu que os diferentes arranjos dos átomos, ou seja, 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).

Em 1971, o mol tornou-se a unidade quantidade de matéria, uma ferramenta que torna possível ir de uma descrição microscópica de uma reação química para a descrição macroscópica. No final século XIX, J. H. Van't Hoff (1852 - 1911) estudou a influência da temperatura numa reação em equilíbrio, observando que a elevação de temperatura favorecia a transformação endotérmica e o abaixamento, a exotérmica. No século XX o cientista francês H. L. Le Chatelier (1859 - 1936) considerou todas as observações feitas até então, através do seu conhecido princípio, que propôs a definição do modo como um sistema químico em equilíbrio reagia às perturbações, concluindo que, quando as condições de um sistema em equilíbrio são alteradas, este se desloca no sentido de restabelecer as condições iniciais (MIERZECKI, 1990).

A interpretação termodinâmica de equilíbrio e a previsão da evolução de um sistema químico foram propostos por W. Gibbs (1839 - 1903), H. Helmholtz (1821 - 1894) e van't Hoff com base na energia livre (G). Em seu trabalho de 1884 van't Hoff expressa as equações cinéticas das reações de forma semelhante a que usamos hoje, e introduziu o conceito de molecularidade que é fundamental para a investigação dos mecanismos das reações.

O conhecimento e controle das transformações químicas colaboraram para o entendimento e compreensão da estrutura da matéria, dos modelos atômicos, da termodinâmica, da cinética química, o que impulsionou o crescimento das indústrias e das novas tecnologias. O século XX chega com avanços tecnológicos, o panorama social modificou-se significativamente.

O capitalismo de livre concorrência ceder lugar ao capitalismo financeiro dos monopólios, carteis e trustes. A base do sistema industrial deslocou-se do setor têxtil para o da produção de aço, da eletricidade, dos motores de explosão interna e da química orgânica, todos dependentes em muito maior escala de pesquisa científica e tecnológica. (MILAGRE, 1996, p. 127)

Não por acaso, a partir da segunda metade do século XX se toma como modelo para explicar as reações químicas, o formalismo abstrato da mecânica quântica, que avança na direção das noções de trabalho e de energia e as reações químicas devem ser definidas pelo trabalho das forças químicas e pela diminuição do potencial dessas forças, que são medidas pela liberação de calor produzido pela reação (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992). A busca por sistemas de reações cada vez mais eficientes e que subsidiem essa nova estrutura do capital financeiro é latente e a ciência avança no sentido de fornecer tais respostas.

Atualmente, uma reação química no nível macroscópico é definida como um processo que modifica as propriedades das substâncias presentes no meio reacional, um processo onde a massa é conservada, bem como os átomos que constituem os compostos. A reação vai ser sempre dada como um balanço de massa e de energia, ambas se conservam. As substâncias são identificadas por suas propriedades físicas e químicas. No nível microscópico uma reação química torna-se um processo de reorganização das partículas (unidades da matéria divisível) que formam as substâncias de origem, através do qual o número e a identidade dos átomos são conservados. Neste processo de reorganização dos átomos, as ligações entre os átomos nas substâncias que reagem, são rompidas e os átomos se rearrumam, formando novas ligações, originando novas substâncias, que são os produtos. Essa mudança é representada por uma equação química, que corresponde à escrita usada pelos químicos. Hoje, com as reações nucleares e a nanotecnologia, outras questões científicas estão sendo discutidas para dar conta das novas necessidades postas na reprodução social.

### **Considerações finais**

O presente trabalho teve como objetivo trazer uma análise do contexto sócio-histórico do surgimento do conceito moderno de reação química, utilizando como fundamentação teórica o materialismo histórico-dialético. Desta maneira, realizarmos uma investigação histórica na perspectiva internalista da ciência sobre alguns aspectos do desenvolvimento e construção do conceito de transformação química como também uma abordagem externalista da ciência, tendo como recorte temporal o período que vai da transição da sociedade feudal até a revolução industrial.

Neste percurso, percebemos que, após a revolução industrial, a ciência foi incorporada ao sistema produtivo, passando a ser força propulsora do desenvolvimento social e tecnológico, tendo como lastro, do ponto de vista da economia política, a acumulação de capital. Discutimos elementos para estabelecer as inter-relações das transformações químicas e o desenvolvimento no modo de produção moderno, com ênfase nas suas raízes epistemológicas e da econômica política. Advogamos por fim que uma abordagem fundamentada no materialismo histórico-dialético permite tornar evidente a relação existente entre trabalho e relações sociais, com implicações no âmbito do modo de produzir bens materiais e conseqüentemente da produção de conhecimento da ciência. Assim, defendemos que o desenvolvimento da ciência tem que ser buscado no seu contexto sócio-histórico. Desse modo a ciência/química não pode ser entendida sem a totalidade social, que pode ser apreendida na sua dinâmica lógica (categorial) e histórica. Sendo assim a ciência não pode ser apresentada como algo pronto e acabado, como um dado natural.

### **Bibliografia**

- ABRANTES, Paulo César Coelho. *Imagens de natureza e imagens de ciência*. Campinas: Papyrus, 1998.
- ANDERY, M. A. et al. *Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica*. São Paulo: Espaço e Tempo, 1988.
- BENSAUDE-VINCENT, Bernadette; STENGERS, Isabelle. *História da Química*. Lisboa: Editora Piaget, 1992, p.164, 176-177.

- BERNAL, J. D. Ciência na história. Tradução António Neves Pedro. Lisboa: Livros Horizonte, 1975. v. 1. 254 p.
- COGGIOLA, O.; KATZ, C.; BRAGA, R. Novas tecnologias: crítica da atual reestruturação produtiva. São Paulo: Xamã, 1995.
- DUCAN, Alistair, Laws and Order in Eighteenth-Century Chemistry, Clarendon Press, Oxford, 1996.
- FILGUEIRAS, C. A. L. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. Química Nova na Escola, n.20, 2004.
- JUSTI, Rosária da S. A Afinidade Entre as Substâncias pode explicar as Reações Químicas? Química Nova na Escola, São Paulo, n. 7, maio 1998.
- MAAR, J. H. Pequena história da Química. Primeira parte: dos primórdios a Lavoisier. 1.ed. Florianópolis: Papa Livro, 1999.
- MARX, K. O 18 de Brumário. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1969
- MARX, K. O capital: o processo de produção do capital. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, Livro 1, v.1. 1980.
- MARX, Karl. Contribuição à crítica da economia política. São Paulo: Martins Fontes, 1983.
- MARX, K. Manuscritos econômico-filosóficos. 1. ed. reimpressa. São Paulo: Boitempo, 2006.
- MARX, Karl; ENGELS, F. A ideologia alemã. São Paulo: Boitempo, 2007.
- MÉSZÁROS, I. Para além do capital: rumo a uma teoria da transição. 2 ed. reimpressa. São Paulo: Boitempo, 2006.
- MIERZECKI, R. The historical development of chemical concepts. Varsóvia e Dordrecht: Polish Scientific Publishers e Kluwer Academic Publishers, 1991.
- MILAGRES, A. S. A produção do conhecimento em química e suas relações com aspectos sociais, políticos e econômicos: Considerações históricas. Revista Epistême, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 119-128, 1996.
- MORADILLO, Edilson Fortuna. A dimensão prática na licenciatura em química da UFBA: possibilidades para além da formação empírico-analítica. Tese (doutorado) – Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana. Instituto de Física, 2010.
- MOCELLIN, Ronei Clécio, A química Newtoniana, Química Nova, Vol. 29, Nº 2, 2006.
- NETTO, José Paulo; BRAZ, Marcelo. Economia política: uma introdução crítica. 5.ed. São Paulo: Cortez, 2009.
- OKI, M. C. M. A história da química possibilitando o 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.
- TOLENTINO, M. & ROCHA-FILHO, R. C. Evolução histórica dos pesos atômicos. Química Nova. vol. 17, n. 2, p. 182-187, 1994.
- TONET, Ivo. Educação contra o capital. Maceió: EDUFAL, 2006.
- TONET, Ivo. Método científico: uma abordagem ontológica. Instituto Lukács, 2013.