UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

MARICLEIDE PEREIRA DE LIMA MENDES

O CONCEITO DE REAÇÃO QUÍMICA NO NÍVEL MÉDIO:
HISTÓRIA, TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E ENSINO.

Salvador

2011

MARICLEIDE PEREIRA DE LIMA MENDES

O CONCEITO DE REAÇÃO QUÍMICA NO NÍVEL MÉDIO:
HISTÓRIA, TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E ENSINO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências oferecido pela Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, para obtenção do grau de Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

ORIENTADOR: Profª. Drª. Maria da Conceição M. Oki

Salvador
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

MARICLEIDE PEREIRA DE LIMA MENDES

O CONCEITO DE REAÇÃO QUÍMICA NO NÍVEL MÉDIO:
HISTÓRIA, TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E ENSINO.

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências

Salvador, 08 de julho de 2011

Banca Examinadora:

Drª Maria da Conceição Marinho Oki _____

(Instituto de Química, UFBA/SALVADOR)

Drª. Bárbara Cristina Tavares Moreira _____

(Universidade do Estado da Bahia – UNEB/SALVADOR)

Dr. José Luis de Paula Barros Silva _____

(Instituto de Química, UFBA/SALVADOR)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, José e Iolanda (*In memorian)*, que sempre procuraram mostrar o valor da educação. Ao meu esposo Antonio Francisco e filhos, Magno Zumbi e Carolina, pelo apoio, suporte e carinho necessários para que eu pudesse completar essa jornada com tranquilidade.

À minha cunhada Eliane, pela ajuda nas tarefas familiares, aos meus irmãos pelo carinho, aos amigos e colegas de trabalho que me deram força, assumindo em alguns momentos minhas atividades didáticas.

Às amigas Joelma e Luciana, que contribuíram com a validação dos meus dados. Ao meu cunhado Diógenes pela disponibilidade em atender aos pedidos de socorro na área da informática.

As colegas Izabel Cristina, Marta Mendonça e Tereza Simões pela ajuda na correção e formatação desta dissertação.

Aos professores do curso que através das aulas ministradas por eles contribuíram na construção da pesquisa.

À minha orientadora Professora Maria da Conceição Marinho Oki que acompanhou e participou ativamente em todas as fases de execução do projeto, sempre disponível, compreensiva e amiga acima de tudo.

A todos que não citados aqui, deram alguma contribuição.

RESUMO

Esta dissertação relata um estudo exploratório que teve como objetivo investigar como o conceito de reação química é abordado nos livros didáticos brasileiros de Química para o ensino médio, no período de 1930 a 2007, considerando os níveis do conhecimento químico: macroscópico, microscópico e simbólico, e perpassando a essa análise a apresentação dos aspectos históricos do mesmo. Neste estudo foram utilizadas teorias sobre a transposição didática buscando identificar se essa transposição tem sido facilitadora para a abordagem e compreensão do conceito. O acesso ao saber sábio deu-se através da pesquisa histórica em fontes secundárias; o que orientou a análise de conteúdo dos livros selecionados. Foram definidas algumas categorias conceituais que possibilitaram o levantamento dos dados. Os resultados mostram que os livros didáticos até a década de 60 priorizavam os níveis macroscópico e simbólico na apresentação deste conceito com uma abordagem empirista. A partir dos anos 60 aparecem explicações que valorizam o nível microscópico através da utilização de modelos explicativos e uma maior tendência racionalista na abordagem do conteúdo. De modo geral, os livros analisados trazem uma superficialidade ao tentar elaborar a apresentação do conceito de reação química sob um olhar histórico, provavelmente pela pouca importância atribuída a essa abordagem.

Palavras-chave: transposição didática; livros didáticos, história da ciência, reação química.

ABSTRACT

This dissertation reports an exploratory study aimed to investigate how the concept of chemical reaction is studied in chemical brazilian textbooks for the school, in the period 1930 to 2007, considering the levels of chemical knowledge: macroscopic, microscopic and symbolic, and passing by this analysis to presentation of the historical aspects of the concept. This study applied the theories of didactic transposition trying to identify if this has been a facilitator for implementing the approach and understanding of the concept. The sage gave access to knowledge through the historical research on secondary sources, which guided the content analysis of selected books. Some conceptual categories were defined that allowed the data collection. The results show that the textbooks until the 60 priority levels: macroscopic and symbolic presentation of the concept and an empiricist approach. From the 60 who value the explanations appear microscopic level through the use of explanatory models and a greater tendency rationalist approach of the content. In general, the books analyzed showed a superficiality to attempt the presentation of the concept of chemical reaction under a historical perspective, probably by the little importance attached to this approach.

Keywords: didactic transposition; textbooks, history of science, chemical reaction.

LISTA DE SIGLAS

CBA - Chemical Bond Approach Committee

CHEMS - Chemical Educational Materal Study

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

DCNEM – Diretrizes Curriculares Nacionais para o ensino Médio

ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio

FNDE – Fundação Nacional de Desenvolvimento da Educação

INL – Instituto Nacional do Livro

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anisio Teixeira

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação

MEC – Ministério de Educação

PCN/PCNs - Parâmetros Curriculares Nacionais

PNLA – Programa Nacional do Livro Didático para a Alfabetização de Jovens e Adultos

PNLD - Programa Nacional do Livro Didático

PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PNLEM – Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio

SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Objeto de forma de abordagens do conhecimento químico (p. 47)

Figura 2 – Objeto de estudo do conhecimento químico (p. 48)

Figura 3 – Diagrama conceitual para o nível macroscópico (p. 51)

Figura 4 – Diagrama conceitual para o nível microscópico (p. 52)

Figura 5 – Diagrama conceitual para o nível simbólico (p. 54)

Figura 6 – Relação entre os saberes (p. 64)

Figura 7 – Tabela das afinidades de E. F. Geoffroy, de 1718 (p. 98)

Figura 8 – Combustão do álcool (p. 152)

Figura 9 – Biografia John Dalton (p. 155)

Figura 10 – Reação entre hidrogênio e oxigênio (p. 158)

Figura 11 – Hidrogênio reagindo com o oxigênio produzindo água (p. 164)

Figura 12 – Equação química para as reações de formação e decomposição da água (p. 165)

Figura 13 – Reações de sínteses (p. 167)

Figura 14 – Solução de ácido clorídrico e pedaços de zinco (p. 174)

Figura 15 – Tema social (p. 175)

Figura 16 – Questões para reflexões (p. 175)

Figura 17 – Modelo para indicar a queima do carvão (p. 178)

Figura 18 – Modelo para representar a reação química de decomposição da água (p. 180)

Figura 19 – Demonstração de uma reação de decomposição (p. 182)

Figura 20 – Modelo para uma reação de dupla troca com formação de precipitado (p. 182)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela dos graus de afinidades (p. 103)

Tabela 2 – Livros didáticos escolhidos por período, autor e ano de edição (p. 132)

Tabela 3 – Livros didáticos de acordo com as reformas educacionais (p. 133)

Tabela 4 – Conceito de reação química (primeiro período) (p. 138)

Tabela 5 – Conceito de reagente e produto (primeiro período) (p. 140)

Tabela 6 – Conceito de equação química (primeiro período) (p. 142)

Tabela 7 – Conceito de reação química (segundo período) (p. 145)

Tabela 8 – Conceito de reagente e produto (segundo período) (p. 147)

Tabela 9 – Conceito de equação química (segundo período) (p. 147)

Tabela 10 – Conceito de reação química (terceiro período) (p. 150)

Tabela 11 – Conceito de reagente e produto (terceiro período) (p. 153)

Tabela 12 – Conceito de equação química (terceiro período) (p. 156)

Tabela 13 – Conceito de reação química (quarto período) (p. 161)

Tabela 14 – Conceito de reagente e produto (quarto período) (p. 163)

Tabela 15 – Conceito de equação química (quarto período) (p. 165)

Tabela 16 – Conceito de reação química (quinto período) (p. 168)

Tabela 17 – Conceito de reagente e produto (quinto período) (p. 176)

Tabela 18 – Conceito de equação química (quinto período) (p. 179)

Tabela 19 – Conceitos relacionados diretamente à reação química no nível macroscópico (p. 184)

Tabela 20 – Conceitos relacionados diretamente à reação química no nível microscópico (p. 185)

Tabela 21 – Conceitos relacionados diretamente à reação química no nível simbólico (p. 186)

SUMÁRIO

Resumo

Abstract

Lista de siglas

Lista de figuras

Lista de tabelas

CAPÍTULO 1.....14

INTRODUÇÃO.....15

CAPÍTULO 2.....21

LOCALIZANDO A PROBLEMATIZAÇÃO DA PESQUISA..... 22

2.1 O ensino secundário de Química no Brasil: um pouco da sua história.....22

2.2 Abordagem dos conteúdos químicos: o conceito de reação química 26

2.3 Reação Química: as dificuldades no seu ensino e na aprendizagem.....34

CAPÍTULO 3.....45

BUSCANDO APOIO TEÓRICO PARA DISCUTIR A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DO CONCEITO DE REAÇÃO QUÍMICA.....46

3.1 Dimensões e níveis do discurso químico: a tríade fenômeno/teoria/representação 46

3.1.1 Nível Macroscópico 49

3.1.2 Nível microscópico.....51

3.1.3 Nível representacional 53

3.2 Teorias sobre a transposição didática 55

3.2.1 As esferas do saber: o saber sábio, o saber a ensinar e o saber ensinado.....60

3.3 Abordagem histórica 66

3.4 O livro didático de Química como objeto de pesquisa 70

3.4.1 O livro didático e o professor 70

3.4.2 A influência da legislação brasileira sobre o livro didático (a noosfera) 75

3.4.2.1 Período anterior a 1930 76
3.4.2.2 Período de 1930 a 1942 – Reforma Francisco Campos 77
3.4.2.3 Período de 1943 a 1960 – Reforma Capanema 79
3.4.2.4 Período de 1961 a 1970 – Vigência da LDB 80
3.4.2.5 Período de 1971 a 1988 – Lei 5692/71 81
3.4.2.6 As novas diretrizes e os PCN 84
3.5 Resgatando o saber sábio: O Desenvolvimento histórico do conceito de reação química 89
3.5.1 A idéia de afinidade na ótica de Newton 94
3.5.2 As tabelas de afinidade 97
3.5.3 Os princípios explicativos de Stahl 100
3.5.4 A proposta de Bertollet para a afinidade entre as substâncias 106
3.5.5 A noção clássica de reação química 109
3.5.6 Os átomos de Dalton 110
3.5.7 As contribuições de Gay-Lussac, Avogadro e Berzelius 113
3.5.8 As idéias modernas de reação química 116

CAPÍTULO 4 125
DELINEAMENTOS METODOLÓGICOS 126
4.1 Critérios adotados na escolha dos livros didáticos 126
4.2 Questões de pesquisa e instrumentos de investigação 127
4.3 Análise dos dados 129
4.4 Validação 134

CAPÍTULO 5 136
ANALISE DOS LIVROS DIDÁTICOS 137
5.1 Primeiro período 137
5.2 Segundo Período 144
5.3 Terceiro Período 150
5.4 Quarto Período 160
5.5 Quinto Período 168

CAPÍTULO 6.....188
Conclusões e Considerações.....189
Referências.....194
Anexos.....202

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

A inspiração dessa pesquisa surgiu da reflexão sobre a minha prática como professora de Química, em uma escola pública da cidade de Salvador. Durante essa prática pedagógica, percebemos que o ensino escolar de Química, em grande parte, se mostra centrado na reprodução de conteúdos livrescos e formais, com uma abordagem conteudísta baseada na memorização sistemática dos conteúdos. A metodologia de ensino adotada pela maioria dos professores envolve essencialmente aulas expositivas, com ampla utilização do quadro branco para a apresentação dos conteúdos e dos conceitos a serem ensinados.

Esses são aspectos de um ensino tradicional que levam a maioria de nós, professores de Química, a imaginar que nossos estudantes são sujeitos passivos e que não trazem conhecimentos empíricos da sua vivência cotidiana. Tais questões nos fazem pensar que a simples exposição dos conteúdos pode levar a uma aprendizagem significativa.

Ao longo de dez anos em sala de aula, observamos que este ensino não tem contribuído para uma aprendizagem das noções consideradas fundamentais ao entendimento da Química, e isso nos inquietava, uma vez que, a cada ano, notávamos, também, o desinteresse crescente dos nossos estudantes pelas aulas de Química.

A nossa prática pedagógica costuma ser guiada por livros didáticos que apresentam o conhecimento científico como verdade absoluta, não buscando fazer uma articulação com o contexto histórico e filosófico inerente a produção deste conhecimento e dos diferentes conceitos. Este tipo de prática costuma resultar em uma

abordagem cronológica dos fatos, dificultando a formação *"em ciência e sobre ciência"* (MATTHEWS, 1995, p. 166).

Desde 1838, com a instituição do ensino público secundário no Brasil, os materiais didáticos passaram a estabelecer os conteúdos a serem trabalhados e a metodologia a ser utilizada. O amplo reconhecimento de que os livros didáticos para o ensino médio desempenham a importante função de orientar o trabalho do professor teve como conseqüência a formalização, por parte do governo, da necessidade de avaliar sua qualidade, o que passou a acontecer com a criação do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), a partir de 2001.

A informação de que haveria distribuição de livros didáticos feita pelo Ministério da Educação (MEC) a todas as escolas da rede pública do pais, em 2007, deixou-nos interessadas em saber como os autores desses manuais realizavam a passagem do conhecimento científico para o conhecimento escolar, uma vez que é reconhecido pela literatura da área que o ensino desenvolvido nas escolas é permeado por aspectos relacionados a este tipo de mediação.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), a disciplina de Química tem como âncoras os conceitos relacionados ao conteúdo: transformações dos materiais e suas propriedades, bem como os seus modelos explicativos. Os conceitos subjacentes a este conteúdo requerem o uso de diferentes tipos de modelos para a sua compreensão, isso em função da necessidade de articulação do referencial teórico e do referencial empírico. Partindo desses referênciais, os estudantes deverão interpretar e analisar tais transformações, tirar suas conclusões e serem capazes de tomar decisões baseadas nestes conhecimentos.

Uma maneira de superar as dificuldades anteriormente apresentadas e contribuir para a concretização das propostas contidas nos parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) é pesquisar sobre o ensino de conceitos químicos veiculados no nível médio e como tem acontecido a abordagem destes conceitos nos manuais didáticos destinados a esse nível de ensino.

O conceito escolhido como objeto de nossa pesquisa, foi o de reação química que é veiculado nos livros didáticos para o ensino médio associado aos três níveis do conhecimento químico: macroscópico, microscópico e simbólico. Existe o reconhecimento de que este conceito, inter-relacionado ao de substância química, é estruturador do conhecimento químico e abordado nos níveis fundamental e médio, proporcionando a aprendizagem de vários outros conceitos. Uma reação química é comumente definida nos livros didáticos como *"processo em que há formação de novas substâncias"* (SANTOS *et al*, 2005, p.25), entretanto a abordagem deste conceito nos manuais didáticos não explicita como ele surgiu e como se modificou ao longo do tempo.

Considerando a importância conferida hoje a uma formação mais ampla do estudante, identifica-se que este conceito é essencial para a discussão de aspectos relacionados à cidadania, como, por exemplo, os impactos sócio-ambientais e econômicos causados pelos avanços industrial e tecnológico que têm acompanhado a humanidade nas últimas décadas. A enormidade de processos químicos que ocorrem, tais como a corrosão dos metais (ferrugem), a ação de medicamentos, a degradação ambiental, entre outros, necessitam deste conceito para sua compreensão. A sua centralidade se faz presente, até mesmo numa discussão de caráter epistemológico relacionada à compreensão da concepção de Ciência Química, bem como da sua

produção e apropriação pelo homem ao longo dos séculos nos diferentes contextos sócio-históricos.

Consideramos que a relevância dessa investigação emerge da importância de uma discussão sobre como tem sido feita a transposição didática do conceito de reação química nos livros didáticos brasileiros de Química destinados ao ensino médio, e se essa transposição didática é facilitadora para a abordagem e compreensão de tal conceito, uma vez que existe o reconhecimento das diferenças entre o conhecimento científico e o conhecimento escolar; que apesar de possuírem as mesmas estruturas de origem são abordados e apresentados de forma diferente.

Essa diferença, muitas vezes se torna uma barreira para o ensino, pois simplificações de conceitos são feitas, objetos são dotados com características humanas e isso dificulta a visualização e aprendizagem da natureza microscópica da matéria, gerando dificuldades na aprendizagem dos estudantes. Considerando esta problemática surgiram os seguintes questionamentos, aos quais pretendemos responder a partir da realização desta investigação:

a) Como o conceito de reação química é abordado nos livros didáticos brasileiros de Química para o ensino médio, considerando os seguintes níveis: macroscópico, microscópico, simbólico?

b) Como o conceito de reação química surgiu e se modificou ao longo do tempo?

c) De que forma as mudanças governamentais realizadas na legislação educacional e implementadas no Brasil, entre 1931 e 2007, influenciaram na abordagem desse conceito nos manuais didáticos?

Partindo do que foi anteriormente exposto, procuramos analisar como o conceito de reação química tem sido abordado nos livros didáticos brasileiros de Química do ensino médio, no período que compreende a Reforma Campos, acontecida em 1931 até o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), em 2007. A partir da análise dos resultados fundamentados no referencial teórico adotado, apresentamos algumas sugestões para uma possível superação das dificuldades. Para tanto, organizamos esta dissertação em capítulos, como mostrado a seguir.

Inicialmente, apresentamos esta Introdução; no segundo capítulo localizamos o problema da pesquisa abordando um pouco da história do ensino de Química no Brasil realizando uma revisão de trabalhos de pesquisa sobre este conteúdo, analisando alguns artigos nacionais e internacionais, criteriosamente escolhidos, que discutem a temática da nossa investigação, com ênfase nas dificuldades que estudantes possuem durante o processo de aquisição de tal conceito.

No terceiro capítulo buscamos apoio teórico para discutir a transposição didática do conceito de reação e defendemos uma abordagem histórica para esta transposição, fundamentada no resultado da pesquisa histórica realizada sobre o conceito de reação química. Apresentamos as ideias anteriores à formulação da sua noção clássica, a exemplo da Teoria das Afinidades, as controvérsias posteriores a esta formulação, a sua utilização no século XIX e a transição para as ideias contemporâneas.

O quarto capítulo refere-se ao delineamento metodológico que trata do percurso do nosso trabalho, no qual optamos por um estudo exploratório buscando caracterizar o objeto da pesquisa, além das questões de pesquisa e as técnicas e instrumentos utilizados na investigação.

No quinto capítulo apresentamos os resultados da análise dos livros didáticos sobre a abordagem do conceito de reação química, relatando o tratamento dos dados coletados, utilizando a técnica de análise de conteúdo que inclui a organização das informações fundamentadas em algumas questões discutidas no âmbito da Filosofia da Química. Para tanto, tomamos como base a sua definição e articulação com outros conceitos, nos níveis: macroscópico, microscópico e simbólico.

As nossas conclusões nos permitiram construir um quadro da situação da abordagem do conceito de reação química sob o olhar dos diferentes níveis do conhecimento: macroscópico, microscópico e simbólico e nos possibilitaram a elaboração de uma proposta de sequência didática (que não foi aplicada) para intervenção do professor de Química do nível médio, o que consideramos ser útil ao ensino deste conceito. Essa abordagem prioriza a sua articulação com outros conceitos químicos e entre os diferentes níveis do conhecimento.

CAPÍTULO 2

2 LOCALIZANDO A PROBLEMÁTICA DA PESQUISA

2.1 O ensino médio de Química no Brasil: um pouco da sua história

De acordo com Gikovate (1937) *apud* Schenetzler (2010), o ensino de Química no nível secundário, atual ensino médio, teve início no Brasil em 1862, ministrado juntamente com a disciplina Física. Em 1925, com a Reforma Rocha Vaz, aconteceu a separação oficial, cabendo um pequeno número de horas-aula a Química, o que acontecia nos dois últimos anos do Ensino Secundário.

Apesar das disciplinas, como Física e Química, terem sido incluídas no currículo de forma independente a partir da Reforma Rocha Vaz, em 1925, o ensino de Ciências só veio a ter uma maior amplitude com a Reforma Francisco Campos em 1931, que previu uma maior carga horária para o ensino de Ciências. Daí ser possível afirmar que a Reforma Francisco Campos foi a primeira a atribuir um maior valor às Ciências e ao seu ensino (LOPES, 1998).

Com esta última reforma, o curso secundário passou a ser seriado (estruturado em cinco séries), com a Química sendo ensinada nas três últimas. Na terceira série (atual primeira série do ensino médio), dava-se início ao estudo dos fenômenos químicos, e nas demais, a abordagem dos conteúdos era essencialmente descritiva. A proposta metodológica, com um enfoque positivista para o ensino de Química, era baseada na grande valorização dos conteúdos relacionados à composição e à estrutura íntima dos corpos, das suas propriedades e das leis que regem as transformações desses corpos. Nos livros didáticos, prevalecia o descritivismo, considerando-se que ensinar Química era descrever características e propriedades das substâncias mais

utilizadas, predominando exercícios práticos que versavam sobre a preparação e estudo das propriedades das substâncias (MORTIMER, 1988).

Com a Reforma Capanema, em 1943, aconteceu uma redução da parte descritiva e da abordagem de temas mais gerais e o enfoque voltado para aplicações industriais passou a ter maior importância. As grandes teorias, o estudo sobre a estrutura atômica, tabela periódica, radioatividade e temas de Físico-Química passaram a ocupar o último tópico do curso e os conteúdos de Química Orgânica ocuparam toda a carga horária da segunda série. No período das reformas Campos e Capanema, o currículo de Química foi caracterizado pelo excesso de conteúdos e pelo predomínio de uma concepção de construção da ciência de cunho empirista-descritivista (LOPES, 1998).

De acordo com Lorenz e Barra (1986), essa orientação curricular prevaleceu até a década de 1950, quando teve início o processo de inovação educacional do ensino de Ciências, com a vinda dos projetos curriculares americanos que, associados a movimentos que visavam à incorporação dos modernos conceitos científicos, foram traduzidos e trazidos para o Brasil. Na área de Química, as primeiras edições em português do Chemical Bond Approach Committee (CBA) e do Chemical Educational Material Study (CHEMS), datam de 1961 e 1966.

Os projetos do CBA e do CHEMS tinham como meta o ensino de Ciências pelo processo de aprendizagem do método científico. No CBA, a ciência era concebida com base na observação e uso do raciocínio lógico que era comprovado pela experimentação. No Chemical Study, o método científico era associado às praticas do cotidiano, sendo ensinado como uma extensão do senso comum. Segundo Gil Pérez (1986), essas propostas curriculares eram baseadas em modelos empírico-positivistas,

também conhecidos como *aprendizagem por descoberta*, cuja fundamentação filosófica de cunho empirista-indutivista encontra-se em defasagem com relação às discussões epistemológicas atuais no campo da Didática das Ciências.

Esta perspectiva empirista/indutivista está relacionada ao processo de construção do conhecimento científico. Segundo Driver (1996), em tal abordagem, o conhecimento científico é aquele que é comprovado. Teorias científicas são derivadas de fatos que são percebidos através da observação e da experimentação, e neste caso, a ciência é baseada no que podemos ver, ouvir, tocar, etc. Podemos perceber, nesta perspectiva, a importância atribuída à observação e a experimentação na elaboração do conhecimento.

Este período foi marcado por uma intensa renovação do ensino de Química: assuntos como estrutura atômica, ligação química e classificação periódica foram atualizados. Nessa fase foi adotado o modelo atômico da mecânica ondulatória, a descrição do elétron em termos de probabilidade, a substituição da ideia de órbita por orbital. A ênfase no conhecimento da estrutura atômico molecular como forma de prever uma série de propriedades físicas e químicas das substâncias, aliada à abordagem de temas como: polaridade de moléculas, forças intermoleculares e ligação metálica, contribuíram para um maior entendimento das propriedades dos compostos químicos (MORTIMER, 1988).

Na década de 70 prevaleceu a orientação tecnicista para o ensino onde a disciplina Química, nos cursos profissionalizantes, só aparecia na primeira série. Nestes casos, o conteúdo estudado era mais restrito e envolvia a teoria atômica, ligações químicas, classificação periódica, nomenclatura e propriedades dos ácidos, bases, sais e óxidos (MORTIMER, 1988).

Após o período de valorização do ensino tecnicista, a Constituição de 1988 promoveu amplas mudanças no sistema educacional brasileiro. E, nos últimos anos, a consolidação de programas para o ensino médio propostos pelo Ministério da Educação (MEC) em 1999, 2002 e 2006, por meio dos PCNEM da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, possibilitou uma formação mais abrangente e voltada para a cidadania, incluindo orientações para que os conteúdos fossem contextualizados e relacionados com as novas tecnologias. As pressões para o resgate do papel formador do ensino médio, aliadas às críticas ao distanciamento desse ensino, levaram as editoras a um processo de renovação gráfica de seus livros, com a finalidade de aproximar o conhecimento químico do cotidiano do estudante (MORTIMER; SANTOS, 1988).

Diante do exposto, podemos constatar que desde a reforma Francisco Campos até as propostas atuais, os critérios básicos para o ensino médio de Química são essencialmente os mesmos; a saber: enfatizar sua relação com a vida cotidiana dos estudantes, promover a aprendizagem dos princípios gerais da Química e o seu caráter experimental. Os PCNEM, seguindo a mesma linha das diretrizes curriculares, buscam contrapor-se ao ensino descontextualizado, compartimentado e fundamentado no acúmulo de informações, substituindo-o por um conhecimento escolar contextualizado e interdisciplinar, para que seja mais significativo. Retomaremos essa discussão no terceiro capítulo.

2.2 Abordagem dos conteúdos químicos: o conceito de reação química.

Sabemos que o assunto *reações químicas* é central no ensino de Química; tal centralidade aparece explicitada até mesmo em documentos que norteiam a construção dos currículos, a exemplo dos Parâmetros Curriculares Nacionais(PCN):

> o aprendizado de química pelos alunos do Ensino Médio implica que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e assim possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos (BRASIL, 1999, p. 240).

Desde Lavoisier (1743 – 1794) a Química tem sido vista como ciência que estuda as substâncias e suas propriedades. O estudo dessa ciência está associado à concepção de transformação dos materiais. Entre os químicos há um razoável consenso de que o cerne da Ciência Química é perceber, saber falar sobre e interpretar os fenômenos relacionados às reações químicas. Nesta direção a Química depende de uma articulação constante entre os níveis do conhecimento: o macroscópico (o mundo fenomenológico em que vivemos), o microscópico (nível molecular) e o simbólico (linguagem química).

A consciência da relevância deste tema deve estar presente entre os professores de Química que, ao planejarem suas aulas, devem privilegiar a rede conceitual mais adequada a cada um destes níveis, possibilitando a compreensão deste conteúdo. Logo, a abordagem do tema *transformações dos materiais* deve priorizar a articulação entre os três níveis do conhecimento.

Com a implementação das Novas Leis de Diretrizes e Bases para o Ensino Médio foram sendo desenvolvidas, gradativamente, explicações que estão

fundamentadas no tripé: **transformações químicas – materiais e suas propriedades – modelos explicativos**. Essa nova proposta para o ensino médio defende uma abordagem de ensino que valorize a Filosofia e a História do conhecimento químico, bem como a contextualização e a interdisciplinaridade, agregando significados aos conteúdos para facilitar o estabelecimento de articulações com outros campos de conhecimento.

> O respeito a questões de natureza: cognitiva e afetiva dos estudantes deve ser considerado, bem como as suas concepções prévias, para que aconteça o desenvolvimento de competências e habilidades, em consonância com os temas e conteúdos do ensino (BRASIL, 2002, p.87).

De acordo com os PCN+, a escolha dos conteúdos a serem ensinados em Química requer uma seleção de temas que sejam relevantes e favoreçam a compreensão do mundo natural, social, político e econômico, contemplando o desenvolvimento de procedimentos, atitudes e valores, a fim de que a construção do conhecimento aconteça de maneira integrada a outras ciências e campos do saber. A aprendizagem de Química deve facilitar o desenvolvimento de competências e habilidades e enfatizar situações problemáticas reais de forma crítica, desenvolver a capacidade de interpretar e analisar dados, argumentar, tirar conclusões, avaliar e tomar decisões (Brasil, 2002).

Na Química, as competências gerais a serem desenvolvidas são as mesmas da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, tais como: representação e comunicação, investigação e compreensão e contextualização sóciocultural. Essas competências se inter-relacionam e se combinam sem que haja hierarquia entre elas (BRASIL, 2002).

Na competência geral de investigação e compreensão, por exemplo, ao se trabalhar as interações, relações e funções, invariantes e transformações, a área prevê a habilidade de *"reconhecer e compreender os fenômenos químicos, identificando regularidades e invariantes, verificando, por exemplo, a conservação do número de átomos em uma reação química e a conservação da energia"* (BAHIA, 2005, p. 105).

Além de estabelecer as competências e habilidades para o ensino de Química no nível médio, os PCNEM propõem uma organização dos conteúdos levando em consideração a vivência individual dos estudantes na sociedade em sua interação com o mundo, evidenciando como os saberes científico e tecnológico interferem na cultura, na produção e no ambiente. Esses documentos propõem que se tome como ponto de partida situações problemas reais a fim de buscar o conhecimento necessário para entendê-las e solucioná-las.

Dessa maneira, foram selecionados nove temas estruturadores do ensino de Química, tomando como foco o estudo das transformações químicas que ocorrem nos processos naturais e tecnológicos, e a química e sobrevivência: 1. Reconhecimento e Caracterização das Transformações Químicas; 2. Primeiros Modelos de Constituição da Matéria; 3. Energia e Transformação Química; 4. Aspectos dinâmicos das Transformações Químicas; 5. Química e Atmosfera; 6. Química e Hidrosfera; 7. Química e Litosfera; 8. Química e Biosfera; 9. Modelos Quânticos e Propriedades Químicas (BRASIL, 2002).

Desses nove temas estruturadores, cinco deles tratam de reação química em diferentes níveis de complexidade: o primeiro trata do reconhecimento das transformações químicas por meio de fatos ou fenômenos; o segundo e o nono abordam os diferentes modelos de constituição da matéria criados para explicá-la; o

terceiro trata das trocas de energia envolvidas nas transformações; e o quarto, a dinâmica dos processos. Esses cinco temas estruturadores exigem o estabelecimento de relações entre as grandezas envolvidas, o reconhecimento da extensão das transformações, a identificação, caracterização e quantificação dos reagentes e produtos envolvidos, as formas de energia e a velocidade das reações, ou seja, exige a articulação dos três níveis de conhecimento químico.

Segundo as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (2006), considerando *"os princípios da contextualização, da interdisciplinaridade e da flexibilidade"*. (BRASIL, 2006, p. 128) para o desenvolvimento do projeto pedagógico, no que se refere ao ensino de Química, a organização curricular dos livros didáticos devem buscar desenvolver os nove temas estruturadores sem fazer distinção entre Química Geral, Físico-Química e Química Orgânica.

Espera-se, então, que os livros didáticos que foram publicados após os PCN possam ser influenciados por algumas dessas diretrizes em relação a abordagem dos conteúdos químicos.

O conceito de reação química tem sido apontado por muitos autores e professores como um conceito problemático para o ensino e a aprendizagem, e tem sido objeto de muitas investigações (LOPES, 1992; MORTIMER; MIRANDA, 1995; ROSA; SCHNETZLER, 1998; VICENTE TALANQUER, 2006). As dificuldades apontadas para a aprendizagem deste conceito decorrem da sua abstração e complexidade. Algumas destas pesquisas têm buscado conhecer as concepções prévias que os estudantes possuem sobre as transformações dos materiais e as reações químicas, além de possíveis erros conceituais apresentados (ROSA; SCHNETZLER, 1998; MORTIMER; MIRANDA, 1995; JOHNTSON, 2000; LAUGIER;

DUMON, 2004). Outras investigações têm se preocupado em buscar explicações para esses erros e possíveis soluções para os problemas identificados (NARDIN; SALGADO; DEL PINO, 2005; NERY; LIEGEL; FERNANDEZ, 2007; JUSTI, 1998; GENSLER, 1970).

Lopes (1993), utilizando o referencial bachelardiano, procura identificar a existência de obstáculos epistemológicos e pedagógicos nos livros didáticos de Química, e a análise e discussão apresentadas por ela podem contribuir para que os professores os identifiquem nos livros utilizados.

De acordo com Bachelard (1996), os obstáculos epistemológicos que são considerados como entraves à apreensão do conhecimento científico, dificultam a aprendizagem dos estudantes. Para este epistemólogo, o uso de atributos animais ou humanos, tais como: maior ou menor *avidez* de uma dada espécie por outra para explicar a afinidade entre as substâncias, em nada contribuem para a aquisição do conhecimento científico. Ao contrário, este tipo de artifício quando utilizado em um livro ou em sala de aula, passa a se constituir em um obstáculo ao aprendizado, o que foi denominado por ele de *animismo*.

Entretanto, quando se dá demasiada ênfase à descrição de objetos e a fenômenos, não ultrapassando os dados concretos, cria-se um outro tipo de obstáculo que ele denomina *realista*. O realismo enfatiza as impressões tácteis e visuais, dificultando a compreensão de conteúdos menos concretos e não imediatos. Neste caso, a tentativa de concretização de certos conteúdos impossibilita ao estudante a compreensão de modelos mais complexos e que exigem um maior grau de abstração.

Um outro tipo de obstáculo citado por Bachelard (1996) é o verbal que está relacionado às mudanças revolucionárias nos significados dos termos científicos. Uma nova teoria científica, muitas vezes, utiliza os mesmos termos já empregados por

teorias anteriores, porém com outros significados. Comentando sobre este tipo de obstáculo Lopes (1993) afirma:

> Os termos "camada" ou "nível", utilizados em textos que discutem o modelo quântico para o átomo, não podem ser compreendidos da mesma forma que o seriam se discutíssemos o modelo de Rutherford ou Bohr. Por sua vez, a palavra "orbital" deriva do termo "órbita" e com ele rompe completamente (LOPES, 1993, p.316).

Assim, em uma análise da linguagem científica, podemos constatar as rupturas existentes entre diferentes teorias. Portanto, o descaso para com o novo sentido de um termo nos limites de uma nova teoria constitui, por si só, um obstáculo à compreensão do conhecimento científico: um obstáculo verbal (LOPES, 1993).

Como a linguagem cotidiana está relacionada ao nosso senso comum, pode ser usada de maneira errada, mantendo o estudante naquilo que ele já sabe, dificultando uma interpretação mais adequada das palavras em novos contextos, o que pode originar um obstáculo verbal.

Outro obstáculo ao aprendizado é o substancialista, caracterizado pela atribuição de propriedades macroscópicas a entidades microscópicas (MORTIMER, 1996). Neste tipo de obstáculo existe uma tendência a se considerar que as propriedades são intrínsecas às próprias substâncias, ao invés de considerá-las como resultante das interações entre elas. Bachelard considera que o substancialismo se constitui em um dos grandes obstáculos presentes na aprendizagem do conhecimento químico, pois vigora o mito de que a qualidade de uma substância, ou seja, suas propriedades, vem do seu interior e não das interações que podem se estabelecer a partir dela (BACHELARD, 1996).

Uma provável explicação para tais erros, de acordo com Ribeiro (2008), é que estudantes atribuem propriedades macroscópicas a entes microscópicos,

compreendem pouco as leis, os modelos e as teorias, fazem uso de concepções alternativas para explicar as transformações dos materiais e são incapazes de visualizar a natureza microscópica da matéria. De acordo com este pesquisador, discussões em Filosofia da Química podem auxiliar na clarificação e elucidação destes entraves na aprendizagem do conhecimento químico. Tais discussões devem ser situadas nas dimensões:

> 1. Ontológicas – níveis de realidade, descrição, caracterização e instanciação dos entes químicos;
> 2. Epistemológicas – caracterização da natureza e especificidade da explicação Química;
> 3. Linguagem – níveis e natureza da linguagem química;
> 4. Metodologia e heurística – relações de superveniência (macro/micro) e o crucial papel dos modelos para a interpretação Química e a transposição didática, sistematização teórica e conceitual (metaquímica) (RIBEIRO, 2008, p. 2,3).

Algumas pesquisas (JOHNSTONE, 1982; JENSEN, 1998; GENSLER, 1970), identificam que as principais dificuldades que os estudantes apresentam para entender o conceito de reação química decorrem das incompreensões nas interpretações macroscópica e/ou microscópicas de tal conceito e, também, da falta de relação entre os níveis do conhecimento químico.

E isso indica a importância para uma discussão ontológica e epistemológica do conhecimento químico e da sua estrutura lógica, e conseqüentemente, uma discussão que envolve a Filosofia da Química. Apesar da inclusão da História e Filosofia da Química estar acontecendo gradativamente na academia nos cursos de Graduação e Pós Graduação, este tipo de abordagem ainda não tem se refletido, em mudanças importantes no nível médio de ensino.

Dentre os problemas discutidos pela Filosofia da Química, as relações de superveniência, ou seja, as relações macro/micro e a necessidade dos modelos na transposição didática da Química, são grandes aliados para tornar o ensino de Química mais significativo. Consideramos que Educação Química pode se beneficiar desta discussão filosófica, na busca da superação dos obstáculos didáticos muito presentes neste ensino.

Nos últimos anos, os pesquisadores da área de ensino de ciências e em particular do ensino de Química têm demonstrado certo interesse por questões de Filosofia da Ciência (JENSEN, 1998; ERDURAN, 2001, RIBEIRO, 2008). Eles concordam que o Ensino de Ciências, como campo reconhecido na área de ciências humanas, pode ganhar muito com as contribuições da História e da Filosofia das Ciências. Ribeiro (2008) considera que embora a História da Química já tenha sido incorporada ao currículo de Química, a questão filosófica da Química não tem recebido muita atenção. Em sua opinião, a questão do *reducionismo* na Química, ou seja, da autonomia da Química e sua redução à Física, é o principal responsável por esse desinteresse.

De acordo com Bejarano (2009), os reducionistas argumentam que a Química, por ser uma ciência exploratória, não teria as suas próprias questões de investigação no campo filosófico, o que a tornaria ontologicamente dependente da Física. Em contrapartida, de acordo com Bejarano (2009), filósofos da química como L. McIntyre (1999) e Eric Scerri (2007) defendem em maior ou menor extensão a autonomia da Filosofia da Química dentro da Filosofia da Ciência.

Jensen (1998), em seu artigo: “Logic, History, and the Chemistry Textbook: Does Chemistry Have a Logical Structure I?” afirma que, existem costumeiramente duas

abordagens relevantes da História da Química para os professores de Química. A primeira, largamente defendida pelos professores, faz uso de um esboço da biografia e da história buscando a humanização da Química. A segunda, defendida por historiadores da Ciência, usa a História da Química não como um veículo para os professores ensinarem os princípios atuais da Ciência, mas como um estudo de caso do método científico ou do impacto da Ciência e Tecnologia na Sociedade. Jensen sugere uma terceira abordagem, onde o estudo da História da Química pode fornecer alternativas para organizar os conceitos atuais e os modelos químicos.

Neste mesmo artigo, Jensen questiona se a Química tem uma estrutura lógica, se é possível interligar o grande número de conceitos e aproximá-los de modelos teóricos. No seu ponto de vista essa estrutura lógica divide os conceitos em três níveis de discurso do conhecimento químico, que são: molar; molecular e elétrico. Esses níveis estão presentes de forma ampla no currículo padrão de qualquer curso de graduação em Química, com importantes desdobramentos no nível médio.

2.3 Reação química: as dificuldades no seu ensino e na aprendizagem

A afirmação de que a reação química é um dos temas que oferecem maior dificuldade para o ensino e a aprendizagem é muito comum na literatura (MORTIMER; MIRANDA, 1995; JUSTI, 1998; RIBEIRO, 2008). As razões são pertinentes, dado que o estudo do tema requer o domínio prévio de conceitos como átomos, substâncias, elementos químicos, ligações químicas, entre outros igualmente importantes.

Numa reflexão realizada acerca da compreensão do conceito de reação química, vários pesquisadores como: Mortimer e Miranda (1995); Rosa e Schnetzler (1998);

Ribeiro (2008), ressaltam que uma das maiores dificuldades que os estudantes do ensino médio encontram ao estudar este conceito relaciona-se com as suas amplitude. Isto acontece porque o conceito de reação química é um conceito articulador que incorpora tanto mudanças no nível macroscópico quanto no nível microscópico e reúne potencial para interligar diferentes conceitos através do nível simbólico. Muitas das dificuldades para a compreensão do conceito de reação química podem estar relacionadas à desarticulação atribuída a tal conceito, como também em decorrência do nível de abstração de alguns conceitos relacionados.

Um outro obstáculo no processo de aquisição do conceito de reação química está na diferença existente entre o saber sábio e o saber ensinado. O saber científico (saber sábio) sofre transformações ao ser convertido em objeto de estudo escolar e muitas vezes neste processo acontece a perda do foco, originando erros conceituais e informações incorretas. Essa adaptação do saber sábio para o saber ensinado pode ser erroneamente interpretada como uma mera simplificação do conhecimento, a fim de adequá-lo à sala de aula. Isso faz com que ocorra certa dificuldade por parte dos professores e dos estudantes em ultrapassar os aspectos perceptíveis, o que os conduz ao não reconhecimento, por exemplo, do papel de reagentes e produtos numa reação química. No terceiro capítulo iremos detalhar mais essa importante relação entre os saberes.

Os trabalhos inspirados em perspectivas epistemológicas sobre a natureza da Ciência, divergem entre si não apenas pela pluralidade de tratamentos que o tema tem recebido na Filosofia da Ciência, mas ainda pelas implicações desses estudos no contexto da aprendizagem escolar.

Vários estudos mostram que estudantes de diversas faixas etárias apresentam concepções sobre reações químicas diferentes daquelas aceitas cientificamente (ROSA; SCHNETZLER, 1998; JUSTI, 1998; MORTIMER; MIRANDA, 1995; SALSONA *et al.*, 2003) em decorrência da sua cultura e história de vida, como também de um ensino dogmático, descontextualizado e mecânico.

Segundo Gensler (1970), muitos textos elementares de Química trazem nas primeiras páginas uma discussão sobre fenômenos físicos e químicos, onde incluem a definição de fenômenos físicos como aqueles que envolvem a mudança de fase ou da forma de uma substância, sem que ocorra a formação de uma nova substância; enquanto que o fenômeno químico é definido como aquele que resulta em uma nova entidade química. Esse pesquisador critica tais definições e sustenta a ideia de que até mesmo de um ponto de vista mais sofisticado, não é claro que uma mudança de fase é um fenômeno físico, pois quando se faz uma detalhada descrição do mecanismo de uma mudança de fase verifica-se que essa mudança é certamente melhor explicada em termos de mudanças nas interações químicas. Considera-se também, que a diferença entre interações químicas intermoleculares e intramoleculares traz problemas, uma vez que o processo de hidratação, ou o seu inverso, a cristalização da solução, também pode envolver mudanças na ligação química entre as partículas microscópicas. Para este pesquisador, a distinção entre fenômenos físicos e fenômenos químicos envolve a compreensão dos níveis macroscópicos e microscópicos, incluindo as interações interatômicas e intermoleculares, etc, que merecem mais do que algumas páginas de um texto introdutório de química.

Concordamos com as observações desse pesquisador, pois a compreensão da Química a nível microscópico é um prérequisito para um melhor entendimento e

distinção das várias mudanças percebidas no nível fenomenológico (macroscópico). Vale a pena destacar que a compreensão de um fenômeno no nível microscópico implica na estruturação de um modelo explicativo para o fenômeno em questão. Neste caso passa a existir uma preocupação em abordar o nível micro, de forma tal que o estudante consiga compreender as interações energéticas, os fenômenos de transferência de elétrons, a estrutura eletrônica dos átomos, bem como seu papel para a compreensão das reações químicas, o que exige um elevado grau de abstração.

Entendemos que a articulação do pensamento no nível microscópico envolve a construção de modelos explicativos da matéria adequados para levar os estudantes a construírem modelos explicativos baseados em uma teoria corpuscular, de maneira que sejam capazes de explicar a conservação e descontinuidade da matéria e as transformações da mesma com rearranjo de partículas.

Mortimer e Miranda (1995) consideram que no ensino de reação química ainda prevalecem as antigas representações das reações químicas por um sistema de equações desatualizado; os estudantes não reconhecem reagentes, produtos e o seu papel em uma reação. Segundo os autores, se utilizarmos experiências para abordar conceitos químicos, os estudantes podem compreender o que ocorre e depois aprender os conceitos e as equações químicas. Eles mencionam algumas explicações que a maioria dos estudantes utilizam para descrever uma reação química. Os estudantes tendem a fazer uso de: a) *generalização*, aquela em que os estudantes tendem a relacionar reações químicas com mudança de estado físico da substância; b) *transmutação*, em que os estudantes concebem a reação química como uma propriedade inata daquele material, não como produto da interação com outros materiais sendo comum a explicação que o material *virou* outro e 0 c) *animismo*, onde o

estudante atribui capacidades dos seres vivos às substâncias como *gostar* de outro material ou ser *apático* a um terceiro material.

De acordo com estes pesquisadores, mesmo quando os estudantes reconhecem que a causa da reação é decorrente das interações entre as substâncias reagentes, é porque para eles, entre tais substâncias existe *status* diferentes, ou seja, um agente ativo atua sobre um agente passivo.

Como anteriormente relatado, podemos perceber que as explicações fornecidas pelos estudantes podem ter sua origem na forma como professores e livros didáticos se referem às reações químicas, dando mais ênfase a mudanças perceptíveis e às representações dessas reações por fórmulas e símbolos. Os estudantes operam com estas ferramentas, sem pensar na transformação que está ocorrendo, ou no que acontece a nível microscópico.

Desta forma, deixam de perceber que as mudanças percebidas são consequências de rearranjos de átomos, ou seja, os estudantes não promovem relação entre os conceitos dos diferentes níveis.

Rosa e Schnetzler (1998) ressaltam a importância das pesquisas relacionadas às concepções alternativas que os estudantes do ensino médio apresentam sobre reações químicas. Neste estudo, estas pesquisadoras perceberam que todos os atributos de reações químicas expressos pelos estudantes, restringiam-se ao nível macroscópico, não havendo referência a atributos microscópicos, ou seja, os estudantes expressam suas idéias pautadas em aspectos observáveis, não fazendo uso do modelo corpuscular da matéria para entender os vários fenômenos abordados nestas transformações. Elas argumentam que a compreensão da ocorrência e dos mecanismos das reações químicas permite o entendimento de muitos processos que

ocorrem diariamente em nossas vidas, como o metabolismo dos seres humanos, a ação de medicamentos, o cozimento de alimentos, entre tantos outros exemplos. Considerando também, a formação do cidadão, podemos ainda apontar que, epistemologicamente, para que o sujeito conheça a química, o entendimento desse conceito se torna uma necessidade central.

Dentre as pesquisas revisadas sobre as concepções alternativas dos estudantes sobre reações químicas, Rosa e Schnetzler (1998) citam a de Andersson (1990), que agrupou essas concepções em cinco categorias citadas a seguir: *(a) desaparecimento* (durante uma reação química ocorre o mero "desaparecimento" de alguma(s) substância(s), *(b) deslocamento* (durante uma reação química pode ocorrer mudança de espaço físico da substância, isto é, ela pode desaparecer de um dado lugar simplesmente porque se deslocou), *(c) modificação* (conotação de mudança de estado físico ou de forma durante a transformação), *(d) transmutação* (representa uma série de transformações 'proibidas' na Química, como por exemplo: energia se transformando em matéria ou vice-versa, ou mesmo matéria se transformando em outro tipo de matéria, o que é permitido nas leis químicas), *(e) interação química* (do ponto de vista do processo de ensino-aprendizagem, é a mais desejável, indicando uma concepção dinâmica e corpuscular da matéria).

Em outra pesquisa, Justi (1998) estudou as dificuldades que os estudantes possuem em entender o significado científico da afinidade química, porque atribuem a principal causa de ocorrência de uma reação ao desejo de uma substância atrair outra, ou seja, a uma afinidade entre substâncias, que se expressa através da atribuição de sentimento de uma substância por outra. A partir desse estudo, a autora recomenda aos professores buscar uma maior interação com os estudantes, aproveitando essa

ideia inicial de afinidade, para apresentar os vários significados atribuídos ao termo ao longo do desenvolvimento químico, mas não como uma simples transmissão de informações históricas isoladas. O professor deverá aproveitar esse momento para mostrar o contexto em que tais ideias eram aceitas e o porquê de não serem hoje. Segundo a autora, os estudos sobre as contribuições da História e da Filosofia da Ciência para uma melhor aprendizagem no ensino de ciências têm crescido nos últimos anos. Ela destaca a importância de uma educação científica informada por uma abordagem histórico-filosófica que traz como consequência, a aproximação dos professores desse campo, buscando subsídios formativos que respaldem suas práticas pedagógicas.

Quando é oportunizado ao professor uma educação que contemple o *"ensino sobre ciências"* (MATTHEWS, 1995, p. 166), ele passa a ter uma visão mais crítica com relação ao papel social da Ciência e a sua natureza epistemológica, compreendendo, assim, o processo histórico social de sua construção e entendendo a natureza da Ciência, o que pode ajudá-lo na articulação entre os níveis do conhecimento químico durante as suas aulas.

Nery, Liegel e Fernandez (2007) apresentam dados que revelam que no ensino tradicional de Química, os estudantes estão sendo conduzidos a uma simples memorização de regras em sala de aula. No caso das reações químicas, essa memorização leva a uma total desarticulação entre os níveis macroscópico, simbólico e microscópico, sendo que, no nível simbólico, o estudante apenas representa a equação química, cujo significado acaba por se transformar em mero algoritmo. Segundo estes pesquisadores, essa memorização é decorrente de um ensino tradicionalista, voltado exclusivamente ao ingresso em Universidades públicas ou privadas que, nos seus

exames de admissão, cobram um conteúdo programático muito extenso, o que tem influenciado tanto a abordagem conteudista de boa parte dos livros didáticos quanto o próprio ensino. Neste contexto, o professor costuma propor atividades que se reduzem à utilização de algoritmos, exigindo do estudante apenas procedimentos mecânicos e memorização, tendo como consequência apenas a transmissão de conteúdos e dificultando a sua adequada compreensão. Apoiados em seus resultados, os pesquisadores recomendam uma reflexão sobre quais conteúdos básicos de Química devem ser ensinados.

Nardin, Salgado e Del Pino (2005) relatam a respeito da dificuldade que os estudantes possuem em entender o conceito de reação química: eles acreditam que tal dificuldade decorre da apresentação tradicional do conceito, que é feita através de uma abordagem mecânica, levando a uma aprendizagem memorística que dificulta a articulação entre os níveis macro, micro e simbólico. Segundo estes pesquisadores, a utilização de uma metodologia referenciada na teoria de David Ausubel, em modelos construtivistas sobre ligações químicas e mecanismo das reações entre compostos químicos, pode criar uma metodologia de ensino diferenciada e tornar a aprendizagem do tema reações químicas, mais significativa para estudantes do ensino médio. Esse aspecto também ressalta a importância de correlacionar os conteúdos respeitando uma ordem lógica de pré-requisitos para que o estudante domine aqueles conteúdos que são necessários para sua compreensão.

Concordando com o autor, percebemos que o ensino tradicional, proporciona uma subjetividade fragmentada que rompe com a unidade do conhecimento e as relações de superveniência (macro/micro) deixam de ser abordadas. Os estudantes, como já comprovado por outras pesquisas, não compreendem que substâncias se

transformam; os tipos de transformações (físicas e químicas) e suas evidências; não reconhecem os reagentes e produtos e a conservação de massa nas reações.

Esses resultados não são muito diferentes dos resultados obtidos pelos pesquisadores franceses Laugier e Dumon (2004), publicados no seu artigo “The equation of reaction a cluster of obstacles which are difficult to overcome”, o que indica que o ensino de reação química no Brasil não difere muito do ensino na França, como veremos a seguir.

Laugier e Dumon (2004) comentam a publicação de um estudo realizado pelo Ministério da Educação da França sobre as dificuldades que os estudantes secundaristas deste país apresentam em compreender os conceitos químicos. De acordo com este estudo, os estudantes não dominam a linguagem da Química, obtendo melhores resultados em testes envolvendo o uso de algorítmos. Eles concluíram que, enquanto a maioria dos estudantes consegue associar o nome de um elemento ou molécula ao seu símbolo químico, apenas 40% representam a fórmula química de um composto com uma compreensão clara da sua composição e menos de 20% conseguiram realizar a operação oposta. Para os autores, estaríamos nos enganando se acreditássemos que os estudantes seriam capazes de realizar, sem dificuldade, um processo intelectual, que levou séculos para cientistas construírem. Neste artigo, os autores apresentam também, as várias fases do desenvolvimento histórico dos conceitos relacionados ao de reação química. Eles destacam que para superar tais dificuldades é necessário que exista uma conexão entre os níveis: macroscópico e microscópico, entre o observável e o modelo, entre o concreto e o abstrato. Os autores propõem dois caminhos que podem ajudar os estudantes a entenderem melhor os conceitos químicos. Na primeira proposta eles sugerem que os

estudantes enfrentem situações problemas (trabalhar com modelagem). Neste caso, as atividades são organizadas em ações que permitam que os estudantes construam a sua própria representação da situação e esta representação se transforma em seu modelo para tomada de decisão. No processo de interação com o outro, se dá a fase de formulação, onde todos adotam uma linguagem comum; posteriormente, na fase de validação, as proposições são confrontadas ocorrendo a compreensão. Na segunda proposta, os autores sugerem que o ensino das Ciências deve mostrar como o conteúdo é desenvolvido. Para eles, o objetivo do ensino é dar significado ao conhecimento científico, trabalhando com textos históricos que mostrem a evolução dos conceitos ao longo dos anos, para melhor entender as transformações dos materiais.

Como vimos, as principais dificuldades identificadas nas várias pesquisas citadas sobre o tema foram:

♦ As explicações dos estudantes sobre reações químicas concentram-se no nível macroscópico;

♦ A transferência de aspectos observáveis no nível macroscópico para o nível microscópico impede que estudantes entendam e construam modelos explicativos que sejam coerentes com os modelos científicos;

♦ A abordagem encontrada nos livros didáticos tende a enfatizar aspectos quantitativos (matemáticos), relacionados ao conceito, em detrimento a uma abordagem qualitativa e conceitual, fazendo com que ao final da apresentação do conteúdo muitos estudantes tenham mais habilidade para utilizar algorítmos, revelando pouca compreensão do que ocorre em um sistema onde se supõe que esteja acontecendo uma reação química ao nível molecular.

♦ Falta de adequação no uso da linguagem química.

No capítulo seguinte apresentamos um apoio teórico para discutir a transposição didática do conceito de reação química.

CAPÍTULO 3

3 BUSCANDO APOIO TEÓRICO PARA DISCUTIR A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DO CONCEITO DE REAÇÃO QUÍMICA

3.1 Dimensões e níveis do discurso químico: a tríade fenômeno/teoria/representação

Faz-se necessário superar as propostas tradicionais do ensino de Química que centram sua abordagem em torno de conteúdos descontextualizados, pois devido a esta descontextualização, ocorre uma aprendizagem memorística, levando os estudantes a não se interessarem pelo estudo do conhecimento químico. Dessa forma, para minimizar essa falta de interesse, as propostas atuais de ensino devem considerar uma perspectiva de inter-relação entre fatos químicos e sua inserção no mundo, ou seja, deve existir uma articulação entre o conceitual e o contextual, bem como entre os níveis do conhecimento químico.

Muitas são as contribuições de diversos autores, em torno da problemática sobre o quê e como ensinar Química (JOHNSTONE, 1982; 2000; MORTIMER *et. al*., 2000; ROSA; SCHNETZLER, 1998; MACHADO, 1999; LEAL; MORTIMER; 2008 e LEAL, 2009, dentre outros).

Johnstone, no artigo intitulado: *Macro and micro-chemistry*, publicado em 1982, explicita três diferentes níveis do conhecimento químico. Dois deles: o macroscópico e o microscópico tratariam de aspectos reais, e terceiro: o simbólico aborda o aspecto representacional. Para ele, quando se trabalha com essa linha de pensamento, estará sendo considerada a natureza do conhecimento químico. Essa linha de pensamento de Johnstone vem sendo apresentada e discutida em artigos de pesquisa e documentos

curriculares a partir de um esquema triangular que destaca a articulação dos três níveis ou aspectos.

A articulação proposta por Johnstone (1982) foi sintetizada na figura 1 abaixo representada na forma de triângulo, como uma forma de abordagem que envolve a inter-relação entre os três níveis. A representação desse triângulo destaca e relaciona as especificidades dos modos de compreender, elaborar, possibilitar e entender a natureza do conhecimento químico.

Figura 1. Objetos de forma de abordagem do conhecimento químico. (Fonte: MORTIMER, MACHADO E ROMANELLI, 2000, p. 277)

O ensino de Química desvinculado dessa inter-relação pode levar o estudante a apresentar dificuldades na compreensão dos limites e continuidades entre o real e o representacional. Verificam-se pelo menos duas situações em que isto pode acontecer: Uma delas é: *"a ausência dos fenômenos nas salas de aula pode fazer com que alunos tomem por reais as fórmulas das substâncias, as equações químicas e os modelos para a matéria"* (MORTIMER *et. al*., 2000, p. 277).

Outra situação acontece quando, o ensino de fenômenos isolados *"impede que os(as) alunos(as) construam modelos explicativos coerentes que se aproximem mais dos modelos científicos"* (ROSA e SCHNETZLER, 1998, p. 34).

Propomos um outro triangulo (figura 2) para representar os objetos de estudo, para sugerir considerações interessantes em relação a temas do conteúdo químico. O conhecimento das substâncias e dos materiais diz respeito às suas propriedades, que por sua vez, levam ao conhecimento e envolvimento de diversos modelos que constituem um mundo microscópico que se imagina ser formado de partículas (átomos. Moléculas, íons), suas organizações e suas interações. Essa articulação oferece subsídios importantes para a compreensão das transformações dos materiais (das reações químicas).

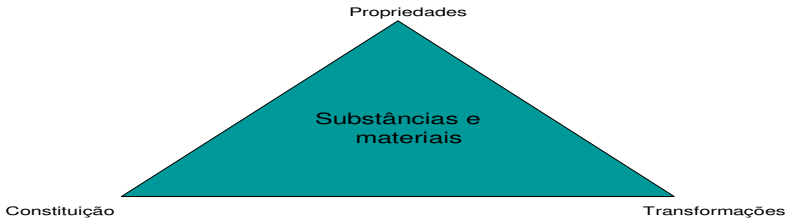


Figura 2. Objetos de estudo do conhecimento químico. (Fonte MORTIMER, MACHADO E ROMANELLI, 2000, p. 276).

Nesta linha de pensamento, ao final do processo de ensino, os estudantes devem compreender as reações como processos que envolvem quebra de ligações de substâncias reagentes, através de rearranjo de átomos, com formação de novas ligações, originando outros materiais com propriedades diferentes das iniciais.

Ainda em relação a este assunto, Santos (2007) afirma que:

> Envolvendo tais aspectos conceituais, as diferentes formas de abordagem possibilitam ao estudante o desenvolvimento de habilidades e atitudes de investigação e compreensão acerca dos fenômenos associados à Química. Tais aquisições baseiam-se na convivência com a linguagem simbólica/representacional dessa ciência e na apropriação de conceitos e sistemas teóricos que capacitam o aluno a dar explicações lógicas dentro desse campo de estudo e dos fenômenos que o cercam em sua vida em sociedade (CBC, 2007 *apud* SANTOS, 2007, p. 19).

Para compreender o sentido pleno de uma reação química, o estudante deve ser capaz de passar da *situação observada* (os fenômenos tangíveis, *no nível macroscópico:* o que pode ser visto, tocado ou sentido), para o domínio do *modelo,* onde o comportamento das substâncias é descrito em termos de representações que envolvem o nível microscópico (átomos, moléculas, íons e suas estruturas) e finalmente, depois de passar por essas duas etapas, o estudante deverá ser capaz de traduzir por meio de equações (*registro de representações simbólicas:* os elementos, fórmulas, equações, quantidade de matéria, e assim por diante) (JOHNSTONE, 1982; 2000; LARCHER, 1994 *apud* LAUGIER; DUMON, 2004).

3.1.2. Nível macroscópico (fenomenológico)

Em um nível fenomenológico há uma descrição macroscópica dos fenômenos observados, a exemplo de ebulições, erupções, o aparecimento de turvações e

precipitações, mudanças de coloração do meio, que são percebidos diretamente pelos nossos sentidos, ou através de instrumentos.

Os aspectos fenomenológicos do conhecimento químico englobam a dimensão macroscópica. De acordo com Mortimer, Romanelli e Machado:

> O aspecto fenomenológico diz respeito a fenômenos de interesse da química, sejam aqueles concretos e visíveis, como a mudança de estado físico de uma substância, sejam aqueles a que temos acesso apenas indiretamente, como as interações radiação-matéria que não provocam um efeito visível, mas que podem ser detectadas na espectroscopia (MORTIMER; ROMANELLI; MACHADO, 2000, p. 276)

Neste nível a reação química pode ser definida como um processo que modifica as propriedades das substâncias envolvidas, processo este onde a massa é conservada, assim como os elementos que constituem os compostos. As substâncias são caracterizadas por suas propriedades físicas e químicas (LAUGIER; DUMON, 2004).

Para Machado (1999), o nível macroscópico envolve conceitos do conhecimento que são passíveis de uma maior concretização, como também de análise ou determinações das propriedades dos materiais envolvidos e de suas transformações. Sob esse ponto de vista, é possível trabalhar com as reações químicas, considerando o fenomenológico, no que elas têm de mais visível e mensurável. Propomos na figura 3 um diagrama conceitual para o nível macroscópico.

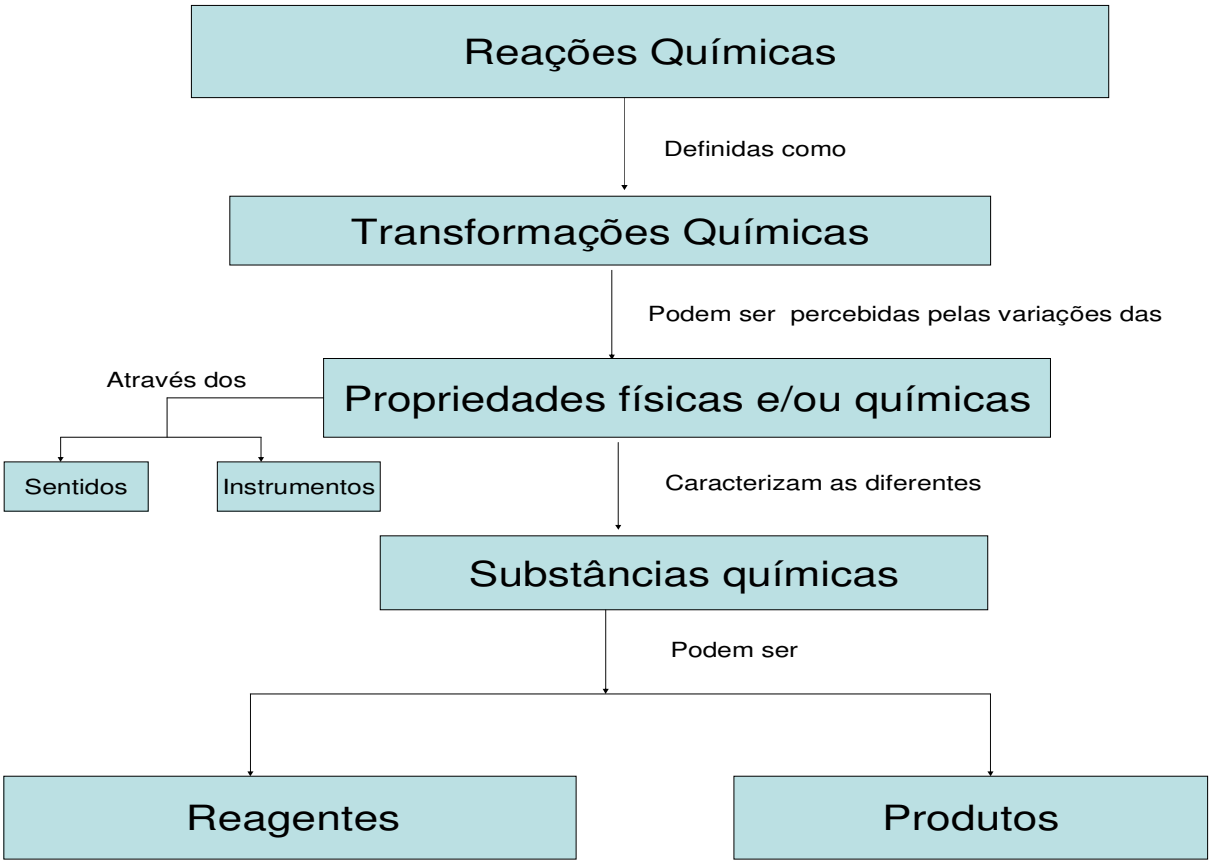


Figura 3. Diagrama conceitual para o nível macroscópico.

3.1.3. Nível microscópico (teórico)

Neste nível as reações são explicadas com base em modelos corpusculares envolvendo movimento e interações entre as partículas (átomos, íons e moléculas). As reações químicas tornam-se um processo de reorganização (rearranjo) dos átomos das substâncias originais, onde a quantidade e a identidade dos átomos são conservados (LAUGIER; DUMON, 2004).

De acordo com Jensen (1998), a reação química envolve interações dos elétrons que pertencem aos átomos participantes do processo. Quando ocorre essa interação, acontece o rearranjo dos átomos, onde ligações químicas são rompidas e novas ligações são formadas, havendo troca de energia, o que pode ser mensurado a partir de um balanço energético.

Neste caso, o conhecimento químico deve apresentar as informações de natureza microscópica, e os conhecimentos inerentes a esse nível têm como função explicar e fazer previsões relacionadas com o fenômeno percebido, ou seja, com o nível macroscópico. Propomos na figura 4 um diagrama conceitual para o nível microscópico.

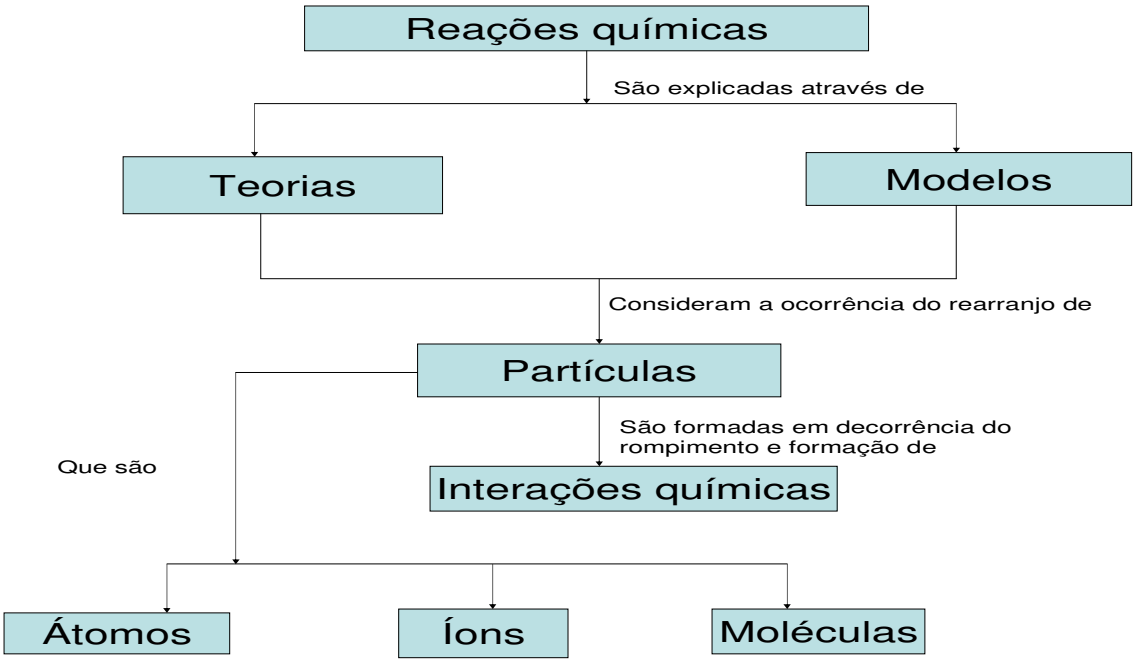


Figura 4. Diagrama conceitual para o nível microscópico.

3.1.4. Nível simbólico (representacional)

O aspecto representacional compreende informações inerentes à linguagem química, tais como as fórmulas das substâncias, equações químicas, representações de modelos e estruturas moleculares, gráficos e equações matemáticas, como também diagramas e animações no computador (CHANDRASEGARAN; TREAGUST; MOCERINO, 2007). Porém, essa linguagem não é importante apenas para registrar de forma mais simplificada o fenômeno, mas também, porque pode simbolizar o equilíbrio dinâmico que acontece em escala microscópica quando moléculas ou átomos colidem, originado rompimentos e formações de novas interações e consequentemente, os produtos (MACHADO, 1999).

Baseado na proposta de Johnstone (1982) e considerando a articulação entre os dois triângulos representados anteriormente, na Figura 1, podemos ter uma boa opção para orientar o trabalho didático em sala de aula. Aliando essa articulação à uma abordagem histórica, teremos uma ferramenta para trabalhar no sentido de pensar e falar sobre as reações químicas. Segue abaixo, uma proposta na figura 5 de um diagrama conceitual para o nível simbólico.

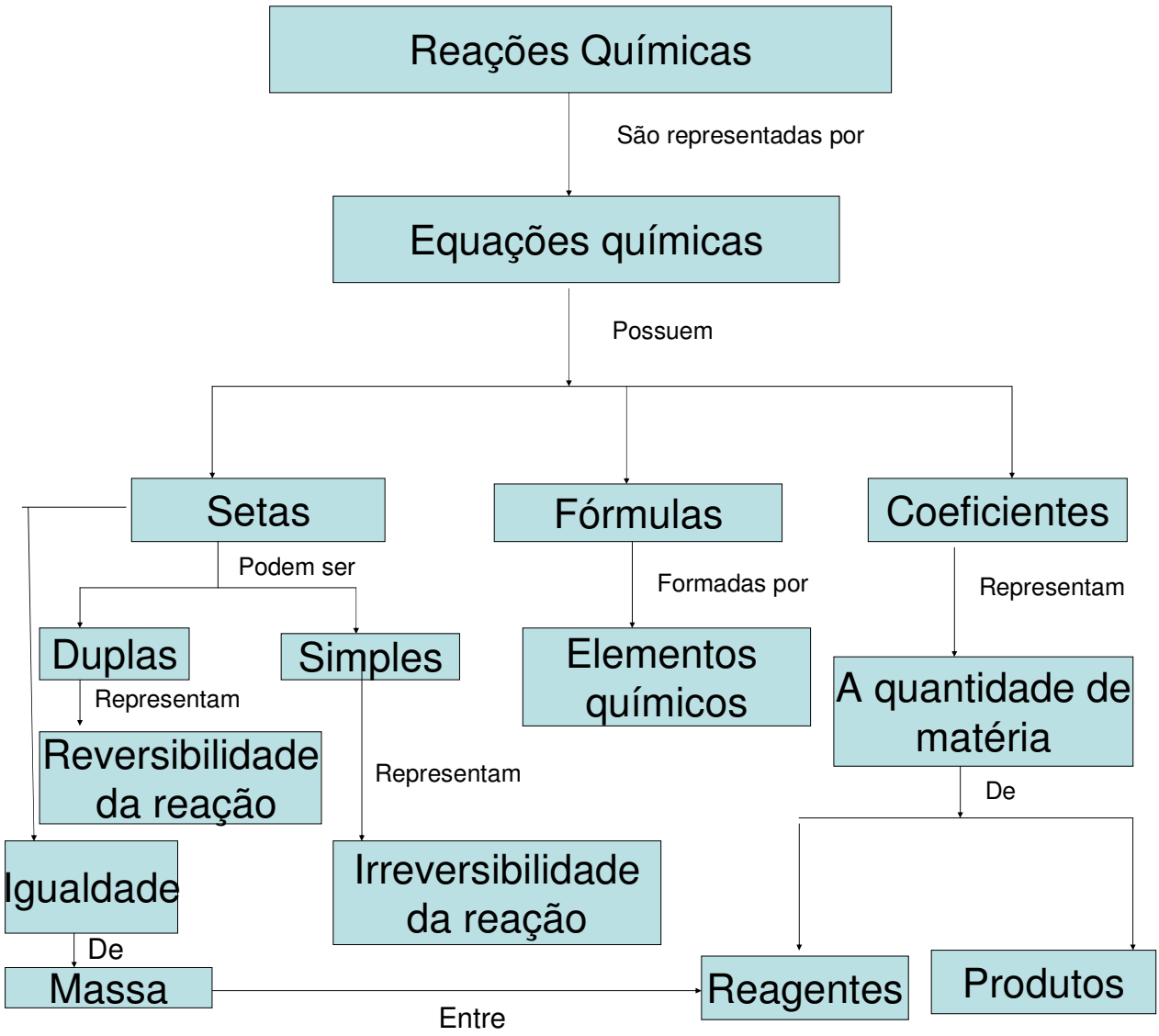


Figura 5. Diagrama conceitual para o nível simbólico.

Quando destacamos as relações vistas acima entre os três elementos do triângulo (macroscópico, microscópico e simbólico), como também os aspectos referentes à transformação das substâncias e dos materiais, estamos assumindo

perspectivas diferenciadas que, articuladas, irão constituir novas formas de falar e pensar sobre as reações químicas.

De acordo com Andrade Neto *et al.* (2009) a simbologia na química tem que ser vista como uma maneira de facilitar a compreensão de aspectos abstratos inerentes ao assunto. O significado dos símbolos deve ser apresentado correlacionado com a teoria sobre o assunto abordado, familiarizando o estudante não só com o conteúdo, mas também com a linguagem que está sendo utilizada. Ocorrendo o domínio da linguagem, é possível a manipulação de sistemas de símbolos e a compreensão dos aspectos teóricos.

O atual conhecimento de química e em especial o de reação química requer uma combinação simultânea do que pode ser visto (nível macroscópico) e o que deve ser imaginado para explicar o que não pode ser visto (nível microscópico), além disto, muitas reações não possuem atributos perceptíveis, o que provoca dificuldades a seu entendimento. Como exemplo, podemos citar a falta de mudança de uma propriedade diretamente percebida pelos sentidos, como a cor ou o odor, quando uma solução de ácido clorídrico (um líquido transparente) é misturado com uma solução de hidróxido de sódio (um outro líquido com a mesma aparência) resultando num líquido de aparência idêntica.

3.2 Teorias sobre a Transposição Didática

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN_s) evidenciam que deve haver transposição didática dos conhecimentos científicos produzidos academicamente, pois o saber como é produzido nos centros de pesquisa e nos laboratórios não é o mesmo

saber presente em nossas salas de aula. Ele deve passar por uma adequação ao público alvo a que se destina, porque os estudantes do nível médio não são capazes de compreender e apreender conteúdos e conceitos, na forma como são produzidos pelos cientistas.

A transposição didática é uma ferramenta pelo qual analisamos o movimento do saber sábio (aquele que os cientistas constroem) para o saber a ensinar (aquele que está nos livros didáticos) e, por este, ao saber ensinado (aquele que realmente acontece em sala de aula). Ela pode ser entendida como a passagem do saber científico ao saber ensinado. Tal passagem, entretanto, não deve ser compreendida como apenas uma mudança de lugar. Supõe-se essa passagem como um processo de transformação do saber e não como uma simples simplificação ou adaptação do conhecimento, podendo dessa forma ser entendida como uma produção de novos saberes.

A ideia de transposição didática foi primeiramente utilizada pelo sociólogo Michel Verret, em 1975. Na década de oitenta, a teorização e divulgação desta ideia aconteceu graças à importante contribuição do pesquisador francês Yves Chevallard (1991), que a sistematizou e aplicou na forma de uma teoria, no domínio da matemática. Este pesquisador faz parte do grupo de teóricos da educação que trabalha na perspectiva da epistemologia escolar, utilizando-a para a compreensão dos processos de ensino e de aprendizagem.

Chevallard (1991) define transposição didática como um instrumento eficiente para analisar o processo através do qual o saber produzido pelos cientistas, o saber sábio (savior savant), se transforma naquele que está inserido nos programas e livros

didáticos o saber a ensinar (savior à enseigner) e, principalmente, naquele que realmente aparece nas nossas salas de aula, o saber ensinado (savior enseigné).

O estudo da trajetória desses saberes permite visualizar suas fontes de influências que contribuem na redefinição de aspectos conceituais e também na reformulação de sua forma de apresentação. O conjunto dessas fontes na seleção dos conteúdos recebe o nome de noosfera que, segundo Chevallard, fazem parte: cientistas, professores, especialistas, políticos, autores de livros e outros agentes que interferem no processo educativo. O resultado da influência da noosfera condiciona o funcionamento de todo o sistema didático[1], pois o trabalho seletivo resulta não só na escolha de conteúdos, como também na definição de valores, objetivos e métodos, que conduzem o sistema de ensino.

Brockington e Pietrocola (2005) consideram que a noosfera é o centro operacional do processo de transposição, onde se delimita competências, responsabilidades e poderes de cada indivíduo envolvido nesse processo. É na noosfera que se tenta definir os currículos, fazendo recortes e vendo o que se mantem do saber sábio e como operar a transformação desse saber para a sala de aula.

Refletir sobre o processo de construção dos conteúdos de ensino pela via da epistemologia, a partir da teoria defendida por Chevallard significa interpretar a mediação didática como um movimento específico, cuja dinâmica precisa ser descoberta.

De acordo com Marandino (2004), o livro: *A didática das ciências*, de Astolfi e Develay (1995) foi um dos trabalhos publicados que mais divulgou o conceito de

---

[1] Essa é uma noção definida por Chevallard (1991, p.15) que envolve o professor, o aluno e o saber através de uma relação didática.

transposição didática entre os pesquisadores de ensino das ciências no Brasil. Sobre a transposição didática, esses autores defendem a existência de uma epistemologia escolar, que esteja atenta aos aspectos históricos das ciências, baseada na ideia de ruptura e obstáculo e que promove a relação entre epistemologia e didática, uma vez que, na escola o saber sábio sofre uma mudança em seu estatuto epistemológico e, dessa forma, o que se ensina nela não seriam saberes em estado puro, mas sim conteúdos de ensino.

Nessa obra, Astolfi e Develay, propõem a sistematização da transposição didática, afirmando, que outros determinantes pesam quando está se elaborando o currículo. Esses determinantes são as práticas sociais de referência, os níveis de formulação de um conceito e as tramas conceituais.

Segundo Astolfi e Develay (1995), quando ocorre essa transposição, o saber sábio perde sua natureza sofrendo algumas modificações, pois se encontra deslocado da rede relacional que estabelece com os outros conceitos, ocorrendo *"uma despersonalização e uma descontemporialização dos conceitos, quando se tornam objetos do ensino"* (ASTOLFI; DEVELEY, 1995, p. 48). Concordando com estes autores, percebemos que essas modificações podem ser fatores geradores de erros conceituais nos manuais e em livros didáticos, principal meio de divulgação dos conteúdos científicos produzidos, após a sua didatização, que lhes confere um novo status epistemológico. Neste processo, existe o perigo da natureza do conhecimento ser alterada, perdendo assim a dimensão real dos problemas enfrentados pelos cientistas durante suas investigações e análises.

Segundo Lopes (2007), a passagem desse conhecimento científico para o contexto escolar é efetivamente um processo de transformação, afinal se a ciência é

uma produção coletiva contextualizada socialmente, a retirada de conhecimentos científicos desse contexto implica na transformação desses conhecimentos.

Para Lopes, *"os saberes científicos são saberes historicamente legitimados, tanto por processos internos das ciências quanto pela vinculação das finalidades científicas às finalidades econômicas"* (2007, p.187).

Ainda, segundo Lopes, antes mesmo de sua chegada à escola essa transformação se inicia, tanto no que diz respeito a sua epistemologia, quanto no que concerne às suas finalidades sociais. Neste caso o conhecimento escolar expressa um conjunto de interesses, de relações e de poder de um dado momento histórico e nessa construção do conhecimento escolar fazem parte o processo de seleção e a organização dos conteúdos.

Examinar a estrutura do saber ensinado é estudar como se forma, como se escolhe e qual é o saber que vai para as salas de aula (saber ensinado). Nosso argumento para a inserção de uma abordagem fundamentada na História e Filosofia da Ciência é que ela serve de auxilio na transposição didática dos conceitos, pois essa inserção ajuda a fornecer elementos para uma reflexão mais critica do ensino de Ciências, o que exige conhecimentos que vão além do conteúdo específico. Usar o conceito de transposição didática é assumir que o conhecimento escolar difere do conhecimento científico, que ele está envolvido num contexto muito mais complexo e isso exige do professor conhecimentos que o ajudem a dar conta dessa complexidade.

Como visto acima, a transposição didática estabelece a existência de três esferas ou níveis para o saber: o saber sábio, o saber a ensinar e o saber ensinado (CHEVARLLARD, 1991). A seguir, vamos caracterizar cada um desses níveis.

3.2.1 As esferas do saber: o saber sábio, o saber a ensinar e o saber ensinado

O Saber Sábio

O Saber Sábio diz respeito ao saber original, aquele saber que é tomado como referência na definição da disciplina escolar. Na esfera do saber sábio temos a produção do conhecimento, os cientistas e os intelectuais. Considerando que é neste grupo que o conhecimento científico é produzido, a sua primeira transposição ocorre no momento em que seus atores têm que comunicar aos pares suas produções individuais, ou de seus grupos, na busca de um consenso.

O Saber Sábio é, então, aquele que aparece em revistas especializadas, congressos ou periódicos científicos. Entretanto, mesmo que se espere que os membros desta esfera tenham opiniões divergentes, seus trabalhos são construídos respeitando um padrão determinado por uma comunidade científica. Por isso, o Saber Sábio possui especificidades intrínsecas à sua área de formulação, como termos técnicos de uso restrito daquela área, tornando-se inadequado para o ensino. É este saber, socializado através dos periódicos da área, nos congressos, que Chevallard chama de sábio.

É no saber sábio que os elementos a serem transpostos para o saber a ensinar são buscados. Os grupos envolvidos nessa etapa são os mais diversos: professores, pesquisadores em educação, editores de livros didáticos, e a sociedade em geral. Cabe a esses grupos a escolha de quais partes dos saberes científicos deverão ser levadas para as escolas e quais estarão presentes nos currículos oficiais.

O Saber a Ensinar

Esta esfera do saber abrange autores de livros didáticos, especialistas das disciplinas, professores, a esfera governamental envolvida com a educação, pais dos estudantes e a opinião pública; tais entidades são responsáveis pela transformação do saber sábio em saber a ensinar. Ao ser transposto para o ambiente escolar, o saber sábio passa por uma descontextualização, perdendo seu contexto original, através de um processo que Chevallard chamou de despersonalização. O saber passa por uma linearização e mais do que isso, é modificado para ser inserido dentro de um discurso didático que tem suas regras e linguagens próprias. Com isso ele perde o contexto de sua origem e passa a ser veiculado em um novo contexto.

A esfera do saber a ensinar tem uma composição bastante heterogênea. Esta heterogeneidade pode ser uma fonte de conflitos, visto que seus membros buscam sempre defender seus interesses, que nem sempre estão em sintonia entre si. Tais conhecimentos deverão ser didatizados para serem apresentados aos estudantes. O Saber a Ensinar se constitui, portanto, no saber que aparece nos programas, livros didáticos e materiais instrucionais utilizados durante o processo de ensino.

Ao contrário do saber sábio, que depois de ser aceito pela comunidade científica se torna parte da cultura da humanidade, o saber a ensinar e seus objetos podem não sobreviver até o final do processo da transposição didática. Seus conteúdos podem cair em desuso no contexto escolar ou podem ser banalizados no contexto sócio-cultural, sofrendo pressões de grupos provenientes da noosfera, fazendo com que sejam descartados. Contudo, essas ações têm um único objetivo, que é melhorar o ensino e aumentar a aprendizagem.

O Saber Ensinado

A transposição didática que transforma o saber a ensinar em saber ensinado ocorre no próprio ambiente escolar, e pode ser entendida como uma transposição mais interna. O saber ensinado é aquele que é produzido na sala de aula, porém esse saber não necessariamente coincide com o saber que está presente nos livros e programas, ou seja, com o saber a ensinar, pois na esfera do saber ensinado predominam, também, crenças e valores envolvidos no trabalho do professor em sua prática diária, bem como dos próprios estudantes. Segundo Alves Filho:

> O fato de o saber a ensinar estar definido em um programa escolar ou em um livro texto não significa que ele seja apresentado aos alunos desta maneira. Assim identifica-se uma segunda Transposição Didática, que transforma o saber a ensinar em saber ensinado (ALVES-FILHO, 2000, p.220)

Na composição desta esfera encontram-se os estudantes, proprietários de estabelecimentos de ensino, os supervisores e orientadores educacionais, a comunidade dos pais e, principalmente, os professores, aos quais, desde o momento em que preparam suas aulas, cabe fazer a mediação entre os interesses dos membros desta esfera e os fins didáticos de sua prática, agindo no sentido de tornar os conhecimentos científicos ensináveis.

Segundo Perrenoud (1999), o professor desenvolve um processo criativo de reconstrução do saber sábio, passando a produzi-lo artesanalmente e tornando-o instrumento passível de verificações dentro de sistemas de comunicações. Embora Perrenoud não conceitue a transposição didática na perspectiva de Chervellard, é

possível perceber similaridade entre as duas conceituações em relação ao papel que o professor tem na relação com o saber ensinado.

Para Marandino (2004), o processo de transformação do conhecimento científico pela transposição didática constitui-se em adaptação ou simplificação, com o objetivo de compreender novos saberes por meio desse processo. Embasada em Chevallard, Marandino considera que os saberes se constituem através das práticas sociais; embora reconheça que nem todos os saberes cheguem a serem legitimados com o status de saber sábio. Somente a legitimação cultural, por meio da legitimação epistemológica, é que os tornam reconhecidamente saberes.

De acordo com os autores acima, os três saberes (Sábio, a Ensinar e Ensinado) devem estar próximos uns dos outros. Um aspecto necessariamente presente no ensino de qualquer ciência é o da coerência entre o Saber Ensinado e o Saber Sábio.

Segundo Lima Tavares e El- Hani (2001):

> Não é concebível, da perspectiva em que compreendemos o ensino das ciências, que o saber ensinado, mesmo considerando-se sua necessária diferença relativamente ao saber sábio, não guarde uma relação significativa com o conhecimento científico estabelecido. Afinal, é desta relação que o saber ensinado deriva uma parte importante de sua legitimidade (LIMA TAVARES; EL-HANI, 2001, p. 301).

Concordamos com Tavares e El-Hani quando defendem a permanência de uma coerência entre o que há no saber sábio e o saber ensinado num campo científico, numa determinada época. Nesse sentido o saber ensinado deve não apenas guardar uma relação com o saber sábio, mas ter um discurso tal que não perca sua legitimidade, um discurso que seja apoiado pelo saber sábio.

A existência desses três saberes que se comunicam pedagógica e didaticamente apresenta interesses distintos e influencia epistemologicamente o conhecimento ao

longo de seu processo de transposição nos diversos contextos de comunicação, em situações de ensino-aprendizagem.

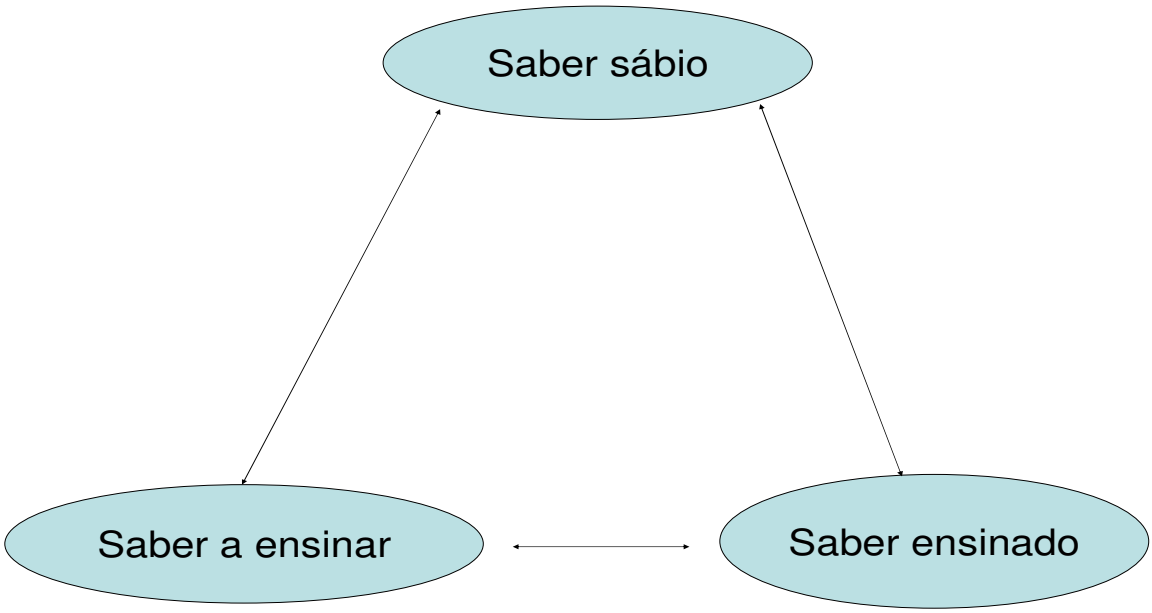


FIGURA 6 – Relação entre os saberes

Os agentes que integram as três esferas do saber aqui caracterizadas na figura 6 compreendem grupos sociais e interesses bastante distintos, que influenciam significativamente nas mudanças sofridas pelo saber no seu percurso epistemológico. Ao longo dessa trajetória, ou seja, do ambiente científico à sala de aula, as três esferas coexistem e se influenciam.

É impossível abordar separadamente essas esferas, em qualquer contexto epistemológico. Se estivermos preocupados com o saber ensinado, temos que voltar nossa reflexão para o saber sábio, porque é com base nele que se dá a elaboração discursiva do saber a ensinar.

Porém nem todos os saberes do domínio do Saber Sábio farão parte do cotidiano escolar. Discutindo esta questão a pesquisadora Lopes (1997), defende que se deve utilizar o termo mediação didática em substituição a transposição didática, pois, para ela esse termo tende a ser associado à ideia de reprodução, *"movimento de transportar de um lugar a outro, sem alterações"* (LOPES, 1997, p.564). Ela defende a sua ideia de adaptação do conhecimento científico, denominando este processo de (re) construção de saberes na instituição escolar de mediação didática. Para a autora, nesse processo de (re)construção, o conhecimento científico ao ser adaptado para o conhecimento escolar deveria mostrar a forma complexa do processo de sua construção.

No processo de transposição se perde a historicidade do conceito, pois um elemento do conhecimento científico quando deslocado do seu contexto e dos conceitos com os quais constitui uma rede conceitual, tem sua natureza modificada; dessa forma, o saber ensinado pode aparecer como um saber sem origem, sem produto e sem lugar.

Há, pois, uma distância temporal do saber sábio, ao saber ensinado e isso pode passar a falsa ideia de que a transposição didática é algo ruim, que destrói parte do conhecimento científico, o que contribui para que se tenha uma concepção equivocada da natureza da ciência. No entanto, a transposição é necessária, pois ela é parte constitutiva do processo de produção e socialização do conhecimento. A importância

em compreendermos os mecanismos da transposição didática é para que sejamos mais críticos na nossa ação, seja qual for o papel que representemos na noosfera.

3.3 Abordagem Histórica

Nas últimas décadas, muitos educadores têm buscado alternativas para melhorar o ensino de ciência e uma destas importantes alternativas tem sido a utilização da História das Ciências através da abordagem histórica dos conteúdos. Esta é uma tendência que tem encontrado apoio nas novas políticas educacionais de diferentes países. No Brasil, uma das orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN_S, 1999) para uma educação em Química de qualidade é trabalhar os conteúdos com a inserção da História da Química como forma de superação do modelo de racionalidade técnica que tem exercido grande influência sobre o ensino dessa ciência.

Esta nova abordagem deveria permear todo o ensino de Química, possibilitando a compreensão do processo de elaboração desse tipo de conhecimento, com seus avanços, erros e conflitos. Ainda, de acordo com os PCN_S, a utilização da História das Ciências pode possibilitar um ensino mais crítico, questionando a imagem de uma Ciência reveladora de verdades inabaláveis.

Embora os argumentos favoráveis a uma abordagem da História e Filosofia da Ciência no contexto do ensino tenham merecido uma maior atenção em meados dos anos 60, do século XX, Freire Jr. (2002) aponta que a defesa da importância deste tipo de abordagem no ensino de ciência não é nova, porque desde o século XIX são identificados alguns estudos relevantes neste campo. Em relação a este assunto,

Matthews (1995) aponta que iniciativas de incorporar a História e a Filosofia das Ciências na educação científica são muito oportunas, uma vez que, podem:

> humanizar as ciências e aproximá-las mais dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; contribuir para uma maior compreensão dos conteúdos científicos, isto é, podem contribuir para a superação do "mar de falta de significação" que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde se recitam fórmulas e equações, mas poucos conhecem seus significados; melhorar a formação dos professores contribuindo para uma epistemologia mais rica e mais autêntica, isto é, um melhor conhecimento da estrutura da ciência e seu lugar no marco intelectual dos fatos (MATTHEWS, 1995, p. 165).

Muitos educadores de diferentes países, inclusive do Brasil, têm reconhecido a importância da utilização da História das Ciências em todos os níveis do ensino. Diversas pesquisas nesta área revelam que uma abordagem contextual, ou seja, uma abordagem dos conteúdos científicos, informada pela História e Filosofia, funciona como um antidoto ao dogmatismo do ensino de ciência e evita a simples memorização dos conceitos, bem como uma visão deformada da ciência (FREIRE JR., 2002; MATTHEWS, 1995; OKI; MORADILLO, 2008; PAIXAO; CACHAPUZ, 2003; GRECA; FREIRE, 2004; ASTOLFI; DEVELAY, 1995).

Para esses pesquisadores, o ensino focado na História da Química e na Filosofia da Ciência, visa propor abordagens alternativas que contribuam para diminuir as dificuldades que os estudantes apresentam na aprendizagem de determinados conceitos químicos. Para eles o principal objetivo da educação em química é ajudar os estudantes a construir um entendimento significativo da natureza e das transformações da matéria. Sendo assim, o conhecimento de onde estas ideias vêm e como elas foram construídas através do tempo poderá ser útil aos estudantes na construção desse entendimento.

A abordagem histórica possibilita a percepção de um desenvolvimento progressivo, mas com avanços e recuos, revelando uma não linearidade do progresso do conhecimento científico e a compreensão de que as teorias não se constituem apenas por adição de fatos novos, mas também por rupturas, possibilitando uma maior criticidade, o que é crucial para a formação do pensamento científico (ASTOLFI; DEVELAY, 1995).

Segundo Lopes (1999), a História da Ciência é capaz não só de ajudar os estudantes a compreenderem mais claramente os conceitos científicos, más também permitir questionar a visão que o senso comum tem do conhecimento científico como um conhecimento derivado da experiência e da observação imediata. Além de desconstruir a ideia de ciência como um conhecimento acabado, definitivo, restrito aos cientistas.

Contudo, alguns pesquisadores chamam a atenção para o modo indevido como a abordagem histórica pode ser utilizada didaticamente (FREIRE JR, 2002, MATTHEWS, 1995, MELO; CRUZ, 2008). De acordo com esses pesquisadores, os obstáculos à abordagem histórica do ensino de ciência surgem com diferentes ênfases e dependem do contexto educativo inerente ao trabalho do professor que, em muitos casos, utiliza uma pseudo-história, simplificando, reconstruindo e resignificando os fatos e episódios científicos, inadequadamente, em decorrência de não conhecer a Natureza da Ciência, bem como a própria História.

Para Matthews (1995), os que defendem uma abordagem contextual estão optando por um ensino em e sobre ciência e uma formação mais ampla que inclua diversos contextos como: o tecnológico, o ético, o social, o histórico e o filosófico. Desse modo, os estudantes aprendem não somente os conteúdos das Ciências, mas,

também, como o conhecimento científico é construído, ou seja, passam a entender a própria *"Natureza da Ciência"* (MATTHEWS, 1995, p. 165).

No Programa Nacional de Livro Didático (PNLD) o conhecimento científico é apresentado como uma construção humana e social (BRASIL, 2007), assim sendo, este Programa recomenda que a não neutralidade do conhecimento científico inerente à evolução das ideias científicas deva ser explicitada, especialmente através do livro didático, que desempenha um importante papel na divulgação deste conhecimento.

Diante do exposto, fica claro que é de grande importância se conhecer as orientações relacionadas à História da Ciência que aparecem nos livros didáticos, para podermos analisar os possíveis impactos, contribuições ou distorções da dimensão histórica no estudo de determinado tema, pois a abordagem histórica nos *"esclarece sobre as condições de produções do saber"* (ASTOLFI; DEVELAY, 1995, p. 26).

Defende-se neste trabalho que os livros didáticos poderiam desenvolver o tema, reação química, utilizando-se a História e Filosofia da Ciência, explorando assim as principais características do desenvolvimento da Ciência que são: o processo de construção das teorias científicas pelos cientistas, o papel da comunidade científica na aceitação ou rejeição destas teorias e o processo da troca de uma teoria por outra. Por exemplo, ao abordar as dificuldades na aceitação de uma nova teoria, tanto o professor quanto o estudante que utilizam o livro didático, podem verificar que este processo, às vezes, pode durar longos anos. Se a aceitação de uma nova teoria foi tão difícil para os próprios cientistas, maior atenção deveria ser dada a ela, principalmente por parte do professor ao planejar as suas estratégias de ensino.

3.4 O livro didático de Química como objeto de pesquisa

3.4.1 O livro didático e o professor

Desde a implantação do ensino público secundário no Brasil, em 1838, os materiais didáticos: apostilas, compêndios, livros didáticos ou cadernos de trabalho, utilizados nos colégios desempenharam um importante papel no ensino de ciências, influenciando a metodologia empregada pelos professores em sala de aula, uma vez que, selecionavam e organizavam os conteúdos de acordo com os objetivos propostos para tais materiais (LORENZ; BARRA, 1986).

Freitag *et al*. (1987) sinalizam que as primeiras iniciativas que asseguraram a divulgação e distribuição de obras educacionais, científicas e culturais datam da década de 1937, com a criação do Instituto Nacional do Livro (INL) pelo ministro Gustavo Capanema. O livro didático foi definido pela primeira vez através do decreto lei 1.006, de 30/12/1938, que em seu artigo 2º afirmava:

> Para os efeitos da presente lei, são considerados livros didáticos os compêndios e os livros de leitura de classe.
> § 1.º Compêndios são os livros que exponham, total ou parcialmente, a matéria das disciplinas constantes dos programas escolares.
> § 2.º Livros de leitura de classe são os livros usados para leitura dos alunos em aula (ECHEVERRIA *et al*, 2008, p.268).

Ao longo da história, os professores têm estabelecido diferentes relações com estes manuais. Segundo Bittencourt (1997), no século XIX, os livros didáticos eram produzidos visando basicamente os docentes, que tinham no livro a essência de suas aulas, considerando o seu uso imprescindível. Ainda hoje, o livro didático continua desempenhando um importante papel na transmissão de conhecimentos científicos,

uma vez que ele pode ser entendido como a espinha dorsal do processo de ensino e aprendizagem, apresentando a seleção de conteúdos considerados relevantes e apropriados à série escolar para qual foi elaborado. A sua escolha deve levar em conta a sua adequação ao currículo organizado pela escola, devendo ter uma forma de apresentação conforme a seqüência considerada própria a sua utilização (ARAUJO NETO; SANTOS, 2001).

Ainda, segundo Bittencourt (1997), para muitos professores, o livro didático é o espelho para a sua aula, pois seu planejamento é feito tendo como única referência o livro. Para outros, esse manual, por simplificar demais os temas, pode ser um empecilho para o desenvolvimento das capacidades cognitivas dos estudantes, pois oferece um conhecimento sem questionamentos, uma ciência constituída de verdades absolutas.

O livro didático tem sido o foco de algumas investigações e se constituído como importante objeto de pesquisa, em função da sua ampla utilização pelos professores como única fonte de consulta e de estudo na preparação das suas aulas e até mesmo como único recurso didático usado tanto pelo professor quanto pelo estudante. Bittencourt (1997) salienta que:

> O livro didático é um depositário dos conteúdos escolares, suporte básico e sistematizador privilegiado dos conteúdos elencados pelas propostas curriculares, é por seu intermédio que são passados os conhecimentos e técnicas consideradas fundamentais de uma sociedade em determinada época. O livro didático realiza uma transposição do saber acadêmico para o saber escolar no processo de explicitação curricular (BITTENCOURT, 1997, p. 72).

As pesquisas realizadas tendo como objeto de investigação o livro didático, têm identificado diversos problemas nos manuais destinados ao ensino das Ciências e da

Química em particular, no nível médio, a exemplo de: uniformidade dos textos (FRANCALANZA, 1992), erros conceituais cometidos (TIEDEMANN, 1998), desatualização do conhecimento químico (MORTIMER, 1988), utilização inadequada de analogias e metáforas (MONTEIRO; JUSTI, 2000; LOPES, 1992), presença de obstáculos epistemológicos (LOPES, 1992; 1996), inadequações nas imagens de ciência transmitidas aos estudantes (CAMPOS; CACHAPUZ, 1997). Diante das novas exigências da comunidade de educadores e pesquisadores em Ensino de Ciências, o Ministério da Educação tem procurado aprimorar e melhorar a qualidade dos livros didáticos através do processo de avaliação e distribuição do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), e como resultado se espera que aconteça a produção de livros que contemplem aspectos científicos, éticos, pedagógicos, metodológicos e estéticos definidos de acordo com os novos pressupostos e exigências para o ensino de ciências, configurados pela pesquisa nesta área e pelas diretrizes curriculares nacionais (BRASIL, 2007).

De acordo com Martorano e Marcondes (2009), o livro didático de Química, como em qualquer outra disciplina escolar, possui um papel importante na dinâmica do ensino. Embora, tanto o professor quanto o estudante possam contar com outros recursos para obter informações sobre a ciência, o manual didático continua sendo um guia do professor, a sua fonte de pesquisa e de referência, pois é ele que determina a maneira e a seqüência da apresentação dos temas e conteúdos a serem ensinados. Além disso, o estudante considera e vê o livro didático como uma fonte segura do conhecimento científico, incapaz de possuir erros, sendo indiscutível a sua forte influência no processo de ensino e aprendizagem, bem como nas concepções sobre a natureza da ciência construídas pelos estudantes.

Atualmente, na rede pública de ensino, os livros didáticos representam a principal e muitas vezes, a única fonte de referência na sala de aula. Na carta destinada aos professores que é encontrada no catálogo do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio de 2008, destaca-se a importância dada ao mesmo:

> No mundo atual, caracterizado pela diversidade de recursos direcionados ao aperfeiçoamento da prática pedagógica, o livro didático ainda se apresenta como eficaz instrumento de trabalho para a atividade docente e para a aprendizagem dos alunos (BRASIL, 2007, p.5).

Ainda que se questione a qualidade do livro didático, o ensino, segundo Lopes (1992), ainda seria muito pior sem o mesmo, logo, o livro didático torna-se um importante aliado ao trabalho do professor, principalmente quando é utilizado de forma mais criteriosa e crítica.

Esta é uma tendência que já começa a ser identificada por alguns pesquisadores, como citado a seguir por Megid Neto e Francalanza (2003):

> Os professores têm se recusado cada vez mais adotar fielmente os manuais didáticos, postos no mercado, na forma como concebidos e disseminados por autores e editoras. Fazem constantes adaptações das coleções, tentando moldá-las à sua realidade escolar e às suas convicções pedagógicas (MEGID NETO; FRANCALANZA, 2003, p. 147).

Um outro ponto a ser destacado é a influência do livro didático na estruturação curricular do ensino médio, com repercussão na prática pedagógica do professor. Os livros didáticos apresentam uma estrutura de apresentação dos conteúdos, e essa estrutura se reflete no planejamento das aulas feito pelos professores. Em geral, inicialmente são apresentados os assuntos considerados mais fundamentais ou mais necessários para a progressão conceitual, seguidos dos demais conteúdos conforme o

grau de dependência, existindo assim uma organização progressiva de complexidade dos conteúdos.

Apesar de o livro didático ser um instrumento muito familiar e bastante utilizado, é importante que ele seja avaliado quanto à função que exerce ou deveria exercer na sala de aula. Este tipo de avaliação tem sido feita em alguns países através de pesquisas acadêmicas, a exemplo do trabalho de Campos e Cachapuz (1997) realizado na década de setenta do século passado em Portugal. Analisando a Imagem de Ciência veiculada em manuais de química portugueses destinados ao nível médio, estes pesquisadores perceberam que estes livros apresentam uma Ciência descontextualizada e concebem o método científico como um caminho rígido a ser seguido para encontrar a verdade. De acordo com estes autores:

> O manual escolar de química, sendo um instrumento didático habitual e majoritariamente utilizado por professores e alunos, exerce uma influência marcante no processo de ensino e aprendizagem, sendo, portanto, relevante para as concepções de ciência e de cientistas construídas pelos alunos (CAMPOS; CACHAPUZ, 1997, p. 23).

Para estes pesquisadores é necessário articular o ensino de Ciência com as novas perspectivas epistemológicas racionalistas/construtivistas, o que poderá possibilitar uma aprendizagem de valores educativos, éticos e humanísticos que permitam ir além da simples aprendizagem de fatos, leis e teorias científicas, levando o estudante a uma construção de concepções sobre a Ciência e o conhecimento científico mais elaboradas, numa direção do racionalismo e do construtivismo.

Schnetzler (1981), examinando a bibliografia brasileira destinada ao ensino secundário de química (hoje ensino médio), do ano de 1875 a 1978, constatou que o tratamento do conhecimento químico que é veiculado nesses livros didáticos reflete as características de um ensino tradicional, teórico, dissociado da sua natureza

experimental e dessa forma desprovido do seu caráter investigativo, dificultando assim a aprendizagem de conceitos químicos. A autora justifica sua opção em analisar livro didático porque o mesmo tem sido considerado como um ótimo representante de uma certa amostra do conhecimento, dos processos de produção deste conhecimento e de características daqueles que o produzem; dessa maneira, a análise dos livros didáticos permite refletir sobre algumas tendências do ensino médio de química nos diferentes períodos.

3.4.2 A influência da legislação brasileira sobre o livro didático (a noosfera)

As políticas educacionais permeiam, há décadas, as discussões pedagógicas no Brasil e em diversos outros países. Segundo Lorenz e Barra (1986), o livro didático acompanhou o desenvolvimento do processo de escolarização do Brasil. Para estes autores, ele é fundamental para entender a natureza e qualidade do ensino praticado nas salas de aula. Por exemplo, antes da década de 50 estes livros eram traduções ou adaptações dos manuais mais populares da Europa, trazendo para nosso país o pensamento europeu sobre o ensino de ciências.

Em estudo sobre a evolução dos livros didáticos de Química brasileiros destinados ao ensino médio, Mortimer (1988) procurou realçar como o livro didático reagiu às mudanças sofridas pela educação brasileira ao longo da História, oriundas das reformas do ensino promovidas no Brasil até o ano de 1998. Este pesquisador identificou cinco períodos no seu estudo. A importância desta analise é que ela nos permite compreender não apenas a evolução histórica dos livros didáticos, mas também as principais características do ensino de Química em cada período, bem como as

modificações que aconteceram no ensino médio após as alterações na educação brasileira fomentadas pelas alterações na legislação. Em função da atualidade da nossa pesquisa, nós acrescentamos livros mais atuais. Em seguida apresentaremos uma breve descrição das principais características dos livros didáticos de Química em cada um destes períodos.

3.4.2.1. Período anterior a 1930

Segundo Echeverria; Mello e Gauche (2008), o período histórico da Regência trouxe mudanças para as instituições educacionais brasileiras, daquela época, com a criação dos primeiros cursos superiores, não teológicos, destacando-se aqueles criados na Academia Real da Marinha e na Academia Real Militar de Aplicação. Ainda, segundo estes autores:

> Foi Álvaro Joaquim de Oliveira, um engenheiro militar (...), que lecionava química na Escola Central, o autor de um dos primeiros livros didáticos de Química do Brasil (ENCHEVERRIA; MELLO; GAUCHE, 2008, p. 67).

O ensino secundário, mesmo após a independência política, ficou condicionado a preparar os candidatos para o ingresso nos cursos superiores, tendo a estruturação do seu conteúdo acontecido em função dessa preparação, assumindo, assim, um caráter propedêutico que sobreviveu até recentemente, o que contribuiu para o atraso cultural de nossas escolas (ROMANELLI, 1997).

Antes de 1930 eram utilizados como material didático os chamados *"Compêndios de Química Geral"* (MORTIMER, 1988, p. 25). Neste período o ensino não era seriado,

porque não existia ainda uma estrutura de ensino secundário, hoje ensino médio, o que impossibilitava o uso do livro didático por séries. Esses compêndios, que também eram utilizados no ensino superior, apresentavam os conteúdos de forma descritiva, os textos eram bem encadeados ocupando todo o corpo do livro, existindo poucas ilustrações e os exemplos eram dados antes da apresentação dos conceitos e teorias: *"em geral o livro discute exemplos de determinados fenômenos que vão conduzir, naturalmente, a um conceito"* (MORTIMER, 1988, p. 25).

Este pesquisador também ressalta a ausência completa de exercícios ou questionários, muito diferente do que temos hoje, predominando uma abordagem qualitativa dos conceitos, com exceção do conteúdo relacionado às leis ponderais e volumétricas das reações químicas que apresentava, também, uma abordagem quantitativa. Uma outra característica dos livros naquele período era a carência de sugestões de experimentos a serem realizados pelos estudantes, tal característica permaneceu até o final da década de 70, quando surgiram os primeiros projetos que valorizavam a realização de experimentos em sala de aula. Por outro lado, notava-se uma preocupação em se discutir as implicações filosóficas dos conhecimentos químicos.

3.4.2.2. Período de 1930 a 1942 – Reforma Francisco Campos

Importantes ações voltadas para a educação brasileira aconteceram na década de 1930 com a criação do Ministério da Educação e a reforma de 1931, conhecida por Reforma Francisco Campos, que passou a priorizar um ensino voltado para a vida cotidiana. Essa reforma estabeleceu que o programa oficial para o ensino passasse a

ser seriado, o que teve importantes implicações e resultou em mudanças para os livros didáticos. Estes manuais passaram a ter uma apresentação seriada, com os conteúdos obedecendo ao programa oficial estipulado por tal reforma (MORTIMER, 1988).

De acordo com Mortimer (1988), os autores de livros didáticos demoraram dez anos para adaptarem seus livros às novas exigências deste programa. Os livros de Química começaram a apresentar pequenas biografias de cientistas, houve um aumento do número de ilustrações e representações de estruturas moleculares. Começaram a aparecer, também, um esboço da História da Química e a incorporação de mais exercícios.

A Reforma Francisco Campos, de forma inovadora, foi a única a prever um programa em espiral para o ensino de química, onde os fenômenos químicos funcionavam como tema inicial, ocupando toda uma série. Nessa reforma, os debates educacionais eram em torno das ideias da Escola Nova, movimento conhecido como "Escola Novismo", que visavam um ensino centrado no aluno e uma formação integral para o estudante (ENCHEVERRIA; MELLO; GAUCHE, 2008).

Influenciada por este movimento teve início a tentativa governamental de proporcionar uma educação para todos, criando, assim, uma igualdade de oportunidades, a partir da qual se desenvolveriam apenas as diferenças baseadas nas qualidades pessoais de cada um, cabendo ao setor público e não a grupos particulares, realizar a tarefa de oferecer esta educação. Aliado a esses princípios e objetivos, este novo movimento educacional adotava uma série de princípios pedagógicos que se afastavam da transmissão autoritária e repetitiva de conhecimentos e ensinamentos e procurava se aproximar dos processos mais criativos e menos rígidos de

aprendizagem, e neste caso, a educação não deveria ficar isolada da vida comunitária (DALLABRIDA, 2009).

Neste período se defendia um ensino de Ciências que tinha como principal objetivo promover o estudo científico como atividade pessoal do estudante, através da associação da ciência com renovação e democracia. Outra característica desta proposta era a utilização de fatos do cotidiano no ensino e a defesa da experimentação direta por parte do estudante.

3.4.2.3. Período de 1943 a 1960 – Reforma Capanema

A educação no período do Ministério Capanema tinha como finalidade dar uma consciência patriótica ao cidadão, para que o mesmo servisse a sua pátria. Durante a vigência do Estado Novo, em plena Segunda Guerra Mundial, se tinha uma visão que a formação do cidadão deveria ser voltada para o desenvolvimento do nacionalismo (LOPES, 1998).

Assim como a Reforma Francisco Campos, a chamada Reforma Capanema centrava o ensino em questões do cotidiano, tendo sido considerada por muitos como um sistema educacional que refletia a divisão econômico-social do trabalho.

As Reformas Campos e Capanema se caracterizaram por apresentarem uma ação diretiva sobre o ensino, detalhando os conteúdos a serem ensinados no nível secundário. Os livros editados neste período seguiam fielmente o padrão oficial e se caracterizavam por apresentar uma homogeneização na abordagem dos conteúdos. (MORTIMER, 1988).

3.4.2.4. Período de 1961 a 1970 – Vigência da LDB

Esse período se refere à vigência da lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional Nº 4024 de 21 de dezembro de 1961. Sendo esta a primeira lei brasileira a estabelecer diretrizes e bases da educação em todos os níveis, do pré-primário ao superior. Alguns dos objetivos da educação estabelecidos pela lei de número 4024/61 eram: desenvolver integralmente a personalidade humana e a sua participação na obra do bem comum, o preparo do indivíduo e da sociedade para o domínio dos recursos científicos e tecnológicos que lhes permitem utilizar as possibilidades e vencer as dificuldades do meio, entre outros (BRASIL, 1999).

A partir de 1960 a temática sobre metodologia científica passou a ser incorporada aos currículos para a formação de especialistas, que deveriam ser capazes de dominar a utilização de máquinas ou de gerenciar processos de produção. Considerava-se que essa discussão era necessária à formação do cidadão e à democratização do ensino (BRASIL, 1999).

Em 1964, o sistema educacional brasileiro passou por uma nova transformação: o ensino de Ciências passou a ser valorizado como contribuição à formação de mão de obra qualificada, passando a ter uma estreita vinculação como desenvolvimento econômico do país (BRASIL, 1999).

As reformas contidas na LDB permitiam a maleabilidade dos currículos e programas educacionais, abrindo espaço para propostas alternativas, sem apresentar programas detalhados para cada disciplina. Entretanto, não podemos afirmar que as reformas de ensino determinam ou direcionam como os livros são escritos; podemos, sim, considerar que diretrizes programáticas oficiais e livros didáticos obedecem a

alguns condicionantes comuns e também se condicionam mutuamente, portanto, os livros didáticos passaram a ter um perfil mais diversificado (LOPES, 1993),

A maior flexibilidade curricular e programática, permitida pela LDB, possibilitou a cada autor a liberdade de estabelecer a ordem dos conteúdos, como achava mais viável. Desse modo, os livros didáticos ficaram mais heterogêneos e alguns autores preferiram retomar a ordem característica dos livros do período anterior a 1930: por exemplo, primeiro, introduziam as leis ponderais e volumétricas das reações químicas, em seguida apresentavam a teoria atômica de Dalton e a teoria atômico-molecular clássica, deixando a teoria eletrônica de valência e a classificação periódica para o final do livro, o que implicaria numa abordagem destes conteúdos mais ao fim do curso.

Nesse período, o perfil da apresentação gráfica dos livros era: os títulos ocupando pequenos espaços, predominância de textos, poucas ilustrações e no final de cada capítulo apareciam os exercícios e questionários. A renovação do ensino de ciências que possibilitou uma atualização dos conteúdos foi uma importante característica deste período (MORTIMER, 1988).

3.4.2.5. Período de 1971 a 1988 – Lei 5692/71

A Lei 5692/71 trouxe profundas alterações para o sistema de ensino secundário do Brasil, e os materiais didáticos novamente tiveram que se adequar às novas diretrizes (LORENZ; BARRA; 1986). A carga horária para o ensino de química foi reduzida, como resultado da implantação dos cursos profissionalizantes que passaram a ser obrigatórios. Devido a este fato os autores dos livros didáticos tiveram que reduzir e simplificar os conteúdos dos livros. Neste período, alguns autores passaram a

produzir duas edições diferentes para um mesmo livro. As editoras começaram a publicar uma versão completa e outra mais reduzida dos conteúdos, que hoje é conhecida como o volume único do livro didático (MORTIMER, 1988).

Segundo este pesquisador, na versão reduzida: *"os autores simplesmente fazem uma seleção do texto completo, sacrificando exemplos, explicações mais demoradas, exercícios, etc."* (MORTIMER, 1988, p. 34). Ainda em relação ao modo de publicação, este pesquisador afirma que os livros passaram a utilizar artifícios gráficos, trazendo conceitos importantes em destaque e muitas ilustrações na forma de gráficos, tabelas e desenhos. Ocorreu um aumento na variedade e número de exercícios, a exemplo de: estudo dirigido, perguntas tradicionais, exercícios objetivos, palavras cruzadas, loteria química, correlação de colunas e outras formas de atividades, entretanto, mesmo com tal variedade, o principal objetivo continuava sendo a memorização do conteúdo abordado.

Houve uma diminuição dos textos, devido à inclusão de gráficos, desenhos e tabelas e isso trouxe um prejuízo ao conteúdo. O livro passou a fornecer tudo pronto ao estudante, a exemplo de resumos, conceitos importantes, cabendo a ele apenas a memorização. Antes, era o estudante que tinha que fazer seu próprio resumo, destacando as partes do texto mais importantes, o que também contribuía para a sua aprendizagem.

Durante a década de 70 do século XX, o ensino tecnicista ganhou destaque e foi transportado para os livros didáticos através de guias de ensino. Segundo Mortimer(1988), a Pedagogia Tecnicista tinha como principal objetivo ensinar os estudantes a resolver problemas objetivos. Os estudantes eram treinados para resolver

um determinado tipo de exercício e qualquer atividade diferente poderia provocar grande dificuldade. Comentando sobre esta tendência do ensino, ele conclui que:

> Esta objetividade tecnicista conduz também a uma falsa visão do que seja, em ciência, uma teoria e um modelo. A química é mostrada como algo pronto e acabado, e seus modelos são transformados em dogmas irrefutáveis. Essa visão é totalmente distorcida, pois os modelos e teorias nas ciências físicas são aproximações, sujeitas à revisão desde que surjam fatos que os contradigam ou fiquem sem explicação (MORTIMER, 1988, p. 37).

Neste período, teve início o movimento que defendia a inclusão das relações CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade - nos cursos de ciências. Segundo Schnetzler:

> A origem desse movimento pode ser explicada pelas conseqüências decorrentes do impacto da ciência e da tecnologia na sociedade moderna e, portanto, na vida das pessoas, colocando a necessidade de os alunos adquirirem conhecimentos científicos que os levem a participar como cidadãos na sociedade, de forma ativa e crítica, pela tomada de decisões. Isso significa que os conteúdos de ensino não podem se restringir à lógica interna das disciplinas científicas, valorizando exclusivamente o conhecimento de teorias e fatos científicos, mas sim, re-elaborando-os e relacionando-os com temas sociais relevantes (SCHNETZLER, 2002, p. 16).

Apesar da repercussão desse movimento em outros países, uma grande parte dos livros didáticos brasileiros continuou priorizando conteúdos de ensino que valorizam exclusivamente o conhecimento de teorias, leis e fatos científicos em detrimento a conteúdos de relevância social (SANTOS; SCHNETZLER, 2000).

Os conteúdos priorizados pelos livros brasileiros eram aqueles puramente exigidos para o ingresso nas academias. Essa valorização vinha em oposição ao resto do mundo, pois lá fora já se começava a falar em um ensino de química voltado para a cidadania, enquanto no Brasil se reforçava um ensino acadêmico, voltado para o ingresso em carreiras universitárias de Química. Os livros didáticos não conseguiam relacionar os conteúdos químicos ao cotidiano, mantendo ainda uma abordagem clássica dos diferentes conceitos químicos (MORTIMER,1988).

Dois fatores determinavam a elaboração e apresentação de um livro didático: o sistema de ensino e a política de editoração; ambos sinalizavam como deveria ser a organização dos livros. Tais manuais tornaram-se mercadorias e o valor didático do conteúdo foi deixado em segundo plano. Cada editora passou a escolher a forma e apresentação do seu produto para torná-lo mais atraente e lucrativo. Isso deixou os livros muito parecidos uns com os outros, as novas edições buscavam, prioritariamente, a atualização das questões, tendo como referência os exames de vestibular, mas, o conteúdo didático continuava o mesmo, e até erros eram repetidos (MORTIMER, 1988).

3.4.2.6. As novas diretrizes e os PCN

A nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/96) chegou dando uma nova roupagem ao ensino secundário, agora chamado ensino médio, que passou a ser parte da Educação Básica (BRASIL, 1999). Esta legislação, trouxe novas propostas gerando também alterações na estrutura do livro didático, que voltou a ser propedêutico. Os manuais didáticos tornaram-se mercadorias de consumo de massa e assumiram uma homogeneidade imposta pelo mercado editorial. Os autores passaram a organizar tais livros em três volumes, ou apresentam edições de um único volume, mais simplificadas e que podem ser usadas por professores e estudantes (MORTIMER, 1988).

Quando trabalham com três volumes, no caso específico para o livro de Química, os conteúdos são assim organizados: no primeiro volume (1) conteúdos de Química Geral; no segundo (2) Físico-Química e no terceiro (3) Química Orgânica. O volume único traz essa mesma seqüência de conteúdos, porém, de forma resumida. Os autores

estão sempre procurando atualizar os conteúdos em suas obras, trazendo ilustrações, quadros e esquemas que possam facilitar a memorização, bem como, novos exercícios de vestibulares recentemente realizados, com as resoluções no final do livro.

O governo federal executa atualmente três programas voltados ao livro didático: o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) e o Programa Nacional do Livro Didático para a Alfabetização de Jovens e Adultos (PNLA), com o objetivo de prover as escolas das redes federal, estadual e municipal e as entidades parceiras do programa Brasil Alfabetizado com obras didáticas de qualidade.

Os livros didáticos são distribuídos gratuitamente para os estudantes de todas as séries da Educação Básica da rede pública e para os matriculados em classes do programa Brasil Alfabetizado. Também são beneficiados, por meio do programa do livro didático em braille, os estudantes com deficiência visual, os estudantes das escolas de educação especial públicas e das instituições privadas definidas pelo censo escolar como comunitárias e filantrópicas.

O Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) executa diretamente os programas, não havendo repasse de recursos para as aquisições de livros, de forma centralizada. Depois da compra, eles são enviados aos estados, municípios, entidades comunitárias e filantrópicas e entidades parceiras do Brasil Alfabetizado. A definição do quantitativo de exemplares a ser adquirido para as escolas estaduais, municipais e do Distrito Federal é feita com base no censo escolar realizado anualmente pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep/MEC), que serve de parâmetro para todas as ações do FNDE (BRASIL, 2007).

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) é o mais antigo dos programas destinados à distribuição de obras didáticas aos estudantes da rede pública de ensino brasileira e iniciou-se, com outra denominação, em 1929. Ao longo desses 80 anos, o programa foi se aperfeiçoando e teve diferentes nomes e formas de execução. O PNLD é voltado para o ensino fundamental público, incluindo as classes de alfabetização infantil (BRASIL, 2009).

A partir de 2001, o PNLD ampliou sua área de atuação e começou a atender, de forma gradativa, os estudantes portadores de deficiência visual que estão nas escolas públicas com livros didáticos. Em 2004, com a Resolução nº 40, de 24/8/2004, passaram a ser atendidos também estudantes portadores de necessidades especiais das escolas de educação especial públicas, comunitárias e filantrópicas, definidas no censo escolar, com livros didáticos de língua portuguesa, matemática, ciências, história, geografia e dicionários (BRASIL, 2009).

O Programa Nacional Para o Ensino Médio (PNLEM), foi implantado em 2004, pela Resolução nº 38 do FNDE e prevê a universalização de livros didáticos para os estudantes do ensino médio público de todo o país. Inicialmente, este programa atendeu aos estudantes da 1ª série do ensino médio de escolas das regiões Norte e Nordeste, com livros das disciplinas: Português e Matemática. Em 2005, este tipo de atendimento foi ampliado para as demais séries e regiões brasileira (BRASIL, 2009).

Todas as escolas beneficiadas estão cadastradas no censo escolar que é realizado anualmente pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep/MEC). Em 2007, foram escolhidos os livros das disciplinas História e Química, para serem usados em 2008. Em 2008, foram incluídas as disciplinas de

Geografia e Física para serem utilizados em 2009, completando, assim, a universalização do atendimento do ensino médio (BRASIL, 2009).

Com as novas políticas públicas federais destinadas ao ensino médio, sobretudo, o Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio, o MEC, produziu documentos chamados de Guias do Livro Didático, estabelecendo critérios para avaliação dos livros que foram divididos em dois conjuntos: os primeiros, chamados de critérios eliminatórios das coleções, englobam a correção e adequação conceitual, correção das informações básicas, coerência e pertinência metodológica e preceitos éticos; o segundo conjunto constitui os critérios de qualificação que envolve adequação dos conteúdos, e aborda questões de sexo e gênero, de relações étnico-raciais e de classes sociais, denunciando toda forma de violência na sociedade e buscando promover, positivamente, as minorias sociais; a valorização de uma linguagem gramaticalmente correta que envolva uma integração entre temas nos capítulos, e o resgate da experiência de vida do estudante, bem como, a excelência dos aspectos gráficos visuais das ilustrações e a apresentação do manual do professor (BRASIL, 2007).

Para atenderem às novas exigências, os livros passaram a introduzir os conceitos através de textos e fatos do cotidiano, procurando sempre relacioná-los à realidade dos alunos. As ilustrações têm ocupado espaços consideráveis nos livros e passou-se a ressaltar a importância da ciência química para o homem moderno. Os livros costumam trazer sugestões de experiências que utilizam materiais alternativos ou de fácil aquisição, para que assim, os estudantes possam desenvolver certas habilidades e competências, dificultando a simples memorização de macetes (MORTIMER, 1988).

A década de 90, no Brasil, foi marcada por iniciativas voltadas para a consolidação do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), com a criação do Provão e do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Este exame foi realizado pela primeira vez em 1998, sendo anual, não obrigatório e destinado aos estudantes que estejam concluindo ou já tenham concluído o ensino médio. Seus objetivos são (INEP/MEC 1999, p.2)

> a) oferecer uma referência para que cada cidadão possa proceder à sua auto-avaliação com vista às escolhas futuras, tanto em relação ao mercado de trabalho quanto em relação à continuidade de estudos;
> b) estruturar uma avaliação da educação básica que sirva como modalidade alternativa ou complementar aos processos de seleção nos diferentes setores do mundo do trabalho;
> c) estruturar uma avaliação da educação básica que sirva como modalidade alternativa ou complementar aos exames de acesso aos cursos profissionalizantes pós-médios e ao ensino superior.

No segundo ano de aplicação, o ENEM passou a ser utilizado como modalidade alternativa, de modo integral ou parcial, para seleção às vagas disponibilizadas por 61 instituições de Ensino Superior, incluindo algumas Universidades de elevado prestígio acadêmico. Muito embora a utilização do ENEM no processo seletivo de algumas instituições tenha gerado polêmicas no meio acadêmico (KRASILCHIK, 1999 *apud* BONAMINO; FRANCO, 1999), este fato fez com que a adesão e o número de inscritos para realização do exame aumentassem.

Os livros didáticos tentam se apropriar da idéia de mudança buscando a incorporação dos princípios preconizados para tais atualizações. Os manuais, afirmam incorporar as orientações oficias do MEC, os livros aparecem com “selos” tais como “Série Parâmetros”, “Novo Ensino Médio”, “De acordo com as novas DCNEM”, “Contém questões do ENEM”, porém, sem mudarem significativamente os critérios de seleção e organização dos conteúdos.

De acordo com Megid Neto e Francalanza (2003), nos últimos anos, com a consolidação dos PCN_s, as coleções didáticas estão sofrendo grandes mudanças, e estão sendo organizadas de acordo com os temas propostos pelos PCN_s. Neste caso, a maioria dos livros tem apresentado pouca ou nenhuma variação na ordem dos conteúdos.

3.5 Resgatando o saber sábio: O desenvolvimento histórico do conceito de reação química

Ao longo do tempo, várias foram as concepções apresentadas que procuravam explicar as reações químicas. As primeiras ideias sobre a transformação da matéria estão ligadas aos primórdios da prática metalúrgica, despertadas pela mudança de cor e forma obtidas a partir da manipulação de minerais (GOLDFARB, 1987). Segundo essa historiadora, o homem dessa época acreditava que a mãe terra guardava em seu ventre os embriões metálicos que, como sementes, iriam se desenvolver e se transformar. Neste período, passa a ser aceita a suposição de que um metal podia se transformar em outro, seguindo diversos graus de maturação que iam do cobre ao ouro, produto final dessa transformação.

Aos mineiros caberia a difícil missão de conseguir autorização das guardiãs da divindade terrena, a mãe terra, para penetrá-la e arrancar-lhe os minerais. Essa visão vitalista[2] assumia que a matéria orgânica só podia ser produzida por organismos vivos

[2] O vitalismo não descarta a possibilidade de explicar fenômenos biológicos ou vitais por leis físicas e químicas, mas para a manutenção e a origem da vida, seria necessário a interferência de forças vitais, não determinada por procedimentos físicos e químicos (MAAR, 1999).

atribuindo este fato a uma força ou energia vital inerente à própria vida. Esta crença fazia com que as minas fossem fechadas após um período de exploração através de um ritual, para que a terra tivesse tempo para gerar novos minerais. A presença dessas ideias circulou principalmente na antiguidade e na Idade Média.

No entanto, o que causava a transformação dos materiais? Por que determinadas espécies químicas reagem entre si, ou formam compostos e outras não? Esse mistério foi um tema central da ciência da matéria desde os primórdios da antiga Grécia até o século XX.

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. Neste contexto, surgiu o termo afinidade, que passou a ser usado para explicar as interações entre as diversas substâncias.

O conceito de afinidade ou não entre duas espécies químicas é quase um conceito intuitivo. As primeiras especulações filosóficas surgiram com os antigos Gregos nas formulações sobre a origem e a composição da matéria. Não bastava discutir a composição, a origem e o destino das coisas materiais, era preciso explicar as transformações percebidas buscando-se entender como elas ocorriam, e para tanto, era necessário saber as causas da afinidade percebida entre umas e da aversão entre outras. Assim, Empédocles, ao formular a teoria dos quatro elementos (terra, água, ar e

fogo), sugeriu que a partir destes quatro elementos se formariam todas as outras substâncias, sob a ação de duas forças onipresentes e antagônicas, o amor e o ódio, responsáveis pela criação e destruição de tudo o que existia (MAAR, 1999).

Ainda na antiguidade, um outro ponto de vista envolvia a teoria atomística de Leucipo (460?-370? a.C.) e Demócrito (460?-370? a.C.). Esses filósofos concebiam a matéria constituída por átomos de diferentes tamanhos e formas; abrindo mão de conceitos não naturais ou sobrenaturais e explicando a formação de todas as espécies materiais em termos de variação na forma e tamanho das partículas envolvidas, denominadas de átomos. Comentando sobre tais explicações formuladas ainda na antiguidade grega, Maar (1999) escreve que:

> O modelo cosmológico de Platão envolve transformações ou "processos" decorrentes do "espaço" e do "tempo". No pensamento científico grego a especulação ocupa o lugar da experimentação, que só veio a se generalizar na ciência renascentista. As primeiras ideias sobre afinidade ou atividade química são anteriores ao campo da especulação dedutiva, pois são ideias místicas e simbólicas que fazem ideias de oposição entre "amor" e "ódio" entre as substâncias ("igual" ama "igual"). Essa "humanização" entre os átomos é inconsciente mesmo entre nós, quando dizemos que: um determinado composto de carbono "prefere" uma hibridização sp; o sódio "prefere" ceder seu elétron $3s^1$ isolado para formar ligações eletrovalentes; átomos não "preferem" absolutamente nada, seu comportamento químico é determinado pela sua estrutura interna e que por sua vez é um modelo (MAAR, 1999, p.430 - 431).

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, a exemplo de: "*o enxofre escurece a prata e queima os metais em geral, devido à afinidade natural que existe entre eles*" (ROUEN, 1476 *apud* ARAUJO NETO, 2003, p. 54). 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 natureza das substâncias.

A expressão afinidade eletiva parece ter sido usada pela primeira vez em 1775, pelo químico-mineralogista e matemático sueco, Torbern Bergmann (1735-1784), em seu livro “De attractionibus electivis”, traduzido para o alemão em 1875, com o título Wahlverwanschaft. Este assunto foi retomado por Wolfgang Von Goethe (1749-1832) em seu romance Wahlverwandtschaften, escrito entre 1808 e 1809, e publicado em 1809 (MAAR, 1999).

Neste período 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 macroscópicos (MOCELLIN, 2006).

Para o químico tradicional, a caracterização de um corpo químico acontecia a partir da utilização de um conjunto de reações características, enquanto que na perspectiva da química newtoniana, todas as reações interessavam na descrição desse corpo. Esta diferença levou os químicos newtonianos a investigar as reações que não eram interessantes para um químico tradicional, ou seja, aquelas reações que muitas vezes não produziam o composto esperado, ou que ocorriam de modo oposto ao previsto. As reações interessantes consistiam naquelas que hoje chamamos de reações completas, ou seja, aquelas em que o produto deixa o meio reacional, na forma de precipitado ou por sua maior volatilidade. Para os newtonianos, contudo, essas reações interessantes não eram suficientes para descrever as afinidades que, no vocabulário newtoniano passaram a ser chamadas de atrações eletivas (MOCELLIN, 2006).

Em 1674, John Mayow (1641-1679), descreveu o fato do ácido sulfúrico deslocar o ácido nítrico, explicando que o ácido mais volátil (ácido nítrico) era expelido da sociedade que formava com o álcali pelo ácido vitriólico (ácido sulfúrico), mais fixo do que ele. Desse modo, pode constatar o efeito da volatilidade de um produto sobre o andamento de uma reação química (DUCAN, 1996).

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. As suas afirmações eram baseadas em experimentos realizados de forma qualitativa, procurando estabelecer a composição dos materiais. Neste período percebe-se a procura de dados experimentais para embasar as idéias sobre a constituição dos materiais, embora ainda fossem obtidos dados qualitativos. Para esse pesquisador, a noção de elemento era de:

> Certos corpos primitivos e simples, perfeitamente puros de qualquer mistura, que não são constituídos por nenhum outro corpo, ou uns pelos outros, que são os ingredientes a partir dos quais todos os corpos que chamamos misturas perfeitas são compostos de modo imediato e nos quais estes últimos podem ser finalmente resolvidos (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992, p. 53).

3.5.1. A ideia de afinidade na ótica de Newton

Neste período Newton se utilizou de uma abordagem mecanicista para tratar problemas químicos no final do seu livro “Opticks”(Optica), 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). Como Boyle, Newton acreditava que a matéria era formada de partículas e a estas 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).

Atualmente, existe um amplo reconhecimento de que as ideias de Isaac Newton (1642-1727) tiveram grandes implicações para o desenvolvimento da Ciência Química nos séculos posteriores. Segundo Mocellin (2006), Newton demonstrou interesse em encontrar leis que quantificassem matematicamente as transformações que ocorriam no microcosmo e que fossem semelhantes àquelas que ele próprio havia encontrado para o macrocosmo. Para chegar à formulação dessas leis, ele argumentava que seria preciso começar por saber que substâncias se atraiam e quais se repeliam, bem como o grau de atração e de repulsão, o que implicava numa busca de quantificação de tais interações, como explicitado a seguir, através da questão 31 incluída no seu livro “Óptica”:

> Não têm as partículas dos corpos certos poderes, virtudes ou forças por meio dos quais elas agem à distância não apenas sobre os raios de luz, refletindo-os e inflectindo-os, mas também umas sobre as outras, produzindo grande parte dos fenômenos da Natureza? Pois sabe-se que os corpos agem uns sobre os outros pelas ações da gravidade, do magnetismo e da eletricidade; e esses exemplos mostram o teor e o curso da natureza, e não tornam impossível que possa haver mais poderes além desses. Porque a natureza é muito consoante e conforme a si mesma. Não examino aqui o modo como essas atrações podem ser efetuadas. O que chamo de atração pode-se dar por impulso ou por algum outro meio que desconheço. Uso esta palavra aqui apenas para expressar qualquer força na qual os corpos tendem um para o outro, seja qual for a causa (NEWTON, 1996 *apud* MOCELLIN, 2006, p. 389)

De acordo com a teoria corpuscular de Newton, entre as partículas muito pequenas que constituíam os corpos, agiriam certas forças análogas àquelas que atuavam entre corpos a longa distância, umas sobre as outras; portanto, haveria entre os entes químicos, corpusculares, um tipo de interação semelhante àquela que se manifestava na forma de diferentes forças como: gravitacionais, elétricas e magnéticas, atuantes nos corpos macroscópicos. Por outro lado, as atrações químicas só deveriam ocorrer a pequenas distâncias, escapando à capacidade de observação humana (MAAR, 1999).

Um bom exemplo da metodologia newtoniana para tratar estas questões pode ser observado no trecho a seguir extraído do seu livro Ótica:

> Quando o sal de tártaro [carbonato de potássio, $K_2\ CO_3$] corre per deliquium [liquefaz-se], derramado na solução de qualquer metal, precipita este último e o faz cair no fundo do líquido na forma de lama, não prova isto que as partículas ácidas são atraídas mais fortemente pelo sal de tártaro do que pelo metal e pela atração mais forte vão do metal para o sal de tártaro? Assim, quando uma solução de ferro em aqua fortis [ácido nítrico, HNO_3] dissolve o lapis calaminaris [cádmia] e solta o ferro, ou uma solução de cobre dissolve o ferro nela mergulhado e solta o cobre, ou uma solução de prata dissolve o cobre e solta a prata, ou uma solução de mercúrio em aqua fortis derramada sobre o ferro, o cobre, o estanho ou o chumbo dissolve o metal e solta o mercúrio, não prova isto que as partículas ácidas da aqua fortis são atraídas mais fortemente pelo lapis calaminaris do que pelo ferro e mais fortemente pelo ferro do que pelo cobre, e mais fortemente pelo cobre do que pela prata e mais fortemente pelo ferro, cobre, estanho e chumbo do que pelo mercúrio? E não é pela mesma razão que o ferro necessita de mais aqua fortis para dissolvê-lo do que o cobre e o cobre mais do que os outros metais; e que, de todos os metais, o ferro é o mais facilmente dissolvido e o mais propenso a enferrujar e depois do ferro, o cobre? (Newton 1996 *apud* MOCELLIN, 2006, p. 389).

Segundo Bensaude-Vincent; Stengers (1992) a face alquimista de Newton começou a ser conhecida partir de 1936, com a compra dos manuscritos alquimista de Newton por Lorde Keynes, um economista, que depois de lê-los declarou:

> Newton não foi o primeiro no século da Razão, foi o último dos Babilônios e Sumérios, o último grande espírito que penetra o mundo do visível e do espírito com os mesmos olhos que os que começaram a edificar o nosso patrimônio cultural há pouco mais de dois mil anos (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS 1992, p. 77).

Esta declaração causou constrangimento àqueles que tinham em Newton o modelo de cientista positivo e atraiu a atenção dos historiadores sobre o tema. Contemporaneamente, os historiadores da física e química reconhecem a importância do interesse de Newton por assuntos pertinentes à química, bem como a necessidade de interpretação deste fato, como pode ser visto no comentário da historiadora francesa Bernadete Bensaude-Vincent, a seguir:

> A questão 31 pode ser interpretada como uma tentativa de incorporação da química pela física; mas também pode ser lida de uma maneira que faz Newton restituir aos químicos o direito de falar de "poder", ou de "potência" dos reagentes, dando um sentido à sua prática, às suas operações, sentido este negado pela ciência puramente mecanicista (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992, p. 75).

Ainda segundo essa historiadora, a uniformidade da atração gravitacional, desaparece na Questão 31, em benefício de uma medida propriamente química das diferentes forças: *"As reações químicas permitem comparar entre si as forças que unem efetivamente as partículas de um composto; são elas e não um cálculo teórico que efetuam a comparação"* (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992, p. 75).

Justi (1998, p.29) considera que, *"no nível filosófico, isso significou mais uma tentativa de dotar a química de um pouco da precisão já existente na física e na matemática".*

3.5.2. As tabelas de afinidade

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. Ele utilizou o termo "rapport" (significa: relação) porque a expressão afinidade não era bem vista na França, uma vez que a ideia de atração newtoniana não era bem aceita naquele país, onde muitos dos seus químicos defendiam pontos de vista de oposição ao atomismo.

Geoffroy apresentou sua "Tabela das Diferentes Relações Observadas entre Diferentes Substâncias", que constituía uma interpretação empírica da questão 31. Nessa tabela Geoffroy expressa a sua interpretação de um conjunto de reações químicas, que hoje didaticamente, denominamos de deslocamento, ou melhor, de reações de simples e de dupla troca. Na sua primeira tabela, Geoffroy relaciona em 16 colunas, 16 substâncias e determina empiricamente as reatividades entre elas. Em cada coluna a afinidade entre as substâncias decresce de cima para baixo; a primeira coluna apresenta reações do tipo ácido-base, na qual se pode acompanhar a ordem decrescente de reatividade dos ácidos em relação aos álcalis, aos óxidos metálicos e aos metais (MAAR, 1999). A tabela publicada por Geoffroy encontra-se a seguir:

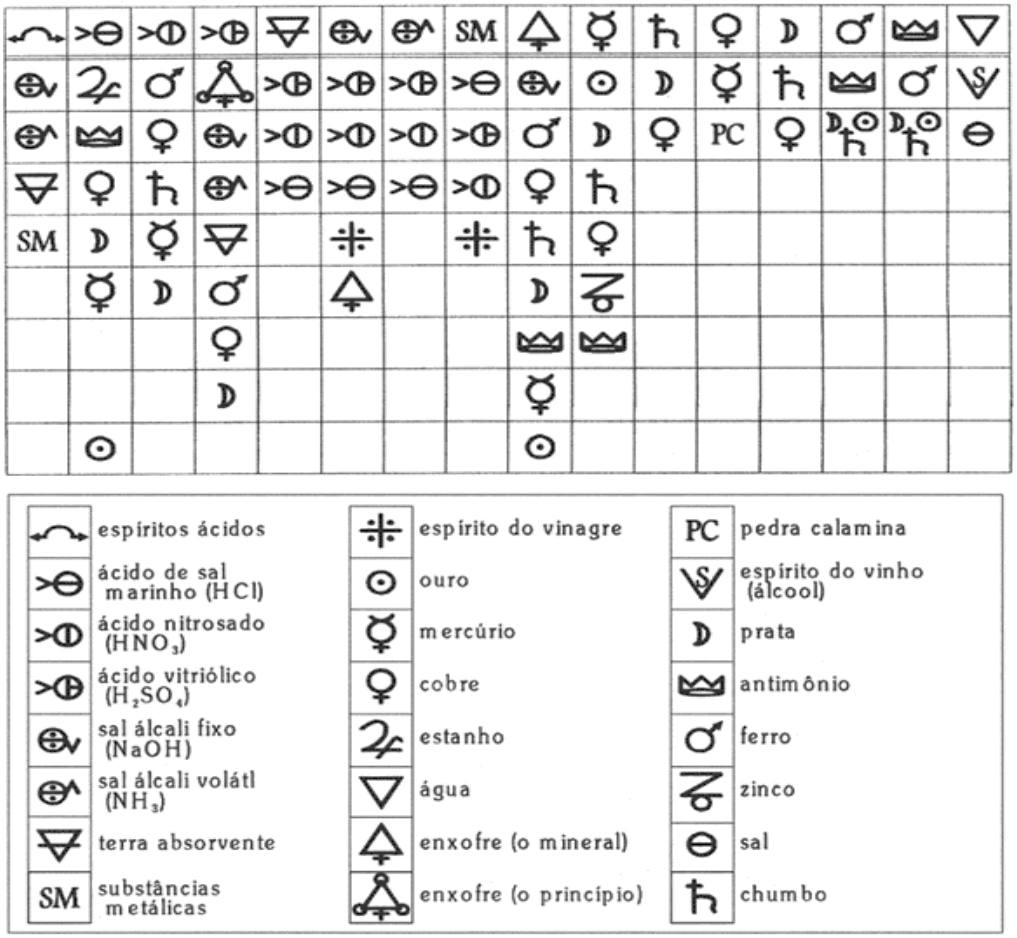


Figura 1. Diagrama reproduzido da ref. 9, com permissão do autor, que possui o copyright

Figura 7 – Tabela das afinidades de E. F. Geoffroy, de 1718 (Fonte: MAAR, 1999, p.451)

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).

Nesta tabela, a primeira coluna se refere às reações ácido-base, na qual se acompanha a ordem decrescente de reatividade dos ácidos frente aos álcalis, aos óxidos metálicos e aos metais. Assim, um ácido reagiria preferencialmente com álcalis fortes (bases fortes, NaOH, KOH, ...), seguido dos álcalis fracos (NH_4OH, ...), dos óxidos metálicos e dos metais (MOCELLIN, 2006).

Ainda segundo Mocellin:

> Os ganhos empíricos trazidos pela tabela de Geoffroy foram relevantes, pois permitiram que os químicos da época agrupassem uma série de reações químicas em um só lugar e forneceu aos químicos um importante instrumento pedagógico. No entanto, essa incorporação empírica das forças newtonianas colocou aos químicos um problema relativo à própria natureza de seu trabalho. Este problema estava ligado a uma questão ontológica, ou seja, sobre o conjunto das coisas que se admitiam serem próprias das ciências químicas (MOCELLIN, 2006, p.390).

A construção dessas tabelas de afinidades coube aos químicos newtonianos, embora químicos mais tradicionais, que eram influenciados pelas idéias do médico e iatroquímico[3] alemão Georg Ernst Stahl (1660-1734), também fizessem uso dessas tabelas para fundamentarem as suas explicações sobre as transformações dos materiais. Entretanto, os newtonianos, além de ordenar as substâncias de acordo com sua afinidade relativa, buscavam descrever as reações químicas com a mesma precisão que descreviam os movimentos planetários.

Geoffroy abordou o problema da afinidade de um modo semi-quantitativo. Ele tentou combinar as reações de acordo com o grau em que as substâncias se uniam facilmente umas com as outras. Sua tabela dizia respeito a reações químicas (ex. entre

---

[3] Os iatroquímicos são os médicos que curam com remédios químicos. Aproximação da química a medicina, para entender os processos fisiológicos (MAAR, 1999).

substâncias ácidas e básicas) e processos de dissolução física (ex. mistura de água e álcool, dissolução de sais em água).

3.5.3. Os princípios explicativos de Stahl

Stahl apresentou um sistema explicativo que resgatava os elementos aristotélicos. Embora não considerasse todos os quatro elementos, ele preservava a ideia de elemento princípio, portador de qualidade. A teoria de Sthal veio a se contrapor ao reducionismo mecanicista, buscando se afastar das metáforas alquímicas. Assim, os químicos stahlianos descreviam as reações químicas a partir de propriedades que seriam singulares a cada corpo (MOCELLIN, 2006).

Para Stahl, a química e a física somente poderiam explicar a matéria inerte, ou a degradação dos corpos após a morte, porém, eram insuficientes para explicar a manutenção da vida. Tanto na teoria flogística, como na teoria vitalista, Stahl, ou melhor, os stahlianos procuraram manter o mesmo rigor utilizado nas ciências físicas. Assim, na Química, Stahl cria o primeiro sistema explicativo capaz de abranger uma variedade de fenômenos, como a calcinação, a combustão, reações que hoje são denominadas de oxi-redução, “A teoria do Flogisto ou Flogístico”.

De acordo com a proposta de Stahl, caberia à própria química se preocupar com a *união por mistura*, propondo a distinção entre mistura e agregação. A agregação seria uma união mecânica que ocorreria por atração newtoniana, sendo explicada em termos de forças atrativas e repulsivas, enquanto que a mistura, implicaria na diversidade do que só poderia ser analisada mudando as propriedades que dependeriam das qualidades absolutas dos princípios. As leis da afinidade, que regeriam as misturas

seriam baseadas na prática empírica dos químicos (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992).

Stahl reconhecia dois princípios para todas as misturas, a água e a terra, segundo ele a identificação destes princípios estaria relacionada com a teoria antiga da afinidade:

> Se os ácidos atacam os metais, por exemplo, é porque eles apresentam uma analogia com os metais, porque partilham com estes um princípio. E é igualmente em termos das qualidades absolutas dos princípios que se devem justificar as propriedades dos corpos (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992, p. 88).

Stahl também delimitou o território no qual a Química deveria atuar, propondo que ela deveria descrever as propriedades das misturas, que eram o resultado de relações qualitativas mediadas por princípios compartilhados. Assim, como citado anteriormente, se os ácidos atacavam os metais era porque eles apresentavam uma analogia com estes, porque partilhavam um mesmo princípio.

O staliano Pierre J. Macquer (1718 – 1784) apresentou uma proposta que buscava harmonizar as explicações dos químicos stalianos 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).

De acordo com Mocellin (2006), Macquer aceitava a ordenação dos compostos químicos de acordo com sua reatividade, mas não uma interpretação estritamente newtoniana e suas conseqüências. Fazendo uso de uma abordagem qualitativa, Macquer procurou sistematizar as diferentes forças de afinidades, propondo uma classificação em sete tipos de afinidades, listados a seguir: agregação, composição, complexas, meio, decomposição, recíproca e afinidade dupla. A explicação para os

vários tipos de afinidades é apresentada no trecho a seguir, extraído do seu livro (MACQUER, 1749 *apud* MAAR, 1999, p. 442):

> Afinidade de agregação: é simplesmente o acúmulo de matéria em corpos homogêneos, ou seja, o crescimento da quantidade de uma substância;
>
> Afinidade de composição: é a agregação com formação de substâncias químicas heterogêneas, ou seja, a formação de compostos químicos a partir de seus constituintes:
>
> $$A + B \rightarrow AB;$$
>
> Afinidades complexas: envolvem duas ou mais espécies diferentes;
>
> Afinidade de meio: um determinado "meio" (ou seja, um solvente, ou uma solução ácida ou alcalina) faz com que surja afinidade entre espécies, afinidade esta que não se manifesta fora deste meio;
>
> Afinidade recíproca: uma substância não mostra afinidade por outra, mas uma terceira substância pode criar a "predisposição" para esta afinidade;
>
> Afinidade dupla: uma espécie A não apresenta afinidade nem por B nem por C; mas A tem afinidade por B + C quando estes estão presentes juntos numa reação:
>
> $A + B \rightarrow$ sem afinidade
> $A + C \rightarrow$ sem afinidade
> $A + B + C \rightarrow ABC$

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).

O brasileiro, Vicente. S. Telles (1764-1804), foi o primeiro químico estrangeiro 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. Telles tentou demonstrar a quantificação relativa que Guyton de Morveau (1776) propôs para a afinidade. Esta relatividade poderia ser expressa por uma sequência de números relativos; portanto, quanto maior esse número maior a atração entre as espécies envolvidas, como pode ser visto na Tabela 1, a seguir (MOCELLIN, 2006).

Ácido sulfúrico com		Ácido muriático com	
Barita	14	Barita	12
Potassa	13	Potassa	11
Soda	12	Soda	10
Cal	11	Cal	8
Amoníaco	9	Amoníaco	7
Magnésia	8 ½	Magnésia	6
Argila	8	Argila	5

Tabela 1 – Tabela dos graus de afinidades (Fonte: MAAR, 1999, p. 465)

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). Além de Bergman, outros importantes químicos como P. J. Macquer (1718-1784), Ricchard Kirwan (1652-1715) e G. de Morveau (1737-1816) ficaram fascinados com a ideia de que substâncias podiam ser

colocadas em uma ordem relativa de afinidade frente a uma substância teste; as substâncias com maior afinidade eram capazes de deslocar todas as outras com menor afinidade (IHDE, 1909).

Bergman explicou as afinidades químicas de um modo newtoniano, a partir da relação que um corpo químico estabelecia com outro. Ele considerava a afinidade seletiva entre dois corpos como fixa e totalmente independente de variáveis como excesso de reagentes ou mudanças de temperatura. Bergman se propôs a realizar o maior número de reações para esquematizá-las em tabelas semelhantes à de Geoffroy; para ele existiam dois tipos de afinidades: *a atração de agregação*, que envolvia as substâncias homogêneas resultando simplesmente no aumento de massa e *a atração de composição*, que envolvia as substâncias heterogêneas que originavam novos produtos (LEICESTER, 1956). Segundo esse historiador, Bergman distinguiu dois tipos de interação: atração eletiva simples que envolvia a substituição e atração eletiva dupla que explicaria a dupla decomposição ou permuta, hoje denominada dupla troca.

As tabelas de Bergman publicadas de 1775 a 1783 revelam um enorme trabalho que incluía as novas substâncias descobertas e tentavam esclarecer as peculiaridades do meio reativo, como também, os estágios intermediários obtidos na reação dos mesmos compostos em condições diferentes. Essas tabelas ordenavam milhares de reações químicas. Ele agrupou as substâncias em 49 colunas, que continham 27 ácidos, 8 bases, 14 metais e outros. Todas as substâncias conhecidas até aquela época foram dispostas em ordem decrescente de afinidade relativa.

O termo atração como proposto por Bergman, é uma denominação muito usada ainda hoje no ensino de química. Contemporaneamente, a classificação das reações em síntese, simples e dupla troca, corresponde aos tipos de atração propostos por

Bergman. Portanto, foi ele quem pela primeira vez tentou dar uma formulação quantitativa mais moderna ao problema da afinidade. De modo inovador, ele mostrou, também, que o aumento da temperatura poderia mudar as afinidades, ou como diríamos hoje, mudar a direção de uma reação (MIERZECKI, 1990).

O projeto de Bergman era estudar todas as reações químicas possíveis e não apenas as reações tradicionais ou interessantes, comumente trabalhadas na época. Segundo Mocellin:

> Isso levou Bergman a se deparar com um número crescente de reações que não ocorriam de maneira completa, ou ainda, não ocorriam no sentido esperado. Bergman respondia a essas anomalias recorrendo a obstáculos físicos (concentração, temperatura, etc.) que, segundo ele, impediam que as afinidades "verdadeiramente químicas" se manifestassem; porém as anomalias se multiplicavam (MOCELLIN, 2006, p. 393).

Esse historiador considera que a relevância do trabalho de Claude L. Berthollet (1748-1822) de transformar as anomalias de Bergman em regras pode ser um exemplo de mudança paradigmática, numa perspectiva kuhniana. As reações incompletas representaram para Bergman o que Kuhn chamou de anomalia, porque violavam as expectativas que governavam a ciência normal.

Mierzecki (1990) considera que uma abordagem quantitativa de afinidade pode ser encontrada no livro: "Memoire sur la chaleur", publicado por Antoine Lavoisier (1743-1794), e Pierre Simon de Laplace (1749-1827), em 1783:

> (...) quando substâncias se combinam, agem uma sobre as outras de acordo com o grau de afinidade mútua; suas moléculas serão submetidas a forças de atração mutua, que podem mudar a quantidade de força viva e deste modo mudar a temperatura (MIERZECKI, 1990., p. 220). (tradução nossa)

Essa foi a primeira tentativa concreta de uma determinação quantitativa de afinidade que relacionou dois problemas: uma tendência das substâncias se combinarem umas com as outras e o fator que poderia facilitar essa combinação (MIERZECKI, 1990).

As contribuições de Lavoisier e Laplace permitiram que o problema da afinidade tivesse uma abordagem quantitativa; entretanto, os muitos conceitos de afinidade ainda estavam obscuros. Os trabalhos de amigos de Lavoisier e do seu colaborador, Berthollet, deram uma significantiva contribuição ao desenvolvimento desse conceito. Em uma publicação datada de 1801, ele descreveu a ação de dois ácidos sobre um sal ou base e a ação de um ácido sobre dois sais ou duas bases (MIERZECKI, 1990).

O francês Antoine Lavoisier ficou muito impressionado com o poder de organização destas tabelas. Embora ele tenha sido atraído pelas tabelas de afinidades na busca de regularidades presentes na ação do oxigênio sobre outras substâncias, fazia algumas ressalvas sobre elas, a exemplo da não consideração da influência da temperatura para a obtenção dos dados tabelados, enfim, ele preferiu não se fundamentar na teoria sobre as afinidades devido à ausência de dados experimentais confiáveis, revelando-se um empirista convicto (ARAUJO NETO, 2003).

3.5.4. A proposta de Bertollet para a afinidade entre as substâncias

As tabelas de afinidades foram bastante úteis nas previsões das reações químicas; entretanto, a compreensão das afinidades entre as substâncias inexistia, numa perspectiva da Química Moderna. As ideias do francês Berthollet apontarão

outras possibilidades para a compreensão das afinidades, como podemos perceber nas palavras desse químico:

> A tendência de um corpo para se combinar com um outro, decresce proporcionalmente ao grau de combinação já efetuado. Por isso, a tendência para reagir não é puramente química, mas, função da concentração dos reagentes (BERTOLLET, *apud* BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992, p. 106).

A afinidade seria modificada por certas condições particulares que poderiam não ser dedutível a partir de um princípio geral, mas que poderiam ser constatadas empiricamente. Nesta perspectiva, nenhum dos efeitos capazes de modificar a afinidade de um corpo por outro ocorreria isoladamente, de modo que não poderia ser avaliado quantitativamente. Toda substância que tendia a entrar em combinação agiria pela ação de sua afinidade e de sua quantidade, mas não somente por causa delas.

> Segundo Berthollet, quando duas substâncias estão competindo com uma terceira, a proporção dessa divisão não depende apenas da taxa das afinidades, mas também das substâncias reagentes; ele procurou estabelecer a importância das quantidades das substancias reagentes e procurou também investigar que propriedades influenciavam a direção de uma reação (IHDE, 1909, p. 95). (tradução nossa)

Berthollet obteve evidências claras da reversibilidade das reações quando ele evaporou solução de potássio em contato com fosfato de cálcio sólido e identificou a formação de fosfato de potássio e cal (óxido de cálcio). Ele interpretou esses achados e mostrou que o produto de uma reação seria resultante não apenas da afinidade, mas também das quantidades relativas das substâncias reagentes (IHDE, 1909).

A afinidade, para Berthollet levava em conta a concentração dos reagentes na reação e passou a se constituir em uma função do estado físico-químico, assumindo uma perspectiva totalmente newtoniana. Ele não aceitava a distinção entre afinidades de agregação e afinidades de combinação, afirmando que: “toda reação química entre

duas substâncias [...] forma, ou tende a formar, entre elas, uma união [...]" (MOCELLIN, 2006, p. 395).

Berthollet passou a adotar a doutrina de que os processos químicos e físicos eram explicados pelas forças de atração newtonianas. Manifestando a influência das ideias de Newton no seu livro "La Statique" (1803) e mostrando que as reações químicas eram incompletas, opõe-se à ideia de que as condições físicas (concentração, temperatura) fossem consideradas como permitindo ou constituindo obstáculos à ação química das afinidades. Portanto, passou a considerar que outros fatores eram igualmente importantes e deveriam ser levados em consideração nas explicações das reações químicas, neste caso, não bastava somente propor a existência da afinidade entre os corpos através de uma ação química agindo entre eles (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992; MOCELLIN, 2006).

As explicações até aqui expostas, sobretudo aquelas propostas no século XVIII, se baseiam em ideias empiristas. Esta perspectiva filosófica se apóia 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 contribuiu para uma melhor compreensão das reações químicas, mas, como será visto a seguir, o desenvolvimento da Físico-Química possibilitou novas formas de ver a reatividade entre as espécies químicas tornando superada a idéia 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.

No século XIX estas ideias tomaram várias faces, iniciando-se estudos que possibilitaram a distinção entre atomicidade e afinidade. Ideias sobre a existência de

diferentes arranjos dos átomos (fatores estruturais), passaram a ser importantes no estudo das reações, estabelecendo-se a teoria de valência e os estudos sobre a estereoquímica e posteriormente, as noções mecânico-quânticas das estruturas das substâncias e da formação de ligações químicas (JUSTI, 1998).

3.5.5. A noção clássica de reação química

O Irlandês William Higgins (1763-1825) foi responsável pela antecipação da noção do conceito de valência fundamentado em ideias atomistas. Ele publicou um livro comparando pontos de vistas contra e a favor da teoria do flogisto e que apresentava especulações sobre as combinações químicas. Nesse livro, ele usou a idéia de *partícula última* para se referir ao que chamamos hoje de átomo. Por meio de diagramas, procurou explicar as forças que mantinham essas *partículas últimas* unidas e usou como exemplo a formação dos óxidos de nitrogênio (IHDE, 1909).

Suas ideias, ainda muito especulativas, foram baseadas particularmente em informações experimentais, que geraram especulações derivadas de tais estudos empíricos. Sua proposta poderia ter sido muito promissora, uma vez que, ele introduziu um conceito primitivo de valência, de energia de ligação e de proporções múltiplas. Os conceitos de Higgins receberam pouca atenção, porque aquele momento não era ainda propício a um atomismo químico, uma vez que, a química analítica quantitativa ainda estava pouco desenvolvida.

No final do século XVIII e inicio do século XIX, os químicos 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 ideias de pesos de combinação (pesos equivalentes) e pesos atômicos. A idéia 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).

Jeremias Benjamin Richter (1762-1807) descreveu os processos de reação a partir de relações matemáticas e foi um dos percussores no estabelecimento do conceito de equivalente ou peso de combinação. Em 1802, Ernst Fischer (1762-1807) sintetizou uma grande parte desses resultados dos trabalhos produzindo uma tabela de equivalência de ácidos e bases. Ele considerou como referência o valor de 1000 para o ácido sulfúrico; nesta proposta o ácido muriático (ácido clorídrico) possuiria valor 712, a soda (hidróxido de sódio) 859 e a potassa (hidróxido de potássio) 1605. Esta escala indicaria, por exemplo, que 1605 partes de potassa neutralizariam 1000 partes do ácido sulfúrico. Em 1814, William Hyde Wollaston (1766-1828) amplia essas tabela incluindo sais e outros elementos (ARAUJO NETO, 2003).

3.5.6. Os átomos de Dalton

O inglês John Dalton (1766-1844), interessado em compreender as propriedades físicas dos gases para melhor entender os resultados obtidos em seus estudos sobre meteorologia, utiliza as noções de peso e de tamanho das *partículas últimas* para explicar as diferenças na solubilidade dos gases. Vale observar que Dalton não apresentava a noção de molécula, por isso sempre se referia a *átomos*, que ele chamava indistintamente *partículas últimas*. Segundo Viana e Porto (2007), Dalton

procurou explicar as combinações químicas dando como exemplo uma mistura de oxigênio e hidrogênio. Haveria uma repulsão entre os átomos de oxigênio, bem como entre os átomos de hidrogênio e isso resultaria em uma situação de equilíbrio desta mistura gasosa. De acordo com Dalton:

> Calor, ou algum outro poder, previne a união dos dois elementos, até que por uma faísca elétrica, ou algum outro estímulo, o equilíbrio seja perturbado. Então, o poder de afinidade é capaz de superar os obstáculos à sua eficiência e resulta uma união química das partículas elementares de hidrogênio e oxigênio. (DALTON *apud* FLEMING, 1974, p. 576)

Para minimizar as forças repulsivas, os átomos assumiriam uma certa disposição geométrica que estaria relacionada à quantidade de átomos combinados, buscando uma maior estabilidade mecânica do composto formado (VIANA; PORTO, 2007). No trecho a seguir Dalton expressa seu ponto de vista:

> Quando um elemento A tem afinidade por outro B, não vejo nenhuma razão mecânica pela qual ele não deva tomar tantos átomos de B quantos lhe são apresentados, e com os quais possa entrar em contato...exceto que a repulsão dos átomos de B entre si pode superar a atração de um átomo de A...Esta repulsão se inicia com 2 átomos de B para 1 de A, em cujo caso os 2 átomos de B estão diametralmente opostos, a repulsão aumenta com 3 átomos de B para 1 de A, em cujo caso os átomos de B estarão afastados por apenas 120º, com 4 átomos de B a repulsão é ainda maior, pois a distância é de apenas 90º....(DALTON *apud* FLEMING, 1974, p.570)

Dessa forma, um átomo composto, formado por quatro átomos, apresentaria uma estrutura trigonal plana, com os átomos dispostos a 120º em torno de um átomo central e aquele formado por cinco átomos teria uma estrutura tetragonal plana, onde os quatro átomos estariam dispostos a 90º em torno de um átomo central, obedecendo assim à chamada regra da máxima simplicidade. Nessa regra as interações aconteceriam na seqüência de um para um. Seguindo este raciocínio, vários tipos de combinações seriam possíveis, o que ele sumarizou na lei das proporções múltiplas (VIANA; PORTO, 2007).

A hipótese atômica enfrentou algumas dificuldades quando utilizada para explicar relações volumétricas de gases nas combinações químicas, que foram resolvidas mais tarde com as ideias de André-Marie Ampère (1775-1836) e de Amedeo Avogadro (1776-1856) que distinguiram moléculas constituintes e integrantes (simples e compostas) de moléculas elementares (átomos).

É possível que Dalton tenha sido um dos pioneiros na articulação entre o macroscópico, acessível através de medidas e experimentos, e o microscópico. Convém relembrar que a teoria atômica de Dalton continha algumas informações que caracterizavam as suas idéeas atomistas, que são sintetizadas a seguir:

1. Durante uma reação química os átomos conservam a sua individualidade;
2. Todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos, principalmente no que diz respeito ao seu peso, sendo desta forma o peso atômico uma característica de cada elemento químico;
3. As combinações químicas resultam da união dos átomos segundo relações numéricas simples (TOLENTINO; ROCHA-FILHO, 1994, p. 182).

A contribuição de Dalton, com sua hipótese atômica, para que a Química passasse a integrar o rol das ciências modernas deve ser considerada como de grande importância, pois serviu como base para toda a química quantitativa do século XIX (BENSAUDE-VINCENT, KOUNELES *apud* OLIVEIRA, 1993).

A hipótese atômica de Dalton acrescida da noção de molécula dada por Avogadro atravessou todo o último século, chegando, como se refere Paoloni (1980), a constituir um dos postulados da doutrina química visto a seguir:

> os elementos e as substâncias compostas estão feitas de moléculas e elas por sua vez estão constituídas de átomos. (o peso molecular e o peso atômico, medida de massa relativa, define-se de maneira operativa) (PAOLONI, 1980, p. 165).

Assim sendo, a determinação pioneira dos pesos atômicos realizada por Dalton atribuiu um caráter quantitativo aos átomos e os valores obtidos passaram a fundamentar os estudos que se apoiavam na hipótese atômica daltoniana.

3.5.7. As contribuções de Gay-Lussac, Avogadro e Berzelius

O francês Joseph L.Gay-Lussac (1778-1850) demonstrou, para várias reações gasosas, que existe uma relação inteira entre os volumes de reagente e produtos e no caso da água, essa relação era de 1:2 de oxigênio e hidrogênio, respectivamente. De acordo com Ihde (1909), a lei de Gay-Lussac sobre combinação de volumes sugere claramente que volumes iguais de diferentes gases, nas mesmas condições de temperatura e pressão, contêm o mesmo número de partículas reativas. Dalton conhecia essa relação, porém não a aceitava por ir de encontro a uma relação numérica mais simples, 1:1 (idéia da máxima simplicidade), uma vez que, ainda não conhecia outro composto formado por hidrogênio e oxigênio como a água oxigenada.

O italiano Amedeo Avogadro (1776-1856) juntou a hipótese atômica de Dalton com os resultados experimentais de Gay-Lussac e introduziu a idéia de molécula constituída por vários átomos. Para Avogadro, átomo poderia ser uma meia-molécula e assim ele explicava a proporção 1:2 na água da seguinte forma: uma molécula da água seria formada de uma meia-molécula de oxigênio e duas meias-moléculas de hidrogênio (IHDE, 1909).

A hipótese de Avogadro levou meio século para ser aceita pelos químicos, pois não se concebia a afinidade entre átomos de mesma natureza, porque se considerava que os átomos de cada elemento eram eletricamente carregados (ora positivo, como o

hidrogênio, ora negativo, como o cloro e o oxigênio) e portanto, átomos idênticos deviam sofrer repulsão mútua (TOLENTINO; ROCHA-FILHO, 1994). A ideia de Avogadro contribuiu para uma melhor compreensão quantitativa das afinidades e da atomicidade das espécies.

O sueco J. J. Berzelius (1779-1848) não concordava com a ideia de Avogadro, tanto que formulou uma teoria, conhecida como dualismo eletroquímico, em 1812, onde ele admitia que a força entre átomos era de natureza eletrostática. Ele considerava que a partícula, por exemplo, de cloreto de sódio, seria mantida pela atração de uma carga positiva no sódio e uma carga negativa no cloro. De acordo com Rheinboldt (1995), Berzelius é um atomista convencido e baseia seu sistema na ideia da estrutura corpuscular da matéria, explicando a combinação dos elementos pela compensação de cargas elétricas opostas dos átomos (RHEINBOLDT, 1995).

Seu objetivo maior era um dia poder expressar as afinidades dos elementos nas substâncias tal como se expressavam forças mecânicas. Berzelius desenvolveu o sistema dualístico dos compostos químicos, tendo por base a sua visão de afinidade e sua teoria eletroquímica. No trecho a seguir ele expressa o seu ponto de vista sobre o caráter hipotético em que se fundamentava a suas idéias:

> Entramos agora num campo onde não achamos provas e onde por isso nossas suposições, mesmo se fossem certas, ficariam sempre duvidosas; vamos, porém, ao menos tentar fazer uma idéia desses fenômenos (BERZELIUS, 1836 *apud* RHEINBOLDT, 1995, p. 103).

De acordo com Rheinboldt, a teoria eletroquímica de Berzelius poderia ser resumida nos seguintes itens:

a) Todos os átomos dos elementos são, por natureza, carregados de eletricidade; possuem dois pólos opostos, nos quais se concentram as eletricidades opostas;

b) Os dois pólos não têm, porém, intensidade elétrica igual; existe uma “unilateralidade elétrica”, sendo que em alguns átomos predomina o pólo positivo e em outros o negativo, de modo que eles são aparentemente eletropositivos ou eletronegativos;

c) A combinação química consiste na atração dos corpúsculos de carga oposta e na neutralização de eletricidade (com liberação de calor) entre pólos de carga oposta. Tendo cada átomo (com exceção do oxigênio) dois pólos diferentes, só pode ele ter ação ora eletropositivo ora eletronegativo conforme o caráter elétrico do outro átomo com o qual vai entrar em combinação;

d) Para poder explicar o diferente grau de afinidade recíproca dos corpos é admitido que certos átomos podem ser mais intensamente polarizados que outros;

e) As forças da afinidade química são exclusivamente de natureza elétrica; o grau da afinidade depende de sua intensidade de polarização, que varia com a temperatura;

f) A eletrólise é exatamente o inverso da combinação química;

g) Um composto de primeira ordem (compostos de dois elementos diferentes) não se tornou completamente eletroneutro; possui, ao contrário, ainda um certo potencial positivo ou negativo, que corresponde à diferença da intensidade de polarização de seus componentes positivo e negativo;

h) Os sais são formados pela combinação de um óxido de metal, básico e eletropositivo com um óxido de um não-metal ou um óxido superior metálico (com menos oxigênios negativos) eletroquímico;

i) Existe, pois, uma conexão causal entre o dualismo e o contraste eletroquímico (RHEINBOLDT, 1995, p. 103-107).

Para Rheinboldt (1995), dessa maneira Berzelius conseguiu estabelecer uma unidade harmoniosa para o sistema da matéria inorgânica, que ficou conhecido como sistema eletroquímico incluindo todos os compostos inorgânicos, mesmo os mais complexos e os minerais. Berzelius não foi o primeiro nem o último a estabelecer uma teoria eletroquímica; com as descobertas de Luigi Galvani (1737-1798) e Alessandro Volta (1745-1827), teve inicio um período de muitos estudos no campo da eletricidade, as forças químicas passaram a ser consideradas como de natureza elétrica.

Berzelius explorou os estudos sobre a eletricidade e a ideia de polaridade atômica para explicar a reatividade das substâncias nas reações químicas. Embora não tenha sido uma teoria quantitativa, ela possibilitou a ampliação da base do atomismo ao

incluir os fenômenos da eletrólise, ampliando as discussões sobre a natureza elétrica da matéria.

3.5.8. As idéias modernas sobre reação química

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).

Outro aspecto que também preocupava os pesquisadores se referia à maior ou menor velocidade com que as reações químicas ocorriam. Na primeira metade do século XIX, Ludwig Wilhelmy (1812 - 1864) investigou pela primeira vez a rapidez de uma reação ao estudar a decomposição da sacarose em meio ácido. Nesse estudo, ele utilizou diversos ácidos em diferentes concentrações, variando as quantidades de açúcar e trabalhando em diversas temperaturas. Nessas condições, levando em conta todos esses fatores, pôde concluir que a quantidade de açúcar que se transformava em um pequeno intervalo de tempo era diretamente proporcional à massa total presente. Chegando, assim, a uma expressão matemática que representa a rapidez de uma

reação e mostrando que a quantidade da sacarose diminui exponencialmente com o tempo (MIERZEKCI, 1990; QUÍLEZ, 2004).

Os trabalhos de L. Wilhelmy possibilitaram avanços no estudo da afinidade e em 1860, A. W. Williamson (1824 - 1904) apresentou contribuições nesse campo, afirmando que: se uma reação química se realizasse num determinado intervalo de tempo, no sentido da formação dos produtos e estes, por sua vez, interagissem reconstituindo os reagentes, haveria um momento em que as duas reações ocorreriam com a mesma rapidez, estabelecendo-se entre elas um equilíbrio, evidenciando, assim, que a reação ocorreria simultaneamente nas duas direções. Esse estado dinâmico era alcançado devido a uma troca de átomos, que ocorria em cada momento que a reação se processava nos dois sentidos (MIERZECKI, 1990; QUÍLEZ, 2004).

Nos anos de 1862 a 1863, Marcelin Berthelot e Péan de Saint-Gilles estudaram o processo de esterificação que ocorria entre um álcool e um ácido.

$$\text{álcool} + \text{ácido} \rightleftharpoons \text{éster} + \text{água}$$

Eles observaram que em um dado instante essa reação “parava”, sendo assim, a reação nunca se completava, mas aproximava-se de um equilíbrio. Eles determinavam a cada intervalo de tempo a quantidade de ácido que ainda não havia se transformado. A partir desses dados determinavam a quantidade de éster formado a cada instante e assim, puderam concluir que a velocidade de uma reação vai diminuindo à medida que a reação se aproxima do equilíbrio, uma vez que essa velocidade é proporcional às concentrações de reagentes presentes no meio reacional (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992; MIERZECKI, 1990).

Os achados experimentais de Marcelin Berthelot e Péan de Saint-Gilles foram o ponto de partida para M. Guldberg (1836 – 1902) e P. Waage (1833 -1900) desenvolverem uma teoria matemática para explicar a afinidade química entre as substâncias, que chamaram de lei de ação de massas. A lei de ação de massas tem características de uma lei mecânica, pois como a força newtoniana, a força química de uma reação é obtida pelo produto das massas ativas (o que hoje chamamos de concentração). Eles assumiram que a velocidade de uma reação química seria proporcional às massas ativas das substâncias reagentes presentes no meio reacional (IHDE, 1909; QUÍLEZ, 2004).

No início do século XIX, J. B. Richter (1762-1807) desenvolveu análises quantitativas de sais e estabeleceu a noção de “estequiometria”, como também a “lei dos números proporcionais” e a “noção de equivalente químico”. Esse trabalho foi completado por Proust (1797-1807) com a ideia de “proporções definidas”, para a combinação das substâncias químicas.

Com esses estudos os químicos acreditavam que para cada substância reagente e produzida podia ser atribuído um coeficiente, denominado “mol”. A noção de *mol* apareceu pela primeira vez para designar que o peso em gramas, numericamente igual ao peso molecular ou normal de uma dada substância. Nessa época os químicos usavam a noção de *molécula grama* como uma ferramenta de laboratório para preparar as soluções (LAUGIER; DUMON, 2004).

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. Assim como Lavoisier e Laplace, Van't Hoff associou o curso de uma reação química ao calor liberado, entretanto, naquele momento, a atenção estava direcionada para a síntese e estrutura dos compostos químicos (MIERZECKI, 1990). Uma importante contribuição de vant'Hoff foi mostrar como a termodinâmica poderia ser utilizada pelos químicos especialmente em relação às idéias sobre as afinidades.

O conceito de energia livre teve grande repercussão a partir das publicações de G. N. Lewis que apresenta suas idéias sobre este assunto, levando o deslocamento do termo "afinidade" para o termo "energia livre", em grande parte dos livros da Inglaterra (LEICESTER. 1971).

Em 1940, Linus Pauling (1901 - 1994) desenvolveu a “teoria da ressonância química”, que permitia o entendimento de diferentes estruturas para um composto. Graças aos métodos da química quântica, hoje podemos entender mudanças na estrutura molecular, bem como sua habilidade para reagir (MIERZECKI, 1990).

A estrutura de uma substância foi por muitos séculos associada com a ideia de afinidade entre átomos e seus grupos. Com o desenvolvimento de novos métodos instrumentais, de uma maneira mais avançada, pode-se considerar simultaneamente a estrutura de uma substância química e sua habilidade para reagir (MIERZECKI, 1990).

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).

Assim, o conceito de reação química nasceu como uma forma de explicação para fatos experimentais e foi se modificando através dos tempos, à medida que novos aspectos das reações químicas foram sendo evidenciados pela experimentação de forma articulada com o raciocínio teórico.

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. 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. Para representar as reações químicas por meio de equações químicas, temos que levar em consideração alguns pressupostos.

O primeiro pressuposto para escrevermos uma equação química a ser considerado é que os materiais são constituídos por átomos, que se conservam durante a reação. Desse modo, o número de átomos de um determinado elemento químico presente nos reagentes deve constar também nos produtos, isso explica o fato da massa ser conservada numa reação química e de podermos representar as reações por meio das equações químicas. O segundo pressuposto, é o de que, nas reações, os átomos se combinam para formar substâncias diferentes das iniciais.

As substâncias reagentes e produtos podem ser simples ou compostas, formadas por átomos idênticos ou diferentes, unidos por ligações químicas, onde os átomos são distribuídos de acordo com um arranjo espacial específico, formado de unidades discretas, em compostos moleculares, ou através de estruturas gigantes, presentes em compostos covalentes, iônicos ou metálicos. Estes reagentes e produtos são representados por fórmulas, separados por setas, que indicam o curso da reação química, que pode ser reversível ou irreversível.

Podemos perceber que as ideias sobre as reações químicas atravessaram os séculos desde a Idade Antiga até a Idade Moderna; inicialmente como idéias filosóficas, até o momento quando teve início a construção de modelos que foram testados

experimentalmente, para explicar a interação entre as substâncias. Os estudos sobre reações químicas podem adquirir maior significado com a incorporação da sua contextualização histórica, estabelecendo-se uma conexão entre o que ensinamos na escola e as leis, modelos e teorias que instituíram um marco divisor entre a Química Medieval e a Química Moderna.

Dessa forma, nos posicionamos contra uma concepção de ciência enquanto acúmulo constante de conhecimento, em outras palavras, defendemos a importância do entendimento das diferentes visões de mundo, integradas na rede conceitual de suas próprias épocas. Como afirma Goldfarb: *"a questão passa a ser compreender a mudança de cosmo-visão e não mais de avaliar a superioridade ou o grau de verdade envolvido em cada teoria"* (GOLDFARB, 1987, p. 34).

Bachelard (1991), estabelece que um único conceito pode ser encontrado disperso entre vários tipos de pensamento filosófico e apresentar características ontológicas diversas, o que ele chamou de "perfil epistemológico". Para este pesquisador, um conceito científico pode ser interpretado sob diversos perfis que ele denominou de: realismo ingênuo (é basicamente o senso comum), empirismo claro e positivista (ultrapassa a realidade imediata pelo uso de instrumentos de medidas), racionalismo clássico (os conceitos passam a fazer parte de uma rede de relações racionais), racionalismo moderno (os conceitos passam a fazer parte de uma rede mais ampla) e racionalismo contemporâneo (ainda em desenvolvimento). Segundo ele, a evolução filosófica de um conhecimento científico perpassa todos esses perfis.

Percebemos que as ideias mais primitivas de reação química são aquelas que atribuem sentimentos humanos para sua explicação. Inicialmente, o amor e o ódio governavam a união ou a separação dos quatro elementos - terra, ar, fogo e água -

presentes em toda a matéria. Este tipo de explicação comparava a tendência dos corpos a se combinaram com os sentimentos existentes entre os seres humanos, fazendo uso de termos antropomórficos, a exemplo de: “amor”, “parentesco” e da “afinidade”, no período medieval; o termo afinidade foi usado para explicar a tendência que as substâncias apresentavam para se combinarem. Somente substâncias com alguma característica semelhante poderiam combinar-se entre si, surgindo assim à idéia de afinidade eletiva.

De acordo com Bachelard (1991), essas idéias poderiam ser inseridas na zona realista do perfil, pois se constituem numa forma de conceituação mais primitiva que leva em consideração o senso comum, configurando-se na expressão de um realismo ingênuo.

O segundo nível que se pode identificar para a noção de reação química relaciona-se às determinações empíricas para as forças de afinidades, que se materializaram nas diversas tabelas de afinidades químicas que surgiram a partir do século XVIII. Neste período a noção de reação química reflete a utilização de um pensamento empírico associado à experiência, podendo ser enquadrada na zona empirista do perfil.

Quando as explicações para as reações químicas passaram a ultrapassar a realidade imediata, ou seja, quando os estudos sobre os fenômenos da eletrólise revelaram a sua relação com o grau de afinidade das substâncias químicas, e as forças da afinidade química de uma substância passaram a ser entendidas como exclusivamente de natureza elétrica, onde o grau da afinidade dependia de intensidade da polarização das unidades químicas e da temperatura, este conceito passa a se constituir numa noção racional, adquirindo feições de um racionalismo clássico.

No século XIX passou-se a perceber que o progresso de uma reação dependia em parte das afinidades químicas, da massa dos reagentes presentes e da volatilidade ou da maior ou menor solubilidade dos produtos formados, e que todos esses fatores poderiam afetar o curso de uma reação, o que originou os estudos sobre o equilíbrio químico. Neste caso, o conceito de reação química pode ser localizado na zona racionalista do perfil, se aproximando de um racionalismo mais completo.

Posteriormente, os avanços tecnológicos e teóricos possibilitaram o reconhecimento de que os fatores estruturais interferem e são importantes no estudo das reações químicas, sendo responsáveis pela diferença nas propriedades químicas das substâncias, incluindo as afinidades químicas. Nesta perspectiva, uma reação química se constitui em um balanço de massa e energia de uma determinada transformação química, este conceito passa a adquirir contornos de um racionalismo mais sofisticado, podendo se enquadrar na zona mais avançada do perfil epistemológico bachelardiano.

Essa noção de perfil epistemológico nos permite descrever o processo de formação dos conceitos científicos e identificar compromissos filosóficos implícitos no desenvolvimento histórico de cada conceito. No capítulo seguinte iremos traçar o delineamento metodológico utilizado neste trabalho.

CAPÍTULO 4

4. DELINEAMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Critérios adotados na escolha dos livros didáticos.

Como os livros didáticos orientam a seleção de conteúdos a serem ministrados por professores nos diversos níveis de ensino, eles têm uma grande contribuição nos processos de ensino e aprendizagem e se constituem em um importante instrumento a ser investigado na pesquisa em ensino de Química. Vários são os aspectos que podem ser analisados em torno do livro, tais como: comercialização, produção, qualidade gráfica, historicidade do conhecimento veiculado e transposição dos conteúdos.

Os dois últimos aspectos se relacionam com a nossa problemática investigada, uma vez que, o nosso objetivo foi analisar como se dá a transposição didática do conceito de reação química e a sua apresentação nos livros didáticos de Química brasileiros destinados ao ensino médio: portanto, este tipo de investigação se constitui numa pesquisa em ensino de Química e enquadra-se no perfil de uma abordagem qualitativa, se constituindo num estudo exploratório, pois o mesmo permite ao investigador aprofundar seu estudo numa realidade específica, buscando elementos necessários que lhe permitam chegar aos resultados almejados.

4.2 Questões de pesquisa e instrumentos de investigação

O percurso metodológico seguido para tratar o problema proposto está articulado com questões de pesquisa, que buscam especificá-lo. Para cada questão, segue o instrumento de investigação utilizado e a justificativa para tal uso:

a) Como o conceito de reação química é abordado nos livros didáticos brasileiros de Química para o ensino médio, considerando os seguintes níveis: macroscópico, microscópico, simbólico?

Analisaremos os livros didáticos brasileiros de Química destinados ao ensino médio, buscando verificar o modo como o conceito é abordado, utilizando como principal critério à articulação dos três níveis do conhecimento químico: macroscópico, microscópico e simbólico. Nesta análise buscaremos avaliar como este conceito é aplicado e articulado com outros conceitos, como a relação macro/micro é apresentada durante a abordagem deste conceito, além da apresentação nos livros didáticos de aspectos da história deste conceito.

A opção em analisarmos exclusivamente manuais brasileiros, se deve ao fato de considerarmos que tais livros são elaborados de acordo com as características da realidade brasileira, refletindo, assim, as tendências do ensino de Química no nível médio, neste país.

b) Como a abordagem histórica do conceito é realizada pelos autores?

O apoio necessário para a análise dos manuais didáticos a partir do saber sábio, aconteceu através da pesquisa histórica. Esta pesquisa histórica não foi realizada em fontes primárias, uma vez que, o nosso objetivo era fazer uma pesquisa histórica para fins didáticos. Na escolha das fontes secundárias, procuramos nos fundamentar em historiadores da Ciência bem conceituados no âmbito da História da Ciência e da Química em particular.

c) De que forma as mudanças governamentais realizadas na legislação educacional e implementadas no Brasil, entre 1931 e 2007, influenciaram na forma como este conceito tem sido abordado nos manuais didáticos?

A opção por não limitar a análise aos livros atualmente utilizados no ensino de química brasileiro, mas sim de estendê-la, também, àqueles mais antigos, teve como objetivo verificar semelhanças e diferenças entre eles quanto ao tratamento deste conceito. Assim, este estudo tem seu marco inicial em 1931, data que marca o inicio do período de vigência das principais reformas educacionais brasileiras. Portanto, o primeiro período corresponde à vigência da reforma Francisco Campos, o segundo período à reforma Gustavo Capanema, o terceiro período à Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional nº 4024, o quarto período à Lei de Diretrizes e bases da Educação Nacional nº 5692, o quinto período à Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional nº 9394 e os Livros do PNLEM.

4.3 Análise dos dados

Usaremos critérios fundamentados nos níveis do conhecimento químico e na abordagem histórica conceitual para avaliar a forma como o conceito de reação química encontra-se presente nos manuais. Os dados coletados foram analisados através de um enfoque qualitativo e interpretativo. Nesta análise buscamos a objetivação dos dados levantados utilizando a técnica de análise de conteúdo, porque este tipo de análise constitui uma técnica de pesquisa usada para descrever e interpretar o conteúdo de textos e documentos como livros, cartas, etc. (MORAES, 1999).

Nascida de uma longa tradição de abordagem de textos, essa prática interpretativa se destaca, a partir do início do século XX, pela preocupação com recursos metodológicos que validem suas descobertas. Na verdade, trata-se da sistematização, ou da tentativa de conferir maior objetividade a uma atitude que conta com exemplos dispersos, mas variados, de pesquisa com textos.

De acordo com Richardson (2008), a análise de conteúdo é utilizada para estudar o material de maneira qualitativa, devendo-se fazer uma primeira leitura para organizar as ideias, para num segundo momento analisar os elementos e as regras que as determinam. Logo, essa prática consiste em demonstrar a estrutura dos elementos presentes para esclarecer suas diferentes características e extrair sua significação. As fases da análise de conteúdo organizam-se cronologicamente da seguinte forma: a pré-análise; a análise do material; o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

A pré-análise é a fase de organização dos dados que visa operacionalizar e sistematizar as ideias, organizando assim o esquema para o desenvolvimento do

trabalho; a analise do material consiste na codificação, categorização e quantificação da informação e o tratamento dos resultados.

Para a realização da nossa investigação selecionamos dezesseis livros didáticos pertencentes ao período de 1930 a 2007. Os manuais mais antigos foram obtidos na Biblioteca municipal da Cidade de Salvador da seção de livros didáticos antigos e na Biblioteca Central da Universidade Federal da Bahia. Escolhemos trabalhar com um período mais longo para que fosse possível identificar as mudanças na apresentação do conteúdo químico selecionado para a realização da nossa investigação, as transformações dos materiais e que tem como foco o conceito de reação química.

Esse conteúdo geralmente é tratado nos manuais didáticos dirigidos ao primeiro ano do ensino médio. Escolhemos analisar o capítulo de reações químicas, atender às questões de pesquisa.

Para o ensino do conteúdo: reações químicas, nos PCNs (2006) é proposta a seguinte abordagem:

> Compreensão da transformação química como resultante de ”quebra” e formação de ligações químicas; compreensão de diferentes modelos para explicar o comportamento ácido-base das substâncias; proposição de modelos explicativos para compreender o equilíbrio químico; proposição e utilização de modelos explicativos para compreender a rapidez das transformações químicas; compreensão da relação entre calor envolvido nas transformações químicas e as massas de reagentes e produtos; compreensão da entalpia de reação como resultante do balanço energético advindo de formação e ruptura de ligação química (BRASIL, 2006, p. 113).

De acordo com tais orientações, deve-se iniciar o ensino de reação a partir da observação de fenômenos que o estudante encontra no seu cotidiano, partindo para uma caracterização das transformações e dos aspectos energéticos e dinâmicos relacionados às reações químicas. Esperamos, então, que os livros didáticos que foram

publicados após os Parâmetros Curriculares Nacionais possam ser influenciados por algumas de suas diretrizes em relação ao ensino deste tema.

Os livros didáticos foram divididos em cinco períodos de tempo, que correspondem à vigência das reformas educacionais, propostas pelo governo para o ensino médio, pois se imagina que os autores dos livros didáticos possam seguir algumas das orientações propostas por essas reformas, quando realizam a transposição didática dos conceitos químicos para o livro didático.

Os livros foram escolhidos, visando uma representatividade em cada período, porém existiu uma grande dificuldade em encontrar livros dos períodos das reformas Campos e Capanema. Assim, organizamos um total de 16 livros que abordam os estudos de reações químicas, sendo um de 1930 a 1942 (Reforma Francisco Campos), um de 1943 a 1960 (Reforma Capanema), três de 1961 a 1970 (Lei de Diretrizes e Bases 4024), três de 1971 a 1988 (Lei de Diretrizes e bases 5692) e oito de 1989 a 2007 (Lei de Diretrizes e Bases 9394 e livros do PNLEM). Consideramos que a maior quantidade de livros analisados a partir da terceira fase não afeta a amostragem, em vista do fato de serem períodos onde se identifica uma maior produção de títulos.

Os livros escolhidos para análise, nos diferentes períodos identificados, estão apresentados na Tabela 2, a seguir:

Tabela 2. Livros didáticos escolhidos por período, autor e ano de edição.

Período	Número	Autor(es)	Ano de edição
Primeiro (1930 -1942)	1	C. H. Liberalli	1936
Segundo (1942 – 1960)	2	Paulo Décourt	1945
Terceiro (1961 – 1970)	3	Renato G. de Freitas, Carlos A. C. Costa	1961
	4	Ricardo Feltre, Setsuo Yoshinaga	1969
	5	Química (CBA)	1969
Quarto (1971 – 1988)	6	Chemical Educational Material Study.	1975
	7	Ricardo Feltre	1982
	8	Marta Reis	1992
Quinto (1989 – 2010)	9	Vera Novaes	1999
	10	Ricardo Feltre	2000
	11	Eduardo L. Canto, Francisco M. Peruzzo	2003
	12	Ricardo Feltre	2005
	13	José C. de A. Bianchi, Carlos H. ABrecht e Daltamir J. Maia	2005
	14	Olímpio S. Nóbrega, Eduardo R. Silva e Ruth H. Silva	2005
	15	Eduardo F. Mortimer e Andréa H. Machado	2002
	16	Wildson L. P. Santos, Gerson S. Mol, Roselli T. Matsunaga, Siland M. F. Dib, Eliane N. Castro, Gentil S. Silva, Sandra M. O. Santos e Salvia B. Farias	2005

Na Tabela 3, a seguir, apresentamos os livros identificados de acordo com as propostas de reformas educacionais governamentais para o ensino médio, vigentes no Brasil.

Tabela 3. Livros didáticos de acordo com as reformas educacionais.

Período	Reforma Educacional	Número dos livros	Nº de livros analisados
Primeiro (1930 – 1942)	Reforma Francisco Campos (1930)	1	1
Segundo (1943 –1960)	Reforma Gustavo Capanema (1942)	2	1
Terceiro (1961- 1970)	Lei das Diretrizes e Bases 4024 (1961)	3, 4, 5	3
Quarto (1971 – 1988)	Lei das Diretrizes e Bases 5692 (1971)	6, 7, 8	3
Quinto (1989 - 2010)	Lei das Diretrizes e Bases 9394 (1996)/Livros do PNLEM	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	8
	Total de Livros		16

Numa primeira etapa efetuamos a identificação do capítulo que aborda o conteúdo em foco, processo de preparação das informações, que Richardson (2008) chama de pré-análise e que tem como objetivo operacionalizar e sistematizar as ideias, para estabelecer um esquema preciso de desenvolvimento do trabalho. A etapa seguinte, a análise do material envolveu a identificação de alguns conceitos previamente selecionados, que se constituíram em categorias previamente definidas e posterior agrupamento de significados semelhantes identificados nestas categorias:

♦ Conceito de reação química apresentado nos níveis macroscópico e microscópico;

♦ Conceito de reagente e produto nos níveis macroscópico e microscópico para complementar o conceito de reação química;

♦ Conceito de equação química.

A análise dos conceitos de reagente e produto foi operacionalizada segundo dois critérios: (a) faz referência; (b) faz referência parcial. Iremos considerar o critério faz referência quando o autor explicitar tais conceitos; e o outro critério: faz referência parcial, quando o autor apenas mencionar os termos ao longo da apresentação dos conteúdos.

Essas categorias foram previamente definidas para nortear a análise de conteúdo dos livros selecionados, com a finalidade de responder as questões de pesquisa formuladas inicialmente.

Nesta análise buscamos avaliar como este conceito é aplicado e articulado com outros conceitos, como a relação macro/micro é apresentada durante tal abordagem, e perpassando essa análise, vamos averiguar como os aspectos históricos do conceito são apresentados.

4.4 Validação

Foi realizada nesse estudo, uma validação do instrumento de análise do livro didático com o objetivo de testar a aplicabilidade das categorias definidas neste trabalho. Ela foi feita por uma professora do nível médio que possui uma aproximação com a pesquisa da área de ensino de Química e uma pesquisadora, que analisaram de maneira independente três dos livros didáticos escolhidos: o de número 1 de 1936, o de número 6, de 1975 e o de número 11 de 2003, tendo como referência as três categorias anteriormente propostas.

Os resultados das análises apontaram uma convergência nos resultados em relação às três categorias conceituais utilizadas como foco da análise dos livros didáticos selecionados.

CAPÍTULO 5

5. Análise dos livros didáticos

Ao longo da história do ensino de Química no Brasil, os livros didáticos tiveram a sua estrutura e a organização dos conteúdos influenciadas pela legislação em vigor. A cada reforma do sistema educacional fez-se necessária a adequação dos livros didáticos aos documentos normativos.

No presente capítulo, apresentamos uma análise longitudinal dos livros didáticos de Química, em relação à abordagem do conteúdo que envolve o conceito de reação química. A análise do material envolveu a escolha de algumas categorias conceituais previamente definidas, buscando-se os significados semelhantes identificados nestas categorias, apresentadas a seguir:

- ♦ Conceito de reação química apresentado nos níveis macroscópico e microscópico;
- ♦ Conceito de reagente e produto nos níveis macroscópico e microscópico para complementar o conceito de reação química;
- ♦ Conceito de equação química.

5.1. Primeiro período (1930 – 1942) – Reforma Francisco Campos

O livro analisado que pertence a este período, C. H. Liberalli (1936), não possui um capítulo específico que aborde o conteúdo sobre reação química; tal conteúdo é apresentado em tópicos separados em diferentes capítulos. Na introdução, o autor traz o conceito de fenômeno químico associado ao de reação química e no capítulo VII, intitulado: “Notação química”, apresenta as equações químicas como representações

gráficas de uma reação química. O livro possui um caráter enciclopédico, ou seja, apresenta as leis, as teorias e os cientistas que as estabeleceram, mas não introduz atividades, a exemplo de exercícios e experimentos, confirmando a informação apresentada por Mortimer (1988), em seu artigo: "A Evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário".

O conhecimento científico é apresentando na forma de relatos, como se fossem descrições dos trabalhos dos próprios cientistas. De acordo com Lopes (1992; 2007), nos livros didáticos anteriores a década de sessenta o descritivismo era predominante, considerando-se que ensinar Química era descrever características e propriedades das substâncias mais utilizadas. Na maior parte do conteúdo dos manuais predominava a enunciação de propriedades das substâncias e os seus métodos de obtenção.

Portanto, pode-se dizer que estes livros trazem uma imagem da química que Schenetzler (1981), chama de *"ciência de receita"* (p. 11)

Tabela 4: Conceito de reação química.

Livro analisado por autores/ano	Conceito de reação química		
	Número	Nível macroscópico	Nível microscópico
C. H. Liberalli (1936)	1	"Quando a transformação é de caráter permanente e destroem as propriedades específicas da substância, originando novas outras, temos um fenômeno químico". (p. 10)	N

Nota: N = Não identificado

O conceito de reação química encontra-se relacionado ao de fenômeno químico, considerado como aquele que altera a constituição da matéria. De acordo com Lopes (1994, p. 339), *"a conceituação explícita de fenômeno é, em sua maior parte, associada à ideia de transformação, seja ela da matéria ou de um sistema do Universo"***.**

A ideia que o autor passa ao conceituar reação química (tabela 4) é de que tal alteração, por ser profunda, ocorre dentro das substâncias, sendo irreversível, permanente, se mantendo mesmo quando a causa é cessada, uma vez que altera a constituição da matéria.

Neste tópico observamos a presença do obstáculo epistemológico denominado substancialismo; relacionando a ideia de que as propriedades são intrínsecas às próprias substâncias, concebidas como contendo um interior que é responsável por suas propriedades.

> ...se aquecermos fortemente o cobre, este se transforma em um pó negro, o óxido de cobre, dotado de propriedades novas[1] (p. 10) (grifo nosso)

Segundo Bachellard (1996) esse tipo de obstáculo é um entrave ao aprendizado do conhecimento químico, reforçando o mito de que as propriedades de uma substância originam-se no seu interior e não nas interações que podem se estabelecer a partir dela.

No que se refere ao processo de apreensão da reação, predomina um caráter empirista/indutivista característico do período, uma vez que ocorre uma supervalorização das impressões tácitas e visuais. Nota-se nesse livro didático uma grande ênfase na observação e no trabalho experimental que o cientista realiza, como se fosse o único modo possível de se obter o conhecimento científico.

Essa importância dada à observação no processo de construção de uma lei demonstra uma tendência emprirista/indutivista do livro didático na forma de apresentar a construção do conhecimento científico, como afirma Driver (1996), este tipo de conhecimento é considerado como aquele que é comprovado:

> [...] essa lei foi confirmada no inicio do século atual pelos trabalhos de Landolt, físico alemão, que, operando com balanças sensíveis ao centésimo de miligrama, não verificou nenhuma variação no peso dos sistemas em reação (p. 16) (grifo nosso).

O livro não explica a formação das substâncias numa reação química através da ruptura das ligações com rearranjo das partículas para formarem novas substâncias, ou seja, a definição microscópica do conceito.

Considerando critérios para analise dos conceitos de reagentes e produtos (tabela 5), observamos que este livro não apresenta explicitamente o conceito de reagentes e produtos**,** mencionando-os quando fala de equações químicas no sétimo capítulo: *Notação química,* como visto a seguir:

> No primeiro membro são escritas às fórmulas das substâncias reagentes e no segundo as das substâncias produzidas na reação. (p. 64)

Tabela 5: Conceito de reagente e produto

Livro analisado por autores/ano	Conceito de reagente e produto		
	Número	Faz referência	Faz referência parcial
C. H. Liberalli (1936)	1		X

Embora, de acordo com Porto (2010), o emprego da História da Química já fosse recomendado pela Reforma Francisco Campos de 1931, não identificamos uma abordagem histórica específica do conceito de reação química.

As informações históricas presentes são ligeiras e superficiais e só aparecem no tópico onde se discute as leis de combinações químicas. Essa simples menção não favorece reflexões a respeito do processo de construção dos conceitos, servindo, em geral, para introduzir, exemplificar ou reforçar alguns conceitos ou leis, como no exemplo que se segue:

> Lei da conservação das massas..., lei de Lavoisier: Essa lei foi estabelecida pelo químico francês Lavoisier (Antoine-Laurent) (1789) em seguida aos seus estudos sobre a constância do peso nas reações químicas, e pode ter diversos enunciados. O que mais se aproxima à idéia primitiva de Lavoisier é o peso das substâncias reagentes, durante uma reação química, permanece constante. [...] Esta lei foi confirmada no início do século atual pelos trabalhos de Landolt, físico alemão, que operando com balanças sensíveis ao centésimo de miligrama, não verificou nenhuma variação no peso dos sistemas em reação[1] (p. 15 e 16).

Neste trecho do livro aparece uma informação interessante que o diferencia dos demais, a evidência de que o processo de construção das teorias científicas pode durar muitos anos, envolvendo um trabalho de vários cientistas na sua consolidação. A maior parte dos livros didáticos de Química associa apenas o nome de Antoine Lavoisier (1743 – 1794) à conservação da massa nas reações químicas. Entretanto, poucos avançam, além disso, ou de escassos dados biográficos deste cientista. Neste trecho, o autor faz referência ao cientista Ham Landolt (1831 – 1850), que contribuiu para o processo de consolidação da lei de conservação da massa, no século XIX.

Como veremos, a seguir, observa-se que a evolução do conhecimento é descrita como um processo linear e acumulativo, como se ideias antigas fossem essencialmente,

as mesmas daquelas formuladas em períodos modernos, sem se considerar tanto o contexto em que elas foram produzidas quanto às controvérsias e rupturas.

> A noção de constância do peso total nas transformações químicas e por generalizações à constância da massa existente no Universo, não data de Lavoisier. Os filósofos antigos da Grécia exprimiram a mesma idéia e é célebre o verso de Lucrécio: *Ex nihilo nihil, in nihilum nihil posse reverti.*[1](p. 16)

Em relação ao conceito de equação química (tabela 6), constatamos que o autor apresenta este conceito como visto a seguir:

Tabela 6: Conceito de equação química

Livro analisado por autores/ano	Número	Conceito de equação química
C. H. Liberalli (1936)	1	"A representação gráfica de uma reação química denomina-se **equação química**" (p. 64)

Embora a equação química seja definida como uma representação da reação química observa-se que esta apresentação não é acompanhada de explicações a nível microscópico para este conceito. Os termos de uma equação são citados, destacando-se o nível simbólico, como constatado no trecho a seguir.

> No primeiro membro são escritas as fórmulas das substâncias reagentes e no segundo membro as das substâncias produzidas na reação. Os dois membros são separados por um sinal → (que se lê produz, origina, etc.) ou, de maneira menos recomendável, por um sinal de igualdade. Os termos são separados pelo sinal de adição. (p. 64)

Na sequência o autor exemplifica várias reações químicas através das suas equações químicas da seguinte maneira:

> Para representar a ação do cloro sobre o cálcio, dando cloreto de cálcio escrevemos:
>
> $Ca + Cl_2 \rightarrow CaCl_2$ (p. 64)
>
> A reação do enxofre com o ferro se simboliza: $Fe + S \rightarrow FeS$ (p. 64)

Após a descrição destas equações químicas elas são explicadas do seguinte modo:

> Representando cada símbolo ou fórmula um determinado peso e devendo, de acordo com a lei de conservação da massa (cap. 1), permanecer constante o peso total de um sistema em reação, há necessidade de que o número de átomos de um elemento existente no primeiro membro da equação se encontre igualmente no segundo membro. (p. 64)

Aqui, no entanto, podemos perceber que o autor procura explorar a conservação da massa nas reações químicas para promover uma articulação mais consistente entre os níveis macro (molar) e simbólico.

Podemos observar que o livro didático deste primeiro período, também não apresenta adequadamente uma explicação que articule os três níveis do discurso químico (molar, molecular e elétrico), buscando identificar os conceitos nestes diferentes níveis, como defendido por Jensen (1998) em seu artigo: *Logic, History, and the Chemistry Textbook I. Does Chemistry have a Logical Struture?* Segundo este autor, quando isto acontece, a abordagem utilizada pode resultar na propagação de conceitos desatualizados (a exemplo dos conceitos de corpos simples e compostos, utilizados no século XVIII), como podemos perceber no trecho abaixo;

> [...] as substâncias simples, ou, como são designadas mais comumente, os **corpos simples**, são aquelas que a análise ainda não conseguir decompor em substâncias mais simples. Por exemplo,

> os metais, o oxigênio, o hidrogênio, são corpos simples. **Corpos compostos**, ou simplesmente **compostos**, são os formados de corpos simples, em que se resolvem pela análise. (p. 11)

De acordo com Mortimer (1988, p. 27), *"a inércia dos livros didáticos faz com que certos assuntos, já ultrapassados, sejam repetidos sem nenhum questionamento".* O autor cita o exemplo da definição de corpo que aparece em todos os livros didáticos, desde o século XIX.

Segundo Jensen (1998), existe a necessidade de distinguir cuidadosamente os níveis do discurso químico: molar, molecular e elétrico e infelizmente, segundo este pesquisador, este é o ponto em que os livros didáticos pecam, pois os autores geralmente não explicitam tais níveis e quando isto acontece, o fazem de maneira aleatória ao longo do livro.

5.2. Segundo período (1943 – 1960) – Reforma Capanema

Diferentemente do período anterior, o livro desse período que foi analisado, apresenta um capítulo específico para o estudo das reações químicas, porém não possui exercícios dirigidos aos estudantes. Entretanto, de acordo com Matorano e Marcondes (2009), alguns livros deste período, já apresentam este tipo de atividade ao final dos capítulos. De modo semelhante ao livro do período da Reforma Campos (1931), o caráter enciclopédico ainda é identificado, e na apresentação dos conteúdos transparece uma perspectiva filosófica de natureza empirista/descritivista, como exemplificado no trecho abaixo:

> tratando zinco metálico por ácido sulfúrico diluído, observamos que há desaparecimento de um gás, que reconhecemos ser o hidrogênio, e que o metal desaparece na massa líquida, analisando-se o líquido verificamos que nele há, em dissolução, sulfato de zinco (p. 127).

De acordo com Lopes (1998), como citado no capítulo dois dessa dissertação:

> No período das reformas Campos e Capanema, o currículo de Química foi caracterizado pelo excesso de conteúdos e pelo predomínio da concepção de cunho empirista-descritivista (p. 17).

Tabela 7: Conceito de reação química

Livro analisado por autores/ano	Conceito de reação química		
	Número	Nível macroscópico	Nível microscópico
Paulo Décourt (1945)	2	"Reação, em química, é sinônimo de fenômeno químico, e será químico todo o fenômeno que for acompanhado pelo desaparecimento de uma ou mais substâncias, e, consequentemente, aparecimento de outra, ou outras". (p. 117)	N

Nota: N = Não identificado

O conceito de reação química (tabela 7) é abordado no nível macroscópico e relacionado ao conceito de fenômeno químico. Durante a apresentação deste conteúdo identifica-se dois dos obstáculos epistemológicos propostos por Bachellard (1996): o obstáculo animista, bem como o obstáculo realista. Como exemplo, podemos citar um trecho que explica as condições para a ocorrência de uma reação química:

> [...] condições essenciais para ocorrer reação química afinidade e contato [...] Dá-se o nome de afinidade à tendência apresentada pelas substâncias de se unirem umas às outras; é uma espécie de atração que exercem uns sobre os outros, os átomos, ou os radicais (p. 118).
>
> O zinco tomou o lugar antes ocupado pelo hidrogênio, na molécula do ácido sulfúrico, pelo que o gás ficou livre, ou seja, o zinco deslocou o hidrogênio e tomou o seu lugar. (p. 127) (grifo nosso)

Como foi apresentado no terceiro capítulo, historicamente o conceito de afinidade era defendido como uma força responsável pela combinação dos corpos. O conteúdo animista dessa força era explicito, na medida em que era comparada com a atração sexual. Posteriormente, este conceito foi sendo modificado por químicos como Berzelius, a partir dos estudos relacionados à natureza elétrica da matéria e através da teoria dualista (MAAR, 1999).

A utilização da linguagem cotidiana para explicar os diversos conteúdos químicos pode reforçar nos estudantes ideias alternativas relativas ao fenômeno da transformação química, como o desaparecimento e o deslocamento, como identificado em pesquisa realizada por Anderson, 1990 *apud* Rosa; Schnetzler, 1998.

Segundo Bachellard (1996), esses obstáculos são entraves ao aprendizado do conhecimento químico, impedindo que o estudante aproprie-se da linguagem científica e a utilize com propriedade em suas explicações. No estudo realizado por Lopes (1992), ela identificou que esse tipo de entrave é frequente nos livros do período da Reforma Capanema.

No livro que analisamos deste período, a definição microscópica do conceito de reação não é explicitada, uma vez que a formação das substâncias numa reação química não é apresentada através da ruptura das ligações dos reagentes, com rearranjo entre os átomos para formação dos produtos. O tratamento conferido aos

reagentes e produtos (tabela 8) é feito de forma operacional enfatizando-se o nível simbólico:

Tabela 8: Conceito de reagente e produto

Livro analisado por autores/ano	Conceito de reagente e produto		
	Número	Faz referência	Faz referência parcial
Paulo Décourt (1945)	2		X

> O produto resultante da combinação recebe o nome de composto e os elementos que o formam são os componentes. (p. 124)

Não se percebe a valorização do nível microscópico durante a apresentação de tais conceitos, bem como uma abordagem histórica que contribua para a contextualização deste conteúdo. Algumas informações históricas são apresentadas no tópico que trata das Leis de Combinações Químicas. No entanto, como no período anterior, tal abordagem só aparece de forma linear, ou seja, as informações históricas não contemplam controvérsias científicas para mostrar como as teorias foram construídas e validadas.

Em relação ao conceito de equação química apresentado na tabela a seguir:

Tabela 9: Conceito de equação química

Livro analisado por autores	Número	Conceito de equação química
Paulo Décourt (1945)	2	N

Nota: N = Não identificado

O autor não explicita o conceito de equação química, ele simplesmente apresenta várias reações e as suas respectivas equações após uma descrição do processo, prevalecendo uma abordagem no nível macroscópico e simbólico, como mostrado a seguir:

> Deitando-se certa quantidade de uma solução de iodeto de potássio em outra, de nitrato de chumbo, veremos aparecer um precipitado amarelo cor de ouro, constituído por iodeto de chumbo, separando-se tal precipitado do líquido e analisando-se este último verificamos que contém, dissolvido, nitrato de potássio.
> A equação do fenômeno[4],
>
> $2IK + (NO^3)^2Pb \rightarrow I^2Pb + 2NO^3K$
>
> Mostra que a reação constitui em uma permutação; o potássio, que se achava combinado ao iodo, cedeu seu lugar ao chumbo, o qual, por sua vez, deixou o radical NO^3, que se combinou ao potássio, portanto, o potássio toma o lugar antes ocupado pelo chumbo, e este antes ocupado pelo potássio. (p. 128-129)

Esta forma de apresentação não contribui para a compreensão da reação como um rearranjo dos átomos em função da ruptura das ligações químicas dos reagentes para que aconteça a formação dos produtos. A ênfase ainda era nos níveis: simbólico e macroscópico.

Segundo Mortimer (1988), as recomendações nesses dois períodos para o ensino de Química eram que a observação de fenômenos junto com a experimentação deveria fazer parte do desenvolvimento dos conteúdos químicos; portanto, o que se observa é que os livros que pertencem a estes dois períodos se assemelham em muitos aspectos na abordagem dos conteúdos.

Para explicar a interação entre as partículas o livro utiliza a ideia de afinidade química em vez do conceito de ligação química. Esta ideia de força seletiva de união (afinidade) surgiu no século dezessete, quando Boyle e Newton, entre outros,

---

[4] Esta representação de uma equação química utilizado pelo autor ainda segue o modo de representação de Berzelius, difundido no século XIX.

propuseram a ideia de que a matéria era constituída de pequenas partículas invisíveis, ganhando grande visibilidade no século XVIII com o desenvolvimento da Teoria das Afinidades (MAAR, 1999). A reação química era então entendida como um processo no qual partículas elementares interagiam umas com as outras. Influenciada pelo pensamento newtoniano, a idéia que prevalecia era que, essas interações ocorriam por intermédio de força de atração semelhantes as da gravidade. Neste período não havia a distinção entre os conceitos de reação química e ligação química.

No século dezenove o conceito de afinidade (como força de atração) foi sendo substituído pela ideia de interação (na forma de energia), passando a existir uma distinção entre atomicidade e afinidade. Ideias sobre a existência de diferentes arranjos dos átomos (fatores estruturais), passaram a ser importantes no estudo das reações, estabelecendo-se a teoria de valência e estudos sobre a estereoquímica. Posteriormente, com o estabelecimento das noções mecânico-quânticas das estruturas das substâncias e da formação de ligações químicas, passou a existir o entendimento de que uma reação química ocorreria devido à interação (de natureza elétrica) das partículas reagentes (JUSTI, 1998).

Quanto ao desenvolvimento da ciência, a perspectiva filosófica evidenciada no livro continua sendo predominantemente empirista/indutivista, pois o desenvolvimento dos conteúdos químicos relativos à reação química é apresentado considerando-se que as leis gerais para os diferentes fenômenos se apóiam nos dados obtidos através dos sentidos. Esta valorização das generalizações obtidas dos dados empíricos e das descrições pode ofuscar os aspectos matemáticos relacionados a explicações dos fenômenos e aos conceitos mais abstratos.

5.3. Terceiro Período (1961- 1970) – Vigência da LDB

Os livros analisados nesse período já possuem um capítulo específico de reação química, com atividades e experimentos, passando a desempenhar a sua principal função que é de ensinar os conceitos, leis e teorias. Para tanto, percebe-se uma mudança na formatação do livro que passou a ter uma estrutura didática que tem acompanhado este tipo de manual até a atualidade.

Tabela 10: Conceito de reação química

Livro analisado por autores/ano	Conceito de reação química		
	Número	Nível macroscópico	Nível microscópico
Renato G. de Freitas; Carlos A. C. Costa (1961).	3	"É o fenômeno onde ocorre a transformação de uma ou mais substâncias em outras". (p. 108)	"As combinações químicas nada mais são do que o resultado das interações eletrônicas à custa dos elétrons da camada mais externa de cada átomo". (p. 96)
Ricardo Feltre; Setsuo Yoshinaga (1969).	4	"Fenômeno químico (ou reação química) quando for uma transformação material de caráter 'mais permanente'; como é a queima de um combustível" (p.18)	"As transformações, fenômenos ou reações químicas, são mais "violentas" e mais "duradouras", porque nelas as moléculas são arrebentadas de um modo diferente, formando então

			novas moléculas (que constituem novas substâncias)"(p. 34)
Ernesto G.; Astrea M. G. e Lélia M. (1969). (CBA)	5	"Sempre que ocorre um processo em que há formação de um ou mais materiais novos, o sistema em que ele ocorre é denominado sistema químico. O processo em si é uma transformação química ou uma reação química". (p. 9)	"A idéia de que elementos e compostos são constituídos por átomos arranjados de uma certa forma particular sugere uma definição de transformação química". (p. 27)

Nota: N = Não identificado

Neste período já encontramos uma preocupação dos autores em realizarem uma abordagem no nível microscópico do conceito, entretanto, com termos pouco adequados, a exemplo da palavra "arrebentada", utilizada pelo livro 4, para se referir ao rompimento da ligação e entre os átomos de uma molécula. Porém, na sequência, estes livros exploram o conceito de reação química a partir de fatos que podem ser observados e descritos macroscopicamente, predominando uma utilização operacional deste conceito.

> Diversas reações químicas fazem parte da nossa vida cotidiana: a gasolina e a madeira queimam; objetos de prata escurecem; o ferro enferruja; o leite coalha; [...]. Muitos outros fenômenos freqüentemente encontrados também são químicos, estando incluídos entre eles, o crescimento das plantas e dos animais e a cocção dos alimentos.[5] (ERNESTO et al, 1969, p. 9)

O livro 4 traz a combustão do álcool para exemplificar uma reação química, como demonstrado no trecho a seguir:

> Por exemplo, quando o álcool comum está queimando, suas moléculas (C_2H_5OH) estão sendo arrebentadas, pois elas reagem com o oxigênio (O_2) do ar. E então, a medida que algumas moléculas de álcool e de oxigênio vão sendo arrebentadas, seus átomos são reaproveitados e reagrupados, de modo a formar duas novas substâncias – o gás carbônico (CO_2) e água H_2O. (FELTRE; YOSHINAGA, 1969, p. 34-35)

A transformação descrita é representada no livro através da seguinte ilustração:

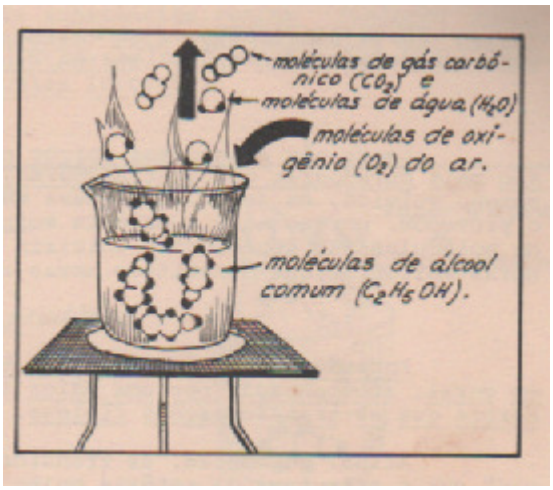


Figura 8 – Combustão do álcool. (FELTRE; YOSHINAGA, 1969, p. 35)

Percebemos que o autor se apropria da ideia de “modelo didático” para representar microscopicamente o processo de combustão do álcool, mas a apresentação deste modelo é feita sem que se saliente o que se busca demonstrar com ele e no que ele se distancia do “modelo científico”. De acordo com Mortimer, Scott e El-Hani (2009), a compreensão de um fenômeno no nível microscópico implica na estruturação de um modelo explicativo para o fenômeno em questão. Iremos tomar como referência o conceito de modelo proposto por Gilbert e Boulter (1995), de acordo com esses autores um modelo pode ser definido como uma representação parcial de

um objeto, evento, processo ou ideia, que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização; fundamentar elaboração e teste de ideias; e possibilitar a eleboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado.

Ao analisarmos a visão microscópica que o autor confere ao conceito de reação química, percebemos que o mesmo utiliza termos como: violentas, duradouras, arrebentadas, dotando o conceito de uma vivacidade[5], confirmando um certo distanciamento existente entre a Ciência ensinada (saber a ensinar) e a Ciência produzida (saber sábio).

Com relação ao conceito de reagentes e produtos (tabela 11), percebemos que apenas um dos três livros (5), faz referência ao rearranjo das partículas.

Tabela 11: Conceito de reagente e produto

Livro analisado por autores/ano	Conceito de reagente e produto		
	Número	Faz referência	Referência parcial
Renato G. de Freitas; Carlos A. C. Costa (1961).	3		X
Ricardo Feltre; Setsuo Yoshinaga (1969).	4	X	
Ernesto G.; Astrea M. G. e Lélia M. (1969). (CBA)	5	X	

[5] Termo utilizado por Bachelard, para indicar a presença do obstáculo epistemológico denominado animismo.

Dos livros analisados, o de número 3 menciona os conceitos de reagentes e produtos no decorrer do capítulo, mas não os define, como podemos perceber no trecho abaixo:

> A reação reversível depende exclusivamente dos produtos da reação e não dos reagentes [3] (FREITAS; COSTA, 1961, p. 113).

O livro 4 apresenta os conceitos de reagentes e produtos, sem explicar que nos reagentes ocorre a quebra das ligações (os átomos são rearranjados) e nos produtos, novas ligações são formadas (a partir do rearranjo dos átomos).

> no primeiro membro devem aparecer as substâncias que reagem (ou que 'entram' ou que 'participam' da reação) são os reagentes [4] (FELTRE; YOSHINAGA, 1969, p. 152).
>
> no segundo membro devem aparecer as substâncias que são formadas ou produzidas pela reação (ou que 'saem' da reação) são os produtos [4] (FELTRE; YOSHINAGA, 1969, p. 152).

Por outro lado, o livro 5 faz referência aos conceitos de reagentes e produtos, relacionando-os com a ocorrência do rearranjo dos átomos.

> **Na transformação química** os reagentes e produtos contém os mesmos átomos, mas diferem na maneira em que eles estão dispostos[5]. (ERNESTO et al, 1696, p. 27)

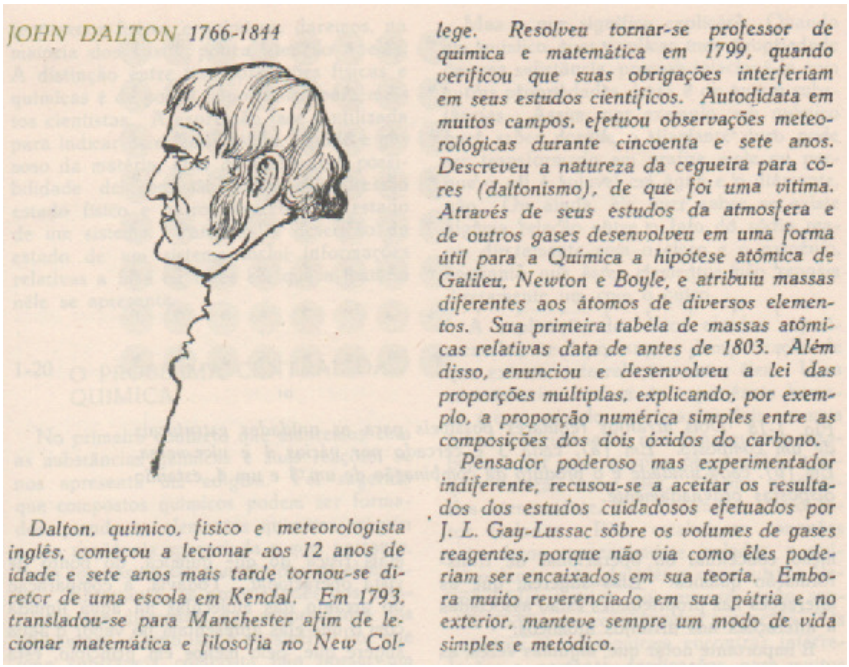
O CBA (livro 5) apresenta o tratamento do conceito de reação química de maneira coerente com a sua proposta que é introduzir os estudantes nas atividades científicas, pois esse livro tinha como principal objetivo formar cientistas, o que era uma demanda do contexto social e político vigente na época. Naquele período, os objetivos da educação estabelecidos pela lei de número 4024/61 eram preparar o indivíduo e a sociedade para o domínio dos recursos científicos e tecnológicos e para atender à

necessidade de formação de cientistas, o que acabou se refletindo neste livro, na forma escolhida pelos autores para tratar os conteúdos.

Segundo Gil Pérez (1986), o projeto do CBA tinha como meta o ensino de Ciência pelo processo de aprendizagem do método científico. Em tal projeto a Ciência era concebida com base na observação e no uso do raciocínio lógico que deveria ser comprovado pela experimentação.

Essas propostas curriculares eram baseadas em modelos onde a aprendizagem ocorria por descoberta e tinham uma fundamentação filosófica de cunho empirista-indutivista (LOPES, 2007).

No que diz respeito à abordagem histórica, os livros analisados, embora introduzam a história da ciência em outros capítulos, fazem-no de maneira exclusivamente factual, por meio de biografias de cientistas envolvidos em descobertas e quase sempre à margem do texto principal, como verificado no livro de número 5:



JOHN DALTON 1766-1844

Dalton, químico, físico e meteorologista inglês, começou a lecionar aos 12 anos de idade e sete anos mais tarde tornou-se diretor de uma escola em Kendal. Em 1793, transladou-se para Manchester afim de lecionar matemática e filosofia no New College. Resolveu tornar-se professor de química e matemática em 1799, quando verificou que suas obrigações interferiam em seus estudos científicos. Autodidata em muitos campos, efetuou observações meteorológicas durante cincoenta e sete anos. Descreveu a natureza da cegueira para côres (daltonismo), de que foi uma vítima. Através de seus estudos da atmosfera e de outros gases desenvolveu em uma forma útil para a Química a hipótese atômica de Galileu, Newton e Boyle, e atribuiu massas diferentes aos átomos de diversos elementos. Sua primeira tabela de massas atômicas relativas data de antes de 1803. Além disso, enunciou e desenvolveu a lei das proporções múltiplas, explicando, por exemplo, a proporção numérica simples entre as composições dos dois óxidos do carbono.

Pensador poderoso mas experimentador indiferente, recusou-se a aceitar os resultados dos estudos cuidadosos efetuados por J. L. Gay-Lussac sôbre os volumes de gases reagentes, porque não via como êles poderiam ser encaixados em sua teoria. Embora muito reverenciado em sua pátria e no exterior, manteve sempre um modo de vida simples e metódico.

Figura 9 – Biografia de John Dalton. (ERNESTO et al, 1969, p.27)

No livro de número 4, o autor traz um capítulo específico, o segundo, onde aborda a história da química, cujo título é: Esboço da Evolução da Química. Percebe-se no próprio título deste capítulo, que a palavra evolução já traz implícita uma perspectiva de apresentação linear e acumulativa da construção do conhecimento científico. Neste capítulo, o autor divide a "evolução" da Química em três períodos, considerados por ele como fundamentais:

- antes do século dezenove;
- o século dezenove;
- o século vinte (época atual) (p.25)

Observa-se, ao longo deste capítulo a apresentação de fatos relacionados à História da Química, dos seus processos e produtos, como também a biografia de cientistas envolvidos em descobertas. A escolha do século XIX como marco histórico, possivelmente, reflete a influência da filosofia positivista que emerge na primeira metade deste século, a partir das ideias de August Comte (1798 – 1857).

Os conceitos de equação química identificados constam na Tabela 12, a seguir:

Tabela 12: Conceito de equação química

Livro analisado por autores	Número	Conceito de equação química
Renato G. de Freitas; Carlos A. C. Costa (1961).	3	"É a representação gráfica da reação química em termos de símbolos e fórmulas." (p. 78)
Ricardo Feltre; Setsuo Yoshinaga (1968).	4	"É a representação gráfica e abreviada de uma reação química" (p. 152)
Ernesto G.; Astrea M. G. e Lélia M. (1969). (CBA)	5	"Descrição das transformações que ocorre durante uma reação química" (p. 84)

Após conceituar equação química, os livros deste período introduzem algumas explicações para o processo de uma reação química nos níveis: microscópico e simbólico, indicando não somente quais são os reagentes e produtos, mas, também, suas quantidades relativas. Podemos constatar as explicações anteriormente referidas no trecho do livro de número 5, citados a seguir:

> Os químicos concordam em que uma equação fornece as seguintes informações:
>
> 1. Identidade de todos os reagentes e produtos.
> 2. Número de átomos de cada elemento em cada unidade estrutural de reagentes e produtos.
> 3. Número de átomos e moléculas de todas as substâncias produzidas durante a reação de um dado número de átomos ou moléculas dos reagentes.
> 4. Número de moles de reagentes e produtos. [5] (ERNESTO et al, 1969, p. 84-85)

Os livros de número 3 e 5 chamam atenção para a importância da indicação na equação da fase de cada substância representada, sem, no entanto explicar porque essa indicação é importante no processo de uma reação química.

Na sequência os autores exemplificam várias reações químicas através das suas equações químicas, da seguinte maneira:

> Outro exemplo de equação química é a representação da queima da amônia:
>
> $4NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 6H_2O_{(l)} + 2N_{2(g)}$
>
> Que pode ser lida como: 4 mols de gás amônia reagem com 3 mols de gás oxigênio dando 6 mols de gás nitogênio.[5] (ERNESTO et al, 1969, p. 85)

O livro de número 4 traz as explicações relacionado o nível microscópico e simbólico, utilizando representações iconográficas para a reação química, quando menciona o porquê do uso de fórmulas e coeficientes em uma equação química, como mostrado abaixo:

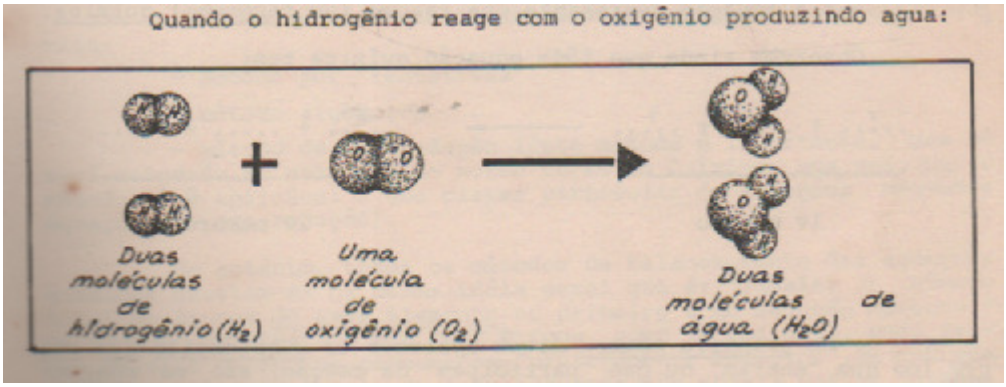


Figura 10 – Reação entre o hidrogênio e o oxigênio. (FELTRE; YOSHINAGA, 1968, p.151)

Na seqüência o autor traz a seguinte explicação:

> Podemos representar esta reação, mais rapidamente, escrevendo:
>
> $$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$
>
> ... é chamada então de equação química (p. 151-152)
>
> Além disso, a equação química tem significado qualitativo e quantitativo (como aliás já aconteceu com os símbolos e fórmulas). De fato, uma equação química indica não só substâncias que estão reagindo e sendo produzidas na reação, más também indica as quantidades dessas substâncias. (p. 153) (grifo nosso)
>
> As fórmulas indicam quais são as substâncias que reagem e que são produzidas na reação, os coeficientes indicam quantas moléculas de cada substância são envolvidas na reação.(p. 153)

Em seguida, são apresentados exemplos de reações com suas respectivas equações, dando ênfase ao aparecimento de evidências de reconhecimento dessas reações químicas como: mudança de temperatura, formação de precipitado, mudança de cor, liberação de gás. Identificamos uma valorização dos níveis macroscópico e simbólico, como podemos perceber no trecho abaixo:

> O zinco metálico adicionado à solução azul de sulfato de cobre dissolve-se, e, se foi adicionado em quantidade suficiente, a solução muda de azul para incolor. À medida que o zinco se dissolve, vai aparecendo na solução um pó escuro, que pode ser identificado como cobre. (ERNESTO et al, 1969, p. 88)
>
> $$Zn_{(S)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow Cu_{(S)} + ZnSO_{4(aq)}$$ [5] (p. 89)

Esta abordagem pode reforçar uma imagem de ciência empirista, que utiliza-se de um conjunto de regras para o reconhecimento macroscópico de tais transformações, tendo como ponto de partida a observação dos fenômenos.

Os livros 3 e 4 trazem uma seqüência de classificação das reações em: síntese, deslocamento, simples troca e dupla troca. Essa busca pela classificação das reações químicas é percebida desde o século XVIII, quando J. Macquer (1718 - 1784) e T. Bergman (1735 – 1784), procuraram explicar as reações. J. Macquer, procurou sistematizar as diferentes forças de afinidades, propondo uma classificação em sete tipos de afinidades (MAAR, 1999), enquanto que, T. Bergman procurou expressar as afinidades dos elementos nas substâncias de um modo newtoniano, partindo da relação que um corpo químico estabelecia com outro, ele considerava a afinidade seletiva entre dois corpos.

Para Bergman existiam dois tipos de afinidades: a “atração eletiva simples”, que envolvia a substituição e a “atração eletiva dupla” que explicaria a dupla decomposição ou permuta, hoje denominada dupla troca (LEICESTER, 1956). Após a apresentação desta classificação, o autor procura introduzir algumas regras para memorização, como exemplificado abaixo:

> A reação de síntese ou adição é a reação na qual duas ou mais substâncias produzem uma só substância uma única substância mais complexa [4].(FELTRE; YOSHINAGA, 1968, p. 160)

$$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$$

Levando em conta a forma como a apresentação deste conteúdo era feita, percebemos que o seu ensino acontecia buscando a memorização e o treinamento por parte dos estudantes através dos exercícios propostos, dando ênfase no

equacionamento das reações e do treinamento para a identificação dos diferentes tipos de reações químicas.

Observa-se nos livros didáticos deste período que a concepção de ciência que predominava, assim como nos períodos anteriores, era empirista/indutivista, no que diz respeito à concepção de ciência e à construção do conhecimento científico. Os livros deste período tinham como objetivo a formação técnica e o preparo para o vestibular, portanto, pode-se inferir que eles seguiam as orientações propostas pela LDB 4024/1961, a saber: desenvolver integralmente a personalidade humana e a sua participação na obra do bem comum, preparar o indivíduo e a sociedade para o domínio dos recursos científicos e tecnológicos que lhes permitissem utilizar as possibilidades e vencer as dificuldades do meio, entre outros (BRASIL, 1999).

Um ponto que chama a atenção nos livros analisados desse período é a maior ênfase dada aos exercícios, talvez na tentativa de memorização de certos procedimentos ou na preparação do estudante para o vestibular.

5.4. **Quarto período (1971 – 1988) – Lei 5692/71 – Lei de Diretrizes e bases de 71**

Nos livros analisados deste período, percebemos que os autores utilizam vários artifícios gráficos para destacar os conceitos considerados importantes, apresentando uma maior quantidade de ilustrações e exercícios e uma diminuição da parte textual. Estes livros já buscam relacionar os conteúdos químicos ao cotidiano, estabelecendo um vínculo entre os conhecimentos científicos e a realidade dos estudantes, porém, mantendo ainda uma abordagem clássica dos conceitos.

Tabela 13: Conceito de reação química

Livro analisado por autores	Conceito de reação química		
	Número	Nível macroscópico	Nível microscópico
Anita R. Berardinelli (1975) (Chem Study)	6	"Transformação do tipo da combustão, com efeitos térmicos muito maiores, são chamados transformações químicas ou reações químicas". (p. 41)	"Em termos de teoria atômica [...]. As ligações entre os átomos, nas substâncias que regem, são rompidas e os átomos se rearrumam, formando-se novas ligações nas moléculas resultantes". (p. 42)
Ricardo Feltre (1982)	7	"... O fenômeno não é mais 'passageiro', isto é, depois de queimado, não é possível recuperar o carvão inicial (dizemos também que o fenômeno é irreversível). Esta é uma **transformação, fenômeno** ou **reação química**". (p. 28)	"Na reação química, as moléculas (ou aglomerados iônicos) iniciais são desmontadas e seus átomos são reaproveitados para montar as moléculas (ou aglomerados iônicos) finais. (p. 205)
Marta Reis (1992)	8	"Dizemos que ocorre um fenômeno químico quando a transformação modifica a identidade da matéria. [...] Todo fenômeno químico é na verdade uma reação química".	"A transformação ocorre apenas em nível de substância, isto é, os átomos das substâncias reagentes se reagrupam de uma nova maneira e assim formam as substâncias produtos" (p. 177)

		(p. 176)	

Os autores, de inicio, definem reação química no nível macroscópico, entretanto, em seguida se referem à reação como rearranjo dos átomos, buscando uma articulação entre os níveis macro e microscópico.

De acordo com Jensen (1998), um processo reacional só pode ser compreendido mais claramente se associarmos as transformações das substâncias às transformações energéticas, de forma dinâmica; dessa maneira evita-se a abordagem mecânica, tradicionalmente conferida ao ensino das reações através de suas representações: as equações químicas.

> A transformação ocorre apenas em nível de substância, isto é, os átomos das substâncias reagentes se reagrupam de uma maneira e assim formam as substâncias produtos. Esse reagrupamento envolve apenas a eletrosfera dos átomos.[8] (REIS, 1992, p. 177)

O conceito de reação química é explorado a partir de fatos que podem ser observados macroscopicamente, como visto a seguir:

> Dois volumes de hidrogênio combinam-se com um volume de oxigênio para formar água. A reação libera calor – grande quantidade de calor, como na combustão de uma vela [6]. (BERADINELLI, 1975, p. 42)

Porém, os autores dos livros 6 e 8, após mencionarem que ocorre rearranjo dos átomos trazem uma seqüência de reações simplesmente representadas pelas equações químicas, não buscando reforçar a articulação entre os níveis macro e micro.

Por outro lado, o livro 6 apresenta uma proposta coerente com seus objetivos, que é de introduzir os estudantes nas atividades científicas. Na apresentação do conceito de reação química ele expressa uma perspectiva filosófica racionalista, que considera a construção do conhecimento tendo como base o fato das teorias orientarem a observação, como podemos constatar quando comparamos os conceitos

apresentados nos níveis macro e micro e da referência que é feita pelo autor à teoria atômica (tabela 13).

Com relação ao conceito de reagentes e produtos (tabela 14), podemos perceber que os livros procuram definir reagentes e produtos partindo da ideia de quebra das ligações nos reagentes e formação de novas ligações nos produtos, como podemos perceber pelos trechos a seguir:

> No primeiro membro (à esquerda), indicamos as substâncias que vão interagir e sofrer transformação. Cada espécie de substância (se houver mais de uma) é separada da outra por um sinal de +. A esse conjunto damos o nome de **reagentes**.[8] (REIS, 1992, p. 176)

> No segundo membro (à direita), indicamos as substâncias que resultam da interação entre os reagentes, obtidas pela transformação dos reagentes. Separamos essas substâncias (se houver mais de uma) por um sinal de +. A esse conjunto damos o nome de **produtos**.[8] (REIS, 1992, p. 177)

Tabela 14: Conceito de reagente e produto

Livro analisado por autores/ano	Conceito de reagente e produto		
	Número	Faz referência	Faz referência parcial
Anita R. Berardinelli (1975) (Chem Study)	6	X	
Ricardo Feltre (1982)	7	X	
Marta Reis (1992)	8	X	

Na seqüência a autora do livro 8 explica;

> Os átomos de cada elemento, que estão no reagente, são os mesmos que estão no produto, somente combinados entre si de uma nova maneira. (REIS, 1992, p. 177)

No livro 6 encontramos o seguinte conceito:

> As ligações entre os átomos nas substâncias que reagem, são rompidas e os átomos se rearrumam, formando-se novas ligações nas moléculas resultantes. (BERADINELLI, 1975, p. 42)

Esta autora utiliza-se de um modelo (representação iconográfica) para reforçar tal explicação e a sua apresentação é feita salientando o que se busca demonstrar, como mostrado a seguir:

> Na figura 3.1 duas moléculas de hidrogênio (quatro átomos) e uma molécula de oxigênio (dois átomos) estão representadas à esquerda. Se essas moléculas reagem para formar água, as ligações entre os átomos na molécula de oxigênio e nas moléculas de hidrogênio se rompem. Depois disso, os átomos podem se rearrumar formando duas moléculas de água. Note que o número total de átomos não muda.(BERADINELLI< 1975, p. 42)

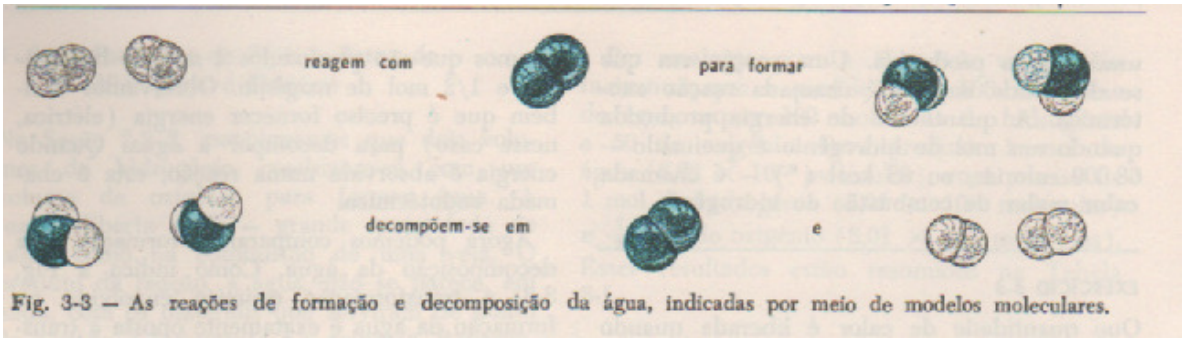


Fig. 3-3 — As reações de formação e decomposição da água, indicadas por meio de modelos moleculares.

Figura 11 – Hidrogênio reagindo com o oxigênio produzindo água. (BERADINELLI, 1975, p. 152)

De modo semelhante ao que acontece nos períodos anteriores, os livros do quarto período não apresentam abordagem histórica para o conceito de reação química, embora apresentem informações históricas em outros capítulos, predominantemente de maneira descritiva e factual.

Na Tabela 15, a seguir, são apresentadas as conceituações para uma equação química:

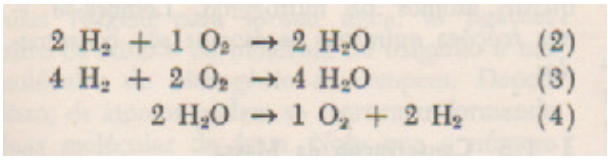
Tabela 15: Conceito de equação química

Livro analisado por autores	Número	Conceito de equação química
Anita R. Berardinelli (1975) (Chem Study)	6	"São expressões usadas para representar as reações químicas" (p. 44)
Ricardo Feltre (1982)	7	"É a representação gráfica e abreviada de uma reação (ou fenômeno) química " (p. 206)
Marta Reis (1992)	8	N

Nota: N = Não identificado

No livro 6 a autora comenta sobre o uso de representações iconográficas usadas para visualizar a "rearrumação" dos átomos e em seguida menciona que existe outra maneira mais simples, usando fórmulas químicas, em vez de desenhos:

> A fórmula do hidrogênio é H_2, a do oxigênio é O_2 e a da água é H_2O. Usando essas fórmulas para representar as moléculas podemos substituir o diagrama da fig. 3-3 pelas seguintes expressões:



$$2\ H_2 + 1\ O_2 \rightarrow 2\ H_2O \qquad (2)$$
$$4\ H_2 + 2\ O_2 \rightarrow 4\ H_2O \qquad (3)$$
$$2\ H_2O \rightarrow 1\ O_2 + 2\ H_2 \qquad (4)$$

Figura 12 – Equações químicas para as reações de formação e decomposição da água. (p. 44)

> Essas expressões são chamadas *equações químicas*. (BERADINELLI, 1975, p.44).

O livro de número 8 não traz um conceito explícito para equação química, embora aponte um algoritmo para chegar a tal conceituação, como demonstrado abaixo:

> "[...] assim se uma reação necessita de calor para ocorrer, escrevemos:
>
> $$\text{Reagentes} \xrightarrow{\Delta} \text{Produtos}$$
>
> A este esquema final damos o nome de **equação química**." (REIS, 1992, p. 177)

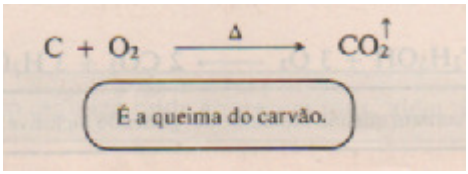
Como já percebido no período anterior, o autor do livro 7 apresenta primeiro modelos que representam uma reação química, para só depois trazer o seu equacionamento.

> "Na reação química, as moléculas (ou aglomerados iônicos) iniciais são desmontadas e seus átomos são reaproveitados para montar as moléculas (ou aglomerados iônicos) finais.
>
> Podemos representar esta reação, mais rapidamente, escrevendo:
>
> $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$
>
> A esta representação, damos o nome de EQUAÇÃO QUÍMICA". [...] onde aparecem:
>
> a) FORMULAS (H_2, O_2, H_2O) que indicam quais são as substâncias participantes da reação química. [...].
> b) COEFICIENTES (2,1,2) que indicam a proporção de moléculas que participam da reação. [...]. O objetivo dos coeficientes é igualar o número total de átomos de cada elemento, no primeiro e no segundo membro da equação." [7] (FELTRE, 1982, p.205-206)

Nos livros 7 e 8, a classificação das reações em: síntese, deslocamento, simples troca e dupla troca é mantida, percebemos que não existe uma preocupação com a atualização dos conteúdos no processo de transposição didática, uma vez que, como comentado anteriormente, este tipo de classificação já era identificada no século XVIII.

> As reações classificadas como de síntese ou adição, ocorrem quando duas ou mais substâncias reagem, produzindo uma única substância mais complexa[7]. (FELTRE, 1982, p. 208-209).

O equacionamento é assim representado:



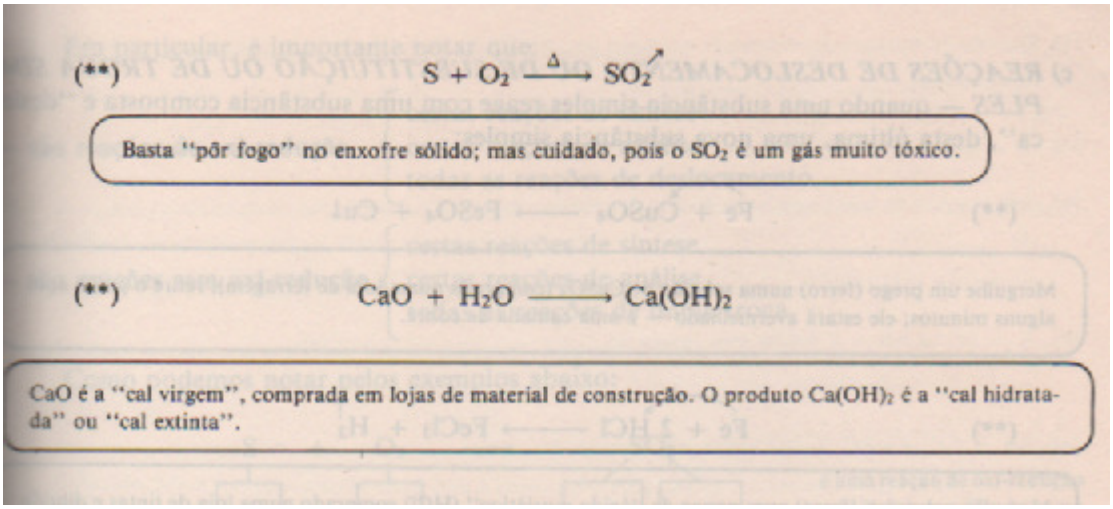


Figura 13 – Reações de sínteses. (FELTRE, 1982, p. 208 – 209)

Percebemos que o autor do livro 7 após tratar do conceito a nível microscópico, traz uma forma de representação da equação química superficial e mecânica sem buscar reforçar a compreensão dos aspectos conceituais envolvidos, através da utilização de algoritmos.

Esses algoritmos são muitas vezes memorizados, sem que haja o entendimento do que realmente ocorre em uma reação química a nível microscópico.

Nesse período verifica-se que já existe, por parte dos autores, uma preocupação em introduzir explicações que articulem os níveis: representacional e microscópico para uma reação química, portanto, eles recorrem aos modelos didáticos para contemplar explicações mais complexas.

Embora uma maior valorização dos modelos explicativos seja percebida, os autores dos livros didáticos deste período ainda encontram-se presos a perspectivas empiristas/indutivistas na apresentação da ciência e da produção do conhecimento científico, tendo a manipulação empírica e a observação, grande importância na apresentação dos conteúdos.

5.5. Quinto período (1989 – 2010) – As novas diretrizes e os PCN

Neste período observa-se a influência dos Parâmetros Curriculares Nacionais na maneira em que os autores fazem a transposição didática dos conteúdos, pois nesse documento é apontado como imprescindível que os estudantes compreendam as mudanças que ocorrem nas reações químicas através do contexto microscópico relacionado ao macroscópico (BRASIL, 2006).

Portanto, existe uma orientação mais específica para a abordagem do conteúdo de reação química no nível médio. De acordo com tais orientações, deve-se iniciar o ensino de reação a partir da observação de fenômenos que o estudante encontra no seu cotidiano, partindo para uma caracterização das transformações, dos aspectos energéticos e dinâmicos de uma reação química, que devem ser explicados através do rompimento de ligações nos reagentes e formação de novas ligações nos produtos (BRASIL, 2006).

Tabela 16: Conceito de reação química

Livro analisado por autores	**Conceito de reação química**		
	Número	**Nível macroscópico**	**Nível microscópico**
Vera Novaes (1999)	9	"Transformação química ou reação química é o processo no qual se formam novas substâncias". (p.15)	"As reações químicas podem ser consideradas processos em que ocorre união e separação de átomos" (p.31)
Ricardo Feltre (2000)	10	"[...] Outras transformações são mais profundas e freqüentemente	"É um fenômeno em que os átomos permanecem praticamente intactos. Na

		irreversíveis, isto é, torna-se difícil (e às vezes, impossível) 'voltar atrás'". (p.24)	reação química, as moléculas (ou aglomerados iônicos) iniciais são desmontadas e seus átomos são reaproveitados para montar as moléculas (ou aglomerados iônicos) finais". (p. 293)
Eduardo L. Canto; Francisco M. Peruzzo (2003)	11	"Reação química é uma transformação em que novas substâncias são formadas a partir de outras". (p. 40)	"Numa reação química os átomos apenas se recombinam" (p. 57)
Ricardo Feltre (2005)	12	"Transformações químicas ou fenômenos químicos são aqueles que alteram a natureza da matéria". (p. 45)	"Em uma reação química, as moléculas (ou aglomerados iônicos) iniciais são desmontadas e seus átomos são reaproveitados para montar as moléculas (ou aglomerados iônicos) finais". (p. 172)
José C. de A. Bianchi; Carlos H. Abrecht e Daltamir J. Maia (2005)	13	"[...] Essas alterações aconteciam devido a interações existentes entre os materiais, produzindo novos produtos,e passaram a ser denominadas **transformações ou**	"Uma reação química pode ser analisada como um rearranjo de átomos que se organizam para formar novas moléculas". (p. 397)

		reações químicas". (p. 148)	
Olimpio S. Nóbrega; Eduardo R. Silva e Ruth H. Silva (2005)	14	"Reação química, transformação em que novos materiais são formados". (p. 38)	"[...], em uma reação química, novos arranjos atômicos são produzidos pela separação e união de átomos". (p. 112)
Eduardo F. Mortimer; Andréa H. machado (2005)	15	"[...] Esse tipo de transformação, em que materiais não existentes inicialmente no sistema são produzidos, é chamado de reação química ou transformação química". (p. 139)	"A conservação da massa é uma forte evidência a favor da idéia de que nas reações químicas a matéria não é criada nem destruída apenas se transforma por meio do rearranjo dos átomos que a constituem". (p. 144)
Wildson L. P. Santos; et al. (2005)	16	"Transformações químicas são processos em que há formação de novas substâncias". (p. 27)	"Interação entre constituintes[6] de uma ou mais substâncias dando origem a nova(s) substância(s)". (p. 741)

Nota: N = Não identificado

Na análise realizada (tabela16) foi possível perceber que todos os livros buscaram, em alguma medida, se adequar às orientações contidas nos PCNs, explicando que as reações químicas ocorrem devido ao rearranjo das partículas.

[6] Os autores definem constituinte como o átomo ou grupo de átomos que formam a partícula da substância.

O livro 15 chama a atenção para a importância da discussão sobre a conservação da massa em um processo químico como possibilidade de articulação entre os níveis macro e micro. De acordo com os autores de tal livro:

> [...] a conservação da massa talvez seja a principal via para passarmos do nível fenomenológico, em que podemos observar as transformações, para o atômico-molecular, em que nos valemos de modelos para tentar explicar o que está ocorrendo.(MORTIMER; MACHADO, 2002, p. 145)

Ao apresentar as reações, os autores direcionam suas explicações para as evidências macroscópicas que possibilitam o reconhecimento de uma reação, que podem envolver um ou mais dos seguintes fenômenos: a formação de gases, a mudança de cor, a formação do sólido, a liberação ou absorção de energia na forma de calor, a liberação de luz ou eletricidade. Dos oito livros analisados, apenas dois livros (11 e 15) trazem uma ressalva com relação a essas evidências, alertando sobre os cuidados que se deve ter na utilização destas evidências para a identificação de uma reação química.

> A ocorrência de uma reação química nem sempre é fácil de perceber. Algumas só podem ser percebidas em laboratórios suficientemente equipados para separar componentes das misturas obtidas e determinar suas propriedades. Há, contudo, algumas evidências que estão associadas à ocorrência de reações químicas e que são, portanto, pistas que podem indicar sua ocorrência.[11]
>
> As reações químicas são geralmente acompanhadas de transformações físicas, que permitem evidenciar sua ocorrência. O que podemos reconhecer são as transformações físicas, pois não há uma evidência direta de que o fenômeno ocorrido caracteriza uma reação química. É o nosso conhecimento empírico acumulado que permite identificar, por meio dessas transformações físicas, os casos em que há produção de novos materiais e, portanto, reações químicas.[15]

Uma das recomendações dos PCNs está relacionada à questão da contextualização, segundo este documento, a contextualização é um *"recurso capaz de ampliar as possibilidades de interação não apenas entre as disciplinas nucleadas em uma área, como entre as próprias áreas de nucleação"* (Brasil, 1999, p. 91). Desse

modo a contextualização passa a ser uma maneira de incorporar o cotidiano social e cultural à escola, que possibilitará ao estudante olhar o mundo de maneira diferente.

A nosso ver, a contextualização do ensino, não impede que o professor resolva questões clássicas de Química com seus estudantes, principalmente se essas questões forem elaboradas buscando avaliar não apenas fatos, fórmulas ou dados isolados. Mas, se junto a essas questões clássicas o professor buscar a capacidade de trabalhar o conhecimento de modo a criar condições para que o estudante experimente a curiosidade e o encantamento da descoberta, neste caso, o professor estará contextualizando seu conteúdo.

No âmbito da Educação Química, as abordagens dos conteúdos químicos, devem extrapolar a visão restrita desses. A ênfase deveria ser no estabelecimento de articulações dinâmicas entre teoria e prática através da contextualização de conhecimentos em atividades diversificadas que enfatizam a construção coletiva de significados dos conceitos, em detrimento a simples transmissão repetitiva de verdades prontas e isoladas.

Entendemos que para contextualizar e alcançar o objetivo de um ensino de Química voltado para a formação do exercício da cidadania torna-se necessário, além de um enfoque do cotidiano, discutir as dimensões sociais, políticas e econômicas do conteúdo em foco, buscando-se a sua problematização. Essa contextualização pode funcionar como uma ferramenta que pode ser utilizada para superar um ensino médio conteudista marcadamente disciplinar e para construir caminhos de integração entre as disciplinas.

É importante ressaltar que os enfoques utilizados por alguns desses livros, na realidade, são mais voltados a apresentar situações do cotidiano (apenas como uma

abordagem ilustrativa) do que para uma contextualização que relaciona os conteúdos de Química com temas que englobem questões ambientais, sociais, econômicas e éticas. Alguns destes livros (livros de número: 9, 10, 11, 12, 13, 14), por exemplo, ao relacionarem a combustão com o cozimento dos alimentos ou com a queima de combustíveis, na verdade estão trazendo situações e processos do cotidiano, de forma ilustrativa.

> A queima dos combustíveis é um exemplo de reação química na qual há alteração de energia. A chama é a manifestação visível dessa alteração. No caso, o sistema em reação perde energia que, ao ser liberada, pode, por exemplo, cozinhar um alimento.[9] (NOVAES, 1999, p. 17)
>
> Existem muitos exemplos de reações químicas no cotidiano. Entre eles estão a formação de ferrugem num pedaço de palha de aço, o apodrecimento dos alimentos, a produção de húmus no solo, a queima de gás num fogão e de gasolina, álcool ou óleo diesel no motor de um veículo[11]. (CANTO; PERUZZO, 2003, p. 42)
>
> As reações químicas fazem parte do nosso cotidiano. Quando aquecemos a água para preparar o café da manhã, uma reação química se processa, pois o gás do fogão reage com o oxigênio do ar fornecendo calor necessário para cozinhar os alimentos.[13] (BIANCHI et al, 2005, p. 148)

Percebemos, também, que o que é apresentado como contextualização, nos livros anteriormente citados vem na forma de exemplos ou ilustrações, sempre antes ou após a apresentação de um conteúdo, como se fosse uma informação complementar.

Nos livros de números 15 e 16 a tentativa de contextualização do conhecimento químico à realidade dos estudantes se dá por uma estratégia dialógica. Os autores do livro 15 buscam valorizar os conhecimentos prévios e as experiências dos estudantes, considerando que o conhecimento não é transmitido, mas sim construído pelos indivíduos, como pode ser visto a seguir, na figura 13.

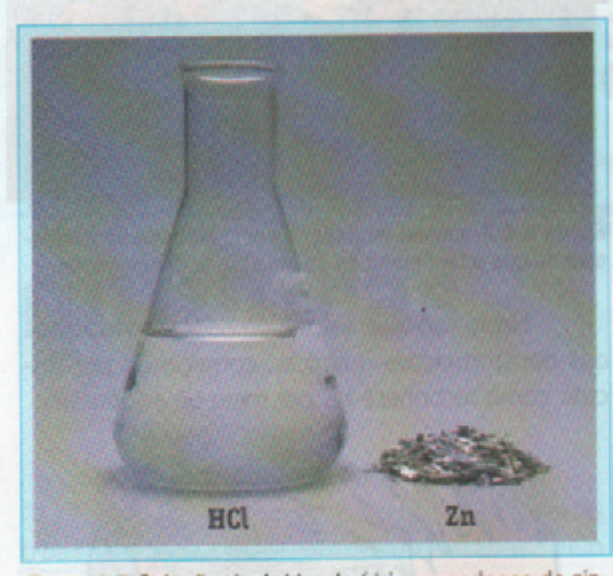


Figura 14 - Solução de ácido clorídrico e pedaços de zinco (MORTIMER; MACHADO, 2002, p. 134).

Após a apresentação da ilustração, os autores levantam os seguintes questionamentos:

> Q1. Descreva as características macroscópicas do sistema inicial (solução de ácido clorídrico e pedaço de zinco separados) antes da imersão do zinco na solução.
>
> Q2. Descreva as características macroscópicas do sistema quando você adicionou o zinco à solução de ácido clorídrico.
>
> Q3. Há alguma evidência de que ocorreu uma transformação?
>
> Q4. Você seria capaz de identificar que novas substâncias foram formadas?
>
> Q5. Se você determinasse a massa (m_i) do sistema inicial e a massa (m_f) do sistema final, depois que a transformação se completou, você acha que m_i seria maior, menor ou igual à m_f? Justifique.
>
> Q6. Se a reação tivesse se passado em um sistema fechado, por exemplo, num tubo de ensaio fechado com uma rolha, sua resposta ao item Q5 seria a mesma? Justifique. (p. 134)

De acordo com os PCNEM (2002), o respeito a questões de natureza cognitiva e afetiva dos estudantes deve ser considerado, como também as suas concepções

prévias, para que aconteça o desenvolvimento de competências e habilidades, em consonância com os temas e conteúdos do ensino (BRASIL, 2002).

Os autores do livro 16 utilizam um tema central que permeia todos os conteúdos, buscando associar os conteúdos ao contexto atual, trazendo temas como: meio ambiente, fonte alternativa de energia, lixo, alimentação entre outros. Para trabalhar com o conceito de reação química os autores utilizam como tema gerador: Lixo: material que se joga fora?

Esse tema funciona como um fio condutor para o desenvolvimento do conteúdo, levando a uma discussão critica, que remete a questões sócio-culturais, políticas e econômicas, mostrando como o conhecimento químico pode contribuir para mudanças na realidade.

Figura 15 – Tema social. (SANTOS et al, 2055, p.9)

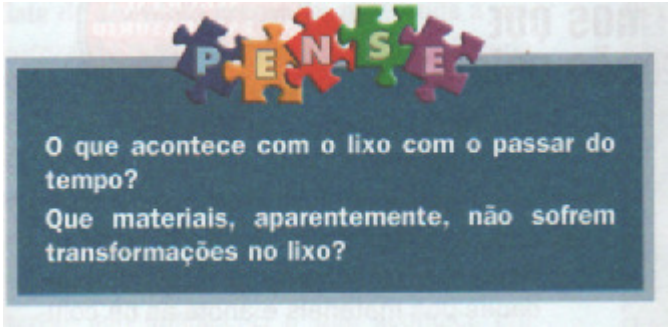


Figura 16 – Questões para reflexões. (SANTOS et al, 2005, p.25)

Os aspectos sociais e políticos relacionados à atividade científica podem sugerir ao estudante que a ciência não é um produto elaborado em ambiente isolado da sociedade, à margem da vida cotidiana dos estudantes.

Estes livros analisados (de 9 a 16), ao mesmo tempo em que utilizam operacionalmente o conceito de reagente e produto (tabela 17), trazem informações que contemplam o nível microscópico dos conceitos.

Tabela 17: Conceito de reagente e produto

Livro analisado por autores/ano	**Conceito de reagente e produto**		
	Número	**Faz referência**	**Referência parcial**
Vera Novaes (1999)	9		X
Ricardo Feltre (2000)	10	X	
Eduardo L. Canto; Francisco M. Peruzzo (2003)	11	X	
Ricardo Feltre (2005)	12	X	
José C. de A. Bianchi; Carlos H. Abrecht e Daltamir J. Maia (2005)	13	X	
Olimpio S. Nóbrega; Eduardo R. Silva e Ruth H.	14	X	

Silva (2005)			
Eduardo F. Mortimer; Andréa H. machado (2005)	15	X	
Wildson L. P. Santos; et al. (2005)	16	X	

> **Reagentes** são substâncias presentes no inicio da reação; consumidas ao longo da transformação. Na equação química, os reagentes são representados à esquerda da seta da equação química[13].
> **Produtos** são substâncias que surgem ao longo da reação, portanto, não estão presentes no sistema inicial. Os produtos são escritos à direita da seta da equação química[13].
>
> **Reagentes**: substância que reage, que sofre a transformação química[14]
> **Produto**: substância formada em uma transformação química[14].
>
> As substâncias iniciais são chamadas de reagentes; e as finais, de produtos.[16] (SANTOS et al, 2005, p. 27)

O livro 13 traz o conceito microscópico para reagente e produto no capítulo referente ao conteúdo termoquímica, como mostrado nos trechos abaixo:

> ● as ligações entre átomos das moléculas do(s) **reagente(s)** são **quebradas** e o processo de quebra de ligações é necessariamente um processo **endotérmico**;
> ● as ligações entre os átomos das moléculas do(s) **produto(s)** são **formadas** e o processo de formação de novas ligações é necessariamente **exotérmico**. (BIANCHI et al, 2005, p. 398)

Os livros de números 10, 12 (do mesmo autor) apresentam o conceito microscópico para reagentes e produtos, como explicitado abaixo:

> Nessa transformação, as moléculas iniciais (**reagentes**) são rompidas, e seus átomos se reagrupam para formar as novas moléculas (**produtos da reação**): (FELTRE, 2000; 2005, p.45)

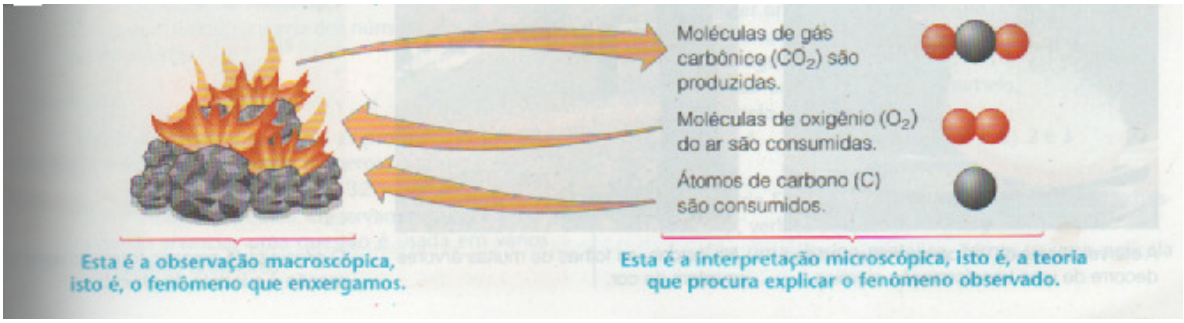


Figura 17 – Modelo para indicar a queima do carvão. (FELTRE, 2000, p.10)

O livro 15 traz o conceito microscópico para reagente e produto no capítulo 8, intitulado pelos autores como: Outros aspectos das reações químicas, abordado no tópico “De onde vem a energia que se desprende nas reações químicas? Como podemos verificar no trecho abaixo:

> ... as reações químicas geralmente envolvem a quebra das ligações entre os átomos que formam as espécies reagentes e a formação entre os átomos para originar os produtos. (MORTIMER; MACHADO, 2002, p. 175)

Percebemos que mesmo nos livros que abordam operacionalmente alguns conceitos, existe a preocupação de seguir as orientações dos PCN_S (2006) através da introdução de um enfoque microscópico para o conceito.

A abordagem histórica do conceito de reação química, na maioria dos livros analisados, não é contemplada; entretanto, alguns aspectos históricos aparecem na abordagem de outros conteúdos em diversas unidades dos livros.

Nos livros 15 e 16 as questões relativas à história são contempladas nos diferentes capítulos dos livros. Esses dois livros possuem conteúdos relacionados à História da Ciência, inseridos dentro de contextos científicos, propiciando uma

ampliação na abordagem dos conteúdos, buscando dessa forma, contribuir no processo de construção do conhecimento químico.

O conceito de equação química é apresentado conforme mostrado na Tabela 18, a seguir:

Tabela 18: Conceito de equação química

Livro analisado por autores	**Número**	**Conceito equação química**
Vera Novaes (1999)	9	"Usamos equações químicas para representar reações químicas". (p. 162)
Ricardo Feltre (2000)	10	"É a representação gráfica e abreviada de uma reação química (ou fenômeno químico)". (p. 293)
Eduardo L. Canto; Francisco M. Peruzzo (2003)	11	"Uma maneira de representar uma reação química é denominada equação química". (p. 56)
Ricardo Feltre (2005)	12	"Representação de uma reação química". (p. 162)
José C. de A. Bianchi; Carlos H. Abrecht e Daltamir J. Maia (2005)	13	"A descrição de uma reação química". (p. 149)
Olimpio S. Nóbrega; Eduardo R. Silva e Ruth H. Silva (2005)	14	"Representação gráfica de uma reação química". (p. 132)
Eduardo F. Mortimer; Andréa H. machado (2005)	15	"A representação das reações químicas". (p.145)
Wildson L. P. Santos; et al. (2005)	16	"É a representação simbólica de uma reação química". (p. 71)

Nota: N = Não identificado

O que se observa na maioria dos livros é que as equações químicas são acompanhadas de frases que as descrevem a nível microscópico, como podemos perceber pelo trecho abaixo, retirado do livro 9, p.162:

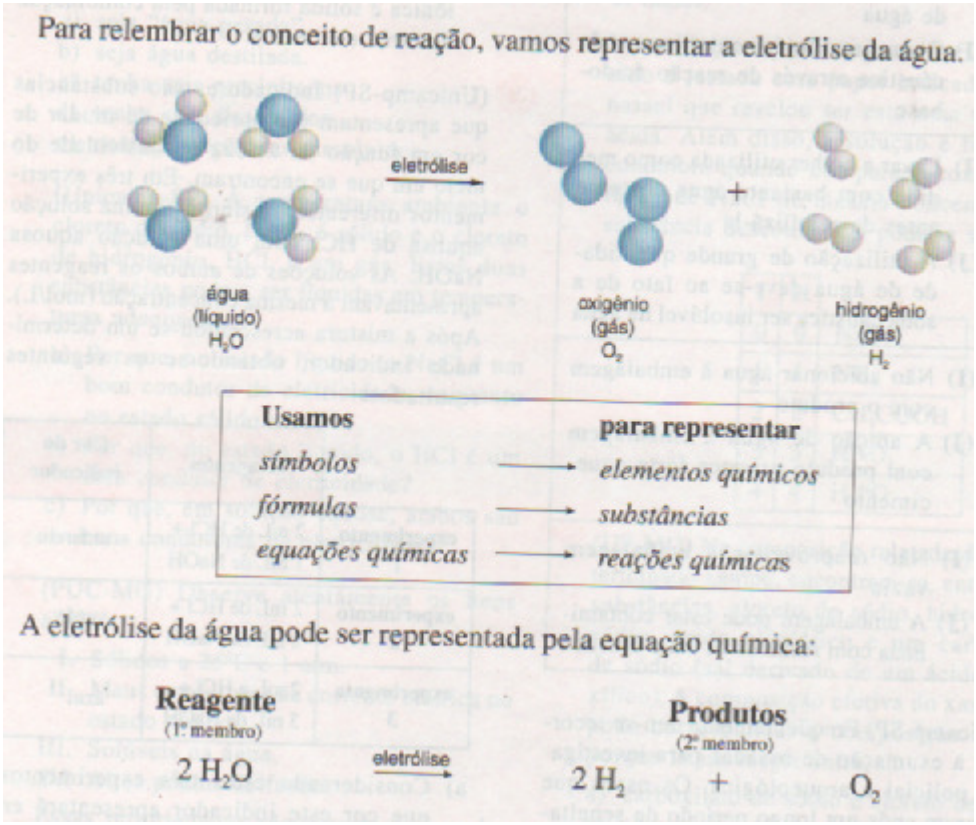


Figura 18 - Modelo para representar a reação química de decomposição da água. (NOVAES, 1999, p. 162)

Na seqüência a autora explica:

> Em uma equação química temos:
>
> ● as fórmulas das substâncias participantes: reagentes e produtos;
> ● *os coeficientes de acerto*, que indicam a *proporção* entre o número de moléculas dos diversos participantes da reação.

Uma equação química deve expressar não somente quais são os reagentes e produtos, mas, também, suas quantidades relativas. Essas quantidades são expressas

por números chamados coeficientes estequiométricos, que refletem a proporção de quantidade de matéria de cada substância envolvida na reação. As equações químicas balanceadas podem ter duas interpretações: uma macroscópica e outra microscópica. Na interpretação macroscópica os coeficientes representam (os valores numéricos da grandeza quantidade de matéria, cuja unidade é o mol) e na microscópica, quantas partículas, moléculas, átomos ou íons, participam da reação química. Dessa forma a grandeza quantidade de matéria, refere-se aos constituintes de um sistema material (entidades elementares) possibilitando a articulação entre os níveis macro e micro.

Neste mesmo livro, depois da autora abordar uma explicação a nível microscópico, ela demonstra uma série de equações químicas, privilegiado os níveis macroscópico e simbólico, exemplificado no trecho a seguir:

> Considere a equação:
>
> $$(NH_4)_2Cr_2O_{7\,(S)} \xrightarrow{\Delta} Cr_2O_3 + 4H_2O_{\,(g)} + N_{2\,(g)}$$
>
> | |
> |---|
> | Δ: aquecimento
(s): sólido
(g): gasoso |
>
> essa equação representa uma reação de análise ou de decomposição, porque, a partir de uma substância reagente, obtemos mais de um produto. Nesse exemplo, o dicromato de amônio, $(NH_4)_2Cr_2O_7$, é um sólido alaranjado que, ao ser aquecido, se transforma em óxido de crômio, Cr_2O_3, um sólido verde, em nitrogênio gasoso (N_2) e em vapor de água (H_2O) . (NOVAES, 1999, p. 167)

Figura 19 - Demonstração de uma reação de decomposição. (NOVAES, 1999, p. 167)

Com esse exemplo, percebemos a ênfase ao nível macroscópico e simbólico, onde os requisitos empíricos para a constatação da ocorrência de reação pela mudança de coloração são bem evidentes.

O livro de número 11 chama a atenção para a abordagem no nível microscópico, como podemos ver nas ilustrações apresentadas abaixo (figura 19):

> Vamos fazer uma análise, em nível microscópico, do que ocorreu na primeira experiência. Quando as soluções foram misturadas os íons Ag^+ e Cl^- se combinam para formar um sal insolúvel, o AgCl, como ilustra o esquema a seguir.

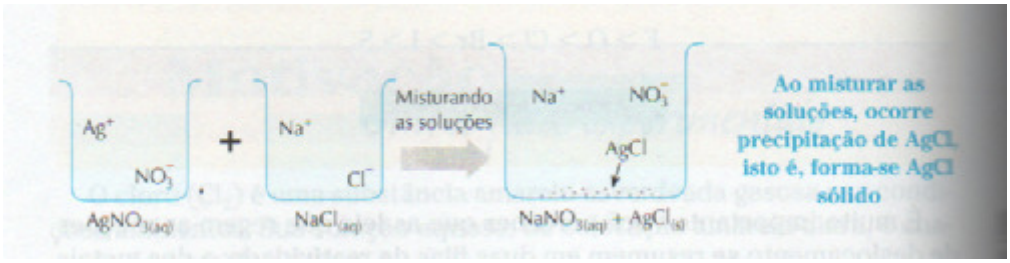


Figura 20 – Modelo para uma reação de dupla troca com formação de precipitado. (p. 230)

> Uma maneira de equacionar a reação química ocorrida é mostrada a seguir. O $NaNO_3$ é um composto solúvel em água e o AgCl, um composto insolúvel em água. Este último é o preciptado abservado, o que se indica com $\downarrow$.[11] (p.230)

A equação química é assim representada:

$AgNO_3 + NaCl \rightarrow NaNO_3 + AgCl\downarrow$

Nessa reação de dupla troca ocorre precipitação de AgCl (CANTO; PERUZZO, 2003, p.230)

E, nos livros de números 15 e 16, os autores trazem explicações a nível microscópico para só depois equacionar os exemplos de reações químicas.

> "Para representar os fenômenos por meio de equações químicas, temos que usar uma série de conceitos de maneira articulada e estar atentos ao fato de que a representação é uma simplificação do fenômeno. [...] os materiais são constituídos por átomos, que se conservam durante as transformações.[...] nas reações, os átomos se combinam para formar substâncias diferentes das iniciais. As formas com que os átomos se combinam são determinadas pela valência dos elementos e pelo arranjo espacial dos elétrons de valência. [...] o fenômeno observado na reação entre o $NaHCO_{3\,(S)}$ e o $HCl_{\,(aq)}$ pode ser representado pela seguinte equação química:
>
> $NaHCO_{3(S)} + HCl_{(l)} \rightarrow CO_{2(g)} + NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$
>
> Essa equação deve ser lida da seguinte forma: bicarbonato de sódio sólido **reage** com ácido clorídrico em solução aquosa **formando** gás carbônico, cloreto de sódio, em solução aquosa, e água líquida. È importante observar que o **sinal** '+' nos reagentes significa '**reage**', ao passo que nos produtos significa '**e**'. A '**seta**', separando reagente de produtos, significa '**formando**'".[15] (MORTIMER; MACHADO, 2002, p. 147)".

Como uma maneira facilitadora para compreensão das equações químicas, a obra aborda aspectos qualitativos e macroscópicos, para depois introduzir os aspectos quantitativos e os modelos que procuram explicá-los no nível microscópico.

> Embora existam modelos mais avançados para explicar a constituição da matéria, o modelo atômico de Dalton é suficiente para expor e prever a estequiometria das reações químicas. Segundo esse modelo, nas reações ocorrem rearranjo dos átomos que formam as substâncias. Por isso, os átomos dos reagentes são os mesmos dos produtos, ou seja, a quantidade de átomos de cada elemento químico presente nos reagentes será igual à quantidade de átomos desse elemento nos produtos.[16] (SANTOS,et al, 2005, p. 280)

Ocorrendo o domínio da linguagem é possível a manipulação de sistemas de símbolos e a compreensão dos aspectos teóricos, dessa forma, o nível simbólico na Química tem que ser visto como uma maneira de facilitar a compreensão de aspectos

abstratos inerentes ao assunto e promover a articulação entre os níveis macroscópico e microscópico; portanto, os significados dos símbolos devem ser apresentados correlacionados com a teoria do assunto abordado.

Com relação aos principais conceitos identificados que estão diretamente relacionados ao de reação química nos diferentes níveis do conhecimento químico temos:

a) No nível macroscópico

Tabela 19: Conceitos relacionados diretamente à reação química no nível macroscópico

Livro/número	Conceito			
	Fenômeno químico	Transformação química	Propriedades físicas e/ou químicas	Substância Química/materiais
1	X		X	X
2	X			X
3	X	X		X
4	X	X		X
5		X		X
6		X		X
7	X	X		X
8	X	X		X
9		X		X
10		X		
11		X		X

12	X	X		X
13		X		X
14		X		X
15		X		X
16		X		X

Os conceitos químicos levantados nos manuais (tabela 19) mostram que para a aprendizagem do conceito reações químicas não são abordados todos os conceitos considerados importantes para se entender uma reação química, mas percebemos que conceitos como os de substância e transformação química, aparecem frequentemente e tais conceitos são necessários para permitir que a aprendizagem evolua sequencialmente.

b) No nível microscópico

Tabela 20: Conceitos relacionados diretamente à reação química no nível microscópico

Livro/Número	Conceito	
	Partículas	Ligações Químicas
1		
2		
3	X	X
4	X	X
5	X	X
6	X	X

7	X	X
8	X	X
9	X	X
10	X	
11	X	X
12	X	X
13	X	X
14	X	X
15	X	X
16	X	X

Percebemos que ao definir reação química no nível microscópico os livros dos três últimos períodos fazem a relação com rompimento das ligações químicas e o rearranjo dos átomos.

c) Nível Simbólico

Tabela 21: Conceitos relacionados diretamente à reação química no nível simbólico

Livro/Número	Conceitos				
	Equação química	Elemento químico	Coeficiente estequiométrico	Quantidade de matéria	Número de mols
1	X	X	X		X
2					
3	X	X	X		X
4	X	X	X		X

5	X	X	X		X
6	X	X	X		X
7	X	X	X		X
8	X	X	X		X
9	X	X	X		X
10	X	X	X		
11	X	X	X		
12	X	X	X		
13	X	X	X		
14	X	X	X		
15	X	X	X	X	
16	X	X	X	X	

Em relação aos dados apresentados na tabela 21, podemos observar que, de modo geral os autores dos livros didáticos utilizam os mesmos conceitos para explicar as equações químicas. Porém percebemos que a maioria dos autores permanece utilizando um conceito desatualizado que é o de número de mols.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

Refletir sobre a transposição didática, tendo como base a análise dos livros didáticos de Química, pode ser uma maneira de contribuir para que professores e estudantes reconheçam que o sentido do que se ensina está fortemente vinculado ao processo de leitura vivenciado no contexto histórico e social. O saber a ensinar sistematizado em livros precisa ser transformado para que, efetivamente, o estudante possa atribuir significados aos fatos e fenômenos do mundo que o cerca. Existe uma complexidade e um distanciamento entre o saber sábio (saber científico) e o saber a ensinar e deste, ao saber ensinado, portanto, destacamos aqui a importância de se investigar como os autores de livros didáticos fazem uso desses saberes.

O livro didático a nosso ver deve ser encarado como um importante instrumento de apoio ao professor e aos estudantes, porém não deve ser utilizado como uma fonte que contém a verdade absoluta.

As análises mostram que ele pode apresentar lacunas e imprecisões, ao longo de seu conteúdo, em especial ao apresentar o conceito de reação química, pois, o nível de abstração que é inerente a esse conceito, torna a sua compreensão mais difícil, uma vez que, um entendimento mais completo de tal conceito, envolve a busca de explicações para os fatos estudados, recorrendo-se à interpretação conforme modelos explicativos microscópicos

Nos livros didáticos analisados, principalmente nos dois primeiros períodos, percebemos a dificuldade dos autores apresentarem propostas que permitam uma aprendizagem por parte dos estudantes, da visão microscópica; os estudantes

dificilmente são motivados a construí-la, sendo informados das ideias científicas de forma pronta e acabada.

Observou-se através da análise dos livros didáticos escolhidos que nos primeiros períodos, os autores associam o conceito de reação química ao de fenômeno químico. Os livros destes períodos trazem nas primeiras páginas uma pequena discussão sobre fenômenos físicos e químicos, onde incluem a definição de fenômenos físicos como aqueles que envolvem a mudança de estado ou da forma de uma substância, mas que, não produzem uma nova substância, e fenômenos químicos como aqueles que resultam em novas substâncias químicas.

Essa distinção entre fenômeno físico e químico não é trivial, uma vez que, a fronteira existente entre esses dois fenômenos não é tão rígida, e, na maior parte dos processos, os fenômenos químicos e físicos ocorrem concomitantemente, impossibilitando a distinção e as classificações.

Os livros didáticos mais recentes analisados buscaram atualizar o seu conteúdo teórico, não seguindo apenas as mudanças que ocorreram na ciência e no saber sábio, mas também, seguindo as orientações curriculares propostas pelos PCNs. Percebemos que esses livros não trazem mais o conceito de reação química associado ao de fenômeno químico, mas sim ao de transformação química, possivelmente por causa da polissemia inerente à palavra fenômeno.

Considerando o livro didático como um documento que relata fatos (contém informações), propõe questionamentos, interpreta fenômenos, define conceitos e assumindo que a sua organização sequencial revela as opções epistemológicas dos autores; percebemos que os livros: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14 adotam seqüências de ensino mais tradicionais e caracterizam-se por um elevado número de

descrições, definições e aplicações, enquanto que os livros 15 e 16, apresentam indícios de mudanças e mostram-se mais flexíveis, buscando se adequar às novas orientações educacionais, descrevendo situações, definindo conceitos e exemplificando-os, mas, sobretudo, inserindo problemas e evocando situações reflexivas.

Acreditamos ser importante que se mostre através de uma maior inserção da história, as transformações das ideias sobre as reações químicas. A simples menção de dados biográficos de alguns cientistas, é insuficiente, pois pode dar uma ideia equivocada da ciência e da atividade científica, segundo a qual a ciência se desenvolve de maneira neutra, objetiva e sem conflitos, graças a descobertas de cientistas, isolada do contexto social, econômico ou político da época.

Caminhando nessa direção, acreditamos que a abordagem interativa das concepções de reação química nos níveis macroscópica/microscópica/simbólico pode ser mesclada a aspectos da História da Ciência, possibilitando o enriquecimento do ensino.

De modo geral, percebemos a superficialidade dos livros didáticos brasileiros ao tentar elaborar a apresentação do conceito de reação química sob um olhar histórico, provavelmente pela pouca importância que os professores e os autores de livros didáticos atribuem às questões históricas.

As análises das obras de Mortimer e Machado (2002) e Santos *et al* (2005), foram mais trabalhosas, por conta dessas obras não abordarem o conceito de reação química em um único capítulo, como os livros mais tradicionais. Nestas obras, a análise do conceito de reação química foi realizada no contexto dos capítulos que

evidenciavam a abordagem de tal conceito. Isso não significa a fragilidade das obras, mas uma maneira diferenciada de abordar os temas, tornando-os mais significativos.

Foram analisados quatro livros de épocas diferentes, do mesmo autor, Ricardo Feltre (1969, 1982, 2000 e 2005) e percebemos que ocorreram mudanças na abordagem do conteúdo teórico do livro de 1969 para os livros de 2000 e 2005. Nos livros mais atuais o autor apresenta o conceito de reação química no nível microscópico, fazendo uso de modelos, seguindo dessa forma as orientações propostas pelos PCNs; contudo, isso não ocorreu em relação às concepções de ciência, pois essas, continuaram ser mais coerentes com a perspectiva filosófica empirista/indutivista.

Voltando à questão histórica, acreditamos que será a partir das reestruturações dos livros didáticos, tanto pelos autores/Editoras quanto pelos professores, que o ensino possibilitará uma maior e melhor compreensão da Ciência à luz da construção dos conceitos químicos, evitando assim, possíveis deformações conceituais. Nessa perspectiva, a abordagem histórica articulada com a abordagem nos três níveis do conhecimento químico, provocará uma percepção mais rica, completa e complexa do conceito de reação química, apresentando um conhecimento dinâmico da Química.

Em relação aos conceitos de reagentes e produtos, percebemos que os livros dos dois primeiros períodos geralmente usam o conceito de forma operacional. Os demais, explicam o conceito de reagentes e produtos no nível microscópico, através do rompimento e formação de ligações químicas.

Ao conceituar equação química, mais da metade dos livros didáticos o faz como a representação de uma reação química, através dos símbolos e fórmulas das substâncias participantes do processo. Porém, no último período, as equações químicas

são acompanhadas de frases e modelos representativos que buscam descrevê-las a nível microscópico.

Para finalizar, apresentamos alguns pontos para se levar em consideração no planejamento do ensino desse tópico que teriam por objetivo facilitar a sua aprendizagem:

♦ Planejar o ensino de reação química, utilizando uma abordagem histórica, para que o estudante entenda a construção histórica dos modelos explicativos e entenda, como esses modelos vão sendo substituídos por outros, evitando assim um ensino fragmentado e estanque.

♦ Planejar o ensino de reação química, articulando os três níveis do conhecimento químico, buscando uma relação com a História.

♦ Fazer um levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes. Assim, o professor poderá identificar a noção de conhecimento que o estudante possui dentro do tópico de reação química, sendo esse o primeiro passo para superar as dificuldades na aprendizagem deste conceito.

♦ Caracterizar a ciência como uma construção humana que visa aumentar o conhecimento do homem sobre o mundo natural, ajudá-lo a resolver determinados problemas e também melhorar as suas condições de vida.

♦ Por fim, apresentamos uma sequência didática que poderá ser utilizada como uma ferramenta para tornar o ensino do conceito de reação química mais significativo (essa seqüência não foi aplicada).

REFERÊNCIAS

ALVES-FILHO, José Pinto. Atividades Experimentais: Do método à prática construtivista. Tese de doutorado, UFSC, Florianópolis, 2000.

ANDRADE NETO, Agostino Serrano de; RAUPP, Daniele; MOREIRA, Marco Antonio. A evolução histórica da linguagem representacional química: uma interpretação baseada na teoria dos campos conceituais. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. nº 7., 2009, Florianópolis, Atas do VII ENPEC. Florianópolis: ENPEC, 2009. DAMASCENO, H.

ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. A didática das ciências. Tradução Magda S. S. Fonseca. Campinas, SP: Papirus, 1995.

BACHELARD, Gaston. A formação do espírito científico. Tradução de Estela dos santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BACHELARD, Gaston. A filosofia do não: a filosofia do novo espírito científico. 5.ed. Tradução Joaquim José Moura Ramos, Lisboa: Editorial Presença, 1991.

BAHIA. Secretaria da Educação. Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias/ Secretaria da Educação. Salvador: A Secretaria, 2005.

BEJARANO, Nelsom R. Rivas, A Química é Redutível à Mecânica Quântica? Relatório do Estágio de Pós Doutoramento junto ao departamento de Filosofia da FFLCH-USP, 2009.

BENSAUDE-VINCENT, Bernadette; STENGERS, Isabelle. História da Química. Lisboa: Editora Piaget, 1992, p.164, 176-177.

BITTENCURT, Circe Maria Fernandes. Livros didáticos: Concepções e usos. Recife: SEE, 1997

BONAMINO, Alicia; FRANCO, Celso. O ENEM no Contexto das Políticas para o Ensino Médio. Química Nova na Escola, Nº 10, Novembro, 1999.

BORGES, Regina M. R. B. Em debate: cientificidade e educação em ciência. Porto Alegre: SE/CECIRS, 1996, p. 23-24.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília (DF), Secretaria de Educação Média e Tecnológica: MEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Guia de livros didáticos PNLD :. Brasília:, 2007. 44 p. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/Avalmat/pnldapres07.pdf>.

BRASIL Ministério da Educação Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio. Brasília 2007. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12371&Itemid=584>.

BRASIL Ministério da Educação Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio. Brasília 2009. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12371&Itemid=584>.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica, Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio (MEC/SENTEC, Brasília,1999).

BRASIL. PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília : MEC ; SEMTEC, 2002.144 p.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura, Secretaria de Educação Básica. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, Orientações Curriculares para o Ensino Médio, 2006.

BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. Serão as regras da transposição didática aplicável aos conceitos de física moderna? Investigações em Ensino de Ciências, V.10(3), p 387-404, 2005

CAMPOS, C., CACHAPUZ, A. Imagens de Ciências em manuais de química portugueses. Química Nova na Escola, n.6, p. 23-29, 1997.

CHANDRASEGRARAN, A. L.; TREAGUST, David F.; MOCERINO, Mauro. The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple leveis of representation. Chemistry Education Research and Practice, v. 8 (3), p. 293 – 307, 2007.

CHEVALARD, Yves. La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique, 1991.

DALLABRIDA, Norberto; Educação, Porto Alegre, v. 32, n. 2, p.185-191, maio/agosto, 2009.

DRIVER, R.; LEACH, J.; MILLAR, R.; SCOTT, P. Young people's images of Science. Open University Press, 1996.

DUCAN, Alistair, Laws and Order in Eighteenth-Century Chemistry, Clarendon Press, Oxford, 1996.

ECHEVERRIA. A.; MELLO, I.C.; GAUCHE, R. (2008) O Programa Nacional do Livro Didático de química no contexto da educação brasileira. In: Rosa, M.; Rossi, A. (orgs.). Educação Química no Brasil, pp.63-84, São Paulo Ed. Átomo.

ERDURAN, S. Philosophy of chemistry: an emerging field with implications form chemistry education. *Science & Education*, v.10, p.581-593, 2001.

FLEMING, R. S. Newton, Gases and Daltonian Chemistry: the Foundations of Combination in Definite Proportions. Annals of Science. 31(6): 561- 574, 1974.

FREIRE JUNIOR, O. A relevância da filosofia e da história da ciência para o ensino de ciência. In: SILVA FILHO, W. J. (Org.). Epistemologia e ensino de ciências. Salvador: Arcádia, 2002, p.13-30.

FREITAG, B.; MOTTA, V.; COSTA, W. O Estado da arte do livro didático no Brasil. Brasília; Inep, 1987.

FRACALANZA, H. O que sabemos sobre os livros didáticos para o ensino de ciências no Brasil. Capinas, 1992. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação – UNICAMP.

GIL PEREZ, D. A metodologia e o ensino de Ciências: relações controvertidas. São Paulo: Núcleo de Documentação sobre a Formação Científica, 1986.

GENSLER, Walter J. Physical versus Chemical Change, Journal of Chemical Education, V. 47, N. 2, p.154-156, 1970.

GOLDFARB, A. M. A. Da Alquimia à Química. 1.ed. São Paulo: Nova Stella/EDUSP, 1987.

GRECA, I. M.; FREIRE JÚNIOR, O. A "crítica forte" da ciência e implicações para a educação em ciências. Ciência & Educação, v.10, n.3, p.343-361, 2004.

IHDE, A.J. The development of modern chemistry. New York: Dover Publication, 1984, p.116-123.

INEP/MEC. ENEM – Documento básico. Brasília, 1999.

JENSEN, B. William, Journal of Chemical Education, V.75, N. 6, p. 679-687, 1998.

JOHNSTONE, Philip. Chemisty Education: Research and Practice in Europe. Vol.1, Nº 1, pp. 77- 90, 2000.

JOHNSTONE, A. H. Macro and micro-Chemistry. The School Review, v. 64, n. 227, p.377-379, 1982.

JUSTI, Rosária da S. A Afinidade Entre as Substâncias pode explicar as Reações Químicas? Química Nova na Escola, São Paulo, n. 7, maio 1998.

LAUGIER, André; DUMON, Alain, The Equation of Reaction: A cluster of obstacles which are dificult to overcome. Chemistry Education: Research and Practice, V. 5, N. 3, p. 327-342, 2004.

LEAL, M. C.; MORTIMER, E. F. Apropriação do Discurso de Inovação Curricular em Química por professores do Ensino Médio: Perspectivas e tensões. Ciência & Educação, v.14, n.2, p. 211-229, 2008.

LEAL, M. C. Didática da Química: Fundamentos e Práticas para o Ensino Médio. Belo Horizonte: Dimensão, 2009. 120 p.

LEICESTER, M. H. The Historical Backgraund of Chemistry, 1956/Ed. 1971.

LORENZ, Karl Michel; BARRA, V. Marcassa. Produção de materiais didáticos de ciência no Brasil, período:1950 a 1980. Ciência e Cultura 38 (12), Dezembro de 1986.

LOPES, Alice C. R. Livros Didáticos: Obstáculos ao Aprendizado da Ciência Química. Química Nova, São Paulo, v.15, n.3, p. 254-261, 1992.

LOPES, Alice C. R. Livros didáticos: Obstáculos verbais e substâncialistas ao aprendizado da ciência química, R. Brás. Est. Pedag., Brasília, V.74, n. 177, p. 309 – 334, maio/agosto, 1993.

LOPES, Alice C. R. Conhecimento escolar em Química - processo de mediação didática da ciência. *Química Nova,* São Paulo, v.20, n.5, p. 563-567, 1997.

LOPES, Alice C. R. A disciplina química: Currículo, Epistemologia e História. Episteme, Porto Alegre, V.3, n. 5, p. 119 – 142, 1998.

LOPES, Alice C. R. A concepção de fenômeno no ensino de química brasileiro através dos livros didáticos. Química Nova, 17(4), 1994.

LOPES, Alice C. R. Bachelard: o filósofo da desilusão. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 13, n. 3, p. 248-273, dez. 1996.

LOPES, Alice C. Currículo e Epistemologia. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007. (coleção educação em química).

LORENZ, Karl Michel; BARRA, Vilma Marcassa. Produção de materiais didáticos de ciência no Brasil, período:1950 a 1980. Ciência e Cultura 38 (12), Dezembro de 1986.

MAAR, J. H. Pequena história da Química. Primeira parte: dos primórdios a Lavoisier. 1.ed. Florianópolis: Papa Livro, 1999.

MACHADO, Andréa Horta; Aula de química: discurso e conhecimento, Ed. UNIJUÍ, 1999, 200 p.

MARANDINO, Martha. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. Revista Brasileira de Educação Maio /Jun /Jul /Ago 2004 N°/ 26.

MARTORANO, S. A. de Assis; MARCONDES, M. E. Ribeiro, As concepções de ciência dos livros didáticos de química, dirigidos ao ensino médio, no tratamento da cinética química no período de 1929 a 2004. Investigações em Ensino de Ciências, V. 14, Nº 3, p. 341-355, 2009.

MATTHEWS, Michael R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência Atual de Reaproximação. Tradução de Claudia Mesquita de Andrade. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 12, n. 3, p. 164 -214, 1995.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In Research and Quality of Science Education (Eds. Kerst Boersma, Martin Goedhart, Onno de Jong e Harrie Eijelhof). Holanda: Springer.2005.

MEIRIEU, P. Aprender... sim, mas como? 7ª ed. Porto Alegre: editora Artmed, 1998.

MELO, A. C. S.; CRUZ, F. F. S., O gênero histórico priorizado em textos didáticos de física: contribuições ou distorções para o estudo da natureza da luz. XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Curitiba, 2008.

MIERZECKI, R. The historical development of chemical concepts. Varsóvia e Dordrecht: Polish Scientific Publishers e Kluwer Academic Publishers, 1991.

MOCELLIN, Ronei Clécio, A química Newtoniana, Qumica Nova, Vol. 29, Nº 2, 2006.

MONTEIRO, I.V.; JUSTI, R. (2000). Analogias em livros didáticos de Química destinados ao ensino médio. Investigações em ensino de ciências, 5 (2), 67-91.

MORAES, R. Analise de conteúdo. Revista Educação, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7 – 32, 1999.

MORTIMER, Eduardo F. e MIRANDA, L. C. Transformações: concepções dos estudantes sobre reações químicas. Química nova na escola, 2, 23-26, 1995.

MORTIMER, Eduardo F. Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de química: mudança conceitual e perfil epistemológico. Química Nova, São Paulo, v.15, n.3, p. 242 – 248, 1992.

MORTIMER, Eduardo F. Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais. Tese de doutorado, 1994.

MORTIMER, Eduardo F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciência: para onde vamos? Investigação em Ensino de Ciências, 1996.

MORTIMER, Eduardo F. A evolução dos livros didáticos de Química destinados ao ensini secundário. Em aberto, Brasília, ano 7, n. 40, out/dez. 1988.

MORTIMER, Eduardo F.; SANTOS, Wildson L. P. Políticas e Práticas de livros Didáticos de Química. O processo de Constituição da Inovação X Redundância nos Livros Didáticos de Química de 1833 a 1987. In. ROSA, M. I. Petrucci; ROSSI, A. Vitorino (org.). Educação Química no Brasil. Memórias, políticas e Tendências, 2008, p. 85-103.

MORTIMER, Eduardo F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A Proposta Curricular de Química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. Química Nova, v.23, n.2, p.273-283, 2000.

MORTIMER, Eduardo F.; SCOTT, Phil; El-HANI, Charbel N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. ABRAPEC – associação Brasileira de pesquisa em Educação em Ciências, VII ENPEC, 2009.

MORTIMER, Eduardo F.; SCOTT, Phil. Atividade discursiva nas salas de aula de Ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. Investigação em Ensino de Ciências, V.7, n. 3, p. 283-306,2002.

NARDIN, Claudia Schneiders; SALGADO, Tânia Denise Miskinis; PINO, José Cláudio Del. Análise de uma Proposta de Ensino de Reações Químicas entre Compostos Inorgânicos Referenciada em Mecanismo de Reação. Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. Atas do V ENPEC, nº 5, 2005 – ISSN 1809 – 5100.

NERY, Ana L. P. LIEGEL; Rodrigo M.; FERNANDEZ, Carmen. Um olhar crítico sobre o uso de algoritmos no Ensino de Química no Ensino Médio: a compreensão das transformações e representações das equações químicas. Revista Eletrônica de Enseñanza de lãs Ciências, Vol. 6, Nº 3, 587-600, 2007.

NETO, W. N. de Araujo; SANTOS, J. M.Teixeira. História da Química e sua apropriação pelo currículo escrito: a noção de valência nos livros didáticos de Química. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 1, 3, p. 74 – 88, 2001.

NETO, W. N. de Araujo. Relações históricas de precedência como orientações para o ensino médio de química: a noção de valência e o livro didático de química. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Fluminense, Niterói, 2003.

NETO, J. Megid; FRANCALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. Ciência e Educação, V.9, n. 2, p. 147-157, 2003.

OKI. M. C. Marinho; MORADILLO, E. F. O ensino da História da Química: contribuindo para a compreensão da história da ciência Revista Ciência e Educação, v.14, n.1, p. 67-88, 2008.

OLIVEIRA, M. M. de. O "átomo" da constituição indutiva grega à realização quantitativa européia, 1993, Dissertação de Mestrado. IF e FEUSP São Paulo.

PAOLONI, L., Química e Mecânica Quântica: relação entre a estrutura lógica e a realidade molecular, Química Nova, out., 1980.

PAIXÃO, F.; CACHAPUZ, A. Mudança na prática de ensino de Química pela formação dos professores em História e filosofia das ciências. Química Nova na Escola, Belo Horizonte, n.18, p. 31-36, 2003 apud OKI, M.C.M.; MORDILLO, E.F. O ensino de história da Química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. Ciência e Educação, v.14,n. 1, p. 67-88, 2008.

PERRENOUD, P. Construir competências é virar as costas aos saberes? In Pátio. Revista pedagógica (Porto Alegre, Brasil) n° 11, Novembro 1999, pp. 15-19.

PORTO, Paulo Alves. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: Em busca dos objetivos educacionais da atualidade. Ensino de Química em Foco/Organizadores Wildson Luiz P. dos Santos, Otavio A. Maldaner. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

QUÍLEZ, Juan. A Historical Approach to Development of Chemical Equilirium Through the Evolution of the Affinity Concept: some educational suggestions. Chemistry Education: Research and Practice, 2004, Vol. 5, nº 1, p. 69-87.

RIBEIRO, Marco A. Pinto. Filosofia e Química: Miscíveis- Quais as implicações da Filosofia da Química para o Ensino Médio? XIV ENEQ, 2008.

RICHARDSON, R. J. Pesquisa Social: métodos e técnicas/ Org. Roberto J. Ricardson; Colaboradores José Augusto de S. Pares; et al. São Paulo: Atlas, 2008.

RHEINBOLDT, H. História da balança e a vida Jacob Berzelius. Editora Nova Stella, EDUSP, 1995. São Paulo.

ROMANELLI, O. História da educação no Brasil (1930/1973). 19ª ed. Petrópolis: Vozes, 1997.

ROSA, M. I. F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. Química Nova na Escola, n. 8, 1998, p. 31-35.

SANTOS, et al. Química na Sociedade: Volume único, Ensino Médio, Nova Geração, São Paulo, 2005.

SANTOS, André Nosseis. Estudo das concepções iniciais e a evolução conceitual sobre Transformações Químicas; Monografia em Ensino de Química na Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

SANTOS, W.; SCHNETZLER, R. P. Educação em Química: Compromisso com a cidadania, 2ª ed., ed. UNIJUÍ: Ijuí, 2000.

SCHNETZLER, R. P. Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros dirigidos ao ensino secundário de Química de 1875 a 1978. Química Nova, Janeiro 1981.

SCHNETZLER, R. P. Apontamentos sobre a História do Ensino de Química no Brasil. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.)- Ijuí: Ed. UNIJU, 2010, 368p. (Coleção Educação em Química).

SCHNETZLER, R. P. Pesquisa em Ensino de Química no Brasil: Conquistas e Perspectivas. Química Nova, v.25, suplemento 1, 2002. p.14-24.

SCHUMMER, Joachim: "The Chemical Core of Chemistry I: A Conceptual Approach", HYLE 4-1, pp. 129-162, 1998.

SOLSONA, N.; IZQUIERDO, M. e O. de JONG. Exploring the development of students' conceptual profiles of chemical change. Internacional Journal of Science Education, 25,1, 3-12, 2003.

TALANQUER, Vicente. Explanations and Teleology in chemistry Education. International Journal of Science Education, v. 29, n. 7, p. 853 – 870, 4 June 2007.

TAVARES, M. de Lima; EL-HANI, C. Nino. Um Olhar Epistemológico Sobre a Transposição Didática da Teoria Gaia. Investigações em Ensino de Ciências – V6(3), pp. 299-336, 2001.

TIEDEMANN, P.W. Conteúdos de Química em livros didáticos de Ciências. Ciência e Educação, v. 5, n. 2, p. 15-22, 1998.

TOLENTINO, M. & ROCHA-FILHO, R. C. Evolução histórica dos pesos atômicos. Química Nova. vol. 17, n. 2, p. 182-187, 1994.

VIANA, H. E. B.; PORTO, P. A. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. V. 7, p. 4 -12, 2007.

ANEXOS

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Elaboração de uma sequência didática sobre o processo de corrosão como uma estratégia de ensino-aprendizagem sobre reações químicas

INTRODUÇÃO

A necessidade da resolução de problemas como conteúdo curricular da educação básica torna-se fundamental para o desenvolvimento de competências que contribuem para o aluno elaborar e desenvolver estratégias pessoais e coletivas para resolver problemas escolares e cotidianos (BRASIL, 2002). Esta sequência didática envolve uma estratégia de resolução de problema para o ensino-aprendizagem sobre o conceito de reação química.

Para a elaboração desta sequência didática, adotamos uma abordagem de ensino-aprendizagem por resolução de problemas, uma vez que, segundo Meirieu (1998), a situação-problema funciona como uma situação didática onde é proposta ao indivíduo uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem. Ainda, segundo esta pesquisadora, essa aprendizagem, se dá quando o indivíduo vence obstáculos na realização da tarefa.

A nossa seqüência didática contemplou duas dimensões: a epistêmica: considerando a construção do conhecimento como uma ação voltada para

interpretação do mundo, onde são considerados os processos de elaboração, métodos e validação do conhecimento científico e a dimensão pedagógica, na qual serão promovidas interações diversas entre o professor e os estudantes e entre estudantes (MÉHEUT, 2005).

OBJETIVO

Desenvolver uma sequência de aulas que trate do conteúdo sobre reações químicas, baseadas nos níveis do conhecimento químico: macroscópico, microscópico e simbólico, articulado com a sua abordagem histórica, baseados em uma situação problema, tendo como objetivo analisar este recurso metodológico como ferramenta facilitadora no processo de aprendizagem do conceito de reação química.

METODOLOGIA

Na elaboração da seqüência didática tomamos por base a aprendizagem baseada em problemas, onde as atividades em sala de aula são planejadas considerando os estudantes como protagonistas e co-responsáveis por seus aprendizados, enquanto o professor torna-se um mediador desse processo.

Iremos considerar algumas etapas que irão ser percorridas durante a aprendizagem por resolução de problema: apresentação do problema; proporcionar um contexto de aprendizagem embasada na abordagem histórica do conceito; realizar

experimentos com a finalidade de articular os três níveis do conhecimento químico (macro, micro e simbólico), articulando esses níveis à abordagem histórica do conceito e identificar os princípios químicos básicos.

A sequência didática iniciará com um pequeno texto sobre a história do conceito de reação química, 'Um pouco sobre a história das transformações químicas', que abordará os três principais modelos explicativos para a ocorrência de uma reação química, que são: o modelo centrado no antropoformismo (onde as reações químicas eram explicadas em termos animistas), o modelo centrado nas forças (onde as reações químicas eram explicadas pelo paradigma newtoniano da mecânica) e o modelo centrado na energia (onde as reações químicas passam a ser explicadas em termos termodinâmicos); a problematização do tema utilizando um vídeo para debate; discussão de questões mais relevantes postas pelos estudantes no debate; experimento sobre as reações químicas no processo de corrosão; socialização das respostas às questões do experimento.

Os problemas que nortearam a abordagem didática serão: (I) De que depende o enferrujamento? (II)Existem meios de evitá-lo? Justifique. (III) Na sua casa são utilizadas técnicas de conservação de metais (grades, portões, etc.)? (IV) Considerando os três modelos históricos estudados, que modelo você usaria para representar o processo de corrosão microscópicamente? Como você representaria quimicamente o fenômeno ocorrido no processo de corrosão? Justifique.

Para analisar o processo de corrosão, faremos dois experimentos que tem como finalidade verificar em que condições ocorre a corrosão do ferro. Usando pregos de ferro em quatro ambientes diferentes, compararemos o nível de corrosão que cada

um sofreu e discutiremos a constituição de cada meio, bem como o que é fundamental para que ocorra a corrosão.

SITUAÇÃO PROBLEMA

De um modo geral, a corrosão é definida como um processo resultante da ação do meio sobre um material, provocando sua deterioração. Essa deterioração pode levar a inutilização de estruturas de uso corrente no dia-a-dia. Geralmente, a primeira associação que se faz é com a ferrugem, a camada de cor marrom-avermelhada que se forma em superfícies metálicas.

É comum vermos estruturas metálicas espalhadas por toda parte, seja em grades, nos meios de transporte como automóveis, caminhões, navios ou aviões, em eletrodomésticos e instalações industriais entre outros. Todos esses objetos ou aplicações metálicas sofrem a ação do meio, tornando-se, com o passar do tempo e com a corrosão, inadequados ao seu uso, com grandes prejuízos.

Isto tem despertado a humanidade para discutir problemas como este, visando buscar alternativas na tentativa de solucioná-los. Neste contexto, como você explicaria o processo de corrosão em termos físico-químicos e que ações podem ser feitas para minimizar os efeitos da corrosão?

EXPERIMENTO 1

REAÇÃO ENTRE SOLUÇÃO DE SULFATO DE COBRE II E FERRO

- MATERIAIS UTILIZADOS:
    - 01 béquer;
    - Solução aquosa de sulfato de cobre II;
    - 01 prego.

Descrição do experimento 1

- Tomar um béquer pequeno.
- Adicionar cerca de 100 mL de solução aquosa de sulfato de cobre II.
- Colocar neste recipiente um prego novo.

Responda às questões a seguir a partir da sua observação.

1. Descreva as características macroscópicas do sistema inicial.

2. Que substâncias participam do processo? Que elementos químicos formam essas substâncias?

3. Há alguma evidência de que ocorreu uma transformação química?

4. A partir dos modelos estudados na História do conceito de reação química, como você representaria o nível microscópico, antes e depois da transformação? Desenhe sua representação.

5. Você seria capaz de identificar quais novas sustâncias foram formadas?

6. Represente quimicamente essa transformação.

7. Se você determinasse a massa (m_i) do sistema inicial e a massa (m_f) do sistema final, depois que a transformação se completou, você acha que m_i seria maior, menor ou igual à m_f? Justifique.

8. Como você já deve ter concluído os componentes do sistema ao final do teste são diferentes dos componentes iniciais. Como você poderia comprovar isso?

EXPERIMENTO 2

CORROSSÃO DO FERRO

● MATERIAL

● 3 tubos de ensaio.
● 3 pregos novos.
● 1 rolha.
● 1 copo com água.
● 1 pouco de agente higroscópico (silicagel).
● 1 copo de óleo de cozinha.

Descrição do experimento 2

● Tomando os tubos de ensaio,

● Ponha no primeiro um pouco de água, introduzindo um prego que deverá ficar apenas com parte submersa.

● No segundo, ponha o agente higroscópico (por exemplo, silicagel) colocando o prego e, finalmente, isolando-o do meio externo com uma rolha.

● No terceiro tubo, ponha o prego e óleo suficiente para encobrí-lo.

● Deixe os três tubos em local adequado e observe-os por uma semana, anotando as modificações ocorridas em cada um durante esse período.

Responda às questões a seguir a partir da sua observação.

1. Descreva as características macroscópicas dos sistemas iniciais.

2. Que substâncias participam do processo? Que elementos químicos formam essas substâncias?

3. Há alguma evidência de que ocorreu uma transformação química?

4. A partir dos modelos estudados na História do conceito de reação química, como você representaria o nível microscópico, antes e depois da transformação? Desenhe sua representação.

5. Você seria capaz de identificar quais novas sustâncias foram formadas?

6. Represente quimicamente essa transformação.

7. Se você determinasse a massa (m_i) do sistema inicial e a massa (m_f) do sistema final, depois que a transformação se completou, você acha que m_i seria maior, menor ou igual à m_f? Justifique.

8. Como você já deve ter concluído os componentes do sistema ao final do teste são diferentes dos componentes iniciais. Como você poderia comprovar isso?

LIVROS ANALISADOS

♦ Livro didático do primeiro período (1930 – 1942)

LIBERALLI, C. H. Elementos de Química, 4ª série ginasial, 2ª Ed. 1936.

♦ Livro didático do segundo período (1943 – 1960)

DÉCOURT, P. Química, 3º livro, Ciclo Colegial. Edições Melhoramentos, São Paulo, 1946.

♦ Livros didáticos do terceiro período (1961 – 1970)

FREITAS, R. G. de; COSTA, C. A. C. Química Geral e Inorgânica, Rio de Janeiro, 1961.

FELTRE, R.; YOSHINAGA S. Química Geral. São Paulo, Ed. Moderna, v. 1, 1974.

Chemical Bond Approach Project (CBA), Traduzido por: GIESBRECHT, E.; GIESBRECHT, Astréa; MENNUCCI, Lélia. São Paulo, v.1, 1969.

♦ Livros didáticos quarto período (1971 – 1988)

CHAMPBELL, F. R. *et al*. Química uma ciência experimental – Chemical Education Material Study – São Paulo, EDART, v. 1, 4ª edição, 1975.

FELTRE, R. Química Geral. São Paulo, 2ª edição, Ed. Moderna, v.1, 1982.

REIS, M. Química Geral. São Paulo, Ed. FTD, v. 1, 1992.

♦ Livros didáticos quinto período (1989 – 2010)

FELTRE, R. Química Geral. São Paulo, 5ª edição, Ed. Moderna, v. 1, 2000.

NOVAES, V. L. D. de. Química. São Paulo,Ed. Atual, v. 1, 1999.

BIANCHI, J. C. A.; ABRECHT C. H.; MAIA D. J. Universo da Química, São Paulo, Ed. FTD, 1ª ed., volume Único, 2005.

CANTO, E. L.; PERRUZO, F. M. Química na abordagem do cotidiano. 3ª ed. V. 1, Moderna, 2003.

FELTRE, R. Fundamentos da Química.São Paulo, 4ª edição, Moderna, vol. Único, 2005.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Química para o ensino médio. São Paulo, Scipione, vol. Único, 2002.

OLIMPIO, E. R. S; NOBREGA, S.; SILVA, R. H. Química conceitos básicos. Ed. Ática, v.1, 1ª edição, 2005.

SANTOS *et al.* Química e Sociedade. São Paulo, 1ª edição, Editora Nova Geração, vol. Único, 2005.