

**GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ
SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
SUPERINTENDÊNCIA DA EDUCAÇÃO**

DIRETRIZES CURRICULARES DE QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO

**CURITIBA
2008**

SUMÁRIO

1 DIMENSÃO HISTÓRICA DA DISCIPLINA

1.1 O ENSINO DE QUÍMICA

2 FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

3 CONTEÚDOS ESTRUTURANTES

3.1 MATÉRIA E SUA NATUREZA

3.2 BIOGEOQUÍMICA

3.3 QUÍMICA SINTÉTICA

4 ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 OS MODELOS E O ENSINO DE QUÍMICA.

4.2 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

4.3 LEITURAS CIENTÍFICAS E O ENSINO DE QUÍMICA

5 AVALIAÇÃO

6 REFERÊNCIAS

6.1 OBRAS CONSULTADAS

É próprio do pensar certo a disponibilidade ao risco, a aceitação do novo que não pode ser negado ou acolhido só porque é novo, assim como o critério de recusa ao velho não é apenas o cronológico.

Paulo Freire

1 DIMENSÃO HISTÓRICA DA DISCIPLINA DE QUÍMICA

O desenvolvimento de saberes e de práticas ligadas à transformação da matéria e presentes na formação das diversas civilizações foi estimulado por necessidades humanas, tais como: a comunicação, o domínio do fogo e, posteriormente, o domínio do processo de cozimento.

Esses saberes e/ou práticas (manipulação dos metais, vitrificação, feitura dos unguentos, chás, remédios, iatroquímica, entre outros), em sua origem, não podem ser classificados como a ciência moderna denominada Química, mas como um conjunto de ações e procedimentos que contribuíram para a elaboração do conhecimento químico desde o século XVII.

Para iniciar as discussões sobre a importância do ensino de Química, considera-se essencial retomar fatos marcantes da história do conhecimento químico em suas interações econômica, política e social. Inicialmente, o ser humano obteve a partir do fogo seus benefícios.

O domínio do fogo representa, sem dúvida, uma das mais antigas descobertas químicas e aquela que mais profundamente revolucionou a vida do homem. Já no paleolítico, há cerca de 400.000 anos, o homem conservava lareiras em alguns dos seus habitáculos na Europa e na Ásia. [...] No neolítico, o fogo foi utilizado para cozer a argila destinada ao fabrico de cerâmica. Mais tarde, graças aos conhecimentos que terão sido adquiridos pelo artífice na prática da combustão e da construção dos fornos, irá permitir a metalurgia. [...] A tinturaria é uma indústria muito antiga. Não é possível fixar-lhe as origens. Utilizavam-se, na Antiguidade, sucos vegetais tirados da garança, do ingueiro, por exemplo, para tingir as roupas. Os corantes minerais foram objeto de uma larga utilização como produtos de beleza. A cerusa (carbonato de chumbo) aclarava, pela sua cor branca, a pele das romanas. O cinábrio (sulfeto de mercúrio) entrava na composição do vermelho para o rosto das Atenenses. As mulheres das regiões do Nilo recorriam à malaquite para pintar o rosto. O mínio¹, utilizado como pintura, servia aos gregos para betumar os seus navios a fim de proteger a madeira de que eram feitos (VIDAL, 1986, p. 9).

Desses benefícios, a extração, produção e o tratamento de metais como o cobre, o bronze, o ferro e o ouro, merecem destaque na história da humanidade, no que diz respeito aos fatos políticos, religiosos e sociais que os envolvem.

Na história do conhecimento químico, por exemplo, vários fatos podem ser lembrados como forma de entender a constituição desse saber, entre eles a alquimia.

Nascida dos trabalhos da metalurgia, das idéias chinesas de cura e equilíbrio, da magia estelar persa, do hermetismo egípcio e da interpretação mística da Filosofia grega, a Alquimia, investigação sobre a natureza da matéria e prática laboratorial para nela interferir, definiu-se primordialmente pelo desejo de conquistar o tempo. Porque nela o mundo é pensado como um todo vivente e porque cada ser, do menor ao maior, é

¹ Mínio: óxido vermelho de chumbo (Pb₃O₄).

concebido como microcosmo a espelhar o macrocosmo, a Natureza é pensada como nascimento (semente ou germen), vida, maturação, morte ou imortalidade (CHAUI, 2005, in ALFONSO-GOLDFARB, 2005, p. 11-12).

Na Europa a alquimia chegou “[...] através de traduções de textos árabes, os quais, por sua vez, já eram traduções e adaptações de velhos textos helenísticos ou de tradições caldaicas” (ALFONSO-GOLDFARB, 2001, p.29).

Os alquimistas europeus buscavam o elixir da vida eterna e a pedra filosofal (prática de transmutação dos metais em ouro). Dedicavam-se a esses procedimentos, mas agiam de modo hermético, ocultista, uma vez que a sociedade da época era contra essas práticas por acreditar tratar-se de bruxaria:

[...] eles buscavam no elixir da longa vida o que hoje se busca por meio de remédios: melhorar a qualidade de vida e até prolongá-la. A busca de novos materiais para o fabrico de vestuário e para construção de habitações se assemelha ao que faziam os alquimistas, que com a evaporação dos líquidos ou com a recalcinação de sólidos procuravam melhorar a qualidade das substâncias. As retortas, os crisóis, os alambiques de então estão nos modernos laboratórios de hoje, sob a forma de sofisticada aparelhagem de vidros especiais (CHASSOT, 2004, p. 119).

Esses alquimistas manipularam diversos metais como o cobre, o ferro e o ouro, além das vidrarias² que foram aperfeiçoadas e hoje, muitas fazem parte dos laboratórios. Apesar da fantasia e da realidade contida nos textos alquímicos, permeados de escritos indecifráveis, aos poucos e clandestinamente, eles se difundiram pela Europa.

No final do século XIV e início do século XV, com o fim do feudalismo, a alquimia adquiriu uma nova configuração. Esse período foi caracterizado por aglomerações urbanas emergentes, por péssimas condições sanitárias, pela fome, pelas pestes – incluindo a peste negra de 1347 – e isso gerou um desequilíbrio demográfico além de problemas relacionados ao trabalho, que também se modificava estruturalmente.

A burguesia, classe social emergente, começava a comandar a reestruturação do espaço e do processo produtivo no novo contexto econômico que se constituía. Decorre que houve um expressivo avanço dos estudos para a cura de doenças, em especial com o uso de substâncias químicas minerais.

Na transição dos séculos XV-XVI, estudos desenvolvidos pelo suíço Phillipus Auredus Theophrastus Bombastus Von Hohenheim, cujo pseudônimo era Paracelso, possibilitaram o nascimento da Iatroquímica³, antecessora da Química. O emprego dos conhecimentos da Iatroquímica era, naquele momento, apenas terapêutico e Paracelso fazia uma leitura cosmológica dos fenômenos, relacionada com as crenças religiosas.

² Os vidros eram considerados metais nesta época

³ “A Iatroquímica, precursora moderna da química médica (...) admitia que o homem é feito de três princípios: sal, enxofre e mercúrio, de cuja separação resultariam as doenças” (VANIN, 2005, p.24).

Essa proximidade com a religião fez com que Baptiste van Helmont, médico que viveu entre os séculos XVI e XVII, fosse condenado várias vezes pela Igreja, acusado de realizar práticas satânicas, uma vez que, em seus estudos, fazia um misto de ciência e religião.

Entretanto, os conhecimentos químicos nem sempre estiveram atrelados à religião e à alquimia. A teorização sobre a composição da matéria, por exemplo, surgiu na Grécia antiga e a idéia de átomo com os filósofos gregos Leucipo e Demócrito, que lançaram algumas bases para o atomismo do século XVII e XVIII com Boyle, Dalton e outros. A teoria atômica foi uma questão amplamente discutida pelos químicos do século XIX, que a tomaram como central para o desenvolvimento da Química como ciência.

O fato é que a Química, como ciência teve seu berço na Europa no cenário de desenvolvimento do modo de produção capitalista, dos interesses econômicos da classe dirigente, da lógica das relações de produção e das relações de poder que marcaram a constituição desse saber.

No século XVII, na Europa, ocorria a expansão da indústria, do comércio, da navegação e das técnicas militares, particularmente em cidades como Paris, Londres, Berlim, Florença e Bolonha, onde existiam as grandes universidades.

Nesse contexto, foi fundada, em Paris, a *Academie de Sciences* e outra similar em Berlim, ambas subvencionadas pelo Estado e subordinadas a ele. Paralelamente, em Londres, foi criada a *Royal Society*, mantida pelos próprios participantes e sem qualquer relação com o Estado, livre para colocar em ação as teorias científicas aliadas às práticas populares e ao cotidiano das pessoas. Um dos integrantes da *Royal Society*, Robert Boyle, tornou público seus saberes e recebeu muitas críticas dos adeptos da Filosofia Natural, os quais consideraram sua pesquisa meramente especulativa e intuitiva.

Ao longo dos séculos XVII e XVIII, com o estudo da química pneumática (Boyle, Priestley, Cavendish) e com o rigor metodológico de Lavoisier, definiu-se um novo saber, que passou a ser conhecido como química, o qual foi dividido em diferentes ramificações procedimentais, dentre elas: alquimia, boticários, iatroquímica e estudo dos gases.

No século XIX essa química pautou-se num corpus teórico de explicações atômico-moleculares com os estudos de Dalton, Avogadro, Berzelius, entre outros. Foi nesse cenário que a Química ascendeu ao fórum das Ciências. O avanço desse conhecimento estava vinculado às investigações sobre a composição e estrutura da matéria, estudos estes partilhados com a Física, que investigava as forças internas que regem a formação da matéria. Isso ocorreu para atender ao desenvolvimento da própria Ciência, no século XIX, que tinha como um dos focos de investigação a composição dos materiais e a descoberta de novos elementos químicos.

O experimentalismo marcou a ciência moderna e esteve presente no avanço da Química dos séculos XVIII e XIX em inúmeras investigações. Dentre as realizações dos químicos, nesse período, destacaram-se o isolamento de algumas substâncias gasosas (nitrogênio, cloro, hidrogênio e oxigênio) e a descoberta de muitos outros elementos metálicos: cobalto, platina, zinco, níquel, bismuto, manganês, molibdênio, telúrio, tungstênio e cobre. Com a Revolução Industrial, o modo de produção capitalista expandiu-se, o que teve como uma, dentre outras conseqüências, o impulso ao desenvolvimento da indústria química.

Um dos químicos mais influentes da França nesse período foi Antonie Laurent Lavoisier que colaborou com a consolidação dessa ciência no século XVIII e elaborou o *Traité Elementaire de Chimie* (Tratado Elementar da Química), publicado em março de 1789, referência para a química moderna da época. Lavoisier propôs uma nomenclatura universal para os compostos químicos, que foi aceita internacionalmente. A Química ganhou não apenas uma linguagem universal quanto à nomenclatura, mas também, quanto aos seus conceitos fundamentais.

No desenvolvimento do seu trabalho, Lavoisier demonstrou que a queima é uma reação química com oxigênio, superando a antiga Teoria do Flogisto⁴, então amplamente usada nas explicações sobre transformações químicas. O trabalho de Lavoisier, em especial o episódio da descoberta do oxigênio, gerou uma crise a respeito das explicações de fenômenos como combustão, calcinação e respiração. A superação da idéia do flogisto e o esclarecimento da combustão, por Lavoisier, trouxeram novos direcionamentos para as investigações sobre a natureza das substâncias.

Lavoisier desenvolveu estudo teórico sobre a melhor maneira de iluminar as ruas parisienses, estudou os problemas da adulteração de alimentos, investigou o mecanismo de funcionamento das tinturas, pesquisou como os metais enferrujam e como a água pode ser armazenada a bordo dos navios em viagens longas. Também produziu explosivos para o governo francês, o que foi importante devido às guerras e conflitos vividos naquele período histórico.

Outros feitos trouxeram inúmeros avanços para a incipiente indústria química da época, especialmente a da Inglaterra, entre eles: a solução para problemas das indústrias de tecido (Bertholet), a construção de torres para fabricação contínua de ácido sulfúrico (Gay-Lussac), os estudos sobre corantes e modificação substancial dos processos na indústria têxtil (Henry Perkins), o que era de fundamental importância política e econômica

4 Para George Sthal, filósofo natural alemão, por volta de 1700, o flogisto era um ente que estava contido nos materiais que ardiem (materiais inflamáveis): “ toda vez que uma matéria arde, ela perde flogisto”.Tal conceito foi amplamente utilizado por químicos do século XVIII, pois foi considerada a primeira teoria capaz de explicar satisfatoriamente um grande número de reações químicas.

para a Inglaterra.

No século XIX, finalmente a ciência moderna se consolidou. John Dalton apresentou sua teoria atômica em uma série de conferências realizadas na *Royal Institution* de Londres. Baseado em muitas medidas das quantidades das massas dos elementos químicos que se combinavam para formar compostos, Dalton configurou um modelo para o átomo semelhante a pequenas partículas esféricas maciças e indivisíveis. Diferentemente dos filósofos Demócrito e Leucipo, que somente pensaram na divisão da matéria em pequenos pedaços até a menor unidade, Dalton avançou e elaborou sua hipótese atômica com base em dados experimentais.

Em 1828, Friedrich Wöhler sintetizou a uréia, uma substância orgânica a partir de um composto inorgânico. Dessa síntese, que supera a *Teoria da Força Vital*⁵, os cientistas passaram a preparar compostos orgânicos em laboratório.

Em 1860, foi realizado o primeiro Congresso Mundial de Química, em Karlsruhe, no território da atual Alemanha. A partir de uma proposta de Friedrich August Kekulé, apoiado por Charles Adolphe Wurtz, 140 eminentes químicos se reuniram para discutir os conceitos de átomo, molécula, equivalente, atomicidade e basicidade. Nessa ocasião, Stanislao Cannizzaro apresentou um artigo que diferenciava átomo de molécula a partir de uma leitura da hipótese de Avogadro.

Como consequência, vários químicos tentaram organizar e sistematizar os elementos químicos, dentre eles, destacaram-se Julius Lothar Meyer e Dimitri Ivanovitch Mendeleev. Esse último organizou uma classificação dos elementos químicos seguindo o mesmo princípio da periodicidade de propriedades em função dos pesos atômicos.

Mendeleev, porém, chegou a um grau de precisão científica que seus contemporâneos não atingiram e talvez por isso a “lei periódica das propriedades dos elementos” e a respectiva tabela ficaram indelevelmente ligados a seu nome.

A surpreendente exatidão da tabela de Mendeleev dos nossos dias, o que para nós era algo habitual, esconde o intenso esforço do cientista para compreender tudo o que já era conhecido no seu tempo acerca das transformações da matéria. Foi graças a esse gigantesco trabalho que a grandiosa e intuitiva hipótese acerca da existência da lei da periodicidade das propriedades dos elementos químicos se tornou uma realidade [...] (BELTRAN & CISCATO 1991, p.133).

Os interesses da indústria da segunda metade do século XIX impulsionaram

⁵ Segundo essa teoria, substâncias extraídas de organismos vivos não podiam ser produzidas em laboratório, pois somente os seres vivos dispunham da força vital capaz de sintetizá-las.

pesquisas e descobertas sobre o conhecimento químico; dentre eles, os avanços da eletricidade trouxeram significativas contribuições, como o conceito de eletrólise, e as propostas de modelos atômicos que contribuíram para o esclarecimento da estrutura da matéria. Outros avanços referem-se à criação do primeiro plástico artificial, o celulóide, em 1869, por John Hyatt, bem como o *rayon*, a primeira fibra artificial, patenteada por Luis Marie Chardonnet.

Tais descobertas originaram-se essencialmente nas indústrias e não nas instituições de pesquisa e ensino, como se poderia supor. Isso porque os setores de produção industrial e de produção científica não apresentavam interesses em comum com o Estado. As ciências esforçavam-se na resolução de problemas ligados à produção, e dessa forma, os avanços mais expressivos se deram na Química, que era a ciência intimamente ligada à prática de oficina e interesses da indústria (HOBSBAWM, 1982, p. 34).

No final do século XIX, com o surgimento dos laboratórios de pesquisa, a Química se consolidou como a principal disciplina associada aos efetivos resultados na indústria. A produção de conhecimentos, na Alemanha, Estado Nação recém unificado, se dava pelas instituições científicas e pela indústria, em busca de desenvolvimento econômico e científico e de reorganização territorial (BRAVERMAN, 1987). O exemplo alemão do investimento em pesquisas, seguido por outras nações, alavancou ainda mais o desenvolvimento da Química.

No século XX, a Química e todas as outras Ciências Naturais tiveram um grande desenvolvimento, em especial nos Estados Unidos, Inglaterra e Alemanha. Esses países destacaram-se no desenvolvimento da Ciência, no intuito de estabelecer e, posteriormente, manter influência científica que pudesse garantir diferentes formas de poder e controle bélico mundial, essenciais nas tensões vividas no século XX. Vários foram os investimentos desses países em áreas como: obtenção de medicamentos, indústria bélica, estudos nucleares, estrutura atômica e formação das moléculas, mecânica quântica, dentre outras que estreitaram as relações entre a ciência e a indústria.

Esse estreitamento gerido por interesses econômicos e pelas instâncias do poder resultou, entre outros fatores, na eclosão das duas guerras mundiais do século XX e no estabelecimento de discussões a respeito da ética na ciência e de seus impactos na sociedade. Passou-se a questionar a utilização do saber científico tanto para o progresso da humanidade quanto para seu possível aniquilamento.

Depois da Segunda Guerra Mundial, as pesquisas sobre o átomo desenvolveram-se ainda mais. O bombardeio de núcleos com partículas aceleradas conduziu à produção de novos elementos químicos, bem como o desenvolvimento de diferentes materiais, como, por exemplo, cerâmicas, ligas metálicas e semicondutores. Isso ocorre em função do advento

da mecânica quântica, que resultou nas bombas atômicas lançadas no Japão no final da Segunda Guerra, o que marcou a busca de armamentos nucleares em diversos países, como forma de proteção territorial e preparo para outras possíveis guerras. Nesse contexto, as pesquisas em Química se destacam, avolumando-se em centros de investigação particulares e em universidades de todo o mundo, contribuindo para a descoberta de inúmeros conhecimentos que interferem no desenvolvimento científico e, em muitos casos, na vida do planeta.

Dentre as descobertas e avanços científicos, nas últimas quatro décadas do século XX, passou-se a conviver com a crescente miniaturização dos sistemas de computação, com o aumento de sua eficiência e ampliação do seu uso, o que constitui uma era de transformações nas ciências que vêm modificando a maneira de se viver. Esse período, marcado pela: descoberta de novos materiais, engenharia genética, exploração da biodiversidade, obtenção de diferentes combustíveis, pelos estudos espaciais e pela farmacologia; marca o processo de consolidação científica, com destaque à Química, que participa das diferentes áreas das ciências e colabora no estabelecimento de uma cultura científica, cada vez mais arraigada no capitalismo e presente na sociedade, e, por conseguinte, na escola.

1.1 O ENSINO DE QUÍMICA

Hébrard (2000) afirma que o percurso histórico do saber químico contribuiu para a constituição da Química como disciplina escolar. Isso ocorreu, inicialmente, na França, no governo de Napoleão III, no período de 1863 a 1869, quando Victor Duruy foi ministro da instrução pública e aprovou um dispositivo legal que prolongou a escola primária além da idade da comunhão para os católicos, que eram maioria nesse país.

Nesse período, os adolescentes que já trabalhavam podiam voltar à escola para seguir o curso noturno, no qual eram reforçados os conhecimentos de base. Os conhecimentos de Química foram incorporados à prática dos professores e abordados conforme a necessidade dos alunos, como por exemplo, estudos sobre a correção dos solos e a tintura dos tecidos.

De acordo com Goodson (1995), um forte movimento em prol das *ciências das coisas comuns* ocorreu na Inglaterra na década de 1850. Tratava-se de um currículo escolar que dava ênfase à experiência trazida pelo aluno do seu cotidiano e resultou em uma política financiada pelo governo, que visava à produção de material didático, ao envio de equipamentos para as escolas e à formação de professores para um trabalho pedagógico

com a classe operária. Dessa forma, o ensino dos conhecimentos científicos estabelecia relações com os interesses pragmáticos da vida cotidiana.

A reação incisiva da classe média e alta contra essa iniciativa bem-sucedida de educação científica de massas provocou o desmantelamento das *ciências das coisas comuns* e as excluiu do currículo escolar por cerca de vinte anos, colocando em seu lugar uma ciência que era constituída de um misto de ciência pura e ciência laboratorial (Goodson, 1995), ligada à elite universitária, que permaneceu como herança na Educação Básica até a atualidade.

No Brasil, as primeiras atividades de caráter educativo em Química surgiram no início do século XIX, em função das transformações políticas e econômicas que ocorriam na Europa. A disciplina de Química no ensino secundário no Brasil foi implantada em 1862, segundo dados do 3º Congresso sul-americano de Química que ocorreu em 1937.

Segundo Schnetzler (1981) em 1875 foi publicado⁶ no Brasil o primeiro livro didático de Química para o ensino secundário. A construção dos currículos, nessa época, tinha por base três documentos históricos produzidos em Portugal, na França e no Brasil (Chassot, 1995), a saber:

- Normas do curso de filosofia contidas no Estatuto da Universidade de Coimbra (1772);
- Texto de Lavoisier: *Sobre a maneira de ensinar Química (escrito entre 1790 e 1793)*;
- Diretrizes para a cadeira de Química da Academia Médico-Cirúrgica da Bahia (1817).

As recomendações da Universidade de Coimbra definiram o que seria o ensino em Portugal e marcaram fortemente todo o período imperial brasileiro. O texto do cientista Lavoisier foi decisivo, porque foi adotado nas escolas militares brasileiras, nas escolas de engenharia e nas escolas preparatórias para o ensino superior. As diretrizes para a cadeira de Química, elaboradas pelo Conde da Barca, influenciadas por uma carta do rei de Portugal, reconheciam a importância da Química para o progresso dos estudos da medicina, cirurgia e agricultura e, além disso, indicavam o ensino dos princípios práticos da Química e seus diferentes ramos aplicados às artes e à farmácia para conhecimento dos muitos e preciosos produtos naturais do Brasil.

A Primeira Guerra Mundial (1914 -1918) impulsionou a industrialização brasileira e acarretou aumento na demanda da atividade dos químicos. Em consequência, abriram-se as portas para o ensino de Química de nível superior, oficializado com um projeto para

⁶ No Brasil, até o século XIX, os poucos livros didáticos existentes vinham da Europa, a maioria da França e alguns traduzidos para o português de Portugal.

criação do curso de Química Industrial, aprovado em 1919, subsidiado pelo governo federal (SCHWARTZMAN, 1979).

Em 1916, sob um cenário de grandes modificações, foi fundada a Sociedade Brasileira de Ciências que, mais tarde, teve seu nome modificado para Academia Brasileira de Ciências. Esta, por sua vez, impulsionou a criação de outras comunidades científicas como a Sociedade Brasileira de Química⁷ (SBCh) em 1923, a Associação Brasileira de Educação (ABE) em 1924 e a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) em 1949 (SILVEIRA, 2007).

Em 1929, no Brasil, a crise do café fez mudar o eixo de produção econômica, pois o país deixou de ser predominantemente agrário e passou a investir na industrialização. Esse processo possibilitou a modernização do ensino brasileiro, em especial do ensino superior. Em 1938, no Paraná, foi criada a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, incluindo o curso de Química, hoje ministrado na Universidade Federal do Paraná (UFPR).

A partir de 1931, com a Reforma Francisco Campos, a disciplina de Química passou a ser ministrada de forma regular no currículo do ensino secundário no Brasil. Documentos da época apontam alguns objetivos para o ensino de Química, voltados para a apropriação de conhecimentos específicos, entre eles, despertar o interesse científico nos alunos e enfatizar a sua relação com a vida cotidiana (MACEDO e LOPES, 2002).

O ensino da Química tem por fim proporcionar aos alunos o conhecimento da composição e da estrutura íntima dos corpos, das propriedades que delas decorrem e das leis que regem as suas transformações, orientando-o por tirocínio⁸ lógico e científico de valor educativo e coordenando-o pelo interesse imediato da utilidade, e com as aplicações da vida cotidiana – Reforma Francisco Campos – 1931 a 1941 (SENNA apud SCHNETZLER, 1981, p.10).

Na década de 60, os Estados Unidos e a URSS disputavam a conquista do espaço sideral. Para colocarem-se em posição de destaque, os Estados Unidos investiram no ensino das disciplinas de Física, Biologia, Química e Matemática para formar novos cientistas e impulsionar os avanços espaciais.

Entre as décadas de 1950 e 1970, o ensino de Química foi marcado pelo método científico positivista de ensinar ciências por meio da descoberta e redescoberta, sob

7 A primeira organização de químicos brasileiros, a SBCh congregava além dos químicos, médicos, engenheiros e farmacêuticos, o que a tornava heterogênea em seus interesses. Por isso, em 1940 houve uma dissidência de químicos que fundaram a Associação Química Brasileira (AQB). Em 1951, após incêndio que destruiu a biblioteca da SBQ no Rio de Janeiro, fundiram-se a AQB e SBQ numa única agremiação: a Associação Brasileira de Química. Todavia, em 1977, com aumento no número de profissionais de Química no Brasil e a diminuição da força política da AQB em função da ditadura, veio a necessidade de estabelecer uma nova sociedade de químicos, a Sociedade Brasileira de Química, SBQ, foi fundada após reunião de químicos na SBPC.

8 Tirocínio significa primeiro ensino, aprendizado.

influência dos programas norte-americanos para o ensino de Química (Chemical Bond Approach – CBA), Biologia (Biological Science Curriculum Study - BSCS), Física Physical Science Study Committe – PSSC) e Matemática (Science Mathematics Study Group – SMSG). Tais programas propunham partir de experimentos com o objetivo de preparar o aluno para ser cientista e influenciaram muito a atividade docente. Estava em vigor a Reforma Capanema (1942-1960) e de acordo com a Portaria n. 1045 de 14/12/1951:

O ensino de Química deve ter em vista não só a aquisição dos conhecimentos que constituem esta ciência em seu conteúdo, em suas relações com as ciências afins e em suas aplicações à vida corrente, mas também, e como finalidade educativa de particular interesse, a formação do espírito científico. – Reforma Gustavo Capanema – 1942 a 1960 (SENNA apud SCHNETZLER, 1981, p.10).

De acordo com Krasilchik (2000, p.85)

Tomando como marco inicial a década de 50, é possível reconhecer nestes últimos 50 anos movimentos que refletem diferentes objetivos da educação modificados evolutivamente em função de transformações no âmbito da política e economia, tanto nacional como internacional. Na medida em que a Ciência e a Tecnologia foram reconhecidas como essenciais no desenvolvimento econômico, cultural e social, o ensino das Ciências em todos os níveis foi também crescendo de importância, sendo objeto de inúmeros movimentos de transformação do ensino, podendo servir de ilustração para tentativas e efeitos das reformas educacionais.

Foi por influência do golpe militar que o Brasil incorporou práticas escolares inspiradas nos projetos estadunidenses.

Em dezembro de 1961 entrou em vigor a lei n. 4.024, escrita num cenário de dominação científico-cultural norte-americana, na qual a Química adquire, em diversos países, inclusive no Brasil, configurações semelhantes às propostas dos EUA, no ensino experimental, focando temáticas do estudo atômico-molecular. Como consequência, ampliou-se a carga horária da disciplina de Química nos currículos.

Na década de 1970, com o advento das universidades como locus de resistência à ditadura, propostas educacionais valorizavam processos dialógicos de aprendizagem, como as idéias da pedagogia construtivista piagetiana que se consolidaram e perduraram até os anos de 1980, sob o princípio da construção do conhecimento pelo aluno por meio de estímulos e atividades dirigidas, de modo a conduzi-lo a relacionar as suas concepções ao conceito científico já estabelecido. Tais idéias foram incorporadas ao discurso acadêmico e à prática de vários docentes de ciências que, influenciados pelas investigações educacionais realizadas nas universidades, propunham uma educação emancipatória como uma das maneiras de desmantelar a ditadura e de (re) democratizar o país. Ao longo dos anos de 1980, idéias do sócio construtivismo foram agregadas à pedagogia piagetiana, como as

propostas de Vygostky e Wallon, cuja matriz epistemológica é fundada no materialismo histórico e dialético, marcando trabalhos educacionais e conseqüentemente os currículos de ciências.

Nesse cenário de mudanças educacionais, na década de 1980, a Secretaria de Estado da Educação do Paraná elaborou o Currículo Básico para o Ensino de 1º grau. Esse documento estava fundamentado na pedagogia histórico-crítica, afinada às bases psicológicas de aprendizagem desenvolvida por Vigotski. Segundo Saviani (1997, p.20), um dos representantes da pedagogia histórico-crítica,

A educação é entendida como o ato de produzir, direta e intencionalmente, em cada indivíduo singular, a humanidade que é produzida histórica e coletivamente pelo conjunto dos homens. Em outros termos, isso significa que a educação é entendida como mediação no seio da prática social global. A prática social se põe portanto, como o ponto de partida e ponto de chegada da prática educativa. Daí decorre um método pedagógico que parte da prática social onde professor e aluno se encontram igualmente inseridos, ocupando, porém, posições distintas, condição para que travem uma relação fecunda na compreensão e encaminhamento da solução dos problemas postos pela prática social, cabendo aos momentos intermediários do método identificar as questões suscitadas pela prática social (problematização), dispor os instrumentos teóricos e práticos para sua compreensão e solução (instrumentação) e viabilizar sua incorporação como elementos integrantes da própria vida dos alunos (catarse).

Disso decorre a linha teórica do documento da Secretaria de Estado da Educação do Paraná, que ligado às questões sociais, apresentava um projeto político-pedagógico que expressava a necessidade de repensar os fundamentos teóricos e os conteúdos básicos das disciplinas, da pré-escola à 8ª série. Nessa mesma linha teórica, foram elaborados documentos para reestruturar o ensino de 2º grau, com cadernos separados para as disciplinas e para os cursos técnicos profissionalizantes.

O documento de Química intitulado Reestruturação do Ensino de 2º grau, apresentava uma proposta de conteúdos essenciais para a disciplina e tinha como objetivo principal a aprendizagem dos conhecimentos químicos historicamente construídos.

O acesso aos conhecimentos químicos pela população era considerado, naquele documento, fundamental para a transformação social. Outros objetivos, de caráter mais amplo, também norteavam o ensino de Química, tais como: preparar o educando para a democracia e elevar sua capacidade de compreensão em relação aos determinantes políticos, econômicos e culturais que regem a sociedade em determinado período histórico, para então atuar no mundo do trabalho, com a consciência de seu papel de cidadão participativo. “A questão central reside em repensar o ensino de 2º grau como condição para ampliar as oportunidades de acesso ao conhecimento e, portanto, de participação social mais ampla do cidadão” (Reestruturação do Ensino de 2.º Grau, Química, 1988, V).

No início dos anos de 1990, as discussões pedagógicas passaram a ter um enfoque sociológico que analisava o papel do currículo como espaço de poder (ROCHA, 2003).

Nesse período, predominou a idéia de que o currículo podia ser compreendido somente quando contextualizado política, econômica e socialmente.

Ainda nessa década, as mudanças neoliberais afetaram as discussões a respeito de currículo. No âmbito mundial, encontros e conferências priorizavam a educação – inclusive a Educação Básica – como alvo das reformas necessárias para a formação do trabalhador. Organizações financeiras internacionais, como o Banco Mundial, passaram a condicionar seus empréstimos a países como o Brasil, à adoção de políticas sociais e educacionais que atendessem aos interesses daquelas mudanças. Nesse contexto, ocorreu a aprovação da nova Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional (LDB n. 9394/96), bem como a construção dos PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais).

Os PCN foram apresentados, então, como documento balizador para as reformulações curriculares que deveriam ocorrer nos estados brasileiros e trouxeram, em seu discurso, a busca pelo significado do conhecimento escolar, pela contextualização dos conteúdos e pela interdisciplinaridade, a fim de evitar a compartimentação do conhecimento.

No entanto, essa política gerou o esvaziamento dos conteúdos das disciplinas, os quais passaram a ser apenas um meio para desenvolver as competências e habilidades necessárias ao ingresso no mercado de trabalho, ao final do Ensino Médio. Na Química, por exemplo, esse enfoque priorizou o estudo de fatos cotidianos, ambientais e industriais, sem, contudo, maiores aprofundamentos teóricos que utilizassem o próprio saber químico.

Desse modo, apesar de alguns fenômenos químicos estarem bem representados nos Parâmetros Curriculares Nacionais, a explicação deles nos níveis teórico (racionalização conceitual sobre os fenômenos químicos) e representacional (simbologia química) deixava a desejar, levando o estudo das temáticas a um caráter generalista, pois não permitia interconexões entre os níveis científicos – fenômeno, teoria, representação. Isso ocorria na ênfase da abordagem de temas transversais propostos pelos PCN.

Esse destaque por sua vez, também enfraquecia o que é específico dos conhecimentos historicamente constituídos, num enfoque reducionista das possibilidades do trabalho pedagógico interdisciplinar. Um exemplo disso é o estudo dos problemas ambientais causados pela emissão de gases, como o gás carbônico, o metano e o clorofluorcarbono. Apesar da importância desse saber na escola e na constituição de uma postura mais cidadã, pouco se investigava sobre os próprios gases responsáveis pelo efeito estufa ou mesmo pela destruição da camada de ozônio. Em sala de aula, essa temática ficava, muitas vezes, limitada aos efeitos provocados por esses gases na atmosfera e estratosfera, porém, aspectos relacionados às características, propriedades, interações moleculares, ligações químicas, geometria molecular, entre outros – importantes no entendimento mais completo dos fenômenos, ficavam relegados a segundo plano.

No final da década de 1990, sem nenhuma discussão coletiva, o estado do Paraná adotou os PCN como referência para a organização curricular em toda a rede estadual de ensino. Os colégios estaduais que ofertavam o ensino médio foram orientados a partir de 1998, pela Secretaria de Estado da Educação (SEED), a elaborar suas propostas curriculares de acordo com os PCN.

O reconhecimento de novos cursos de Ensino Médio foi vinculado à adesão ao Programa de Expansão e Melhoria do Ensino Médio (Proem) bem como à construção de laboratórios de Ciências Físicas e Biológicas, bibliotecas e laboratórios de informática. Somente receberiam recursos desse programa as escolas cuja proposta pedagógica estivesse de acordo com os PCN.

Embora alguns professores ainda concebam sua prática de sala de aula alijada da teoria, há um movimento por parte dos pesquisadores educacionais para estabelecer vínculos entre a história, os saberes, a metodologia, e ainda, a avaliação para a educação em Química, delineando novas perspectivas e tendências para o ensino dessa ciência.

Tendo como base as discussões desenvolvidas pela comunidade de pesquisadores em ensino, bem como o diálogo com os docentes do estado do Paraná, traçaram-se as prioridades político-pedagógicas destas Diretrizes:

- Resgate da especificidade da disciplina de Química, no que se refere à abordagem dos conceitos nos âmbitos dos fenômenos químicos, das teorias que lhes dão sustentação e das representações que os simbolizam. Para Silveira (2000, p.138), o nível dos fenômenos (macroscópicos), caracteriza-se pela visualização concreta ou pelo manuseio de materiais, de substâncias e de suas transformações, bem como pela descrição, análise ou determinação de suas propriedades. O nível representacional compreende a representação das substâncias por suas respectivas fórmulas e de suas transformações através de equações químicas. O nível teórico caracteriza-se por um estudo da natureza atômico-molecular, isto é, envolve explicações baseadas em conceitos abstratos para racionalizar, entender e prever o comportamento das substâncias e das transformações.
- Avanço na abordagem do conhecimento químico escolar, para além da proposta dos PCN, de modo a romper com a pedagogia das habilidades e competências no processo de ensino-aprendizagem.
- Recuperação da importância da disciplina de Química no currículo escolar.

Desse modo o objetivo destas Diretrizes é subsidiar reflexões sobre o ensino de Química, bem como possibilitar novos direcionamentos e abordagens da prática docente no processo ensino–aprendizagem, para formar um aluno que se aproprie dos conhecimentos químicos e seja capaz de refletir criticamente sobre o meio em que está inserido.

Para isso, a ênfase no estudo da história da disciplina e em seus aspectos epistemológicos, defende uma seleção de conteúdos estruturantes que a identifique como campo do conhecimento constituído historicamente nas relações políticas, econômicas, sociais e culturais das diferentes sociedades.

Não se pode dizer que a Química é fruto apenas da ciência ocidental e do capitalismo. Afirmar que o estudo da Química foi constituído a partir das relações históricas e políticas, é um modo de demonstrar a natureza desse conhecimento, inclusive questões ideológicas que o influenciaram, o que por sua vez, possibilita o desenvolvimento de concepções mais críticas a respeito das relações da Química na sociedade. É importante ressaltar a influência do Oriente no estatuto procedimental da Química – as práticas alquímicas, dos boticários, perfumistas e da medicina oriental – que foram difundidas pelos árabes em séculos anteriores ao estabelecimento da Química como Ciência Moderna.

Esses são pressupostos para uma abordagem pedagógica crítica da Química, que visa ultrapassar a subserviência da educação ao mercado de trabalho.

A abordagem dos conteúdos no ensino da Química será norteadada pela construção e reconstrução de significados dos conceitos científicos, vinculada a contextos históricos, políticos, econômicos, sociais e culturais, e estará fundamentada em resultados de pesquisa sobre o ensino de ciências, tendo como alguns de seus representantes: Chassot (1995, 1998, 2003, 2004); Mortimer (2002, 2006); Maldaner (2003); Bernardelli (2004)⁹.

⁹ Pesquisadores em ensino de Química no Brasil, que têm defendido uma educação química pautada na significação dos conceitos químicos na busca de construir cidadania de forma crítica em relação ao meio em que vivem.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICO–METODOLÓGICOS

Para iniciar a discussão sobre os fundamentos teórico-metodológicos do ensino de Química na Educação Básica, faz-se necessário considerar algumas questões mais amplas que afetam diretamente os saberes relacionados a esse campo do conhecimento.

Destaca-se que o conhecimento químico, assim como todos os demais saberes, não é algo pronto, acabado e inquestionável, mas em constante transformação. Esse processo de elaboração e transformação do conhecimento ocorre em função das necessidades humanas, uma vez que a Ciência é construída por homens e mulheres, portanto, falível e inseparável dos processos sociais, políticos e econômicos. “A ciência já não é mais considerada objetiva nem neutra, mas preparada e orientada por teorias e/ou modelos que, por serem construções humanas com propósitos explicativos e previstos, são provisórios” (CHASSOT, 1995, p. 68).

O desenvolvimento da sociedade no contexto capitalista passou a exigir das ciências respostas precisas e específicas a suas demandas econômicas, sociais, políticas, etc. A partir das décadas de 1960 e 1970, o processo de industrialização brasileiro influenciou a formação de cursos profissionalizantes com métodos que privilegiavam a memorização de fórmulas, a nomenclatura, as classificações dos compostos químicos, as operações matemáticas e a resolução de problemas.

Tais cursos baseavam-se na pedagogia tradicional que, além do mais, confundia conceitos com definições. Para um melhor entendimento de parte dessa afirmação, Mortimer (2000), lembra que, muitas vezes, ao ensinar densidade, usa-se a expressão matemática $d = m/v$. O aluno calcula o valor da massa, do volume e da densidade facilmente, porém muitas vezes quando solicitado que explique o funcionamento dos densímetros nos postos de gasolina, não relaciona o que estudou na aula de Química com o que vê no dia-a-dia. “[...] Na verdade esse aluno não aprendeu um conceito, mas apenas sua definição” (MORTIMER, 2000, p. 274).

Observa-se que o aluno apenas memoriza a definição matemática do conceito, mas não o compreende, pois isso ocorre principalmente quando o entendimento e aplicação de um conceito químico são relacionados a compreensão de outros já conhecidos. Qual seria, então, a concepção de ensino de Química que superaria as abordagens tradicionais do objeto de estudo da disciplina?

Acredita-se numa abordagem de ensino de Química voltada à construção e reconstrução de significados dos conceitos científicos nas atividades em sala de aula (MALDANER, 2003, p. 144). O ensino de Química, na perspectiva conceitual, retoma a cada

passo o conceito estudado, na intenção de construí-lo com a ajuda de outros conceitos envolvidos, dando-lhe significado em diferentes contextos.

Isso ocorre por meio da inserção do aluno na cultura científica, seja no desenvolvimento de práticas experimentais, na análise de situações cotidianas, e ainda na busca de relações da Química com a sociedade e a tecnologia. Isso implica compreender o conhecimento científico e tecnológico para além do domínio estrito dos conceitos de Química.

Nestas Diretrizes, propõe-se que a compreensão e a apropriação do conhecimento químico aconteçam por meio do contato do aluno com o objeto de estudo da Química: *as substâncias e os materiais*. Esse processo deve ser planejado, organizado e dirigido pelo professor, numa relação dialógica, em que a aprendizagem dos conceitos químicos constitua apropriação de parte do conhecimento científico, o qual, segundo Oliveira (2001) deve contribuir para a formação de sujeitos que compreendam e questionem a ciência do seu tempo. Para alcançar tal finalidade, uma proposta metodológica é a aproximação do aprendiz com o objeto de estudo químico, via experimentação.

No ensino tradicional, o experimento ilustra a teoria, o qual serve para verificar conhecimentos e motivar os alunos. As aulas de laboratório seguem procedimentos como se fossem receitas que não podem dar errado, isto é, obter um resultado diferente do previsto na teoria.

Na abordagem conceitual do conteúdo químico, considera-se que a experimentação favorece a apropriação efetiva do conceito e “o importante é a reflexão advinda das situações nas quais o professor integra o trabalho prático na sua argumentação” (AXT, 1991, p. 81). Na proposta de Axt, a experimentação deve ser uma forma de problematizar a construção dos conceitos químicos, sendo ponto de partida para que os alunos construam sua própria explicação das situações observadas por meio da prática experimental.

Desse modo, os aprendizes são levados a desenvolver uma explicação provável que se aproxima dos conceitos e teorias científicas pelos docentes, permite uma melhor compreensão da cultura e prática científica na reflexão de como são construídos e validados os conceitos cientificamente aceitos. Isso possibilita aos alunos uma participação mais efetiva no processo de sua aprendizagem, rompendo com a idéia tradicional dos procedimentos experimentais como receitas que devem ser seguidas e que não admitem o imprevisto, a modificação e as explicações prováveis do fenômeno estudado. Para tanto é necessário que a atividade experimental seja problematizadora do processo ensino-aprendizagem, sendo apresentada antes da construção da teoria nas aulas de ciências, e não como ilustrativo dos conceitos já expostos (forma tradicional da abordagem experimental).

Esses fundamentos buscam dar sentido aos conceitos químicos, de modo que se torna muito importante a experimentação na atividade pedagógica. Entretanto, não são necessários materiais laboratoriais específicos.

Muitos professores acreditam que o ensino experimental exige um laboratório montado com materiais e equipamentos sofisticados, situando isto como a mais importante restrição para o desenvolvimento de atividades experimentais. Acredito que seja possível realizar experimentos na sala de aula, ou mesmo fora dela, utilizando materiais de baixo custo, e que isto possa até contribuir para o desenvolvimento da criatividade dos alunos. Ao afirmar isto, não quero dizer que dispense a importância de um laboratório bem equipado na condução de um bom ensino, mas acredito que seja preciso superar a idéia de que a falta de um laboratório equipado justifique um ensino fundamentado apenas no livro texto (ROSITO, 2003, p. 206).

A importância da abordagem experimental está no seu papel investigativo e na sua função pedagógica de auxiliar o aluno na explicitação, problematização, discussão, enfim, na significação dos conceitos químicos. Diferentemente do que muitos possam pensar, não é preciso haver laboratórios sofisticados, nem ênfase exagerada no manuseio de instrumentos para a compreensão dos conceitos. O experimento deve ser parte do contexto de sala de aula e seu encaminhamento não pode separar a teoria da prática, num processo pedagógico em que os alunos se relacionem com os fenômenos vinculados aos conceitos químicos a serem formados e significados na aula (NANNI, 2004).

Outra questão relacionada ao ensino de Química é a crítica à matematização dos conteúdos de ensino. Por exemplo, no estudo da concentração das soluções, na maioria das vezes, privilegia-se o trabalho com o cálculo da concentração das soluções nas suas diversas formas – molaridade, título, concentração comum, molalidade entre outras –, mas deixa-se de lado a compreensão do significado das concentrações das soluções e do contexto social em que os valores das concentrações são aplicados. Sem dúvida, os números, os resultados quantitativos podem subsidiar a construção do conceito químico de concentração e, portanto, não devem ser menosprezados. Contudo, esse conceito pode ser mais bem compreendido por outras vias, como a explicação das concentrações de medicamentos; das substâncias dissolvidas nas águas dos lagos, rios e mares; das substâncias presentes no cotidiano e das soluções utilizadas nas indústrias; portanto, não somente a dos cálculos matemáticos.

Outro cuidado a ser tomado no ensino de Química é evitar a ênfase no estudo das soluções esquecendo outros tipos de dispersões. As suspensões e as dispersões coloidais, por exemplo, constituem um importante escopo de saberes a serem explorados no meio em que os alunos vivem, pois nesse conteúdo estuda-se: poluição das águas, sangue, características do leite, os particulados na atmosfera, entre outros. Tais conteúdos devem

compor os currículos escolares de química qualitativamente, como forma de explorar o meio em que estão inseridos os aprendizes.

Nestas diretrizes, propõe-se um trabalho pedagógico com o conhecimento químico que propicie ao aluno compreender os conceitos científicos para entender algumas dinâmicas do mundo e mudar sua atitude em relação a ele. Por exemplo, numa situação cotidiana, faz sentido para todas as pessoas separar os resíduos orgânicos dos inorgânicos? Para alguém que tenha estudado e compreendido plásticos – resíduos orgânicos – a resposta é sim. Provavelmente essa pessoa terá mais critérios ao descartar esse material, pois sabe que o tempo de sua degradação na natureza é longo. Então, conhecer quimicamente o processo de reciclagem e re-aproveitamento pode contribuir para ações de manuseio correto desses materiais. Isso não significa que as pessoas que desconhecem tais processos e os conceitos científicos sejam incapazes de compreender a importância de separar e dar o destino adequado a resíduos orgânicos e inorgânicos. Porém, o ensino de Química pode contribuir para uma atitude mais consciente diante dessas questões.

Cabe ao professor criar situações de aprendizagem de modo que o aluno pense mais criticamente sobre o mundo, sobre as razões dos problemas ambientais. Essa análise proporcionará uma visão mais abrangente dos diversos motivos que levaram, por exemplo, a substituição da madeira pelo plástico.

De acordo com Bernardelli (2004), muitas pessoas resistem ao estudo da Química pela falta de contextualização de seus conteúdos. Muitos estudantes do Ensino Médio têm dificuldade de relacioná-los em situações cotidianas, pois ainda se espera deles a excessiva memorização de fórmulas, nomes e tabelas. Portanto,

devemos criar condições favoráveis e agradáveis para o ensino e aprendizagem da disciplina, aproveitando, no primeiro momento, a vivência dos alunos, os fatos do dia-a-dia, a tradição cultural e a mídia, buscando com isso reconstruir os conhecimentos químicos para que o aluno possa refazer a leitura do seu mundo (BERNARDELLI, 2004, p. 2).

O meio ambiente está intimamente ligado à Química, uma vez que o planeta vem sendo atingido por vários problemas que correspondem a esse campo do conhecimento. Grande parte da humanidade sabe da potencialização do efeito estufa e do conseqüente aumento da temperatura da Terra, dos problemas causados pelo buraco da camada de ozônio na estratosfera, por onde passam os nocivos raios ultravioletas que atingem a superfície com maior intensidade.

O agravamento do efeito estufa e os danos à camada de ozônio decorrem da atividade humana. O efeito estufa ocorre pela presença do dióxido de carbono na atmosfera,

que teve suas taxas aumentadas significativamente em função da queima de combustíveis fósseis e das florestas. Por sua vez, os danos na camada de ozônio decorrem da liberação de gases na atmosfera como os clorofluorcarbonetos (aerossóis) e os óxidos de nitrogênio (motores de combustão interna). A situação é ainda mais delicada nos grandes centros urbanos devido à necessidade de transporte para um grande contingente populacional, o que potencializa a emissão daquelas substâncias.

A crescente urbanização da população mundial trouxe o crescimento do número de consumidores e a demanda de aumento da produção. Isso gerou a instalação de indústrias que, muitas vezes, tornam potencialmente perigoso o uso de substâncias químicas em grandes quantidades. O transporte dessas substâncias pelas vias aéreas, marítimas ou terrestres pode se tornar um grande risco de poluição e agressão ambiental.

A crença de que o crescimento econômico está vinculado à exploração de recursos naturais tidos como inesgotáveis e sempre substituíveis pelos avanços da ciência e tecnologia, permeou o pensamento capitalista por muito tempo e apenas recentemente começou a ser questionada.

O impacto sobre o meio ambiente é decorrente de dois vetores que se juntam criando bases ideológicas da chamada sociedade de consumo. Um primeiro vetor corresponde à visão otimista de história e de capacidade infinita de inovação tecnológica, que permitiria uma dinâmica sem limites do processo de transformação da natureza em bens e serviços. O segundo vetor corresponde à ânsia consumista que o capitalismo conseguiu disseminar na consciência da humanidade e que se identifica na busca [...] acelerada, sendo a própria razão de ser da atividade econômica e a razão ontológica do processo civilizatório (BUARQUE, apud MALDANER, 2003, p. 120).

Essas idéias podem desencadear críticas que condenam a Química e outras ciências, pois é um equívoco imaginar que seriam capazes de resolver plenamente esses problemas. Um exemplo disso é a modificação dos catalisadores e dos processos produtivos, cujo resultado é a diminuição dos custos e dos volumes de efluentes. Sabe-se, porém que, atualmente, o custo para a produção de um catalisador é muito alto e que apenas minimiza essa situação, mas não a resolve. Apesar disso, os incentivos à compra de automóveis e a ênfase no transporte particular continuam na sociedade capitalista.

Assim, o conhecimento científico e a tecnologia não são bons ou maus *a priori*, o que se evidencia é a racionalidade desta sociedade baseada no lucro, no consumo desigual e no desperdício. Essas são as grandes causas dos nossos problemas ambientais.

A Química tem forte presença no suprimento de demanda de novos produtos, a qual é cada vez maior nas áreas surgidas nos últimos anos: biotecnologia, química fina, pesquisas direcionadas para oferta de alimentos e medicamentos, entre outras. Essas questões podem e devem ser abordadas nas aulas de Química por meio de uma estratégia

metodológica que propicie a discussão de aspectos sócio-científicos, ou seja, de questões ambientais, políticas, econômicas, éticas, sociais e culturais relativas à ciência e à tecnologia (SANTOS, 2004).

Por exemplo, quando se trabalha o conteúdo específico *Radioatividade*, é necessário abordá-lo para além dos conceitos químicos, de modo que se coloquem em discussão os aspectos históricos, políticos, econômicos e sociais diretamente relacionados ao uso da tecnologia nuclear e das influências no ambiente, na saúde e nas possíveis relações de custo-benefício do uso dessa forma de energia.

Nessa perspectiva, é preciso superar a mera transmissão de conteúdos realizada ano após ano com base na disposição seqüencial do livro didático tradicional, e que apresenta, por exemplo, uma divisão entre Química Orgânica e Química Inorgânica que afirma, entre outros aspectos, a fragmentação e a linearidade dos conteúdos químicos, bem como o distanciamento da Química em relação a outros saberes. É preciso desvincular-se de conceitos imprecisos, desvinculados do seu contexto.

Por exemplo, ainda se ouve falar da analogia do modelo atômico de Dalton, criado em 1803, com a “bola de bilhar”. Essa analogia foi utilizada por livros didáticos do último quarto do século XX, com o intuito de facilitar a aprendizagem e a “visualização” da proposta de Dalton. Do mesmo modo os materiais didáticos compararam o modelo de Thomson de 1878, com um “pudim de passas”. As analogias ajudam a compreendê-los, mas é importante usá-las criteriosamente, pois se trata de um modelo que explica o comportamento atômico de uma determinada época.

Cicillini e Silveira (2005, p. 6) quando analisam o conceito de modelo atômico assinalam que

Os Modelos Atômicos compõem a base da construção do pensamento químico, sendo norteadores da forma como a comunidade química explica os fenômenos observados. Essas representações, portanto, são maneiras de expressar sistemas complexos e de difícil entendimento, pois, envolvem múltiplos fatores. A complexidade desses sistemas não é simplificada ao se propor um modelo, contudo, é uma forma de traduzir o fenômeno de maneira que seja possível seu estudo e entendimento. Assim, os modelos não podem ser entendidos como a realidade. Eles devem ser estudados como produção humana e expressão de pensamentos e possibilidades de um grupo de pesquisadores influenciados por fatores sócio-político-econômicos e culturais.

O uso dessas analogias é perigoso porque pode levar a interpretações equivocadas e imprecisas sobre os conceitos fundamentais da Química. Além disso, muitas analogias já não despertam o interesse do aluno do Ensino Médio porque, pela mídia, ele tem acesso a ilustrações e animações bem mais atraentes e explicativas.

Quanto à seleção dos conteúdos, é comum alguns professores de química enfatizarem o trabalho com temas como: lixo, efeito estufa, camada de ozônio, água, reciclagem, química ambiental, poluição, drogas, química da produção, etc. Nestas diretrizes propõe-se que o ponto de partida para a organização dos conteúdos curriculares sejam os conteúdos estruturantes e seus respectivos conceitos e categorias de análise. A partir dos conteúdos estruturantes o professor poderá desenvolver com os alunos os conceitos que permeiam o fenômeno em estudo, possibilitando o uso de representações e da linguagem química no entendimento das questões que devem ser compreendidas na sociedade.

O aluno tem um saber prévio (senso comum ou concepção alternativa) sobre, por exemplo, drogas e lixo. Sabe, também, que é importante preservar a água limpa. No entanto, cabe ao professor de Química dar-lhe os fundamentos teóricos para que se aproprie dos conceitos da Química e do conhecimento científico sobre esses assuntos para que desenvolva atitudes de comprometimento com a vida no planeta.

3 CONTEÚDOS ESTRUTURANTES

De acordo com a concepção teórica assumida, serão apontados os *Conteúdos Estruturantes* da Química para Ensino Médio, considerando seu objeto de estudo/ensino: Substâncias e Materiais.

Entende-se por conteúdos estruturantes os conhecimentos de grande amplitude que identificam e organizam os campos de estudos de uma disciplina escolar, considerados fundamentais para a compreensão de seu objeto de estudo e ensino. Como constructos atrelados a uma concepção crítica de educação, os conteúdos estruturantes da Química devem considerar, em sua abordagem teórico-metodológica, as relações que estabelecem entre si e entre os conteúdos específicos tratados no dia-a-dia da sala de aula nas diferentes realidades regionais onde se localizam as escolas da rede estadual de ensino.

A seleção dos conteúdos estruturantes foi fundamentada no estudo da história da Química e da disciplina escolar e para que seja devidamente compreendido exige que os professores retomem esses estudos, pois, essa arquitetura curricular pode contribuir para a superação de abordagens e metodologias do ensino tradicional da Química.

A análise histórica e crítica de como, por que, onde, a serviço do quê e de quem essa disciplina escolar e essa ciência surgiram e se estabeleceram, dará aos professores condições de enriquecer os debates sobre os conteúdos que estruturam esse campo do conhecimento.

São conteúdos estruturantes de química:

- Matéria e sua natureza;
- Biogeoquímica;
- Química sintética.

Com base na proposta de Mortimer e Machado (2000), apresenta-se o esquema a seguir, em cujo centro está o objeto de estudo da Química (Substâncias e Materiais) sustentado pela tríade *Composição, Propriedades e Transformações*, presente nos conteúdos estruturantes *Matéria e sua natureza, Biogeoquímica e Química Sintética*.

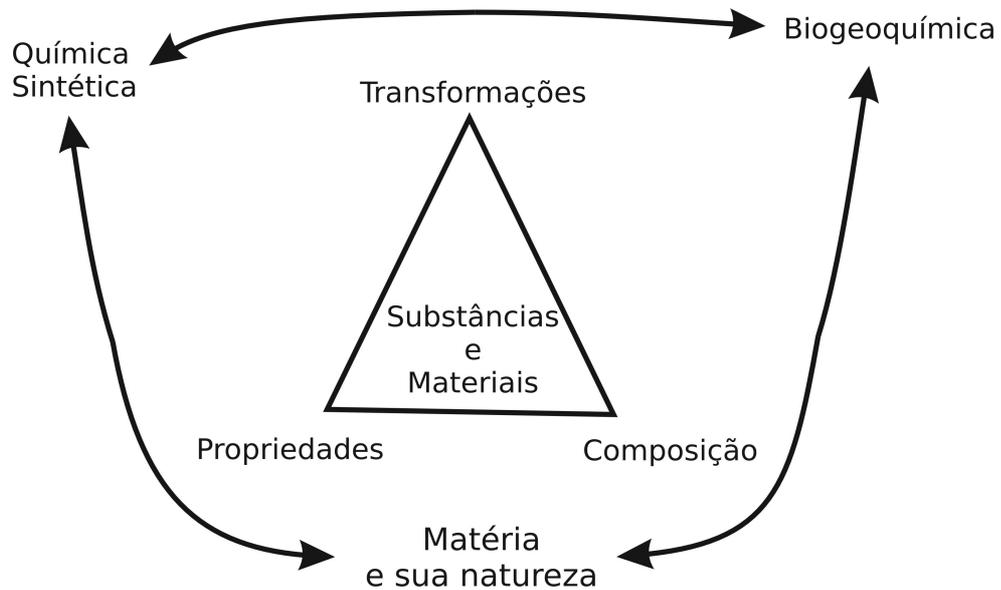


Fig.01: Representação do objeto de estudo da Química: propriedades-transformações e composição da matéria e a proposta das Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná para ensino de química.

O esquema propõe a relação existente entre as possibilidades de abordagem (transformações, propriedades e composição) do objeto de estudo da Química (substâncias e materiais). Também ressalta os conteúdos estruturantes (Química Sintética, Matéria e sua Natureza e Biogeoquímica) propostos por estas Diretrizes para direcionar a atuação dos professores. Desse modo, a intenção é ampliar a possibilidade de abordagem dos conceitos químicos e contrapor-se a uma abordagem que considera a Química como um conjunto de inúmeras fórmulas e nomes complexos.

3.1 MATÉRIA E SUA NATUREZA

É o conteúdo estruturante que dá início ao trabalho pedagógico da disciplina de Química por se tratar especificamente de seu objeto de estudo: a matéria e sua natureza. É ele que abre o caminho para um melhor entendimento dos demais conteúdos estruturantes.

A abordagem da história da Química é necessária para a compreensão de teorias e, em especial, dos modelos atômicos. A concepção de átomo é imprescindível para que se possam entender os aspectos macroscópicos dos materiais com que o ser humano está em contato diário e perceber o que ocorre no interior dessas substâncias, ou seja, o comportamento atômico-molecular.

Desde o conceito de átomo indivisível (Leucipo e Demócrito) até o conceito atual do átomo (Modelo Padrão), foram desenvolvidos modelos atômicos diversos para explicar o comportamento da matéria. É preciso, então, abordar os contextos históricos nos quais os modelos atômicos foram elaborados e substituídos em função de importantes descobertas, tais como a eletricidade e a radioatividade.

Por exemplo, em sala de aula, ao ser abordado o conceito de isótopos, geralmente são trabalhados também os conceitos de isóbaros e isótonos. Entende-se que os isótopos têm, historicamente, uma importância relevante na formulação dos saberes químicos e o avanço desse conhecimento impactou diversos setores como a medicina e a agricultura. E quanto aos isótonos e isóbaros? Segundo Chassot (1995, p. 130), "quanto sabe ler o seu mundo, um aluno do meio rural que conhece o que são isótonos, mas que não sabe usar uma adubação alternativa ou corrigir a acidez do solo?"

Num outro exemplo, as reações de óxido-redução, como a formação da ferrugem, permitem observar um comportamento macroscópico da matéria. Entretanto, microscopicamente, ocorre o movimento de elétrons de um elemento químico para outro, possibilitando então a abordagem de conteúdos específicos como distribuição eletrônica e ligações químicas.

Outro conteúdo específico que pode ser abordado neste conteúdo estruturante é o diagrama de Linnus Pauling. Deve ser abordado, porém, dentre outras possibilidades como um mecanismo para o entendimento da tabela periódica, para que promova um aprendizado significativo, pois o uso isolado do diagrama permite apenas uma memorização temporária.

A tabela periódica pode ser considerada um grande mapa que permite explorar características importantes sobre a matéria e sua natureza. Pode-se estudar, por exemplo, o elemento químico sódio, pertencente a um determinado grupo de elementos com propriedades físico-químicas muito particulares: é um metal alcalino, faz ligações metálicas ou iônicas e, desta forma, participa da constituição de alguns compostos como o sal de cozinha. Do mesmo modo, podem ser usadas as tabelas de cátions e ânions, pois o fato de não saber interpretá-las, dificulta a compreensão das fórmulas dos compostos com suas formações proporcionais.

Ao trabalhar os conteúdos ácido-base, usa-se em geral apenas a teoria de Arrhenius(1884) para explicar o conceito. Existem, porém, outras importantes teorias como as de Brønsted-Lowry (1923) e de Lewis (1923). A teoria de Brønsted-Lowry, também conhecida como protônica, considera a existência de outros solventes além da água, o que amplia a possibilidade de aplicação da teoria de Arrhenius que afirmava ser a água o único solvente para a ocorrência de reações iônicas.

A teoria de Lewis (1923), embora tenha a mesma data de formulação de Brønsted-Lowry possui outra abordagem, pois é fruto de outro estudo, que envolve elétrons sem a dependência de prótons e não considera reações com solvente.

Com base na descrição acerca das teorias ácido-base¹⁰ citadas, verifica-se que é necessário que o estudante conheça essas três teorias para ampliar as possibilidades de aprendizagem no desenvolvimento desse conteúdo.

Com relação ao conteúdo soluções, na maioria das vezes as propriedades coligativas são deixadas de lado. No entanto, elas explicam as alterações sofridas em propriedades dos solventes quando a eles são adicionados solutos. Estudar tais modificações auxilia no entendimento do comportamento de substâncias modificadas pela presença de outras dissolvidas. Esse fato auxilia na compreensão das diferentes taxas de evaporação dos rios, lagos e mares, nos efeitos biológicos da presença de microorganismos em diferentes meios líquidos, na relação da pressão atmosférica na vaporização da água e outras tantas possibilidades de abordagem desse conteúdo químico.

Na abordagem das propriedades coligativas, não se deve privilegiar os problemas baseados unicamente na aplicação de fórmulas, de exercícios matemáticos. É preciso que o trabalho pedagógico possibilite ao aluno a construção de conceitos científicos.

3.2 BIOGEOQUÍMICA

Biogeoquímica é a parte da Geoquímica que estuda a influência dos seres vivos sobre a composição química da terra, caracteriza-se pelas interações existentes entre hidrosfera, litosfera e atmosfera e pode ser bem explorada a partir dos ciclos biogeoquímicos (RUSSEL, 1986, p.2).

Adota-se o termo biogeoquímica como forma de entender as complexas relações existentes entre a matéria viva e não viva da biosfera, suas propriedades e modificações ao longo dos tempos para aproximar ou interligar saberes biológicos, geológicos e químicos.

Ao deixar de ser nômade e dedicar-se à agricultura, pouco a pouco, o Homem descobriu que a terra é rica em alguns elementos químicos tais como: enxofre, cloro, sódio, entre outros. Descobriu também que uma planta absorve determinados nutrientes do solo, empobrece-o desse elemento e pode até torná-lo infértil. Assim, a partir da descoberta da íntima relação entre o crescimento das plantas e o uso do esterco, por exemplo, percebeu-se a importância do reuso do solo por meio de fertilizantes que mais tarde seriam produzidos em laboratório.

¹⁰ Existem outras teorias como Lux-Flod e Usanovich, mas não são tratadas no Ensino Médio.

Métodos para controle de insetos, que eram a maior fonte de problemas nas culturas agrícolas diversificadas, são conhecidos há séculos. Com a mudança para as práticas agrícolas intensivas de monoculturas, os fungos e as ervas daninhas tornaram-se igualmente problemas importantes para a agricultura nos últimos dois séculos. A intensificação dessas práticas agrícolas impulsionou os estudos para atingir o aumento de produtividade exigido.

Os estudos de maior impacto no combate às pragas por meio de pesticidas e herbicidas levaram à descoberta do DDT, BHC, Organoclorados e Organofosforados. Descoberto em 1939, o DDT trouxe inúmeros benefícios no controle de insetos, especificamente na agricultura e no bem-estar humano. Naquela época, o DDT era o inseticida de maior abrangência e mais eficiente, fácil de produzir, pouco tóxico para mamíferos e de uso adequado para o campo.

Durante a Segunda Guerra Mundial, o DDT foi usado intensamente para desinfetar as roupas dos soldados aliados, para evitar o tifo e para combater a malária em vários países. No entanto, propriedades desse pesticida, que no início eram tidas como vantagens, passaram a configurar perigosas desvantagens.

O amplo espectro de sua ação se estendia a muitos insetos que tinham uma função importante no equilíbrio ecológico. Os insetos indesejáveis desenvolveram mecanismos de resistência ao inseticida e isso levou os agricultores a pulverizar suas plantações com quantidades excessivas, o que ocasionou carreamento para os rios com ajuda da água de chuva. Além disso, estudos revelaram que o seu uso resultava na bioacumulação desse produto químico em sistemas biológicos, afetando a vida silvestre, os peixes e as aves. Devido a sua dieta variada e sua posição na cadeia alimentar, o homem tem maior probabilidade de bioacumulação.

No Brasil, a partir da política econômica imposta pelo mercado internacional foram introduzidos adubos, fertilizantes, insumos agrícolas e máquinas. Como consequência, pequenos e médios produtores vieram a falir, pois não conseguiram arcar com as dívidas assumidas perante os bancos, o que aprofundou a desigualdade social, com maior concentração das terras na mão de grandes produtores e de agroindústrias.

É muito importante a abordagem desses temas nas aulas de Química e, de modo especial, nas regiões agrícolas, para que o aluno possa intervir positivamente, seja na agricultura familiar ou no seu local de trabalho.

As abordagens dos ciclos globais – do carbono, enxofre, oxigênio e nitrogênio suas interações na hidrosfera, atmosfera e litosfera – são imprescindíveis para explorar as funções químicas e permitir a descaracterização da dicotomia entre Química Orgânica e Inorgânica.

Toma-se, como exemplo, o ciclo do nitrogênio: na natureza encontram-se muitos compostos contendo nitrogênio, uma vez que este elemento tem grande facilidade de fazer ligações químicas pois possui número de oxidação entre (-3) e (+5). Diferentemente do carbono e do oxigênio, por sua estabilidade, o nitrogênio é muito pouco reativo quimicamente, e apenas algumas bactérias e algas azuis são capazes de assimilá-lo da atmosfera para convertê-lo numa forma que pode ser usada pelas células.

Existem, também, compostos em proporções menores, tais como óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), dióxido de nitrogênio (NO_2), ácido nítrico (HNO_3) e amônia (NH_3) que reagem quimicamente e estão relacionados aos problemas ambientais contemporâneos, tais como: chuva ácida, poluição atmosférica, aerossóis atmosféricos e diminuição da camada de ozônio.

Entretanto, o Nitrogênio é um dos elementos químicos mais importantes para a manutenção da vida, pois faz parte da constituição de proteínas, aminoácidos e ácidos nucleicos, bem como muitas vitaminas como as do grupo B.

Seu reservatório principal é a atmosfera onde apresenta-se na forma de N_2 . Mesmo que as plantas e animais não possam absorvê-lo diretamente do ar, o nitrogênio é consumido pelos animais quando incorporado em compostos orgânicos (aminoácidos) e proteínas. As plantas e algas consomem nitrogênio na forma de íons de nitrato (NO_3^-) ou íons amônio (NH_4^+).

O ciclo do Nitrogênio é um dos mais importantes da natureza e responsável por um processo dinâmico de intercâmbio entre a atmosfera, a matéria orgânica e os compostos inorgânicos. Todo processo que transforma o N_2 da atmosfera em compostos de nitrogênio chama-se fixação de nitrogênio. Um número expressivo de bactérias converte o nitrogênio gasoso em amônia (NH_3) ou íons amônio (NH_4^+), a partir de redução catalizada por enzimas, etapa essa conhecida como fixação biológica de nitrogênio, sendo que 90% da fixação é natural. Uma das fontes mais importantes de fixação biológica em organismos vivos de N_2 no ecossistema é realizada pela bactéria chamada "Rhizobium", que vive em nódulos ou raízes de leguminosas.

Dessa mesma perspectiva, contextualizada e inter-relacionada, o professor deve abordar, em sua prática pedagógica, os demais ciclos globais.

3.3 QUÍMICA SINTÉTICA

Esse conteúdo estruturante tem sua origem na síntese de novos produtos e materiais químicos e permite o estudo dos produtos farmacêuticos, da indústria alimentícia

(conservantes, acidulantes, aromatizantes, edulcorantes), dos fertilizantes e dos agrotóxicos.

O avanço dos aparatos tecnológicos, atrelado ao conhecimento científico cada vez mais aprofundado sobre as propriedades da matéria, trouxe algumas mudanças na produção e aumento das possibilidades de consumo. Como exemplos podem-se mencionar o uso de fertilizantes e de agrotóxicos que possibilitam maior produtividade nas plantações; o desenvolvimento da fibra óptica, que permite a comunicação muito mais ágil; e a utilização dos conservantes, para que os alimentos não pereçam rapidamente.

O conhecimento científico químico, atrelado ao conhecimento técnico, favorece o desenvolvimento de numerosas indústrias. A fabricação de substâncias e materiais, desenvolvida na indústria química após a Revolução Industrial, possibilitou um aumento notável no crescimento das indústrias de petróleo e derivados, entre eles os plásticos e vários tipos de polímeros.

Outros conhecimentos químicos usados no preparo de medicamentos eficazes, como o ácido acetilsalicílico (AAS, primeiro fármaco sintetizado), os antibióticos, os anti-histamínicos e os anestésicos são produtos da Química Orgânica. Na Medicina, muitos remédios têm metais em suas composições, ou seja, elementos da Química Inorgânica.

Metais como ferro, cobre, bismuto, zinco, magnésio, lítio, entre outros, são considerados primordiais para a manutenção equilibrada das funções do corpo humano. Por exemplo: doenças parasitárias como leishmaniose e esquistossomose, ainda tão comuns em nosso país, podem ser tratadas com eficácia com medicamentos à base de antimônio.

Os livros didáticos tradicionais, em geral, privilegiam o estudo de nomenclatura e a classificação, sobretudo dos compostos pertencentes à Química Orgânica⁶, mas não abordam a composição de aminoácidos, proteínas, lipídios, glicídios e a sua presença em todos os setores da vida das pessoas.

Ao se tratar o conteúdo polímeros, podem-se abordar as proteínas na estrutura capilar e como agem os diferentes produtos químicos usados para limpeza e alteração de textura e cor dos cabelos.

Assim, a Química Sintética tem papel importante a cumprir, pois com a síntese de novos materiais e o aperfeiçoamento dos que já foram sintetizados, alarga horizontes em todas as atividades humanas. Além disso, o sucesso econômico de um país não se restringe à fabricação de produtos novos, mas sim, à capacidade de aperfeiçoar, desenvolver materiais e transformá-los.

⁶ Entende-se que a Química Orgânica e a Inorgânica não devem ser tratadas em separado, pois fazem parte de uma mesma disciplina na qual muitos conteúdos derivados dos estruturantes se inter-relacionam e merecem um mesmo encaminhamento.

4 ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

É importante que o processo pedagógico parta do conhecimento prévio dos estudantes, no qual se incluem as idéias preconcebidas sobre o conhecimento da Química, ou as concepções espontâneas, a partir das quais será elaborado um conceito científico.

A concepção espontânea sobre os conceitos que o estudante adquire no seu dia-a-dia, na interação com os diversos objetos no seu espaço de convivência, faz-se presente no início do processo de ensino-aprendizagem. Por sua vez, a concepção científica envolve um saber socialmente construído e sistematizado, que requer metodologias específicas para ser disseminado no ambiente escolar. A escola é, por excelência, o lugar onde se lida com o conhecimento científico historicamente produzido.

Entretanto, quando os estudantes chegam à escola, não estão desprovidos de conhecimento. Uma sala de aula reúne pessoas com diferentes costumes, tradições, preconceitos e idéias que dependem também de suas origens, isso dificulta a adoção de um único encaminhamento metodológico para todos os alunos.

4.1 OS MODELOS E O ENSINO DE QUÍMICA

A utilização de modelos no ensino de química, para descrever comportamentos microscópicos, não palpáveis, é um dos fundamentos dessa ciência. Deve-se lembrar, contudo, que eles são apenas aproximações necessárias. Considera-se, ainda, que esses modelos são válidos para alguns contextos e não para todos, ou seja, são localizados e seus limites são determinados quando a teoria não consegue explicar fatos novos que eventualmente surjam.

No modelo de Dalton, o átomo foi considerado a menor partícula da matéria. Essa expectativa para o átomo foi suficiente para os objetivos da investigação de Dalton, os quais se centravam na interação de gases, na descoberta de novas substâncias gasosas e nos pesos atômicos.

Outras questões, como a eletrização da matéria e a divisibilidade do átomo, não eram preocupações da época em que Dalton propôs seu modelo. Ainda assim, teve um grande impacto na química da transição do século XVIII para o XIX. Apenas no final do século XIX, é que cientistas como J.J. Thomson (1878) desenvolvem investigações sobre a natureza da matéria e sua eletrização, resultando em um novo modelo que explicasse melhor esse fenômeno, que àquele proposto por Dalton. Isso não implica numa alteração desse último, e sim, na demarcação teórica de seus limites e objetivos. Da mesma forma

outros modelos no início do século XX como o de Rutherford (1909) e o de Bohr (1913), foram propostos para explicar os fatos investigados na época – a passagem de emissões gama por placas de ouro, o raio X, a radiação de sais recém descobertos em jazidas de várias partes do mundo –, os quais não afinavam com os modelos existentes, resultando na proposta de outros modelos atômicos que explicassem melhor os fenômenos.

Os modelos são, portanto, propostas provisórias para explicar determinados fenômenos e atendem a interesses desses grupos de cientistas que investigam a matéria e sua natureza. É importante destacar que a referência aos modelos não é apenas para os modelos atômicos, mas também diz respeito aos modelos de moléculas, de reações químicas, de ligações químicas, de inter-moleculares, os modelos quânticos e matemáticos, etc. Desse modo, a Química é uma ciência que é construída tendo por base o uso de diferentes modelos para o entendimento teórico dos diversos fenômenos que investiga no campo macroscópico.

Portanto, os professores de Química devem se utilizar dos modelos para explicar determinadas ocorrências e fenômenos químicos. Ou seja, saber qual modelo utilizar e o porquê na explicação dos fenômenos abordados na escola. Igualmente importante é o docente ajudar os alunos a elegerem o modelo mais adequado no estudo da Química desenvolvido na escola, possibilitando-os pensar na provisoriedade e na limitação dessas representações. Esse encaminhamento permite aos alunos compreender o significado dos modelos na ciência e que as elaborações científicas não devem ser tomadas como verdades imutáveis e definitivas.

Assim, abordar os modelos na escola vai além do simples estudo de datas e nomes. Exige que os docentes possuam conhecimentos epistemológicos a respeito do que sejam os modelos, sua função na ciência, seus objetivos, suas limitações, e em que contexto histórico foram elaborados. Isso implica num estudo da natureza da ciência, sua dinâmica e seus princípios constitutivos, além de considerar os conhecimentos a respeito de como os alunos propõem seus modelos mentais na explicação dos fenômenos.

4.2 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

Há muitos trabalhos resultados de pesquisa em ensino de Química cujo tema é a experimentação. Eles são unânimes em considerar a importância da experimentação para uma melhor compreensão dos fenômenos químicos. No entanto, a maioria dos cursos que adota essa metodologia aplica uma espécie de receituário composto de uma breve introdução sobre o assunto, os objetivos do experimento, os procedimentos e material necessário para realizá-lo.

Numa concepção mecanicista, caberia ao estudante somente observar e acompanhar a execução do experimento de modo que tudo sairia exatamente como previsto. Depois, ele faria um relatório dos dados coletados, previamente colocados no receituário, com a elaboração de gráficos e tabelas e uma conclusão, devendo estar de acordo com a teoria que foi base para o experimento. Frequentemente, seria considerada uma margem de erro não superior a um valor previamente estipulado pela receita do experimento, que apenas comprovaria um conhecimento. Nessa linha de trabalho, a Ciência é considerada verdade absoluta; não cabe ao estudante questioná-la, mas somente aceitá-la; o conhecimento químico não é construído, é descoberto.

Nestas Diretrizes, considera-se que esse tipo de encaminhamento metodológico não contribui para a compreensão da atitude científica e deve ser superado. Espera-se que, no uso do laboratório, o professor considere também os encaminhamentos realizados numa aula teórica.

Os experimentos podem ser o ponto de partida para a apreensão de conceitos e sua relação com as idéias a serem discutidas em aula. Os estudantes, assim, estabelecem relações entre a teoria e a prática e, ao mesmo tempo, expressam ao professor suas dúvidas.

Ainda que a palavra laboratório⁷ tenha como elemento de composição o prefixo *labor* – realizar à custa de esforço ou trabalho, trabalhar com cuidado –, a atividade laboratorial implica não somente fazer com as mãos, sentir e manipular, mas também, está relacionada à análise criteriosa e à articulação entre prática e teoria.

Uma aula experimental, seja ela com manipulação do material pelo aluno ou demonstrativa, não deve ser associada a um aparato experimental sofisticado, mas sim, à sua organização, discussão e análise, possibilitando interpretar os fenômenos químicos e a troca de informações entre o grupo que participa da aula.

Um exemplo simples é o trabalho experimental com a Tabela Periódica. Coletam-se objetos comuns ao nosso dia-a-dia, tais como: níquel (encontrado no clipe), ferro (prego), cobre, prata e tantos outros. Relacionam-se esses objetos com os elementos na tabela indicando seu nome e suas características: se é metal, não-metal, gás, sólido ou líquido, entre outras. O aluno deverá ser estimulado a estabelecer relações entre a Tabela Periódica e os saberes do cotidiano. O objetivo de um trabalho dessa natureza é ultrapassar a memorização de nomes, símbolos, número de massa, números atômicos e possibilitar o estabelecimento de relações entre os elementos da Tabela Periódica e os objetos analisados.

⁷ Laboratório: palavra adaptada do francês *laboratoire* que designa lugar onde são feitas experiências. É também derivada do latim científico *laboratorium* e significa local de trabalho.

Um experimento demonstrativo que pode ser feito é o da condutividade elétrica de sais para testar a qualidade dos preservativos. Tal experiência requer água com sal, preservativos de várias marcas, régua, balança, tesoura, proveta, papel toalha, béquer, amperímetro ou outro dispositivo para identificar a passagem de corrente elétrica. Em seguida, deve-se encher um preservativo com uma solução de água e sal, na seqüência, colocar o preservativo em um béquer contendo também água e sal. Após, colocar um dos eletrodos do amperímetro dentro do preservativo e outro na solução salina do béquer. Observar se existe condução de corrente elétrica. Finalmente furar com uma agulha o preservativo e testar a passagem de corrente elétrica.

Outro experimento demonstrativo utiliza comprimidos efervescentes para trabalhar um dos fatores que influenciam a rapidez das reações químicas. Para realizá-lo são necessários três comprimidos e três copos com a mesma quantidade de água. No primeiro copo deve-se colocar um comprimido inteiro, no segundo copo, um comprimido quebrado manualmente e, no terceiro copo, um comprimido triturado. O que ocorre quando os comprimidos nas diferentes situações são adicionados à água? Como é possível explicar as observações realizadas pelo experimento? Qual das três misturas atua com mais rapidez no organismo humano?

Os experimentos apresentados neste texto são simples, porém possibilitam questionamentos que permitem ao professor localizar as possíveis contradições e limitações dos conhecimentos explicitados pelos estudantes. À medida que as atividades de laboratório transcorrem, é importante que o professor incentive os alunos a exporem suas dúvidas, que se manifestem livremente sobre elas para que conversem sobre o conhecimento químico.

4.3 LEITURAS E ENSINO DE QUÍMICA

Há algum tempo, pesquisadores em educação recomendam textos científicos para o ensino de Química. No entanto, ao trabalhar um texto, devem-se tomar alguns cuidados. É preciso selecioná-lo considerando alguns critérios, tais como: linguagem, conteúdo, o aluno a quem se destina o texto e, principalmente, o que pretende o professor atingir ao propor a atividade de leitura.

O texto não deve ser visto como se todo o conteúdo estivesse nele presente, mas sim, como instrumento de mediação na sala de aula, entre aluno-aluno, aluno-conteúdo e aluno-professor, para que se vislumbrem novas questões e discussões. Também é necessário considerar que as diferentes histórias de vida dos leitores, bem como seu repertório de leituras, interferem na possibilidade de compreensão dos textos científicos.

A Química estuda o mundo material e sua constituição. Considera-se importante propor aos alunos leituras que contribuam para a sua formação e identificação cultural, que possam constituir elemento motivador para a aprendizagem da Química e contribuir, eventualmente, para a criação do hábito da leitura. Textos de Literatura e Arte podem se tornar ótimos instrumentos de abordagens interdisciplinares no ensino de Química. Exemplo disso é um fragmento da música *Rosa de Hiroshima*, de Vinícius de Moraes e Gerson Conrad: “Da rosa da rosa / da rosa de Hiroshima / a rosa hereditária/ a rosa radioativa, estúpida, inválida”. Evidencia-se a preocupação com a radiação e os aspectos negativos do seu uso. Com conhecimentos químicos, além do entendimento da mensagem da música, é possível explorar aspectos ligados a desintegração nuclear, aos efeitos e propriedades das emissões radioativas, aos danos intracelulares causados pela exposição à radiação, aos processos de fissão nuclear e de transmutação de metais.

Como então trabalhar com textos? Sugere-se:

- fazer a leitura do texto e apresentação por escrito com questões e dúvidas, ou a leitura do texto para discussão em outro momento;
- solicitar que os alunos tragam textos de sua preferência, de qualquer natureza (jornal, revista, rótulos de vidros de remédios, etc.) e relacioná-los com o conteúdo químico a ser trabalhado;
- assistir a um filme, por exemplo, *Óleo de Lorenzo* e relacionar a produção e o acúmulo de ácidos graxos no organismo com as doenças degenerativas. Na seqüência, fazer a leitura de um texto de divulgação científica sobre o mesmo assunto. É uma maneira de motivar o aluno para a leitura e um recurso que favorece questionamentos.

Existem vários trabalhos publicados, disponíveis *on-line*, que podem dar suporte ao processo pedagógico. Eis alguns:

- Revista Química Nova e Química Nova na Escola da Sociedade Brasileira de Química, www.s bq.org.br
- Revista Brasileira de Ensino de Química, publicação da Editora Átomo, Campinas, São Paulo, www.atomolinea.com.br/rebeq
- Revista Ciência & Ambiente, publicação da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).
Endereço eletrônico: www.ufsem.br/cienciaeambiente;
- Revista Brasileira de História da Ciência. Endereço eletrônico: <http://www.ifi.unicamp.br/~ghtc/sbhc.htm>

Sugere-se também o uso dos livros da Biblioteca do Professor, cujo acervo é composto por títulos sobre a história e filosofia da Ciência e sobre a metodologia do ensino de Química e de conteúdos da ciência de referência.

5 AVALIAÇÃO

Nestas Diretrizes, a avaliação deve ser concebida de forma processual e formativa, sob os condicionantes do diagnóstico e da continuidade. Esse processo ocorre em interações recíprocas, no dia-a-dia, no transcorrer da própria aula e não apenas de modo pontual, portanto, está sujeita a alterações no seu desenvolvimento.

A partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação n. 9394/96, a avaliação formativa e processual, como resposta às históricas relações pedagógicas de poder, passa a ter prioridade no processo educativo. Esse tipo de avaliação leva em conta o conhecimento prévio do aluno e valoriza o processo de construção e reconstrução de conceitos, além de orientar e facilitar a aprendizagem. A avaliação não tem finalidade em si, mas deve subsidiar e mesmo redirecionar o curso da ação do professor, em busca de assegurar a qualidade do processo educacional no coletivo da escola.

No modelo tradicional e positivista de ensino, a avaliação é tão somente classificatória, caracterizada pela presença de alunos passivos, submetidos às provas escritas, explicitando uma relação de poder e controle do professor que verifica o grau de memorização de suas explanações pelo aluno. Por sua vez, aos alunos, restaria acertar exatamente a resposta esperada, única e absoluta.

Em Química, o principal critério de avaliação é a formação de conceitos científicos. Trata-se de um processo de “construção e reconstrução de significados dos conceitos científicos” (MALDANER, 2003, p.144). Valoriza-se, assim, uma ação pedagógica que considere os conhecimentos prévios e o contexto social do aluno, para (re)construir os conhecimentos químicos. Essa (re)construção acontecerá por meio das abordagens histórica, sociológica, ambiental e experimental dos conceitos químicos.

Por isso, ao invés de avaliar apenas por meio de provas, o professor deve usar instrumentos que possibilitem várias formas de expressão dos alunos, como: leitura e interpretação de textos, produção de textos, leitura e interpretação da Tabela Periódica, pesquisas bibliográficas, relatórios de aulas em laboratório, apresentação de seminários, entre outras. Esses instrumentos devem ser selecionados de acordo com cada conteúdo e objetivo de ensino.

Em relação à leitura de mundo, o aluno deve posicionar-se criticamente nos debates conceituais, articular o conhecimento químico às questões sociais, econômicas e políticas, ou seja, deve tornar-se capaz de construir o conhecimento a partir do ensino, da aprendizagem e da avaliação. É preciso ter clareza também de que o ensino da Química está sob o foco da atividade humana, portanto, não é portador de verdades absolutas.

Estas Diretrizes têm como finalidade uma avaliação que não separe teoria e prática, antes, considere as estratégias empregadas pelos alunos na articulação e análise dos experimentos com os conceitos químicos. Tal prática avaliativa requer um professor que compreenda a concepção de ensino de Química na perspectiva crítica.

Finalmente, é necessário que os critérios e instrumentos de avaliação fiquem bem claros também para os alunos, de modo que se apropriem efetivamente de conhecimentos que contribuam para uma compreensão ampla do mundo em que vivem.

6 REFERÊNCIAS

- ALFONSO - GOLDFARB, A. M. **Da alquimia à química**. São Paulo: Landy, 2001.
- AXT, R. O papel da experimentação no ensino de ciências. In: MOREIRA, M. A; AXT, R. **Tópicos em ensino de ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991.
- BELTRAN, N. O.; CISCATO, C. A. M **Química**. São Paulo: Cortez, 1991.
- BERNARDELLI, M.S. **Encantar para ensinar** – um procedimento alternativo para o ensino de química. In: Convenção Brasil Latino América, Congresso Brasileiro e Encontro Paranaense de Psicoterapias Corporais. 1.,4.,9., Foz do Iguaçu. Anais... Centro Reichiano, 2004. CD-ROM.
- BRAVERMAN, H. **Trabalho e capital monopolista**: a degradação do trabalho no século XX. 3.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1987.
- CHASSOT, A. **A ciência através dos tempos**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004.
- CHASSOT, A. **Para que(m) é útil o ensino**. Canoas: Ed. da Ulbra, 1995.
- GOODSON, I. F. **Currículo**: teoria e história. São Paulo: Vozes, 1995.
- HOBBSAWM, E. **A era das revoluções**. 1789-1848. 2ª ed., Lisboa: Editorial Presença (col. Biblioteca de Textos Universitários, nº 21), 1982.
- KRASILCHIK, Myriam. **Reformas e realidade**: o caso do ensino das ciências. **Perspectiva**. São Paulo, v.14, n.1, p.85-93, jan/mar. 2000.
- MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de química**: professor/ pesquisador. 2. Ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2003. p.120.
- MACEDO, E; LOPES, A. R. A estabilidade do currículo disciplinar: o caso das ciências. In: LOPES, A. C. MACEDO, E. (org.). **Disciplinas e integração curricular: história e políticas**. Rio de Janeiro: DP & A, 2002.
- MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta; ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. The high school Chemistry curriculum of the State of Minas Gerais: philosophical foundations. **Quím. Nova**. [online]. Mar./Apr. 2000, vol.23, no.2 [cited 12 May 2006], p.273-283. Available from World Wide Web: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422000000200022&lng=en&nrm=isso>. ISSN 0100-4042.
- NANNI, R. A natureza do conhecimento científico e a experimentação no ensino de ciência. **Revista Eletrônica de Ciências**: v.26, Maio 2004.
- PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Ensino. Departamento de Ensino de Segundo grau. Reestruturação do ensino de 2º grau – química. Curitiba: SEED/DESG, 1993.

ROCHA, G. O. A pesquisa sobre currículo no Brasil e a história das disciplinas escolares. In: Santos, E. H. ; Gonçalves, L. A. O. (org.). **Currículo e Políticas Públicas**. Belo Horizonte: Autêntica, 2003.

ROSITO, B. A . O ensino de ciências e a experimentação. In **Construtivismo e ensino de ciências**: reflexões epistemológicas e metodológicas. 2.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003.

RUSSEL, J.B. **Química geral**. São Paulo: McGraw-hill,1986.

SANTOS, W. L. P. MÓL, G.S.; **Química e sociedade**: cálculos, soluções e estética. São Paulo: Nova Geração, 2004.

SAVIANI, D. **A nova lei da educação**: trajetórias, limites e perspectivas. 3 ed. Campinas: Autores Associados, 1997.

SCHNETZLER, R. Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos dirigidos ao ensino secundário de Química de 1875 a 1978. **Química Nova**, v.4, n.1, p.6-15, 1981.

SCHWARTZMAN, S. **Formação da comunidade científica no Brasil**. Rio de Janeiro: FINEP, 1979.

SILVEIRA, H. E. A história da ciência na formação de professores de química; alguns aspectos da alquimia. **Informativo UNIFIA**, anoIII, n.25, set.2007,p.4.

SILVEIRA, H. E. e CICILLINI, G.A. Modelos atômicos e representações no ensino de química. **Revista Enseñanza de las ciencias**, Granada, Espanha, v.extra, 2005.

VANIN, J. A. **Alquimistas e químicos**: o passado, o presente e o futuro. São Paulo: Moderna, 2002.

VIDAL, B. **História da química**. Lisboa: Edições 70, 1986.