



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ESTUDO DE MODELOS ATÔMICOS
EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA

Lígia Maria Martinho Pereira Chaves

Brasília – DF

2011



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ESTUDO DE MODELOS ATÔMICOS
EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Educação
do Curso de Pós-Graduação em Educação da Universidade de Brasília – UnB.

Orientador: Prof. Dr. Wildson Luiz Pereira dos Santos

Co-Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Helena da Silva Carneiro

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ESTUDO DE MODELOS ATÔMICOS
EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA**

LÍGIA MARIA MARTINHO PEREIRA CHAVES

Orientador: Prof. Dr. Wildson Luiz Pereira dos Santos
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Helena da Silva Carneiro

Banca: Prof. Dr. Wildson Luiz Pereira dos Santos – Orientador
Universidade de Brasília – Faculdade de Educação / Instituto de Química

Prof. Dr. César Valmor Machado Lopes
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Departamento de Ensino e Currículo

Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva
Universidade de Brasília – Instituto de Química

Prof^a. Dr^a. Elizabeth Tunes
Universidade de Brasília – Faculdade de Educação (suplente)

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Esta dissertação foi aprovada pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. César Valmor Machado Lopes
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Departamento de Ensino e Currículo

Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva
Universidade de Brasília – Instituto de Química

Brasília – DF, 17 de agosto de 2011.

DEDICATÓRIA

Ao meu esposo Hélio, com amor e
aos meus pais Maria Alice e Antônio Augusto (em memória),
por terem me tornado a pessoa que sou.

*“Muitos vêem e não enxergam; use os olhos da mente,
pois estes nunca o deixarão na escuridão do conhecimento”.*

Leucipo, filósofo grego

AGRADECIMENTOS

Obrigado ao Pai,
ao Filho
e ao Espírito Santo.

A todos que contribuíram para que o projeto de pesquisa se tornasse realidade,
os quais prefiro não citar os nomes para não cair na injustiça de esquecer alguém.

Ao meu orientador que revelou ser um verdadeiro mestre!

RESUMO

Esta dissertação tem por objetivo identificar a História da Ciência apresentada nos conteúdos sobre modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford-Bohr dos livros didáticos de Química do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM) de 2007, caracterizando tanto as concepções de Ciência quanto as diferenças de abordagem entre esses livros. Para isso, desenvolveu-se revisão de literatura sobre a História da Ciência e sua abordagem no ensino de Ciências, bem como um estudo das informações históricas relativas aos referidos modelos atômicos, extraídas de pesquisas que contemplaram consulta aos documentos históricos originais. Este trabalho também contempla um levantamento sobre artigos científicos que caracterizaram os livros didáticos de Química no Brasil e respectivas ênfases quanto à abordagem do conteúdo. A metodologia de análise dos livros didáticos consistiu na identificação e caracterização da abordagem histórica em todos os capítulos e seções relativas aos referidos modelos atômicos. A investigação foi desenvolvida por meio de uma estrutura de análise elaborada a partir do referencial teórico e de outros trabalhos de análise de livros didáticos. Os resultados desta pesquisa indicam que a História da Ciência contemplada nos livros didáticos de Química tende a reforçar uma visão dogmática, linear e descontextualizada, muito embora tenha sido constatado que dois livros didáticos diferenciam-se dos demais na abordagem histórica, na medida em que eles apresentam alguma contextualização histórica que contribui para uma visão menos dogmática da Ciência. Por outro lado, fica evidente que mesmo a abordagem histórica desses livros é insuficiente para proporcionar uma visão mais abrangente da História da Ciência. A revisão sobre a história dos modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford-Bohr aponta lacunas e equívocos nos livros didáticos analisados. Em síntese, os resultados desta pesquisa vêm ao encontro de constatações em trabalhos aqui citados, os quais demonstram que os livros didáticos de Química reproduzem uma visão descontextualizada e não problematizada, o que nos permite dizer que, nesse sentido, a abordagem é predominantemente ahistórica. Considerando que os dois livros que apresentam algum diferencial na abordagem histórica se enquadram no movimento de inovação de livros didáticos, constata-se que há necessidade do desenvolvimento de mais estudos sobre a inclusão da História da Ciência nos livros didáticos de Química. Nesse sentido, este trabalho fornece subsídios para a (re)elaboração de materiais pedagógicos, de modo a contemplar aspectos mais abrangentes da História da Ciência como pressuposto para a educação científica e como forma de ampliação das oportunidades para a formação de cidadãos críticos e reflexivos quanto à realidade da construção do conhecimento científico.

Palavras-chave: História da Ciência, História da Ciência e ensino de Ciências, Concepções de Ciência, Livro Didático de Química, Modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford-Bohr.

ABSTRACT

The aim of this research is to identify conceptions about Science presented on atomic models by Dalton, Thomson and Rutherford-Bohr shown in Chemistry textbooks from The Brazilian Governmental Program for High School Textbooks Assessment and Delivery called: Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM/2007), featuring both conception of Science as the difference between these books. The theoretical framework for these investigations was based on historical information taken from History of Science and its conceptions, as well as from two academic works about original documents related to the atomic models. The analysis of the Chemistry textbooks consists in methodology of the analytical categories drawn from the main historical information detached from theoretical work. The results of this work indicate the History of Science revealed in those textbooks tend to reinforce a dogmatic, linear and decontextualized scientific knowledge, eventhough two of these textbooks differ from others, once they have a broad view of Science, less dogmatic. On the other hand, was concluded that the historical background found in those textbooks is insufficient to provide a more comprehensive view of the History of Science. The review about the history of atomic models identifies gaps and misconceptions in textbooks analyzed. To sum up, the results of this research are similar to findings in the studies mentioned, which show that the textbooks of Chemistry reproduce a descontextualized view and problematic, which allows us to say that in this wage, the approach is predominantly non-historical. There is need to develop further studies on the inclusion of the History of Science in Chemistry textbooks. In this way, this work provides the rationale for the (re)design of teaching materials, so as to include broader aspects of the History of Science as a prerequisite for Science education and as a means of increasing opportunities for training and reflective and critical citizens the reality of the construction of scientific knowledge.

Keywords: The History of Science Conceptions; Science/Chemistry Teaching and Learning; High School Chemistry Textbooks; Atomic Models; Brazilian Governmental Program for High School Textbooks Assessment and Delivery (PNLEM/2007).

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1 – HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIA.....	16
1.1 Historiografia e o objeto da história.....	16
1.2 Concepções de Ciência.....	19
1.3 A Inclusão da História da Ciência no Ensino de Ciências	26
1.4 Estudos de História da Ciência no Ensino de Ciências	30
2 – HISTÓRIA DOS MODELOS ATÔMICOS	43
2.1 A compreensão da matéria na Grécia Antiga.....	43
2.2 Modelo Atômico de Dalton.....	45
2.3 Investigações da estrutura atômica no séc. XIX.....	51
2.4 Modelo atômico de Thomson.....	56
2.5 Modelo atômico de Rutherford-Bohr	60
3 – LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA	67
4 – METODOLOGIA DA PESQUISA	78
4.1 Categorias analíticas.....	78
4.2 Objeto de investigação	83
5 – A ABORDAGEM DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ESTUDO DE MODELOS ATÔMICOS	85
5.1 Análise dos livros didáticos de Química – (PNLEM/2007).....	85
5.1.1 Livro de Química – LQ 1	85
5.1.2 Livro de Química – LQ 2	89
5.1.3 Livro de Química – LQ 3	93
5.1.4 Livro de Química – LQ 4	97
5.1.5 Livro de Química – LQ 5	100
5.1.6 Livro de Química – LQ 6	106
5.2 Análises dos resultados e concepções de Ciência	113
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	124
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128
ANEXO	136

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa circunscreve-se no conjunto de trabalhos relativos às reflexões acadêmicas sobre materiais didático-pedagógicos adotados na educação básica contemporânea, com enfoque específico nos livros didáticos de Química avaliados e entregues aos estudantes brasileiros no âmbito do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio do Governo Federal (PNLEM/2007). A opção por este assunto justifica-se por minhas convicções e expectativas sobre a docência em Ciências, tendo em vista minha experiência de mais de uma década como educadora em Química na educação básica, bem como a constatação de que a tarefa de educar, na maioria das escolas brasileiras, inexoravelmente perpassa um trabalho pedagógico de desenvolvimento curricular fundamentalmente apoiado no uso de livros-textos nas diferentes disciplinas. Trata-se de trabalho que poderá contribuir na ampliação do debate sobre a necessidade de diversificação das práticas pedagógicas voltadas para o ensino de Ciências e, em particular, da Química.

Não é recente a crítica às práticas de ensino de Ciências, por um lado, desmotivadoras e, por outro, descontextualizadas da realidade. Já no séc. XIX, o então Deputado Federal Rui Barbosa lançou crítica aos métodos de ensino e às “obras escolares” no parecer acerca da Reforma do Ensino Primário e Várias Instituições Complementares da Instrução Pública, do qual se extraiu:

Quando se abalançavam até à região da ciência, e pretendem afeiçoá-la às forças intelectivas da criança, eis como essas obras escolares se tornam transparentes ao entendimento rudimentar da puerícia: “os produtos gasosos que precedem, e acompanham as erupções, são: no período mais ativo – clorureto e sulfato de sódio, depois – carbonato e clorureto de ammonium; decrescendo a atividade – óxido de carbono, ácido carbônico, água e hidrogênio sulfurado, que se decompõem, produzindo enxofre e constituindo assim as sulfataras. Finalmente – ácido carbônico e água. (...) Tem idéia o menino do que vêem a ser os cloruretos, distingue o carbono dos sulfatos, conhece o calcium, o ammonium, os óxidos? Que importa? Fartar, atestar, engurgitar a memória, eis a questão. (...) Destruída assim nas crianças a curiosidade natural, perdem de todo o hábito de procurar o sentido às palavras, que repetem. (BARBOSA, 1883, p. 42-43)

A descrição sobre práticas pedagógicas superficiais, baseadas exclusivamente no exercício da memorização no ensino de conteúdos de Química, em métodos e “obras escolares” questionáveis, do excerto acima, ainda reverbera em muitas escolas do País, muito embora se reconheçam os importantes avanços criados pelas novas tecnologias de informação e comunicação, como base de ampliação e diversificação do acesso à informação científica. A aprendizagem centrada na repetição de conteúdos descontextualizados e fragmentados

mostra-se superficial, passageira e carente de significado e relevância social (ZANON e MALDANER, 2010). Outro indicador relacionado aos problemas no ensino de Química refere-se à prática da experimentação. Na maioria das vezes, essa prática é utilizada com a função de concretizar para o aluno as formulações teóricas da ciência para melhorar a aprendizagem (SILVA, MACHADO e TUNES, 2010). Complexas e variadas são as justificativas para essas questões, dentre as quais é oportuno destacar os aspectos acadêmicos envolvidos: deficiências e fragilidades no ensino, desde o domínio do conhecimento específico pelo docente, o modo de interação entre educando e educador, até a organização do conteúdo ensinado nas aulas de Ciências. Neste quesito específico, os problemas situam-se no grande volume de assuntos abordados e o desnecessário aprofundamento com que são tratados, visando tão somente à resolução de questões nas provas de concurso de vestibular. Segundo Chassot (2010), é preciso minimizar os conteúdos para aumentar o conhecimento da realidade mais particular.

No caso específico da Química, a prática pedagógica da transmissão de leis, princípios e teorias científicas, o grande número de exercícios-problema desse assunto e o ensino do método científico em etapas rígidas para produzir o conhecimento científico continuam presentes em muitos programas (MALDANER e ZANON, 2010).

O uso de metáforas e analogias para aproximar o conhecimento químico da racionalidade do senso comum, também dificulta o processo do ensino de Química quando não é feito de maneira adequada. Essa prática, ainda que eventual, reforça as concepções espontâneas dos alunos, o que contraria o processo de ensino aprendizagem em que essas concepções precisam ser reconstruídas para haver uma mudança conceitual (e.g. MONTEIRO e JUSTI, 2000; JUSTI, 2010). A falta de habilidade do professor em organizar interações educativas pode ser outro indicador para os problemas no ensino de Química, pois nas práticas tradicionais de ensino, as interações se dão, quase que exclusivamente, entre o professor e a coletividade, a classe e, em menor frequência, entre o professor e o estudante. No contexto tradicional de ensino, o professor situa-se como transmissor e o aluno como receptor numa postura passiva (MORTIMER, 2010).

Outro aspecto de especial interesse neste trabalho diz respeito à adequação (ou não!) da forma com que autores de livros didáticos de Química apresentam a evolução e sequenciamento do conteúdo científico. Descuidar da correlação e inter-relação dos conteúdos, bem como de sua contextualização gera o ônus da fragmentação do conhecimento. Além disso, pode apresentar a Química como uma ciência portadora de verdades absolutas

(LOPES, 1992). Segundo Lopes (1992), diferentes trabalhos revelam o grau de comprometimento entre a má qualidade de ensino e a má qualidade da literatura didática, apontando erros conceituais e falhas na estrutura metodológica, que tornam os livros didáticos de Química “eficazes” na instrumentalização conceitual de docentes e discentes. Segundo Freitag e Motta (1989), o livro didático não atua como auxiliar do processo de transmissão [sic] do conhecimento, mas como modelo padrão, autoridade absoluta, critério último da verdade. Lopes (1992) ainda pontua que o educador orienta suas atividades por meio do livro didático, pois este lhe oferece prontamente: a ordem dos conteúdos, os exercícios, as explicações que deveria preparar, dentre outros. O fato de muitos professores tomarem o conhecimento dos livros didáticos como imprescindíveis impede muitas vezes o aprofundamento de temas importantes (TFOUNI, *et al.* 1987).

Por isso, torna-se indispensável criar oportunidades para os futuros professores refletirem sobre os conteúdos apresentados nos livros didáticos e avaliarem criticamente esses conteúdos, a fim de fazer bom uso de materiais didáticos mesmo que esses sejam de questionável qualidade. O professor precisa possuir conhecimentos epistemológicos que permitam fazer uma seleção e utilização pedagógica fundamentada.

Outro elemento central desta pesquisa relaciona-se ao reducionismo do desenvolvimento histórico da construção do conhecimento científico que é apresentado ao aluno desde a educação básica, o que desafia os docentes a fazer uma seleção de material histórico adequado ou mesmo a construção de material específico (DUARTE, 2004). A forma como se apresenta a História da Ciência no ensino de Química isola o fato científico do contexto em que se originou e o reduz a uma narração linear e cumulativa de descobrimentos, acompanhada da biografia de seus gênios (MATTHEWS, 1995) e não contribui para a compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico. Costa (1983) referindo-se ao ensino de Química em Portugal afirmou:

Na grande maioria das nossas escolas, ensina-se a Química como se tratasse de um exercício mental, dando toda a atenção à atualidades das teorias e modelos que constituem o seu conteúdo, sem qualquer preocupação pelo enquadramento passado, presente e futuro de tais teorias e modelos. Não há a mínima preocupação em refletir o modo “vivo” como se chegou ao presente estado do conhecimento científico. (Costa, 1983).

A aproximação do conhecimento científico adquirido no passado com os atuais pode levar os estudantes a se interessarem pelo estudo da ciência ao perceberem que de alguma forma eles podem participar por meio de reflexões, debates e análises uma vez que a Ciência

não é formada por verdades absolutas e não fez parte só do passado ainda hoje se continua fazendo ciência. Dessa maneira faz-se necessário a aproximação da complexidade da produção do conhecimento científico e a introdução da variedade de contextos em que as ideias científicas foram produzidas para promover o desenvolvimento de conceitos ou de estratégias para mudança conceitual nos alunos de forma significativa.

Nessa linha, a dificuldade do professor em lidar com a História da Ciência relaciona-se às restrições do ensino dos conhecimentos científicos exclusivamente aos seus produtos e à desconsideração dos aspectos históricos e sociais correlatos, caracterizando, assim, a atividade científica como ingênua e aproblemática (PORTO, 2010). É necessário que os professores compreendam que a aprendizagem das Ciências é um fenômeno complexo e que por isso necessita ser planejado por meio de uma pluralidade de perspectivas epistemológicas.

Essa realidade do ensino de Química torna-se preocupante e demonstra a necessidade de formar pessoas mais críticas que compreendam e saibam dialogar com o mundo à sua volta (ROSA, CARRERI e RAMOS, 2008). Nesse sentido, os pesquisadores da área de ensino de Química, por meio de estudos e debates sobre o currículo escolar, têm desenvolvido algumas propostas de ensino que abordam os conteúdos científicos no seu contexto social como, a abordagem de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e História da Ciência, com o objetivo de mudar essa realidade e transformar qualitativamente o ensino e a aprendizagem da Química.

O Ministério da Educação, por meio do documento Orientações Curriculares para o Ensino Médio (Brasil, 2006) propõe um currículo para a área de Ciências da Natureza objetivando o desenvolvimento de habilidades e competências que permitam ao estudante reconhecer as relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico da Química e os aspectos socioculturais e políticos. Assim, uma proposta de ensino com abordagem Histórica da Ciência pode permitir ao estudante compreender como o conhecimento é criado e validado, a função social da Ciência e sua inter-relação com a tecnologia e a sociedade. Trata-se de orientar o ensino de Ciências para uma reflexão mais crítica acerca dos processos de produção do conhecimento científico e fazer os alunos compreenderem o contexto que envolveu o desenvolvimento desse conhecimento. Afinal, um dos fins básicos da educação científica é garantir que os estudantes adquiram uma compreensão adequada da Natureza da Ciência (PETRUCCI e DIBAR URE, 2001) para entender a suas implicações sociais.

A abordagem histórica no ensino de ciências é constantemente defendida por muitos pesquisadores da área de ensino de ciências (e.g. PRETTO, 1985; MATTHEWS, 1995;

OSTERMANN, 2000; FREIRE JR., 2002; MASSONI e MOREIRA, 2007). Matthews (1995) assinala a importância das dimensões culturais da ciência, sua história, seus aspectos filosóficos e suas implicações morais e religiosas para o ensino de ciências tornar-se mais reflexivo e significativo. Um ensino que adentre o mundo fechado das ciências e possibilite conhecer as influências culturais sobre o desenvolvimento científico pode segundo Mathews (1995):

Motivar e atrair os alunos; humanizar a matéria; promover uma compreensão melhor dos conceitos científicos; haver um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência; demonstrar que a ciência é mutável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações; se opor à ideologia cientificista; permitir uma compreensão mais profícua do método científico e apresentar os padrões de mudança na metodologia vigente. (MATTHEWS, 1995, p. 172).

Matthews (1995) enfatiza que a História da Ciência deve contribuir para tratar de conceitos nucleares do conhecimento científico e que se deve refletir sobre que história e que casos históricos devem ser incluídos no ensino para facilitar o entendimento de ideias da ciência e dos cientistas.

A possibilidade de conhecer a forma como o conhecimento científico é produzido tem forte dependência com a atuação da instituição escola quanto aos currículos voltados para o ensino de ciências naturais, isto é, o pleno acesso e usufruto do acervo cultural da humanidade (no qual as Ciências estão circunscritas) vincula-se fortemente às oportunidades escolares, pois a Ciência faz parte da cultura humana e por isso, deve ser ensinada na escola. No entanto, a escola não contempla o ensino de ciências com essas características, muito embora se saiba que a escola não é a única fonte de oportunidades de formação em ciências. Existe um hiato entre as preposições e as experiências práticas realizadas (FREIRE JR. 2002), talvez por ser comum os currículos de ciências estarem demasiado centrados nos conteúdos conceituais e não processuais, tendo como referência a lógica interna da própria ciência e, assim, esquecem a formação que exige a construção científica (ACEVEDO, 2005).

Os pesquisadores em educação parecem estar de acordo quanto ao papel que a escola exerce na acessibilidade à cultura e o currículo a forma institucionalizada de transmitir e reelaborar a cultura de uma sociedade. Este é o argumento para se incorporar o ensino de ciências no currículo de todo o cidadão promovendo um letramento científico.

Nesse sentido, um ensino que apresente a História da Ciência como um caminho de acesso ao empreendimento social do conhecimento científico sobre as teorias científicas informa o conteúdo específico de determinado conhecimento da ciência além de expressar o

valor cultural e prático do conhecimento para a sociedade da época e as influências políticas, religiosas, ideológicas que envolviam a sociedade. Desse modo, é possível criar situações para reflexão e análise sobre os valores e as atitudes dos cientistas em épocas distintas e fazer uma relação das atitudes e valores das comunidades científicas atuais que muitas vezes se assemelham com as do passado.

Uma outra proposta de ensino dá ênfase na abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) e tem como objetivo central auxiliar o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões (SANTOS e MORTIMER, 2000). Com os avanços da ciência e da tecnologia as sociedades se desenvolveram de modo que passaram a sofrer as implicações desse processo. Houve, então, a necessidade de formar cidadãos aptos a lidar com as consequências advindas desses avanços. Para atingir esse objetivo o cidadão do séc. XXI precisa adquirir uma visão crítica da ciência, o que exige conhecer a integração entre a educação científica, tecnológica e social em que os conteúdos científicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, políticos e sócio-econômicos (SANTOS, *et al.* 2009).

Como se pode perceber a abordagem em História da Ciência e a abordagem CTS no ensino apresenta uma preocupação com a exposição do conhecimento científico dentro de uma perspectiva crítica da ciência e da tecnologia. Na medida em que essas abordagens buscam, além do conhecimento científico, uma compreensão das condições de produção e utilização desse conhecimento.

Ainda a proposta para uma educação científica na perspectiva do letramento científico com o objetivo de mostrar a relação da ciência com outros valores da sociedade e ajudar os alunos a entender as implicações sociais da ciência Química preparando-os para o exercício da cidadania. O que se percebe é que a escola tem avançado na alfabetização científica dos alunos, mas tem contribuído pouco em seu letramento científico, de acordo com as considerações de Santos (2007): "... enquanto a alfabetização pode ser considerada o processo mais simples do domínio da linguagem científica e enquanto o letramento, além desse domínio, exige o uso da prática social." (Santos, 2007, p. 479)

Nesse contexto, o diagnóstico sobre os tipos de abordagem, abrangência, extensão e complexidade da História da Ciência nos referidos livros constituir-se-á fundamento para a defesa desse conteúdo histórico como pressuposto da alfabetização e letramento científico e como forma de ampliação das oportunidades para a formação de cidadãos críticos e reflexivos

quanto à realidade da construção do conhecimento científico. Nessa linha, esta pesquisa também poderá constituir-se subsídio para a (re)elaboração de materiais pedagógicos, de modo a contemplar aspectos mais abrangentes sobre a História da Ciência, bem como contribuir na discussão de propostas metodológicas alternativas/complementares de ensino de Ciências com a abordagem aqui defendida.

Face ao exposto, e considerando minha experiência como educadora em Ciências e em Química, na educação básica, optei pela análise dos conteúdos sobre modelos atômicos nos livros didáticos de Química do PNLEM/2007, a partir de categorias analíticas relativas às concepções de Ciência que se revelam nesses livros. A escolha do conteúdo de modelos atômicos, ratificada pela análise de Vidal (2009), se justifica pelo maior número de páginas ocupadas pelo tema, se comparado com os demais conteúdos que desenvolvem a abordagem histórica nos livros didáticos. Também se deve considerar que o conceito de átomo é uma concepção estruturante das ciências sendo uma das bases do desenvolvimento do pensamento científico em Química. Considerando aqui conceitos estruturantes como “aqueles que permitiram e impulsionaram a transformação de uma ciência, a elaboração de novas teorias, a utilização de novos métodos e novos instrumentos conceituais” (GAGLIARD, 1988, p. 26).

Dessa forma, esta investigação apresenta as seguintes questões de pesquisa:

1. Como a História da Ciência é apresentada no estudo dos modelos atômicos de Dalton, de Thomson e de Rutherford-Bohr dos livros didáticos de Química do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM) de 2007?
2. Quais concepções de Ciência são apresentadas no estudo desses modelos atômicos dos livros analisados?
3. Qual a diferença de abordagem histórica dos livros analisados em relação aos modelos investigados?

Deve-se destacar que Vidal (2009) também desenvolveu análise da História da Ciência dos livros didáticos de Química do PNLEM/2007. Todavia, esta dissertação aprofunda nas questões específicas de modelos atômicos relacionadas à História da Ciência abordadas nos livros didáticos, diagnosticando abordagens históricas que seriam relevantes para a compreensão das teorias atômicas. Assim, entendemos que o presente trabalho permite investigar a fundo a presença da História da Ciência em conteúdo específico dos livros didáticos do PNLEM/2007, o que a diferencia da proposta de Vidal (2009).

1 – HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIA

A História da Ciência (HC) é uma área que compõe o currículo de cursos de diversas outras áreas do conhecimento em razão do interesse dos pesquisadores do objeto da História em relacioná-la a outros campos do saber que influenciaram a própria História e, no tocante ao objeto de análise desta pesquisa, a construção histórica dos modelos atômicos apresentada em livros didáticos de Química. Sua relevância na área de ciências da natureza justifica-se com a construção do conhecimento científico em seu contexto cultural, de modo a reduzir a fragmentação, o que permitirá uma melhor análise crítica da construção desse conhecimento e, por conseguinte, possibilitará a compreensão das condições em que se deu a produção desse conhecimento. Embora se tenha o conhecimento atual como ponto de partida faz-se necessário voltar às tradições da cultura do passado para a compreensão do presente. Dessa forma, o conhecimento científico se desenvolve em forma espiral, com os cientistas buscando no passado as ideias científicas para articulá-las às do presente, verificando a validade de seus instrumentos de análise com níveis diferentes de complexidade e profundidade, bem como promovendo o desenvolvimento da ciência por acumulação, continuidade ou ruptura do conhecimento.

1.1 Historiografia e o objeto da história

O estudo dos acontecimentos desencadeados da atividade humana em uma determinada época, que é o objeto de estudo da História, desenvolve-se a partir da historiografia, que corresponde à diversidade de registros existentes, com potencial de reconstrução de determinada realidade do passado. Na visão de alguns filósofos, como por exemplo, Popper, Kuhn, Lakatos, Lalande, Laudan e Bachelard, há uma dependência entre a historiografia da ciência e a reflexão filosófica do historiador sobre a ciência. Essa dependência diz respeito à corrente filosófica e à metodologia da pesquisa utilizadas pelos historiadores da ciência para esclarecer aspectos da atividade e produção dos cientistas e seu contexto. O historiador da ciência precisa conhecer a área sobre a qual vai pesquisar e os critérios metodológicos que fundamentam a delimitação das ideias científicas e não-científicas.

De acordo com estudos realizados por Debus (1991) sobre os trabalhos clássicos de historiadores da ciência como Duhem, Sarton, Koyré, Thorndike, Butterfield, Claget, Pagel,

Kuhn entre outros há uma tendência em abordar o trabalho científico em seu contexto cultural e social, mas essa abordagem causa segundo os historiadores pesquisados, problemas metodológicos referentes aos critérios de demarcação da ciência e da não-ciência.

As várias correntes da Filosofia contemporânea da Ciência determinam critérios metodológicos para resolver esse problema. Para o filósofo Karl Popper os critérios metodológicos para demarcar o conhecimento científico têm, como princípio, o julgamento desse conhecimento baseado em suposição (conjectura) e contestação (refutação). Para ele a construção do conhecimento científico ocorre pela falseabilidade, ou seja, em tentar provar que determinado conhecimento é falso, ilusório, aparente. No entanto, Kuhn (1962), historiador da ciência, apontou que a produção do conhecimento científico no passado não aconteceu dessa maneira, pois para a comunidade científica a demarcação do conhecimento científico tem como balizador as regras assumidas por essa comunidade enquanto grupo de pessoas que apresentam compatibilidade entre ideias e comportamento.

Segundo Abrantes (2002), as críticas de Kuhn em relação aos critérios de demarcação da ciência propostos por Popper podem ser contestadas uma vez que o trabalho historiográfico pressupõe concepções de ciência e, portanto, não pode fundamentar críticas em relação às metodologias filosóficas.

Diante desse impasse, Lakatos (1987) propôs uma metodologia para tentar solucionar o problema. Se a historiografia da ciência depende da teoria da racionalidade assumida pelo historiador e implicam as diferentes maneiras da reconstrução da História da Ciência, Lakatos propõe comparar as várias metodologias, considerando apenas as reconstruções racionais do passado da ciência, e analisar qual delas consegue reconstruir a maior parte da história. Desse modo, sugere que a HC pode servir como teste das metodologias para demarcar a ciência e que os fatos científicos que conseguem ser explicados, segundo a teoria da racionalidade adotada pelo historiador, compõem a história interna da ciência e os fatos inexplicáveis racionalmente compõem a história externa da ciência (LAKATOS¹, 1978 apud ABRANTES, 2002).

Na escola filosófica francesa a historiografia da Ciência admite que não existe uma única metodologia para as várias ciências e distingue a epistemologia da teoria do conhecimento “na medida em que a epistemologia estuda o conhecimento em detalhe e a

¹ LAKATOS, I. “History of science and its rational reconstructions”. In: WORRALL; CURRIE (eds.). *The Methodology of scientific research programmes Philosophical papers*, v. 1). Cambridge: Cambridge University Press, 1978, pp. 102-138.

posteriori, na diversidade das ciências e dos objetos.” (LALANDE², 1983 p. 293 apud ABRANTES, 2002)

Na França, essa nova maneira de conceber a epistemologia modifica o entendimento da construção do conhecimento na Filosofia e nas Ciências. Essa construção deixa de ser compreendida como progresso na resolução de problemas e passa a ser entendida como rompimento nas normas e planos elaborados pela comunidade científica da época para atingir determinados fins. Dessa maneira, as ciências passam a ser compreendidas como fruto de análise crítica, ações hábeis e cuidadosamente elaboradas.

Abrantes (2002) destaca que para Gaston Bachelard, o maior representante dessa escola, a História da Ciência deve tratar do progresso do conhecimento científico até o presente, uma vez que esse conhecimento é fruto de uma história epistemológica. Em sua epistemologia os “obstáculos epistemológicos” do pensamento científico devem ser objeto de uma “psicanálise do conhecimento”, pois dificultam a ruptura das ideias científicas vigentes e a concepção de novos conhecimentos científicos, reavaliando-as sempre que consideradas injustas segundo os valores da comunidade científica atual. Bachelard compreende que “a partir das verdades que a ciência atual tornou mais claras e melhor coordenadas, o passado de verdades aparece mais claramente progressivo enquanto passado” (BACHELARD, 1974). Para Abrantes (2002), Suzanne Bachelard reforça a importância de uma história que avalia e julga os fatos científicos do passado recorrendo às teorias e métodos desses fatos guiados pelo conhecimento científico do presente (BACHELARD³, 1970).

Uma das perspectivas historiográficas da ciência contemporânea, no final do século XX, procura conhecer as normas e os valores da comunidade científica da época em que o fato científico aconteceu para explicá-lo e para isso utiliza duas formas distintas de apresentação com o objetivo de tornar mais fácil a sua compreensão. Uma dessas formas historiográficas preocupa-se em interpretar textos originais, esclarecendo as concepções dos cientistas da época. De acordo com Abrantes (2002) para Laudan essa forma de descrever os fatos científicos “busca registrar a sequência temporal de crenças, opiniões e convicções” (LAUDAN⁴, 1977). A outra forma historiográfica investiga as razões e as causas que levaram os cientistas a pensarem de determinada maneira ou a modificarem sua forma de pensar (suas ideias). Ainda de acordo com Abrantes (2002), para Laudan, essas formas de apresentar o

² LALANDE, A. Vocabulaire technique et critique de la Philosophie. Paris: Presses Universitaires de France, 1983.

³ BACHELARD, S. “Epistémologie et histoire des sciences”. In: 12 Congrès International d’histoire des sciences, Actes, t. 1, A. Paris: Blanchard, 1970, pp. 39-51.

⁴ LAUDAN, L. Progress and its problems. Berkeley: University of California Press, 1977.

desenvolvimento da ciência exige que o historiador compreenda que os padrões e os juízos científicos se modificam ao longo do tempo e que conheça a prática dos cientistas e a crença racional, da época em que o fato científico ocorreu, independentemente desse conhecimento ter se revelado inadequado mais tarde. Dessa maneira, o historiador considera como sendo racional toda a iniciativa em busca do conhecimento desvinculado da noção de verdade (LAUDAN⁵, 1987).

1.2 Concepções de Ciência

Ao organizar os conteúdos pedagógicos de determinada área do conhecimento em suas obras, os autores de livros didáticos podem fazê-lo evidenciando o desenrolar da história que decorreu na construção desse conhecimento científico, como estratégia para permitir uma leitura com abordagem mais abrangente. Para Kuhn, em uma abordagem da historiografia da ciência contemporânea, “a ciência, objeto do historiador, deve ser aprendida a partir dos manuais, livros e jornais do período que ele estuda, e deve dominar a tradição em que se inserem, antes de considerar os inovadores cujas descobertas ou invenções mudaram a direção do avanço científico”. (KUHN, 1968)

Reconstituir a história é tarefa complexa que se modula nas intencionalidades e liberdade do autor para tal, na relevância da abordagem histórica do conteúdo, nos espaços disponíveis no livro, dentre outros. No entanto, alguns padrões distintos e recursivos de exposição de conteúdos históricos foram mapeados e constituem-se na base teórico-metodológica desta pesquisa, os quais são denominados Concepções de Ciência, significando os conjuntos distintos de formas de conceber a reconstrução da HC em determinado contexto. Não se pode garantir que os autores tenham conhecimento prévio dessas concepções, quando da elaboração de seus livros didáticos. Trata-se de estudo que verifica a presença desses padrões, independentemente da intencionalidade desses autores.

O propósito de divisão das Concepções de Ciência não tem por justificativa seu caráter de independência entre os tipos, isto é, em alguma medida e dependendo dos autores, as Concepções apresentadas têm algum grau de intersecção. Portanto, não se pretende apresentar uma rigidez na classificação proposta.

A seguir, são apresentadas as concepções e breve explanação de suas características:

⁵ LAUDAN, L. Progress or rationality? The prospects for Normative Naturalism”. In: American Philosophical Quarterly, v. 24, n. 1, janeiro, pp. 19-31, 1987.

A) Concepção empirico-indutivista ou ateórica

Nesta concepção o conhecimento científico é concebido como resultado do raciocínio indutivo, a partir de dados observáveis por meio da experimentação. Não se considera que o desenvolvimento do conhecimento científico parte de uma situação problema que precisa ser formulado por meio de hipóteses e moldado para poder ser abordado experimentalmente considerando os sistemas teóricos de conhecimentos (CACHAPUZ, *et al.* 2005). Fernández *et al.* (2002) confirma a observação e a experimentação neutras, ou seja, desvinculadas de ideias apriorísticas, desconsideram o papel essencial das hipóteses focalizadoras da investigação e dos corpos coerentes de conhecimento disponíveis, os quais orientam todo o processo.

Conforme Praia, Cachapuz e Gil Pérez (2002), a observação deve ser sempre considerada provisória, não podendo envolver compromisso com a verdade e muito menos com a certeza. Devemos estar sempre disponíveis para a sua crítica como ponto de partida para um maior conhecimento. Na verdade, as observações científicas são percepções que envolvem quase sempre uma definição prévia daquilo que se pretende observar ligada ao contexto do próprio estudo, tendo alguma ideia do que se espera, uma vez que os dados, por si, não proporcionam compreensão, pois necessitam da construção das relações com o conhecimento teórico.

Nas tendências tradicionalistas do ensino de ciências, o conhecimento científico não ofereceria dúvida, porque seria fundamentado na observação e na experimentação. Esta imagem tem forte influência de correntes epistemológicas, como o positivismo e o empirismo lógico. Nesse caso, os enunciados da ciência se fundamentariam, em última instância, nos fatos, nos dados da experiência. A ciência seria, portanto, portadora de verdades inquestionáveis (GIL-PÉREZ, 2000). Seguindo esta forma de pensamento, o ensino de ciências apresenta a prática científica como se ela não possuísse uma dimensão histórica, transmitindo aos alunos uma visão da atividade científica baseada na observação e experimentação, reforçando uma concepção empírico-indutivista da ciência.

B) Concepção rígida, algorítmica, exata, infalível

Esta outra concepção determina, como papel essencial do conhecimento científico, a sequência formal de etapas definidas no método científico como condição para se alcançar os resultados. De acordo com Fernández *et al.* (2002) o método científico surge como um

conjunto de etapas a seguir mecanicamente. As questões investigativas constituídas na forma de hipóteses e elaboração de modelos experimentais não têm a devida relevância e o desenvolvimento da atividade científica centraliza-se na observação de dados extraídos da experiência como já mencionado (CACHAPUZ, *et al.* 2005). Ainda de acordo com esse autor, apesar das evidências experimentais ocuparem um lugar central na investigação científica, essas só fazem sentido se apoiadas nos conhecimentos teóricos como tentativas de respostas às questões-problema em estudo. Assim, as concepções dos estudantes – incluindo a dos futuros docentes – não chegam a diferir do que se denomina uma imagem “folk”, “naif” ou popular da ciência, socialmente aceite, associada a um suposto “MÉTODO CIENTÍFICO”, com maiúsculas, perfeitamente definido (FERNÁNDEZ, 2002; GIL- PÉREZ, 2001).

C) Concepção aproblemática e ahistórica (dogmática e fechada)

Esta concepção transmite os conhecimentos já elaborados, sem mostrar quais foram os problemas que geraram sua construção, como foi sua evolução, as dificuldades enfrentadas. (FERNÁNDEZ, *et al.* 2002). Para Cachapuz *et al.* (2005) o conhecimento científico se apresenta na sua forma final surgindo de maneira episódica e irracional. É a procura de soluções para o problema que contempla a evolução de métodos, conhecimentos, reelaboração de hipóteses e modelos experimentais, superação de obstáculos epistemológicos, o abandono de ideias e a ruptura com o conhecimento científico anterior. Para Praia, Cachapuz e Gil-Pérez (2002), a estratégia para uma visão adequada da ciência é valorizar a problematização como um fio condutor que organiza e unifica as ideias no processo investigativo como afirma Bachelard (1938) “todo o conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído” (BACHELARD, 1938, p. 18). É no processo de busca de respostas que se constitui o trabalho científico.

Em outra perspectiva, para Abrantes (2002), nesta concepção, são apresentados os fatos históricos do passado com a intenção de corroborar para a veracidade do conhecimento científico atual. A narrativa dos fatos do desenvolvimento do conhecimento científico é feita de maneira semelhante àquela em que o historiador seleciona os fatos históricos do passado que justificam os conhecimentos estudados no presente, porém esses fatos históricos dificilmente apresentavam argumentos contestáveis quanto à veracidade do conhecimento, segundo a racionalidade da corrente filosófica adotada pelo historiador. A forma de abordar a

História da Ciência sem considerar os erros que os cientistas cometeram no passado foi denominada pelos historiadores da ciência tradicional de falsa ciência ou pseudociência.

D) Concepção exclusivamente analítica

Nesta concepção, a análise do processo científico se caracteriza pela forma simplificatória e parcializada, pois se afasta da realidade e despreza características das situações estudadas. No entanto, segundo Cachapuz *et al.* (2005) esse afastamento é consciente visando à abordagem do conhecimento científico em gradação crescente de complexidade, na medida em que a situação exigir. O investigador não estuda a realidade tal como ela é, mas através dos seus quadros teóricos e instrumentação disponíveis. A natureza é remodelada, reconstruída e simplificada dependente da elaboração teórica. Assim, o fato científico supõe sempre uma intenção, uma seleção criteriosa e fundamentada, uma escolha da forma como representar o próprio fato e, ainda, a recorrência a instrumentos (como prolongamento do teórico) que possam fornecer medidas (PRAIA, CACHAPUZ e GIL-PÉREZ, 2002). Sendo assim, o processo científico exige introduzir elementos artificiais em condições pré-estabelecidas para controle rigoroso da situação-problema, afastando os cientistas da situação real do problema, de maneira consciente e voluntária. Há uma diferença entre os objetos do mundo real e os objetos teóricos da ciência, pois, estes últimos, ao serem idealizados, precisam ser construídos, representados e manipulados matematicamente (MATTHEWS, 1995). Esse autor avalia a incapacidade de apreciar exatamente o que é (ou o que não é!) a idealização, o que tem sido base de muita crítica anticientífica. O ponto a ser ressaltado é o fato de que objetos teóricos da ciência não alcançam toda a extensão das explicações para objetos materiais do mundo, pelo menos não no sentido de serem representações desses últimos.

E) Concepção acumulativa, de crescimento linear

Esta concepção apresenta a evolução dos conhecimentos científicos de forma simplista sem mostrar como os conhecimentos aceitos hoje pela comunidade científica foram alcançados (FERNÁNDEZ, *et al.* 2002). O conhecimento científico construído ao longo do tempo deve evidenciar a construção e elaboração árduos e laboriosos, as confrontações entre as teorias rivais com seus argumentos e contra argumentos dando relevo a ideia do questionamento contínuo, as dificuldades das mudanças no conhecimento, os obstáculos por que passam e a complexidade das relações entre as visões da comunidade científica de

determinada época até que o conhecimento se estabelece (PRAIA, CACHAPUZ e GIL-PÉREZ, 2002). É preciso interligar, não linearmente, o conhecimento científico, enquanto construção racional e produção social.

Segundo Abrantes (2002), essa concepção parte dos conhecimentos científicos atuais, conquanto o historiador limita-se a buscar no passado apenas os fatos históricos que contribuíram para a construção desse conhecimento. Trata-se de um recorte histórico, geralmente elaborado por especialistas do domínio do conhecimento em questão, para produzir conceitos, métodos, teorias, técnicas, etc. com fins pedagógicos. Para esse autor, essa concepção também implica a próxima concepção a ser descrita, em visão apologética, enaltecendo aqueles cientistas que contribuíram para acrescentar algum elemento na “constelação de saberes”.

Abrantes (2002) considera ainda que essa concepção de história se evidência na Antiguidade Clássica, quando os textos incluíam na História da Ciência apenas o desenvolvimento dos conhecimentos científicos que eram aceitos como verdadeiros no período em que o historiador se encontrava. Essa forma de apresentar o conteúdo histórico privilegiava determinados cientistas e seus conhecimentos em detrimento de outros. Os conhecimentos eram descritos nesses manuais de forma sucessiva, sem interrupção, respectivamente até o conhecimento atual.

Conforme Debus (1991), George Sarton⁶ considerava que o objetivo do historiador era “explicar o progresso do pensamento científico” e “não simplesmente registrar descobertas isoladas” (p. 4), mas sua formação positivista o levava a buscar uma História da Ciência verdadeira. Ainda segundo Debus (1991), para o historiador Alexandre Koyré⁷ é também por meio da história que conseguimos perceber a relação entre as ideias científicas e filosóficas e o “progresso glorioso” da ciência. O “progresso” da ciência abordado por Sarton e Koyré é o que apresenta apenas os fatos que a ciência reconhece como verdadeiros que dão consistência a ciência moderna.

F) Concepção individualista e elitista

Nesta concepção o conhecimento científico é alcançado por esforço próprio sem relacionar os conhecimentos existentes anteriormente e o trabalho em coletividade. Os cientistas aparecem como portadores de uma genialidade e o trabalho científico como

⁶ SARTON, G. Introduction to the history of science. Baltimore: Carnegie Institution of Washington, 1927-47. 3 v.

⁷ KOYRÉ, A. From the closed world to the infinite universe. New York: Harper Torchbook, 1958.

resultado de atividades exclusivamente difíceis e trabalhosas, desenvolvidas por pessoas dotadas intelectualmente (CACHAPUZ, *et al.* 2005). Opondo-se às ideias de Bachelard (1938) de que a construção científica resulta do questionamento sistemático do óbvio. Segundo Torres (2007), essa concepção mostra as ciências da natureza como obra de personagens geniais e independentes de seus respectivos contextos sociais, culturais, políticos e econômicos. Desse modo, a reflexão sobre a produção da ciência, sobre seus métodos, sobre seu desenvolvimento, sobre a história do seu contexto não constitui uma construção racional isolada faz parte de uma teia de relações (PRAIA, CACHAPUZ e GIL-PÉREZ, 2002). No ensino de Ciências, tem sido habitual mostrar as ciências da natureza como obra de personagens geniais e independentes de seus respectivos contextos sociais, culturais, políticos e econômicos. (GALLEGO TORRES, 2007)

G) Concepção descontextualizada

É uma concepção que não revela os impactos no meio social, nem os interesses e influências da sociedade no desenvolvimento da atividade científica e tecnológica. Mostra a tecnologia como um simples processo de aplicação dos conhecimentos científicos e reforça seu caráter neutro, a interesses e conflitos sociais (CACHAPUZ, *et al.* 2005). A ciência e a tecnologia aparecem como conhecimento hierarquizado e que leva ao desenvolvimento (SANTOS, *et al.* 2009). Cachapuz *et al.* (2005), reafirma que a tecnologia fica relegada a aplicação dos conhecimentos científicos. Essa visão simplista da relação ciência-tecnologia não considera que a atividade técnica precedeu em milênios a ciência desenvolvida pelas experiências práticas e pelas necessidades humanas, o que pode ser visto, de acordo com Vidal (1986) nas tradições da Química prática na utilização do fogo, da metalurgia e da química doméstica. Desse modo, o objetivo da tecnologia é desenvolver e melhorar métodos, bem como produtos que satisfaçam as necessidades humanas. Para isso, precisa construir conhecimentos específicos distintos das condições ideais da teoria, descaracterizando a tecnologia de uma mera aplicação dos conhecimentos científicos. Por outro lado, o trabalho experimental pode ajudar na compreensão de que a construção do conhecimento científico depende da tecnologia.

Esse debate se intensificou em 1968, conforme Abrantes (2002), quando Thomas Kuhn classificou a História das Ciências em dois tipos: a história da ciência internalista, que trata dos assuntos específicos relativos ao desenvolvimento da ciência; e a História da Ciência externalista, que considera o desenvolvimento da ciência em seu contexto cultural e social.

Para Kuhn, uma abordagem da História das Ciências na perspectiva externalista poderia favorecer a compreensão do desenvolvimento da construção do conhecimento científico e suas consequências. Após a análise dos aspectos, internos e externos, abordados pela História da Ciência, Thomas Kuhn conclui que os historiadores da época se dedicavam a escrever apenas a história internalista das ciências (KUHN⁸, 1968).

H) Concepção Contemporânea

Caracteriza-se pela exposição dos fatos históricos independentemente dos conhecimentos considerados como verdadeiros pela comunidade científica atual, apresentando os conhecimentos científicos em sua integridade. É uma concepção de Ciência que surgiu no séc. XX, como proposta para abordar o conteúdo científico do passado independente do conhecimento científico atual e da corrente filosófica do historiador. Segundo Abrantes (2002), para Kuhn, essa concepção sofre influência da historiografia da Filosofia que considera o mérito dos fatos relativos à construção do conhecimento independentemente deles terem bons ou maus resultados e estarem relacionados à razão ou à superstição, não se preocupando com a concepção de ciência do historiador nem com as teorias da Filosofia da Ciência. Além disso, uma outra influência apontada por Kuhn diz respeito à obra de Pierre Duhem (1913) que revelou o papel da física medieval, em seu contexto, sem fazer referência à posterioridade. Kuhn aponta ainda, que a influência do surgimento das várias histórias das ciências vai mostrar que o conhecimento científico é construído pelo conjunto de saberes de todas elas. E por fim, o interesse dos historiadores pelos aspectos políticos e socioeconômicos associados ao desenvolvimento do conhecimento científico. Esse interesse surgiu a partir dos estudos de Marx e Weber, uma proposta de reestruturação das instituições, das quais a Ciência participaria de forma significativa para o progresso econômico e social (KUHN, 1968).

Do ponto de vista dessa concepção, as explicações sobre os fenômenos da natureza se alternam entre argumentos místicos e racionais. O conhecimento avança na medida em que se buscam explicações racionais para os fenômenos por meio do refinamento de teorias que utilizam diversos métodos empíricos e modelos conceituais distintos.

Abrantes (2002) destaca que a História das Ciências trata de objetos construídos pelos cientistas a partir de conhecimentos teóricos, da observação dos objetos naturais e dos

⁸ KUHN, T. S. History of science. In: SILLS, D. L. (ed.) International encyclopedia of social sciences. New York: Crowell Collier e Macmillan, 1968, 1979.v. 14, p. 75-83.

métodos e normas determinadas pela comunidade científica. Esses objetos fazem parte dos discursos dos cientistas que estão impregnados da cultura da época em que foram produzidos, portanto, a historiografia da ciência deve ter como princípio básico a epistemologia que trata dos julgamentos e valores atualizados sobre determinado conhecimento os quais permitirão sua progressividade ou finalização na descrição da história (CANGUILHEM⁹, 1968 *apud* ABRANTES, 2002).

1.3 A Inclusão da História da Ciência no Ensino de Ciências

Não há consenso em relação ao uso da História da Ciência no ensino de Ciências no contexto acadêmico. Nesse sentido, é oportuno explicitar, neste trabalho, as diferentes posições e ponderar sobre argumentações que as justificam. Trata-se de apresentar debate mais amplo sobre as diferentes posições relativas ao tema, como forma de evitar a defesa ingênua e, do ponto de vista desta pesquisa, oportunizar acesso a diferentes visões.

Os argumentos a favor de uma abordagem histórica ao ensino de ciências são muito antigos, no entanto, parece ter havido um distanciamento entre a história e a filosofia da ciência e o ensino de ciências. Segundo Freire Jr. (2002), esse distanciamento trouxe um grande prejuízo para a educação porque foi nesse período que houve um grande desenvolvimento e profissionalização da História da Ciência e a generalização da crítica ao empirismo lógico na Filosofia da Ciência. Para Matthews (1995), esse distanciamento pode ter ocorrido tanto pela influência da psicologia behaviorista na educação quanto pelo predomínio de uma abordagem com ênfase especialista, teórico-disciplinar, nas reformas do ensino de ciências nos Estados Unidos do período pós-Sputinik com o direcionamento da educação para a formação de cientistas.

Várias medidas foram tomadas para favorecer a aproximação entre a História e a Filosofia da Ciência e o ensino de ciências como a criação do Projeto 2061 pela Associação Americana para o Progresso da Ciência (AAA), mostrando a necessidade de que os cursos de ciências tornem-se mais contextualizados, mais históricos e mais filosóficos (AAA¹⁰, 1989 *apud* MATTHEWS, 1995). Na mesma década, o Currículo Nacional Britânico de Ciências descreve as habilidades que os alunos deveriam desenvolver: “distinguir entre asserções e argumentos pautados em dados e provas científicas e os que não o são; considerar a maneira

⁹ CANGUILHEM, G. “L’objet de l’histoire des sciences”. In: CANGUILHEM, G. *Études d’histoire et de philosophie des sciences*. Paris: Vrin, 1968.

¹⁰ American Association for the Advancement of Science: 1989, *Science for All Americans*. AAAS, Washington.

pela qual o desenvolvimento de uma determinada teoria ou pensamento científico se relaciona ao seu contexto moral, espiritual, cultural e histórico; estudar exemplos de controvérsias científicas e de mudanças no pensamento científico”. (NCC¹¹, 1988, p. 113 apud MATTHEWS, 1995)

Isso já tinha sido afirmado em 1855 pelo Presidente da Associação Britânica para o Progresso da Ciência: “aquilo que desejamos no processo da educação dos jovens, não é a mera obtenção de resultados, mas dos métodos e, sobretudo, da história da ciência”. (JENKINS¹², 1989 p. 19 *apud* MATTHEWS, 1995). Em 1917, a Associação Britânica para o Progresso da Ciência reiterou que a HC oferecia os meios para a dissolução da barreira artificial erigida pelo horário escolar para afastar os estudos históricos das ciências (JENKINS, 1989 *apud* MATTHEWS, 1995).

A “reaproximação” entre a História e a Filosofia da Ciência e a educação científica ocorreu pela crise no ensino de ciências e pela necessidade de novos referenciais teóricos na investigação nesta área (MATTHEWS, 1995). Essa crise se expressa, conforme estudos sobre a situação dos EUA, na persistência das concepções dos estudantes, no esvaziamento das aulas de ciências onde estas não são obrigatórias, na diminuição da procura por carreiras universitárias em ciências e tecnologias e pela existência em índices significativos entre o público com formação universitária de opiniões completamente equivocadas sobre questões essenciais na visão científica do mundo (MATTHEWS, 1995).

Para Matthews (1995), uma abordagem histórica deve assegurar à criança e ao adolescente sua introdução às melhores tradições de suas culturas para que elas entendam o conteúdo da disciplina, sua metodologia, premissas, limitações, história etc. Ademais, uma abordagem histórica deve relacionar assuntos particulares com questões éticas, religiosas, culturais, econômicas e políticas. Ou seja, o ensino de ciências não deveria ser só uma educação ou treino em ciências, mas também uma educação sobre ciências. O papel da História da Ciência parece contribuir para enriquecer e dar elementos para que o ensino científico englobe todas as suas partes, explorando o conteúdo das várias teorias, inclusive das que não venceram, para articular as ideias e agregar valor ao conteúdo. Uma abordagem contextualizada historicamente permite conhecer o conceito, entender a origem do problema, como se apresentam as questões, as hipóteses, as bases experimentais, a eliminação das

¹¹ National Curriculum Council: 1988, Science in the National Curriculum, NCC, York.

¹² JENKINS, E.: 1990, History of Science in Schools: Retrospect and Prospect in the UK, International Journal of Science Education 12 (3), 274-281. Reprinted in M. R. Matthews (ed.) History, Philosophy and Science Teaching: Selected Readings, OISE Press, Toronto and Teachers College Press, New York 1991.

hipóteses e as rupturas – abandono das velhas ideias em favor das novas – entendendo por quais razões as novas ideias foram aceitas pela comunidade científica. Incluir a história da construção do conhecimento científico mostra o seu aspecto sócio-cultural, oferecendo explicações e discutindo cada contribuição dentro do seu contexto científico. Aprender como mudam as ideias científicas no tempo e como o contexto social afeta o seu desenvolvimento permite ao aluno conhecer o raciocínio utilizado pelos cientistas. Mostrar que o processo de construção das teorias científicas não é o acúmulo de informações, mas uma construção de ideias que envolve observação, argumentação, interpretação, relação entre fatos e generalização antes de serem aceitas pela comunidade científica revela as dificuldades no processo de construção dos conceitos científicos e faz reconhecer a ciência como uma atividade sujeita a erros e transitoriedade. Por isso, apresentar a informação final não dá a visão da ciência enquanto empreendimento humano é preciso apresentar o longo e dinâmico caminho de crescimento.

Apesar de todos esses argumentos a favor da inclusão da História da Ciência, Matthews (1995) aponta que existem posições contrárias à inclusão da HC no ensino de ciências. Essas se referem: a dificuldade de compatibilizar as diferenças entre as perspectivas de historiadores e professores, a abordagem fragmentada da história que contempla apenas conteúdos pontuais, despreocupação com a veracidade de fatos históricos apresentados de acordo com a concepção do historiador, percepção do professor ao referir-se a fatos históricos relacionados ao tópico abordado. E por fim, os educandos perderiam a motivação para dar prosseguimento ao estudo da disciplina, ao perceber que a ciência não é portadora de verdades absolutas.

Matthews (1995) afirma que, em 1972, Martin Klein questionava a utilidade da História da Ciência na educação científica. Para ele a única história possível nos cursos de ciências seria uma pseudo-história uma vez que os professores fariam uma abordagem seletiva e parcial da HC de acordo com os objetivos pedagógicos. Klein ainda aponta que:

Uma razão pela qual é difícil fazer-se com que a história da física atenda as necessidades do ensino da física é a diferença fundamental que há entre a perspectiva do físico e a do historiador. (...) É tão difícil imaginar a combinação da riqueza de complexidade do fato, porque anseia o historiador, com o simples corte agudo do fenômeno que a física procura. (KLEIN 1972, p. 16)

Matthews (1995) ainda afirma que a concepção metodológica do historiador e a visão de ciência do professor são apontadas por Klein e Whitaker como argumentos contra o

uso da História da Ciência no ensino. Whitaker se preocupa com a distorção de dados históricos de acordo com a posição filosófica do historiador e relata num artigo de 1979 que não considera relevante a qualidade da HC utilizada para fins pedagógicos (KLEIN¹³, 1972; WHITAKER¹⁴, 1979).

Contrariamente às ideias de Klein e Whitaker, Matthews (1995) defende que a HC usada por professores utiliza propósitos meramente pedagógicos e, portanto, essa história deve ser avaliada com critérios diferentes, uma vez que são divergentes os objetivos de professores e historiadores, além do mais todo o trabalho histórico é necessariamente seletivo. Para Matthews independentemente do que é selecionado da história da construção do conhecimento, um bom currículo escolar deve permitir ao aluno considerar as várias perspectivas para apreciar determinada questão.

A tarefa da pedagogia é a de produzir uma história simplificada que lance uma luz sobre a matéria, mas que não seja uma mera caricatura do processo histórico. A simplificação deve levar em consideração a faixa etária dos alunos e todo o currículo a ser desenvolvido. História e ciência podem tomar-se mais e mais complexas à medida que assim o exija a situação educacional. (MATTHEWS, 1995, p. 177)

Segundo Matthews (1995), Thomas Kuhn acreditava que na educação de cientistas a História da Ciência deveria ser apresentada de forma distorcida para fazer os alunos acreditarem que era parte integrante de uma cultura bem sucedida, a científica, em busca da verdade o que motivaria sua criatividade e os tornaria mais inovadores (KUHN, 1970). Ainda segundo Matthews (1995), Stephen Brush, reitera que os estudos da História da Ciência deveriam ser utilizados por um público científico maduro, pois ela poderia acabar com o dogma científico que mantém o entusiasmo do principiante (BRUSH¹⁵, 1974). Matthews (1995) faz referência ao relato de Heilbron sobre o que disse o presidente da Associação Britânica para o Progresso da Ciência em 1901 “se a confiança de que seus métodos são armas com as quais ele pode abrir seu caminho para a verdade fosse extraída do explorador científico, a paralisia dos que se prendem a uma tarefa fadada ao fracasso recairia sobre ele”. (HEILBRON¹⁶, 1983, p. 178)

¹³ KLEIN, M. J.: 1972, Use and Abuse of Historical Teaching in Physics , in S. G. Brush& A. L. King (eds.) History in the Teaching of Physics, University Press of NewEngland, Hanover.

¹⁴ WHITAKER, M. A. B.: 1979, History and Quasi-history in Physics Education Pts I, II , *Physics Education* 14, 108-112,239-242.

¹⁵ BRUSH, S. G.: 1974, “Should the History of Science be Rated X?”, *Science* 18, 1164-1172.

¹⁶ HEILBRON, J. L.: 1983, The Virtual Oscillator as a Guide to Physics Students Lost in Plato s Cave , in F. Bevilacqua and P. J. Kennedy (eds.), Using History of Physics in Innovatory Physics Education, Pavia, pp. 162-182.

Na visão de Matthews a História e a Ciência podem se tornar gradativamente mais complexas na medida em que assim o exija a situação educacional. Lida-se melhor com o problema das distorções quando se apresenta a História, Filosofia e Sociologia da Ciência de forma mais adequada nos treinamentos de futuros profissionais e de profissionais já atuantes pois, a visão de ciência do professor está associada a sua formação. O problema hermenêutico de interpretação na História da Ciência não impede o uso da história, mas pode demonstrar como a subjetividade afeta a própria ciência.

1.4 Estudos de História da Ciência no Ensino de Ciências

Para embasar nossa pesquisa foi realizado um levantamento bibliográfico, com o objetivo de identificarmos estudos sobre o uso da HC no ensino de Ciências como estratégia pedagógica e de divulgação científica, relativo ao período de 1999 a 2009, em artigos publicados em três revistas científicas nacionais: *Ciência & Educação*, *Investigações em Ensino de Ciências*, *Química Nova na Escola* e em uma revista internacional: *Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias*. A escolha dessas revistas se deveu ao fato de serem quatro grandes periódicos de divulgação na área de ensino de Ciências. Nesse levantamento, foi possível evidenciar que houve uma maior divulgação de trabalhos sobre o tema nos últimos anos. Dessa forma, pode-se concluir que são crescentes as pesquisas na área, as quais têm ganho relevância no meio acadêmico.

Essa pesquisa bibliográfica foi realizada a partir das revistas disponibilizadas em meio eletrônico nos respectivos portais na Internet, cujos endereços disponíveis na Internet: *Ciência & Educação* – <http://www.scielo.br/index.php/ciedu/index>; *Investigações em Ensino de Ciências* – <http://www.if.ufrgs.br/ienci/>; *Química Nova na Escola* – <http://qnesc.sbq.org.br>; *Enseñanza de Las Ciencias* - <http://www.doaj.org/>; foram acessados no 1º semestre de 2010.

Os artigos que correspondiam à busca específica sobre a abordagem da História da Ciência em ensino de Ciências foram selecionados e classificados em duas grandes categorias, divididas em subcategorias, que foram apresentadas na ordem, como abaixo:

- A) Artigos referentes à abordagem da HC numa perspectiva de estudos reflexivos (aqueles que investigam as estratégias didáticas relativas ao uso da HC, por meio de outros trabalhos de pesquisa, de textos científicos originais e de livros didáticos) acerca:

- A. 1) das razões para incluir a HC no ensino de Ciências;

- A. 2) das diferentes abordagens da dimensão histórica na HC;
- A. 3) da gênese do conhecimento científico e de sua construção;
- A. 4) do currículo para formação de professores;
- A. 5) da articulação interdisciplinar.
- B) Artigos referentes à abordagem da HC numa perspectiva de estudos práticos (aqueles que investigam como a HC é utilizada por professores em sala de aula) acerca:
 - B. 1) do currículo para formação de professores;
 - B. 2) das concepções dos estudantes sobre a natureza da ciência;
 - B.3) das potencialidades de utilização da natureza da ciência no ensino.

A) *Abordagem da História da Ciência numa perspectiva de estudos reflexivos*

A inclusão da Natureza da Ciência nos currículos de ciências torna-se relevante por ser considerada um dos componentes para o letramento científico e tecnológico, os quais decorreriam da contextualização das ciências, mas na prática surgem grandes dificuldades, por isso, Santos (2003) parte dos programas tradicionais das disciplinas do curso de ciências do ensino médio e seleciona alguns exemplos como: a revolução neolítica, a revolução industrial e a revolução científico-tecnológica para serem tratados em aula. O objetivo é fazer com que os alunos percebam a inter-relação dos aspectos científicos, tecnológicos e sociais (econômicos, políticos e culturais) proporcionando ensino de ciências com enfoque em uma dimensão crítica sobre CTS. Esse autor sugere que a História da Ciência é uma fonte riquíssima para extrair tais exemplos, por mostrar um elevado número de situações das relações CTS, uma vez que todo o conteúdo científico apresenta sua própria história e essa não pode estar isolada dos fatores sociais nem do contexto em que se desenvolveram. O resultado desse estudo pode propiciar uma concepção de ciência menos dogmática, em evolução e em relação multidirecional com outros fatores e saberes. Esse estudo constatou que os professores devem adquirir determinados conhecimentos sobre a História da Ciência e saber como comunicá-los para que seja possível uma visão mais humanista da sociedade e também da ciência e da tecnologia.

Para a Didática das Ciências, a educação científica deve fazer com que os alunos compreendam melhor a Natureza da Ciência, com o objetivo de que possam tomar decisões mais adequadas sobre questões tecno-científicas de interesse social e para que se garanta o nexo entre a prática docente e as crenças sobre a Natureza da Ciência. Acevedo *et al.* (2005),

mostram, por meio de investigações, que a Didática das Ciências transmite esses objetivos que não estão suficientemente sustentados pela investigação que ela própria produz, e verificam que, na hora de tomar decisões tecno-científicas, os cidadãos levam mais em conta suas crenças pessoais do que o conhecimento sobre a Natureza da Ciência. Nessa linha, não existiria, necessariamente, uma coerência entre a crença dos professores em relação à Natureza da Ciência e sua prática pedagógica. Esses autores afirmam que é necessária a reflexão crítica sobre as razões para incluir a Natureza da Ciência no ensino de ciências.

Por outro lado, Praia, Gil-Pérez e Vilches (2007) argumentam que a tomada de decisões em assuntos tecno-científicas de interesse social não necessita de nível de conhecimento científico muito elevado, mas um conhecimento suficiente sobre aspectos de cidadania e ética, relativos à problemática em questão. Os autores afirmam também que a posse de conhecimentos específicos não garante a adoção de decisões socialmente adequadas.

Almeida (2004), ao analisar trabalhos de pesquisa, práticos e teóricos, relativos ao uso da História da Ciência constata as diferentes abordagens históricas que priorizam a dimensão científica em detrimento da dimensão histórica. A partir dessa constatação, analisa as diferentes perspectivas da produção historiográfica da HC para compreender a noção do discurso histórico com o objetivo de comprovar que a abordagem histórica adequada ao ensino de ciências pode ocorrer, condicionada à natureza do discurso historiográfico, se for colocado na mediação com os estudantes. Essa autora conclui sua análise ao confirmar a necessidade de serem explicitadas as perspectivas segundo as quais são realizadas as narrativas historiográficas, compreendendo essas perspectivas como a consideração de pontos cruciais a saber: o que levou o narrador a dizer, selecionar, afirmar e sustentar determinado fato científico, uma vez que não se pode falar em uma única natureza para a História da Ciência.

Uma das maneiras de utilizar a HC nessa perspectiva é por meio da análise da gênese do conhecimento científico e da sua construção. Essa perspectiva foi constatada em Oki (2002), ao analisar a evolução do conceito de elemento químico, como exemplo de utilização da história e epistemologia da Ciência no ensino, objetivando a melhoria do ensino de ciências.

Porto (2004), em sua pesquisa sobre o tema, procura mostrar como a explicação para a aparente transformação de ferro em cobre era objeto de controvérsia entre eruditos pensadores no séc. XVIII. Esse autor afirma que conhecer as ideias desses estudiosos do

passado pode ser um exercício interessante acerca da existência da diversidade de explicações alternativas para um mesmo problema.

Em outra pesquisa, Oki (2004) apresenta os principais conceitos introduzidos por Thomas Khun sobre dois episódios da História da Química: a revolução química de Lavoisier e o novo sistema de filosofia química de Dalton. A autora considera que esses conhecimentos contribuem para uma visão crítica da ciência e dos cientistas, possibilitando uma educação de qualidade em ciências. É relevante apontar também o estudo de Mattos e Hamburguer (2004) que mostra o problema apresentado por Maxwell, em 1871, sobre a geração de diferenciais térmicos sem custo energético, violando a Segunda Lei da Termodinâmica, bem como sua resolução, por Brillouin em 1962. Os autores desse artigo apresentaram a evolução histórica e epistemológica desse fato, de modo a prepará-lo como um exemplo a ser utilizado como instrumento de aprendizagem nos cursos de formação de professores de ciências. O problema de Maxwell representa um excelente exemplo de questões sobre os limites das teorias científicas e da necessidade de criação de novos conceitos para dar conta da diversidade das dimensões de um problema, além de servir de instrumento de articulação entre as disciplinas.

Nesse aspecto, Gorri e Filho (2009) sugerem a possibilidade de colocar disciplinas distintas em comunicação, a partir da análise de uma pintura executada em 1768 por Joseph Wright of Derby, na obra “Um experimento com um pássaro na bomba de ar”. Esses autores avaliaram o tema (que também é de interesse da Química), na articulação entre conteúdo científico, escola artística e momento filosófico de sua elaboração. Essas áreas do conhecimento fatalmente seriam percebidas por estudantes e professores do ensino médio desvinculadas em seus conteúdos.

Outra pesquisa que se refere à interdisciplinaridade é a de Bagatin *et al.* (2005), em que apresentam o trabalho de Louis Pasteur sobre luz polarizada por cristais e propõe um experimento simples, que pode ser utilizado por professores de Química e Física, na explicação desse conteúdo. Estudos como esses que revelam a forma dinâmica e não acabada da ciência e como os conteúdos se articulam entre as disciplinas podem ser utilizados para mostrar aos estudantes uma concepção mais adequada do processo de desenvolvimento da ciência e contribuir como instrumentos para o aprendizado.

Uma outra pesquisa sobre o uso de textos originais é a de Badillo *et al.* (2009) que analisa os contextos conceituais e metodológicos em que se formularam as Leis Ponderais (lei da conservação dos pesos, lei das proporções definidas, lei das proporções múltiplas, lei dos volumes de combinação e hipótese de Avogadro). Esses textos mostram que os químicos não

podiam observar diretamente os processos que haviam ocorrido no objeto do conhecimento e da investigação. Era preciso criar uma representação mental desses processos, mostrando que a versão epistemológica empirista e positivista não pode ser admitida o que contribuiria para uma visão crítica da ciência.

Um trabalho que também utiliza a História da Ciência por meio da gênese e da construção do conhecimento é o de Filgueiras (2004), que apresenta os aspectos das teorias filosóficas que precederam à elaboração da teoria atômica de Dalton, com o objetivo de mostrar o encadeamento de ideias que levou ao aparecimento dessa teoria. Nessa mesma linha metodológica, Flôr (2009) apresenta episódios históricos envolvendo a síntese de elementos transurânicos e consequente alteração da tabela periódica, analisando como ocorreu a comunicação das ideias e produções científicas naquele contexto. Segundo Flôr, esse trabalho pode contribuir para uma leitura mais crítica da ciência, uma vez que possibilita mudanças na visão de ciência do professor e dos estudantes.

Ainda na linha da gênese do conhecimento científico e da sua construção, Dias e Martins (2004) apresentam o trabalho experimental sobre eletromagnetismo realizado por Michael Faraday no início do séc. XIX. Seus estudos mostram alguns fatos da história desse cientista que normalmente não aparecem nos livros texto, mas que seriam essenciais para o entendimento do seu trabalho e de sua trajetória. Na conclusão, os autores destacam que, a História da Ciência como prática em sala de aula estaria condicionada à apresentação desse conteúdo no currículo de formação dos professores e na abordagem crítica do fazer científico. Scheid, Ferrari e Delizoicov (2005), também recomendam que a HC deva ser introduzida nos cursos de formação de professores. No trabalho de interpretação de relatos sobre a evolução do conhecimento científico, que culminou no modelo de dupla hélice para a molécula de DNA, os referidos pesquisadores explicitam aspectos da produção do conhecimento que contribuem na compreensão de que a Ciência constitui-se, inclusive, em uma construção sócio-histórico-cultural.

Outro estudo que ajuda a refletir sobre a prática docente, é o de Baldinato e Porto (2008) que identificaram e analisaram algumas estratégias didáticas encontradas na transcrição do discurso de Michael Faraday numa conferência intitulada “A história química de uma vela” (1861). Faraday apresentou estratégias para tornar efetiva a disseminação do que ele julgava ser útil ao seu público em termos da ciência da sua época. Diante do resultado, os autores acreditam que o estudo e a interpretação de textos de grandes divulgadores da ciência podem suscitar reflexões valiosas para o processo de ensino e aprendizagem em

contextos atuais e contribuir para a manutenção do diálogo necessário à melhoria da formulação das estratégias de ensino e divulgação da ciência.

Harres (1999) reforça a ideia de que uma epistemologia escolar pode guiar a investigação na área de ciências e confirma a importância em considerar essa epistemologia na formação de professores. Esse reforço ocorre a partir da constatação do estado atual da pesquisa em relação às concepções sobre a Natureza da Ciência fora do contexto brasileiro. Ainda sobre a formação docente, Gonçalves e Marques (2006) repensam as características metodológicas das atividades experimentais no ensino de Química, a partir de uma abordagem pedagógica e epistemológica. Também buscam compreender as características dos discursos sobre as propostas de experimentos divulgados na seção “Experimentação no Ensino de Química”, da revista Química Nova na Escola. Os autores alegam a necessidade de problematizar os discursos que reduzem a motivação em sala de aula ao desenvolvimento de atividades experimentais, a fim de refletir acerca da natureza epistemológica da experimentação. Eles concluem que os resultados obtidos com o questionamento dos discursos podem contribuir para enriquecer o conhecimento discente a respeito do papel da experimentação na produção do conhecimento científico.

Conforme Lôbo e Moradillo (2003), a racionalidade técnica como modelo de formação docente tem se mostrado ineficaz para lidar com os problemas complexos da sala de aula. Esses autores mostram que as concepções epistemológicas devem estar inseridas na formação de professores de Química como um dos pressupostos para uma formação mais crítica e para a superação do modelo tecnicista. O reconhecimento das limitações da educação científica tradicional conduziu a necessidade de inovar o ensino de ciências e produzir novos currículos onde a História da Ciência aparece como dimensão importante na formação da cidadania. No contexto português, Duarte (2004) verifica se os professores estão preparados para praticar as reformas curriculares e as novas formas de ensinar ciências, a partir de trabalhos realizados com professores portugueses e da análise dos currículos de formação de professores de ciências. As constatações obtidas são de que, apesar de alguns professores valorizarem a História da Ciência no ensino das ciências, isso não parece ser necessariamente congruente com a utilização da HC nas suas práticas. Para enfrentar esses desafios, exige-se inovar as estratégias de formação do professor, seja na formação inicial, seja na formação continuada.

Outros resultados que reforçam a importância da HC, na formação de professores e na integração entre as disciplinas, advém da análise de livros didáticos como a de Gonçalves

(2005), que ao reconhecer que livros didáticos exercem influência na formação de pesquisadores e profissionais, investiga a Natureza da Ciência veiculada na obra de Geologia Introdutória “Decifrando a Terra” em que procura identificar a influência dos naturalistas James Hutton e Charles Lyell, e verificar a presença, a ausência e a forma de como certo elemento histórico é utilizado e quais são os aspectos históricos e filosóficos no contexto do argumento empregado pelos autores do livro didático. No livro sob análise, esses aspectos ocupam diferentes funções conceituais e semânticas na construção dos conhecimentos geológicos. Carneiro e Gastal (2005) analisam livros de Biologia do ensino médio e universitário, a partir dos anos 60, para indicar as concepções de Ciência que esses livros veiculam. As autoras alertam que a preocupação deveria ser, não só para a presença da HC nos livros didáticos, mas, sobretudo, para a falta de uma análise crítica do tipo de HC que os manuais didáticos apresentam e como a História e a Filosofia das Ciências devem ser trabalhadas. As pesquisadoras chegaram à conclusão de que os livros analisados apresentam a HC do programa positivista de educação científica e alertam que: para inserir a HC de maneira satisfatória é preciso repensar o curso de formação inicial e continuada de professores.

Posteriormente, Silva *et al.* (2008) analisaram livros didáticos de História, trecho de uma Memória Científica do séc. XVIII e uma dissertação de mestrado para verificar a presença de referências às atividades científicas no Brasil Colonial e como essa questão era tratada. O objetivo desses pesquisadores era constatar as mudanças na linguagem científica e a articulação do conhecimento científico com a História das Ciências e a História do Meio Ambiente respectivamente. A partir dessa análise concluem que a História da Ciência pode ser usada para abordar conteúdos de forma contextualizada e integrada a outras disciplinas do currículo escolar.

Com referência a análise de livro didático Vidal, Cheloni e Porto (2007), em sua pesquisa confrontam as contribuições de Antoine L. Lavoisier para a construção da Química moderna com os relatos encontrados em livros didáticos de Química e apontam suas discrepâncias. Os autores concluem que estudos de casos em História da Ciência podem ajudar o educador na construção de conceitos e na construção de uma visão da ciência como atividade complexa.

B) *Abordagem da História da Ciência numa perspectiva de estudos práticos*

Compreender a Natureza da Ciência pressupõe a existência de uma discussão histórico-epistemológica como se pode constatar no trabalho de Delizoicov, Carneiro, Delizoicov (2004), por meio de entrevista com professores do ensino fundamental e médio, de análise de livros didáticos desses mesmos níveis de ensino e de manuais utilizados na formação de professores de Biologia. Os autores evidenciaram a ausência de contextualização histórica para a analogia “coração-bomba” e a falta de conhecimento dos professores sobre a gênese dessa analogia e dos aspectos históricos na interpretação do movimento do sangue no corpo humano. A partir dessas evidências, discutem a contribuição que a História da Ciência pode dar, para enfrentar esses problemas e apresentam um estudo histórico-epistemológico das explicações de Galeno, Harvey entre outros para o movimento do sangue no corpo humano. Argumentam que nesse trabalho foi possível explicitar o contexto sócio-cultural em que foram produzidos os conhecimentos e os aspectos em que a HC auxilia a compreensão da gênese da analogia e recomendam a inserção da História e da Filosofia das Ciências nos currículos de formação de professores.

Ainda nessa linha da formação docente, Rosa e Martins (2007), com o objetivo de verificar a possibilidade de inserção da História e da Filosofia da Ciência no currículo de formação de professores de Física da Universidade Federal da Bahia, analisam: o currículo da perspectiva da estrutura da matriz disciplinar, as disciplinas e suas ementas e a percepção dos professores do Instituto de Física em relação ao tema e suas práticas. Os resultados desse estudo apontam para a necessidade de se inserir a História e Filosofia da Ciência na formação continuada de docentes universitários ligados à formação inicial de professores de Física. Essa necessidade foi reforçada por Sheid, Ferrari e Delizoicov (2007) que investigam estudantes de um curso de Ciências Biológicas de uma Universidade Comunitária do Rio Grande do Sul com o objetivo de caracterizar suas concepções sobre a Natureza da Ciência. Os resultados indicam uma visão de ciência socialmente neutra, descontextualizada e elitista o que caracteriza uma visão da Natureza da Ciência inadequada. Os autores argumentam que é imprescindível uma formação que possibilite ao professor uma visão de ciência como processo que se desenvolve no contexto sócio-histórico-cultural.

Diante das considerações feitas até o momento, Massoni e Moreira (2007) apresentam uma análise quantitativa das mudanças ocorridas nas concepções dos alunos sobre a Natureza da Ciência. Essa análise ocorreu a partir de um estudo de caso etnográfico sobre a contribuição de diferentes visões epistemológicas contemporâneas na formação de professores

de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com o objetivo de superar as visões empiristas-indutivistas. O estudo verificou a mudança ocorrida nas concepções dos alunos sobre a Natureza da Ciência e sugeriu uma formação de professores de Física mais reflexiva e crítica. De acordo com Paixão e Cachapuz (2003), a análise crítica do desempenho de professoras nas suas práticas de ensino, antes e após a formação na dimensão epistemológica sobre “conservação da massa nas reações químicas”, permitiu verificar que as docentes tiveram uma evolução da perspectiva realista ingênua para um realismo crítico e contextual, além de uma mudança na organização do processo de ensino aprendizagem. Os autores sugerem que o estudo pode ser usado na formação de professores.

Outro estudo que investiga as concepções dos estudantes sobre a Natureza da Ciência é o de Guisasola e Moretin (2007). Essa pesquisa foi realizada com alunos do 2º ano de Graduação em Educação Primária, na Escola de Magistério de Bilbao (Universidad del País Vasco) e versa sobre: os objetivos, metodologia e evolução do conhecimento científico. Os autores desenvolvem uma proposta didática, por meio de questões específicas, reflexões sobre situações concretas e investigações guiadas em relação aos aspectos mais relevantes da Natureza da Ciência. Essa proposta didática tem como meta verificar a compreensão que os estudantes têm sobre alguns aspectos concretos da Natureza da Ciência que se associam ao ensino de ciências. Os resultados sugerem que a maioria dos futuros professores apresenta uma concepção positivista, pois acreditam que a ciência é portadora de verdades absolutas uma vez que os dados são observáveis e que a observação é a etapa mais importante do método científico. Acreditam também que os fatos científicos dão significado a teoria e que o progresso científico sempre é crescente. O estudo aponta que é necessário prover os futuros professores de materiais didáticos adequados, para que possam refletir e integrar os diferentes aspectos da Natureza da Ciência. Nesse sentido, Ostermann *et al.* (2008) sugere a necessidade de preparar materiais didáticos adequados para a formação inicial e continuada de professores. Essa demanda surge a partir da constatação da dificuldade que os alunos, de um curso de mestrado profissional em ensino de Física, tiveram de aplicar a epistemologia de Larry Laudan a exemplos concretos da Física. O material didático produzido explora os conceitos centrais dessa epistemologia e trata a Física Quântica como um exemplo de tradição de pesquisa. O objetivo desse material didático é integrar epistemologias contemporâneas a episódios da Física, contribuindo para que se estabeleça uma fundamentação epistemológica no ensino de conceitos científicos.

Pereira e Amador (2007) analisaram os manuais escolares da disciplina Ciências da Natureza do 5º ano do Ensino Básico Português em relação à sua adequação como material auxiliar ao desenvolvimento das competências do domínio epistemológico sobre a História da Ciência, o que foi formulado nas orientações estabelecidas em documentos oficiais (Currículo Nacional do Ensino Básico). Os autores formularam alguns juízos de valor sobre os manuais analisados quanto à informação histórica que, embora presente, não é, na grande maioria das situações, apresentada de forma adequada com o desenvolvimento de concepções consideradas corretas sobre a natureza e evolução do conhecimento científico.

Outros autores explicitam as potencialidades da aproximação entre a História e a Filosofia da Ciência da educação científica como se pode ver no trabalho de Oki (2008) que tem por objetivo explorar essas potencialidades mediante a utilização do ensino da História da Química. Para isso, elaborou e utilizou materiais didáticos sobre as controvérsias entre atomistas e anti-atomistas em relação à aceitação do atomismo no séc. XIX. Em seu trabalho, articulou os conteúdos históricos tradicionalmente trabalhados numa perspectiva cronológica, com conteúdos de natureza epistemológica, abordados nos diversos contextos históricos. Os resultados mostraram que introduzir conteúdos de Filosofia da Ciência possibilita maior compreensão da Natureza da Ciência e aquisição de concepções menos simplistas e mais contextualizadas das ciências.

Em outro trabalho Leal (2001) utiliza o processo de desenvolvimento da Química ocorrido entre o final do séc. XVIII e meados do séc. XIX para discutir o modo como a ciência Química funciona. Realizou junto aos alunos um estudo das relações entre as leis de Lavoisier, Proust e Dalton com a teoria atômica de Dalton, com o objetivo de evidenciar o papel suporte empírico desta teoria desempenhado pelas leis ponderais e, no sentido contrário, a teoria fornecendo explicação para as generalidades indicadas nas três leis. O autor concluiu que a discussão da presença de posições conflitantes no seio do desenvolvimento da ciência é um elemento importante para a desmistificação da ciência e para o seu desenvolvimento dentro da educação escolar, além disso, contribui para aumentar a atenção dos professores para os aspectos relacionados à organização e ao desenvolvimento da Química, como um sistema teórico-conceitual com o qual buscamos representar e explicar o comportamento do mundo material.

Neves *et al.* (2008) pesquisam sobre os experimentos de Galileu relativos ao plano inclinado em manuscritos, correspondências e outros documentos e o seu livro “Discursos e demonstrações matemáticas acerca das duas novas ciências a respeito da mecânica e dos

movimentos locais”. A partir dessas informações discutem as possibilidades de realização, na época, desses experimentos e seu caráter epistemológico. Além disso, recriam o experimento utilizando quatro meios de medição de tempo: pulso cardíaco, pêndulo, relógio d’água e cronômetro digital com o objetivo de vivenciar as dificuldades que Galileu teve na medição do tempo. Com esse experimento, pode-se demonstrar que com materiais simples é possível levar essa polêmica para a sala de aula. Esse trabalho levou os autores a concluir que um estudo mais aprofundado sobre alguns experimentos científicos pode permitir desenvolver algumas das competências e habilidades sugeridas no documento dos Parâmetros Curriculares Nacionais.

El-Hani, Tavares e Rocha (2004) analisam as concepções epistemológicas dos alunos do ensino superior na formação inicial de pesquisadores e professores de Biologia e, logo após, discutem exemplos históricos enfocando conteúdos epistemológicos de maneira direta. Esse estudo promoveu uma evolução das visões sobre a Natureza da Ciência quanto: à mudança das visões sobre a demarcação entre ciência e outros modos de conhecimento, as diferenças entre leis e teorias e as relações entre modelos e evidências, mas não obteve essa evolução no que diz respeito às visões sobre a experimentação. Esse fato reforça a importância do trabalho teórico de Gonçalves e Marques (2006) citado na seção de artigos reflexivos quanto à necessidade de reflexão acerca dos entendimentos sobre a natureza epistemológica da experimentação.

O fato dos alunos não mudarem suas visões prévias em relação à natureza da ciência também foi confirmado por Viau, Zamorano, Gibbs e Moro (2006) quando desenvolveram experiências com um grupo de alunos do último ano de Bacharelado do ensino superior em uma aula de Física. Essas experiências tratavam do assunto relativo a campo elétrico e eram semelhantes a alguns fenômenos ocorridos num parque da cidade cuja construção objetivava conter as dunas litorâneas. Concomitantemente a esses experimentos, os pesquisadores promoveram uma série de atividades de reflexão sobre a natureza da ciência.

Alguns artigos científicos analisados apontam para uma posição construtivista que é compartilhada por diferentes tradições de pesquisa no ensino de ciências. A identificação dos modos de pensar dos alunos é um aspecto de fundamental importância no ensino e aprendizagem da ciência como exposto por Rosalind Driver *et al.* (1999), num estudo para saber como os alunos recorrem a seu conhecimento informal e interagem com as formas científicas de conhecimento introduzidas na sala de aula. Esse estudo mostra que os alunos de ciências possuem representações cotidianas sobre os fenômenos científicos que são

construídas, comunicadas e validadas dentro da cultura do dia a dia e que existem diferenças ontológicas e epistemológicas entre o raciocínio cotidiano e o raciocínio científico. Esses pesquisadores concluem que essas diferenças podem criar obstáculos para a compreensão individual e defendem a posição de que os indivíduos precisam entender, de forma pessoal, as maneiras de ver o mundo que lhes foram apresentadas.

Covolán e Silva (2005) destacam pesquisa sobre o que os estudantes do Ensino Médio pensam em relação ao conceito de entropia e utilizam, como estratégia para sua pesquisa, textos sobre temas elaborados com linguagem acessível e trechos da Evolução das ideias do conceito de Entropia e da Física Térmica. Ainda a respeito das concepções dos estudantes Teixeira, Freire Jr. e El-Hani (2009) investigaram as mudanças sofridas nas concepções apresentadas pelos estudantes de Física do ensino superior acerca da Natureza da Ciência em relação ao estudo dos movimentos, de sua descrição, causa e conservação. Ambos os trabalhos verificam a capacidade dos alunos para superar sua visão espontânea e reelaborar suas concepções após uma abordagem das dimensões históricas e filosóficas da atividade científica.

Partilham dessa pesquisa metodológica Kosminsky e Giordan (2002), ao investigarem o que pensam os estudantes acerca do que vem a ser ciências e como procedem os cientistas no dia-a-dia. Os resultados alcançados indicam uma compreensão insuficiente por parte dos estudantes sobre como se organizam a empresa científica e suas comunidades. Diante disso, os autores concluem que o desconhecimento sobre como pensam e agem os cientistas impede a aproximação dos alunos da cultura científica. Outro aspecto do estudo das concepções, apontado por Silva e Amador (2002), procura identificar os modelos mentais dos alunos quando colocados perante situações problemáticas no domínio da hidrogeologia e na detecção de eventuais evoluções destes modelos. A análise dos resultados informou que os modelos mentais poderão sofrer algumas alterações quando confrontados com atividades baseadas em modelos históricos. Os referidos autores consideram que esse tipo de estudo pode fundamentar estratégias e materiais didáticos que contribuem para o enriquecimento e a revisão dos modelos mentais dos alunos.

Reis, Rodrigues e Santos (2006) ao analisarem os conteúdos de histórias e desenhos elaborados pelos alunos do 1º ciclo do Ensino Básico, sobre o trabalho dos cientistas, verificam que, para a maioria dos alunos, a realidade da ciência consiste num conjunto de ideias estereotipadas e distorcidas. A investigação permitiu constatar que essas ideias originam-se dos meios de comunicação social e da ausência de qualquer tipo de intervenção e

discussão da escola na análise crítica dessas concepções e em aspectos que dizem respeito à natureza da ciência.

Os artigos supramencionados confirmam a relevância da análise histórica de conteúdos das Ciências, seja para a prática docente, seja para a formação inicial e continuada de docentes, bem como para o desenvolvimento da aprendizagem de Ciências na linha do letramento científico.

2 – HISTÓRIA DOS MODELOS ATÔMICOS

Considerando-se a opção metodológica pela construção do conhecimento a partir da História da Ciência, neste capítulo será apresentada uma revisão de literatura sobre a ampla jornada humana no sentido de se evidenciar a construção dos modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford-Bohr, os quais constituem o objeto específico da base analítica deste trabalho, relativamente à sua exposição nos livros didáticos de Química do PNLEM/2007.

Nesse sentido, a extensão do recorte histórico feito para os fins deste trabalho justifica-se pela necessidade de propiciar reflexão mais abrangente sobre algumas realidades contemporâneas aos cientistas que serão apresentados. Portanto, partindo da premissa platônica de que todo conhecimento é apenas memória e com a clareza de que não será alcançada toda a extensão da realidade passada, dada sua impossibilidade, esta revisão busca uma dimensão suficiente para contemplar as concepções de Ciência supra qualificadas. Basicamente foram consultados os dois trabalhos acadêmicos: Lopes (2009) e Viana (2007), nos quais foi abordada a história da construção dos modelos atômicos, cujos autores consultaram os documentos originais dos cientistas envolvidos na elaboração desses modelos, bem como das concepções de ciência e nas imprecisões históricas correlatas.

2.1 A compreensão da matéria na Grécia Antiga

Na abdicação do “auxílio” das forças divinas na tentativa de compreensão dos fenômenos ocorridos na natureza, uma corrente de filósofos gregos, segundo Vidal (1986), passou ao exercício da razão na elaboração de diversas teorias para explicar a constituição da matéria, dentre as quais tem destaque, pela vanguarda que representa “A Teoria dos Elementos” elaborada pelo filósofo grego Tales de Mileto (624-546 a.C.), nascido na Jônia (Ásia Menor), que também se dedicou aos estudos da eletrização de corpos por atrito de pedras de âmbar. Esse filósofo acreditava que o elemento básico do princípio do mundo era a água, por ser um material amorfo o que possibilitava adquirir todas as qualidades e propriedades das coisas da natureza e sobre a qual a Terra flutua e é o começo de todas as coisas. Seguiram-se outros filósofos que se dedicaram a compreender a matéria em sua constituição: Anaximandro (610-545 a.C.) com o apeiron, Anaxímenes de Mileto (570-500 a.C.) com o ar, pois ao comprimi-lo se obtém água, Heráclito de Éfeso (540-480 a.C.) com o

fogo, Xenófanes da Jônia (570-480 a.C.) com a terra como elemento primitivo, Permênides (540-450 a.C) com o Universo, sendo o Ser, Empédocles (485-425 a.C) com os quatro elementos: o fogo, o ar, a água e a terra e Anaxágoras (480-428 a.C) com um número quase infinito de corpos.

Mas de acordo com Vidal (1986) foram as teorias dos elementos dos filósofos Platão e Aristóteles que tornaram as explicações sobre a constituição da matéria mais compreensíveis. O filósofo Platão (427-374 a.C) pensava que os quatro elementos: fogo, ar, água e terra eram os constituintes da matéria, mas não o princípio primeiro que a constituía. Para ele, Deus tinha harmonizado matematicamente os elementos, e então, imaginava a matéria como uma forma geométrica (triângulos de base). Para esse filósofo, cada figura geométrica corresponde a um elemento constituinte da matéria de acordo com suas características. As modificações na matéria se davam pela dissociação e recombinação nos seus triângulos de base.

O filósofo Aristóteles (384-322 a.C), segundo estudos de Vidal (1986), imaginava, como Platão, que a matéria seria formada pelos elementos fogo, ar, água e terra. Para esse filósofo os elementos possuíam qualidades. Essas qualidades se dispunham aos pares para cada elemento: quente-úmido corresponde ao elemento ar, quente-seco ao elemento fogo, frio-úmido ao elemento água e frio-seco ao elemento terra. Aristóteles também compartilhava com as ideias de Platão quanto aos elementos transformarem-se uns nos outros. Essa transformação dependeria das mudanças nas qualidades do par que aconteceria por um sopro divino.

Surge nesta época a denominada teoria atomista, com Demócrito (460-370 a.C.), discípulo de Leucipo, com a crença de que toda a matéria do mundo era composta por partículas muito pequenas, indestrutíveis e indivisíveis, daí a denominação *átomo* para as partículas.

As teorias de Platão e de Aristóteles, ao possibilitar a transmutação de um elemento em outro irá alimentar as ideias dos pensadores da Idade Média (alquimistas), acabam prevalecendo à teoria atomista, por diversos motivos, dentre os quais se destacou a impossibilidade de Demócrito e seus seguidores de comprovarem a teoria atomista. Isso ocorreu porque, na Grécia Antiga, o homem tinha um espírito muito preocupado com a salvação, com a divindade e as teorias dos elementos se adequavam melhor às crenças em Aristóteles. Embora essas teorias tivessem como base a razão, elas se utilizavam de elementos que eram considerados potências divinas no Universo (VIDAL, 1986).

O filósofo Leucipo de Eléia, nascido por volta de 480 a.C, conforme estudos de Vidal (1986), também imaginava que a matéria era formada pelos quatro elementos, porém a matéria apresentava partes cheias e vazias. As partes cheias da matéria foram denominadas de “átomos” (aquilo que não pode ser dividido). Segundo Téllez (1992), Leucipo dizia que as partículas mais tênues, direcionando-se para cima, deram origem ao fogo e ao ar, e as mais sólidas, indo para baixo, originaram a água e a terra. Demócrito (460-370 a.C.) imaginou que, a diversidade de tudo que existe na natureza, se devesse ao fato dos átomos apresentarem asperezas (ganchos) e múltiplas geometrias o que possibilitava uma variedade imensa deles se associarem. Para o filósofo Paracelso (1493 -1541) a base da constituição da matéria era o sal que tinha como função unir entre si o enxofre e o mercúrio (teoria dos Três Princípios) que se combinavam de forma variada.

No séc. XVI, com o questionamento das ideias aristotélicas e o surgimento do Renascimento, com a introdução da corrente humanista, quando o homem passa a olhar para si mesmo, começa a surgir o interesse em relação ao atomismo e a construção de teorias corpusculares como sistema explicativo do Universo. Esse interesse é manifestado por Francis Bacon (1651-1626), Daniel Sennert (1572-1637), Joachim Junge (1578-1657), René Descartes (1596-1650), Isaac Newton (1642-1727) entre outros.

No entanto, somente Isaac Newton (séc. XVIII) substitui a aspereza dos átomos pelo conceito clássico de força, na manifestação da interação entre elementos constitutivos da matéria no seu agrupamento e consegue ultrapassar a concepção vigente à época.

2.2 Modelo Atômico de Dalton

Segundo Viana (2007), Jonh Dalton nasceu, em 1766, em Eaglesville, na Inglaterra e veio a falecer em 1844. O professor com quem iniciou seus estudos em matemática manifestava interesse em filosofia natural e meteorologia. Foi possivelmente nessa época que Dalton despertou o interesse por fenômenos meteorológicos. Em 1780, Dalton mudou-se para Kendal onde permaneceu por doze anos. Nesse período observou fenômenos atmosféricos e registrou sistematicamente os dados. Em 1793, foi indicado por pessoas influentes de Kendal e mudou-se para Manchester para trabalhar como tutor de matemática e filosofia natural (Viana, 2007 apud Ferraz¹⁷, 2001). Nesse ano, publicou o seu primeiro livro “Meteorological Observations and Essays” que tratava de suas pesquisas sobre fenômenos meteorológicos.

¹⁷ Ferraz, M. H. M. Dalton, os estudos sobre a atmosfera e a matéria. *Ciência Hoje*. 30(176): 78-79, out. 2001.

Dalton acreditava que o vapor de água não se encontrava combinado quimicamente com outros gases da atmosfera, contrariando a compreensão existente no final do séc. XVIII, de que a atmosfera era uma combinação química de vários gases (gás nitrogênio, gás oxigênio, gás carbônico). A hipótese de Dalton era que o vapor de água deveria estar difuso entre os gases da atmosfera. Sendo assim, considerava a evaporação e a condensação do vapor de água como fenômenos não relacionados à combinação química (Viana, 2007 *apud* Trackray¹⁸, 1970). Em Manchester, Dalton continuou registrando dados meteorológicos. No ano seguinte começou a ministrar aulas de Química. Segundo afirma Viana (2007), em suas aulas utilizava o livro “Elements of Chemistry” do tratado de Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794). No começo do séc. XIX a partir dos dados registrados, de cálculos estatísticos e da quantificação dos gases constituintes da atmosfera Dalton procurou determinar a relação entre o vapor de água, os gases presentes na atmosfera e o calor. Dalton buscava compreender a homogeneidade da atmosfera apesar de ser constituída por vários gases de diferentes densidades e capacidade de expansão frente ao calor. Para explicar essa relação recorreu aos conhecimentos acerca do corpuscularismo newtoniano muito disseminado na Grã-Bretanha. Esse conhecimento passou, mais tarde a ser chamado por muitos de atomismo.

A ciência do séc. XVIII foi fortemente influenciada pelos trabalhos de Newton. Um bom exemplo são as concepções atomistas de Dalton, derivadas da interpretação do livro “Opticks” de Newton, que descreviam que os corpos seriam constituídos por partículas resultantes da força existente entre átomos (VIANA, 2007). No começo do séc. XIX já se conhecia que a atmosfera era constituída por vários gases diferentemente da constituição da atmosfera do período em que Newton viveu. De acordo com Viana (2007), Newton era um filósofo natural que relacionou o princípio da atração universal para o movimento dos corpos, em escala macroscópica, à explicação dos fenômenos em escala microscópica. Uma de sua hipóteses era que existiria uma força (interação) entre duas partículas microscópicas da mesma maneira que existiria uma força entre dois planetas e que essa força dependia da distância entre elas. Sendo assim, sua suposição era a de que as partículas constituintes dos gases, quando forçadas a ocupar um volume menor, teriam dificuldade de permanecerem juntas. Isso ocorreria devido à força de repulsão entre as partículas que variava inversamente com a distância. Outra hipótese de Newton era que as partículas seriam estáticas e os movimentos só aconteceriam se houvesse mudança nas condições do sistema. Assim, a posição relativa das

¹⁸ Thackray, A. *Atoms and Powers*. Cambridge (EUA), Harvard University Press, 1970. Fleming, R. S. Newton, Gases and Daltonian Chemistry: the Foundations of Combination in Definite Proportions. *Annals of Science*. 31(6): 561- 574, 1974.

partículas não sofreria mudança, somente a distância entre as partículas aumentaria ou diminuiria (Viana, 2007 *apud* Fleming¹⁹, 1974). Então, os três estados físicos da matéria (sólido, líquido e gasoso) dependeriam da posição relativa das partículas. Para Trackray (1970), conforme Viana (2007), Dalton acreditava que as menores partículas existentes na natureza eram esféricas, sólidas e não possuíam afinidade química. A hipótese de Dalton em relação à composição da atmosfera, com base nas forças repulsivas do mecanicismo newtoniano, era que cada gás se comportaria como um fluido elástico atuando como se outros gases não estivessem presentes na mistura gasosa. A concepção atomística de Dalton era que cada um dos gases que compõem uma atmosfera composta apresentaria uma pressão parcial idêntica àquela que apresentaria se não estivesse misturado a outros gases. Assim, átomos iguais sofreriam repulsão e átomos diferentes não sofreriam atração nem repulsão – primeira teoria das misturas gasosas. Portanto, não haveria uma combinação química entre essas partículas atômicas, somente forças mecânicas, ou seja, forças repulsivas entre tipos de átomos iguais. Essa primeira teoria das misturas gasosas sofreu críticas por parte dos pensadores da época pelo fato de existir forças específicas para tipos de átomos iguais. Essas críticas fizeram Dalton repensar seus fundamentos.

No entanto, a teoria corpuscular no séc. XVII não substituiu às concepções elementares. Elas convivem juntas durante algum período. Segundo Viana (2007), no séc. XVIII ainda observa-se a noção de elemento na teoria do flogístico (concepções ponderais na calcinação de um metal). Somente quando Lavoisier demonstra as insuficiências da teoria do flogístico, com o isolamento do gás oxigênio, a teoria corpuscular volta a receber atenção.

Ainda de acordo com Viana (2007), os trabalhos empíricos do cientista francês Lavoisier, na formação de substâncias resultantes da afinidade química, influenciaram as ideias de Dalton para explicar a homogeneidade da atmosfera. Assim, Dalton supôs que as partículas iguais sofreriam repulsão como já havia proposto e as partículas diferentes estariam arranjadas em grupos de dois devido à força de atração. Nesse caso era preciso modificar a primeira teoria das misturas gasosas que não admitia a atração ou repulsão de átomos diferentes. O equilíbrio entre as forças de repulsão e atração se manteria enquanto os gases estivessem misturados. No entanto, se as forças de equilíbrio fossem perturbadas, por alguma condição externa, a força de atração entre os átomos diferentes poderia prevalecer levando a uma combinação química entre as partículas.

¹⁹ Fleming, R. S. Newton, Gases and Daltonian chemistry: the Foundations of Combination in definite proportions. *Annals of Science*. 31 (6): 561-574, 1994.

Dalton desenvolveu um modelo de combinação baseado na interação entre os átomos na proporção de um para um (1:1), preferencialmente, o que tornava possível a proposição de fórmulas (regra da máxima simplicidade). Segundo Rocke²⁰ (2005), as sucessivas combinações entre átomos, na proporção 1:1, resultariam em fórmulas químicas que traduziriam as proporções envolvidas nessas transformações obedecendo à lei das proporções múltiplas. Além disso, a quantidade de átomos combinados implicaria em vários tipos de geometrias nas quais os átomos estariam dispostos de modo a minimizar as forças repulsivas (Viana, 2007 *apud* Rocke, 2005). Para Trackray (1970), a lei das proporções múltiplas de Dalton (proporções atômicas envolvidas nas combinações químicas) só despertou o interesse dos químicos quando apareceram demonstrações compatíveis com as análises químicas (VIANA, 2007 *apud* Trackray, 1970).

Viana (2007) destaca que durante os anos de 1802 e 1803, Dalton e William Henry (1774-1836) realizaram várias pesquisas sobre a solubilidade dos gases em água. Dalton buscava investigar a solubilidade dos gases tendo em mente a sua primeira teoria das misturas gasosas. Já William Henry desenvolveu experimentos sobre a solubilidade dos gases em água com o interesse de produzir água gaseificada para a indústria química de sua família. Iniciaram os experimentos com o gás carbônico, por ter sido, anteriormente, estudado sua solubilidade em água. Ao medir os valores de solubilidade do gás carbônico, em condições de pressão e temperatura constantes, William Henry verificou que os valores de solubilidade do gás carbônico em água eram muito variados. Ainda segundo o autor, Dalton sugeriu que as causas dessas variações provavelmente dependeriam da quantidade de outros gases, na amostra de gás carbônico, que não foram dissolvidos considerando que as amostras não seriam puras. Desse modo, a solubilidade do gás carbônico só poderia ser determinada pela análise dos gases que compunham a amostra e aplicação da lei das pressões parciais. Então, William Henry, utilizou a primeira teoria das misturas gasosas para explicar que cada componente da mistura gasosa era governado somente pela pressão do componente independente da identidade e da quantidade de outros componentes. A conclusão obtida por William Henry após, pesquisar a solubilidade de vários outros gases, foi de que a uma dada temperatura, a massa de gás absorvido pela água é diretamente proporcional à pressão – lei de Henry.

²⁰ Rocke, A. J. In search of El Dorado: John Dalton and the origins of the atomic theory. *Social Research*. 72:125-158, spring 2005.

Segundo Nash²¹ (1956), em Viana (2007), a partir dos trabalhos de William Henry, Dalton elaborou um modelo mecânico para a dissolução de um gás em água baseado na teoria atomista de inspiração newtoniana. Ao continuar suas pesquisas sobre a solubilidade dos gases nitrogênio, hidrogênio, oxigênio, óxido nítrico e gás carbônico em água, Dalton desenvolveu uma relação matemática para classificá-los de acordo com as frações de solubilidade. Observou que o valor de solubilidade do gás nitroso era muito maior do que a sua teoria de solubilidade previa. Então, especulou que esse gás estaria combinado quimicamente com o gás oxigênio que estaria residualmente dissolvido na água. Para explicar as variações de solubilidade desse gás, Dalton imaginou que a solubilidade dependeria do peso e do número de partículas dos gases (diferentes massas dos átomos).

A partir da investigação dos pesos relativos das partículas apresenta os resultados das massas atômicas relativas. De posse dos valores das massas atômicas relativas e das proporções em massa envolvidas em reações de formação de algumas substâncias, Dalton, estabeleceu uma relação (de combinação entre os átomos na proporção de 1:1) intermediada pela regra da máxima simplicidade. A combinação entre os átomos resultaria em fórmulas químicas que traduziriam as proporções em massa envolvidas nessas transformações – regra da máxima simplicidade. Segundo Nash (1956), ainda de acordo com Viana (2007), essas proporções em massa foram obtidas das análises dos experimentos de Lavoisier para a água (85% de oxigênio e 15% de hidrogênio em massa) e para os óxidos de carbono, de Austin para a amônia (80% de nitrogênio e 20% de hidrogênio em massa) e de Chenovix para o anidrido sulfúrico (61,2% de enxofre e 38,8% de oxigênio em massa). De acordo com Viana (2007), Dalton constatou ao analisar as proporções em massa, determinadas por Lavoisier, para a água que 15 g de hidrogênio se combinam com 85 g de oxigênio, ou seja, 1 g de hidrogênio para 5,66 g de oxigênio (valores que constam na primeira tabela de massas atômicas relativas de Dalton). Pela regra da máxima simplicidade estabelecida por Dalton, um átomo de oxigênio se combinaria com um átomo de hidrogênio, formando um “átomo composto” de água. Dalton verificou que a proporção em massa do elemento hidrogênio, nas reações em que estava presente, era sempre menor do que os outros elementos. Então, determinou que a massa atômica do elemento hidrogênio fosse padrão igual a um. Dessa forma um átomo de oxigênio deveria ter uma massa atômica relativa igual a 5,66 vezes maior que o padrão. A partir dessas massas atômicas relativas e seguindo o mesmo raciocínio outras massas atômicas relativas foram propostas, como por exemplo, dos óxidos de nitrogênio.

²¹ Nash, L. K. The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory. *Isis*. 47(2): 101-116, jun. 1956.

Com a determinação das massas atômicas do nitrogênio e do oxigênio conseguiu explicar as várias proporções em massa envolvidas na síntese dos óxidos de nitrogênio (1803) – lei das proporções múltiplas.

No entanto, segundo Viana (2007) até 1807 a crença na quantificação das forças de afinidade entre as partículas fez com que a tabela de massas atômicas relativas não despertasse interesse dos químicos. Esse fato só mudou a partir das demonstrações para as aplicações da lei das proporções múltiplas e assim a regra da máxima simplicidade teve reconhecimento na determinação das massas atômicas relativas.

De acordo com Viana (2007), dando prosseguimento as suas pesquisas Dalton realizou novos experimentos com substâncias orgânicas cujos resultados estavam de acordo com as leis das proporções múltiplas. Para explicar as combinações químicas admitiu que cada átomo “simples” ou “composto” seria circundado por uma “atmosfera” de calórico. Assim todas as espécies de átomos possuiriam atração pelo calor que poderia variar de acordo com seus calores específicos. Os átomos com maior calor específico (forte atração pelo calor) teriam uma “atmosfera” mais densa e larga ao seu redor, enquanto àqueles com menor calor específico (fraca atração pelo calor) teriam uma menor “atmosfera” ao seu redor (NASH²², 1950). Os diâmetros dos átomos variariam de acordo com a atração pelo calor e as diferenças de tamanho entre as “atmosfera” de calórico é que determinaria a repulsão entre os átomos iguais e a não interação entre átomos distintos – segunda teoria das misturas gasosas.

Conforme Viana (2007), a existência de partículas com tamanhos diferentes permitiu a Dalton inferir que volumes iguais de dois gases distintos possuiriam quantidades diferentes de partículas. Dalton supôs que os volumes de gases envolvidos em uma reação química poderiam ser usados para estimar o tamanho dos átomos. Dessa forma, a segunda teoria das misturas gasosas conseguia explicar as relações volumétricas de uma reação química. No entanto, essa teoria era um obstáculo à determinação das massas atômicas relativas sugeridas por Dalton as quais envolviam proporções em massa.

Dessa forma, e por meio da aproximação de que os átomos são “esferas” indivisíveis, Dalton conseguia prever grande parte dos resultados práticos já definidos pelas leis ponderais, o que justificou o modelo atômico a ele atribuído como autor.

²² Nash, L. K. *The Atomic – Molecular Theory. Harvard Case Histories in Experimental Science*. Cambridge (EUA): Harvard University Press, 1950.

2.3 Investigações da estrutura atômica no séc. XIX

A estrutura do átomo se desenvolveu, após Dalton, com os progressos feitos na tecnologia para a produção de vácuo. Em 1895, a criação de vácuo nos laboratórios, por bombas primitivas, permitiu experiências com descarga de eletricidade por meio de gases que levaram a descoberta do efeito Zeeman, dos raios catódicos, dos raios X, da radioatividade e do elétron. Outro estudo que contribuiu para o desenvolvimento do estudo da estrutura atômica foi a radiação do corpo negro. De acordo com os estudos de Segrè (1987), o interesse de cientistas do séc. XIX pela descarga de eletricidade em tubos de “vácuo” era notável. Em 1833, o estudo de Faraday levou a conhecer que a rarefação do ar favorece extremamente fenômenos de incandescência.

Em 1868, Julius Plücker, ao aproximar um ímã de um tubo de “vácuo” percebeu que os raios sofriam um desvio magnético e em 1869, Johann Hittorf, ao utilizar as primeiras bombas de mercúrio, conseguiu esvaziar os tubos mais adequadamente do que seus antecessores tinham conseguido e observou a sombra de um objeto colocado em frente ao cátodo projetada no próprio tubo. Essa observação levou-o a concluir que a descarga se originava no próprio cátodo. Essa descarga foi batizada por E. Goldstein, em 1876, de raios catódicos. A partir desses resultados, William Crookes, em 1879, começou suas pesquisas sobre a passagem de corrente elétrica em gases rarefeitos. Ele reduziu, de forma conveniente, a pressão de um gás no interior do tubo de descarga com o auxílio de uma bobina de indução e verificou que o cátodo emitia um feixe de raios perpendiculares a ele e que se propagavam em linhas retas provocando a fluorescência das paredes do tubo de descarga. Nessa época, não se conhecia a natureza dos raios catódicos. O conhecimento que se tinha a seu respeito era que partiam perpendicularmente do cátodo atravessavam em linha reta um tubo de “vácuo” e atingiam a parede do tubo do lado oposto iluminando-a. Os objetos colocados no trajeto dos raios catódicos projetavam sombra e eram desviados de seu percurso por um ímã.

De acordo com Lopes (2009), em 1891, na investigação da origem dos espectros atômicos George Johnstone Stoney interpretou a lei da eletrólise formulada por Faraday e uniu a teoria de valência de Kekulé e propôs a existência de uma quantidade definida de eletricidade, a qual chamou de elétron, ao perceber a carga perdida pelo íon hidrogênio na eletrólise.

Segundo Segrè (1987), em 1896, na Holanda, o físico Pieter Zeeman assistente do famoso cientista H. A. Lorentz percebeu que as experiências de Faraday, sobre influenciar a emissão de luz de vapor de sódio por um campo eletromagnético, talvez não tivessem tido

sucesso devido ao baixo poder de resolução dos espectroscópios prismáticos usados na época os quais poderiam ter deixado escapar algum efeito. Ao realizar essa mesma experiência, com uma aparelhagem de maior resolução, Zeeman observou sob a ação de um campo magnético um alargamento das linhas espectrais do sódio. Ao comunicar as observações a Lorentz, este explicou, utilizando a teoria eletrônica, que a luz era emitida por partículas carregadas negativamente que se moviam no átomo influenciadas pelo campo magnético seguindo as leis clássicas do eletromagnetismo. A partir da mudança de frequência da luz emitida foi possível determinar a relação entre a carga e a massa das partículas (e/m). É importante destacar que Zeeman e Thomson chegaram à mesma ordem de valor para a relação.

De acordo com o autor no ano seguinte (1895), o físico francês, Jean Baptiste Perrin ao produzir raios catódicos em tubo de ar a baixa pressão conseguiu desviá-los com o auxílio de um ímã para dentro e para fora da grade de Faraday, dependendo da movimentação do ímã, comprovando serem esses raios partículas carregadas negativamente. O autor destaca que, na época em que o elétron ficou conhecido J. J., Thomson era professor no laboratório Cavendish da Universidade de Cambridge. No mesmo ano (1895), Röntgen começou a pesquisar sobre a luminescência produzida pelos raios catódicos. Wilhelm Conrad Röntgen nasceu na Renânia, Alemanha, em 1845, mas foi ainda muito pequeno para a Holanda quando sua família mudou-se para lá. Estudou naquele país e depois em Zurique onde graduou-se em Engenharia Mecânica no Instituto Politécnico. Pela influência de seu professor, August Kundt, físico alemão do qual foi assistente, deixou a Engenharia Mecânica e passou a dedicar-se a Ciência Pura recebendo o título de doutor pela Universidade de Zurique. Em 1870, voltou à Alemanha e alguns anos depois, foi nomeado professor de Física numa pequena universidade. Após importantes trabalhos na área de Física, em 1888, assumiu uma cadeira na Universidade de Würzburg e depois se tornou diretor do Instituto de Física.

Conforme Segrè (1987), durante a realização do experimento em um laboratório escuro, utilizando uma válvula de Hittorf, o cientista Röntgen verificou que uma folha de papel coberta com platinocianeto de bário, usada como tela no laboratório, brilhava. Essa observação levou-o a suspeitar que alguma coisa atingira a tela embora a válvula de Hittorf estivesse coberta por uma cartolina negra que impedia que algum raio catódico pudesse sair. A parte da folha de papel coberta com platinocianeto de bário estava de frente para a válvula então, Röntgen resolveu virá-la de modo que o lado sem o platinocianeto de bário ficasse voltado para a válvula. Mesmo assim, a folha de papel continuou a brilhar, então afastou a folha de papel e o efeito persistiu. Resolveu então colocar diversos objetos entre a válvula e a

folha de papel, mas o efeito continuou como se esses fossem transparentes. Num desses procedimentos, Röntgen viu os ossos da sua mão na folha de papel quando a deslocou na frente da válvula. Durante as experiências, pôde detectar que os diversos objetos utilizados apresentavam diferentes graus de transparência em relação aos novos raios. Röntgen concluiu que esses raios não podiam ser desviados por um campo magnético, se originavam na área da válvula oposta ao cátodo, onde o vidro se tornara fluorescente, sensibilizavam chapas fotográficas e não sofriam qualquer tipo de reflexão. Mas Röntgen não conseguiu apreender a natureza desses raios. De acordo com Ohlweiler (1971), os raios Röntgen passaram mais tarde a ser chamados de raios X devido à dificuldade de pronunciar o nome de origem alemã. Pelo resultado obtido desse estudo, foi o primeiro cientista a receber o Prêmio Nobel de Física, em 1902 (SEGRÈ, 1987).

Ainda segundo Segrè (1987), quando os raios X foram divulgados Henri Becquerel tinha sido nomeado professor da École Polytechnique, na França, e publicado estudos sobre fosforescência e fluorescência. Ao ter conhecimento do resultado dos estudos de Röntgen, mais precisamente que esses raios eram emitidos da área da válvula oposta ao cátodo, ou seja, da área em que o vidro se tornara fluorescente pensou na possibilidade de haver uma relação entre os raios X e a fluorescência. Em suas primeiras experiências, para verificar se substâncias fluorescentes emitiam raios X os resultados foram negativos. Em 1896, na continuação de suas pesquisas, testou o sal de urânio, sulfato de potássio de uranilo, substância que já havia estudado com seu pai. Becquerel cobriu uma chapa fotográfica com duas folhas de papel negro grosso. Colocou sobre o papel uma camada da substância fosforescente, sulfato de uranilo, e expôs tudo ao sol por várias horas, posteriormente verificou que este composto emitia uma radiação com a propriedade de impressionar a chapa fotográfica embrulhada no papel. Conforme Ohlweiler (1971), essa observação já tinha sido feita, quase trinta anos antes, por Abel Niepce de Saint Victor, cientista francês, que pesquisando sobre as radiações emitidas por um sal de urânio concluiu, em 1867, que essas radiações impressionavam chapas fotográficas. Mas, devido aos poucos conhecimentos científicos da época, Abel não conseguiu tirar maiores conclusões.

Ainda segundo Segrè (1987), dias depois, ao tentar repetir as experiências o tempo estava ruim e o sol não apareceu, então, Becquerel guardou as amostras de sal de urânio, sulfato de potássio de uranilo, sobre as chapas cobertas em papel negro grosso. Após alguns dias, como o tempo não havia melhorado, revelou as chapas fotográficas e observou a emissão de uma radiação de natureza desconhecida que não dependia da fosforescência do sal

de urânio. Esses raios que atravessam objetos opacos à luz foram chamados inicialmente de “raios urânicos” ou “raios Becquerel”. Ao repetir a experiência com urânio metálico e com outros compostos de urânio, como por exemplo, óxido de urânio, chamado pechblenda, Becquerel verificou o mesmo fato. Então, prosseguiu suas pesquisas, mas restringiu-se ao estudo do elemento urânio como fonte de radiação, pois acreditava que mesmo que outros elementos pudessem emitir esses raios, sua atividade não seria maior uma vez que foi por meio do elemento urânio que esses raios foram identificados. Esses resultados levaram-lhe a conclusão que os sais de urânio emitem radiações semelhantes às dos raios X. Vários outros cientistas, de acordo com estudos de Ohlweiler (1971), estudaram as radiações naturais, como por exemplo: Kelvin, Beattie, Smoluchowski, Elster, Geitel, Shimidt e Pierre e Marie Curie. Todos esses pesquisadores acreditavam que essas radiações eram formas distintas de raios X.

Mas quem se interessou em pesquisar outros elementos, conforme estudos de Segrè (1987), foi o casal Curie. Marie Sklodowska Curie, nasceu, em 1867, em Varsóvia na Polônia, país na época dominado pela Rússia. Em 1891, foi para Paris onde matriculou-se na Faculdade de Ciências e frequentou cursos de Física, Química e Matemática. Em 1893, recebeu da Universidade de Sorbonne a licenciatura em Física (OHLWEILER, 1971). Em 1894 conheceu Pierre Curie. Pierre nasceu em Paris em 1859. Formou-se em Ciências Físicas e trabalhou na Universidade de Sorbonne juntamente com seu irmão onde realizaram pesquisas importantes em piezoelectricidade desenvolvendo um estudo sobre ondas caloríficas. Em 1892, foi nomeado coordenador de trabalhos científicos da *École de Physique et de Chimie de Paris* (Escola Industrial de Química e Física). Pierre Curie permaneceu trabalhando nessa escola durante vinte e dois anos onde realizou importantes trabalhos no estudo do magnetismo. Durante esse período, foi professor de físicos renomados internacionalmente como Urbain, Langevin, Debierne e Perrin (OHLWEILER, 1971). Não alcançou uma carreira mais brilhante pelo fato de não ter estudado na *École Polytechnique* mesmo assim, em 1894, foi reconhecido por suas qualificações científicas (SEGRÈ, 1987) ao apresentar sua tese de doutorado na Universidade de Sorbonne. Nesse mesmo ano conheceu Marie Sklodowska e, em 1895, casaram-se. Com a saída, do irmão de Pierre Curie, da Escola Industrial de Química e Física para assumir uma vaga de professor em Montpellier surgiu a oportunidade de Marie Curie trabalhar no laboratório junto com o marido.

Em 1897, segundo estudos de Segrè (1987), Marie Curie se interessou em estudar o novo fenômeno “os raios Becquerel”. Iniciou os estudos repetindo as experiências feitas por Becquerel usando um aparelho de maior precisão para medir a intensidade da radiação, o

eletrômetro de quartzo, projetado por seu marido. Os resultados foram iguais aos encontrados por Becquerel: a intensidade da radiação natural do urânio era proporcional ao total de urânio existente no composto e independente de sua forma química, ou seja, a emissão dos raios é uma propriedade atômica do urânio. Dando continuidade ao seu trabalho resolveu analisar outros elementos conhecidos e observou que o tório emitia radiação espontânea semelhante aos raios do urânio. A esse fenômeno, de desintegração espontânea, deu o nome de radioatividade. Em 1898, o resultado desse estudo foi publicado na Academia de Ciências de Paris, simultaneamente, à publicação dos resultados da pesquisa de Schmitd na Alemanha, nos anais da Sociedade de Física de Berlim (OHLWEILER, 1971). O entusiasmo em conhecer outros prováveis elementos capazes de emitir radiação espontânea levou Marie Curie a examinar os minérios naturais. Ao medir a radioatividade de algumas amostras do minério óxido de urânio – pechblenda – que continham urânio e tório percebeu que a radioatividade era muito maior do que o conteúdo de urânio e tório da amostra. Supôs então, que esse minério devia conter pequenas quantidades de uma outra substância muito mais radioativa do que o urânio e o tório. Marie Curie sabia que o mineral de urânio, calconita, era bastante radioativo quando extraído do solo. Para testar sua suposição, reproduziu em laboratório esse mineral a partir de substâncias puras e verificou que sua radiação não era mais intensa que qualquer sal de urânio. Esse fato levou a conclusão que a calconita continha resíduo de um elemento altamente radioativo (SEGRÈ, 1987).

A investigação do novo elemento exigiu muitos esforços do casal Curie que iniciaram o trabalho tratando a uraninita procurando separar seus componentes por meio do padrão de análise química e de um eletrômetro (SEGRÈ, 1987) de quadrante, um equipamento inventado por Pierre Curie, que foi utilizado no estudo sobre piezoelectricidade do quartzo (OHLWEILER, 1971) para determinar para onde a radioatividade se dirigia concentrando-se nos produtos mais radioativos. Assim, encontraram na amostra, de calconita, um novo elemento químico que chamaram de polônio em homenagem a terra natal de Marie Curie. Também descobriram que a substância desaparecia espontaneamente, reduzindo-se à metade em um período chamado de meia-vida. Na continuação de suas pesquisas encontraram outra substância radioativa, a qual chamaram de rádio, quando conseguiram isolar a radioatividade do bário por meio da cristalização fracionada (SEGRÈ, 1987). Em 1899 mais um elemento radioativo foi encontrado, na pechblenda, por André Debierne, o actínio, e mais tarde outros elementos radioativos foram encontrados (OHLWEILER, 1971). Segundo Segrè (1987), em 1900, Marie e Pierre Curie apresentaram um trabalho à conferência internacional

de Física, realizada em Paris, sobre o estudo das substâncias radioativas: urânio, tório, polônio, rádio e actínio. Nesse trabalho constavam os métodos de medição da radioatividade e as razões pelas quais a radioatividade deveria ser considerada uma propriedade atômica e não uma propriedade molecular, a natureza química das substâncias, seus espectros ópticos, os efeitos das radiações e da chamada radioatividade induzida. Também se referiram aos problemas não resolvidos como a origem e a natureza das radiações emitidas. Por esses trabalhos, em 1903, os Curie e Becquerel ganharam juntos o Prêmio Nobel de Física, no campo da radioatividade.

Todos os conhecimentos adquiridos até o final do séc. XIX levaram a proposição dos primeiros modelos atômicos eletricamente constituídos. Segundo Lopes (2009), outros estudos que contribuíram para o desenvolvimento das teorias atômicas foram os da espectroscopia na primeira metade do séc. XIX. No final da década de 1850 os elementos químicos eram caracterizados por meio das investigações espectroscópicas que indicavam a estrutura interna dos elementos ou compostos e a relação entre os espectros de compostos com os espectros de seus elementos constituintes. A investigação de espectros levou Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) e Robert W. Bunsen (1811- 1899) a conhecerem o elemento Césio, em 1860. Depois do conhecimento desse elemento novos elementos foram identificados por meios espectroscópicos. O desenvolvimento de tecnologias, de produção de espectros, tornou possível ampliar o número de linhas espectrais visíveis e produzir mais linhas no campo das radiações não visíveis (infravermelho e ultravioleta). Arthur Shuster (1851-1934) produziu equações que procurava explicar os espectros encontrados. Mas, a equação matemática que melhor representou a regularidade dos espectros foi a obtida por Johann Balmer (1825-1898) para o elemento hidrogênio, em 1885. Maiores informações sobre a relação entre a estrutura do átomo e a espectroscopia surgiram com as ideias de Johannes Rydberg (1854-1919) sobre a composição do espectro de um elemento. Essa composição se dá pela superposição de três tipos de séries (série principal, série difusa e série sharp). Assim, Rydberg transformou a equação matemática específica de Balmer em uma fórmula geral (com alguns limites).

2.4 Modelo atômico de Thomson

Segundo Lopes (2009), John Thomson nasceu em 18 de dezembro de 1856, na cidade de Cheetham Hill na Inglaterra próximo a Manchester e faleceu em 1940. Filho de um

livreiro e editor que faleceu quando Thomson tinha dezesseis anos. Iniciou sua vida acadêmica aos quatorze anos em Manchester, no Owens College, para cursar engenharia. Nessa Universidade, Thomson desenvolveu um grande interesse pela Física, pelas leis das combinações químicas e pelas teorias atômicas da matéria, principalmente pelas ideias de John Dalton. Sua aptidão científica e matemática foi logo percebida por seus professores, cujo contato despertou-lhe o interesse em tornar-se físico. Em 1875, aos dezenove anos, Thomson concorreu a uma bolsa no Trinity College em Cambridge, sem sucesso. No ano seguinte conseguiu ingressar dando continuidade a seus estudos em Matemática e Física e terminou o curso em 1880. Em 1884, aos vinte oito anos, candidatou-se a professor de Física Matemática em Owens não obtendo sucesso. Nesse mesmo ano assumiu a cátedra no Laboratório Cavendish. De acordo com Heilbron (1977), segundo Lopes (2009), para Thomson o problema fundamental da teoria atômica consistia na explicação da variação das propriedades periódicas dos elementos químicos representados na tabela de Mendeleev e na ligação entre os átomos para formar moléculas (valência). (LOPES, 2009 *apud* HEILBRON²³, 1077). Conforme Lopes (2009), na tentativa de explicar as combinações químicas, Thomson adotou o modelo do átomo vórtex. Nesse modelo, o átomo era formado por um conjunto de tubos vórtices fechados num fluido incompressível – o Éter – e as propriedades da matéria eram devidas à movimentação desse fluido. Supôs que a valência de um átomo corresponderia ao número de anéis vórtices do qual ele é composto. Além disso, apontou o número máximo de vórtices e também que a máxima capacidade de combinação dos átomos químicos seria de seis. Os movimentos eram regidos pelas leis da hidrodinâmica (atração e repulsão). Ainda de acordo com Lopes (2009), em 1883, Thomson iniciou sua investigação experimental com condução de eletricidade por gases, aplicando a teoria do átomo vortex à combinação química. A teoria dos átomos vortex enfrentou críticas e foi abandonada por Thomson, pois não trazia as respostas que ele procurava. Em 1895, Thomson descreveu um novo modelo de estrutura atômica, com bases nas ideias dos tubos de Força de Faraday. Imaginou que os “átomos eram compostos por pequenos girostatos que, ao girar no mesmo sentido que um tubo de Faraday, o átomo tinha um sistema que favorecia a aquisição de uma carga positiva, como o hidrogênio. Por outro lado, átomos em que os girostatos giravam na mesma direção de tubos de Faraday, o sistema tendia a adquirir uma carga negativa.” (p. 30)

Segundo Lopes (2009), esse modelo também foi abandonado por Thomson. Nesse mesmo ano, em 1895, Thomson baseou suas investigações nos trabalhos de Faraday, sobre

²³ Heilbron, J. L. “J. J. Thomson and the Bohr atom”. *Physics Today* 30 (4, April 1977): 23-30.

eletrólise, que possibilitaram identificar que a partícula constituinte da matéria é uma unidade natural de carga elétrica e nos trabalhos com tubo de descarga de gases que permitiram identificar a existência de partículas eletrizadas muito levemente na estrutura da matéria. A partir desses conhecimentos existentes, Thomson construiu algumas hipóteses explicativas para a estrutura do átomo. Thomson realizou experimentos com tubos de descarga e gases contendo quatro diferentes gases e utilizou três metais diferentes na constituição dos eletrodos. Lopes (2009) destaca, que os dados coletados da experiência (medições das descargas elétricas) permitiram alcançar sempre os mesmos valores para a razão entre a carga e a massa do elétron (e/m) que compunham os raios catódicos. Essa relação já tinha sido determinada anteriormente por Zeeman e Lorentz. Thomson observou que os raios catódicos eram os mesmos independentemente da composição do catodo ou do anticatodo ou do gás na válvula. Esse fato levou Thomson a postular que todos os elementos químicos são constituídos de um constituinte universal. Em 1899, outros experimentos confirmaram a razão entre a carga e a massa do elétron (e/m) e a carga do elétron (e) para as partículas fotoelétricas (elétrons). Outro experimento, no século XX, realizado por Robert Millikan, confirmou esses valores. Em suas investigações, Thomson mediu a carga e a massa do elétron, desenvolveu a teoria eletrônica dos metais e a distribuição dos corpúsculos.

Segundo Lopes (2009), em 1897, apresentou num artigo os possíveis modelos para a distribuição dos corpúsculos no átomo. A partir das ideias de William Prout, que todos os elementos poderiam ser formados por condensação do hidrogênio, Thomson utilizou o átomo de hidrogênio como base para a constituição de todos os outros átomos. Para ele a carga encontrada nos átomos é sempre um múltiplo inteiro da carga carregada pelo átomo de hidrogênio, nunca se encontram partes fracionárias desta carga. Sua ideia era que os átomos dos elementos compunham-se em um número de corpúsculos eletricamente negativos circulando em anéis coplanares englobados numa esfera uniformemente positiva. A partir dessa ideia Thomson imaginou que a maior parte da massa do átomo seria determinada pelos elétrons. A disposição dos corpúsculos nos anéis do átomo era um problema uma vez que corpos que se repelem mutuamente com forças inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre elas quando submetidas a ação de uma força de atração que tende a arrastá-los para um ponto fixo. Para determinar a disposição dos corpúsculos nos anéis do átomo Thomson baseou-se no conhecimento dos ímãs flutuantes desenvolvido por Alfred Mayer. Ainda segundo Lopes (2009) a partir desse conhecimento desenvolveu um experimento em que agulhas igualmente magnetizadas foram fixadas em discos de cortiça flutuando na

superfície da água. Todos os pólos iguais das agulhas apontavam na mesma direção. Assim, as agulhas repeliam-se mutuamente. Acima da superfície da água foi colocado um grande ímã, sendo o pólo inferior deste ímã oposto aos pólos das agulhas, produzindo uma força atrativa. Essa distribuição causava estabilidade mecânica.

De acordo com Lopes (2009) Thomson imaginou que as agulhas representavam os corpúsculos. Como elas tinham seus pólos apontados na mesma direção repelem-se mutuamente como os corpúsculos. As agulhas eram atraídas pelo ímã que tinha o pólo inferior de sinal oposto ao sinal inferior dos pólos dos ímãs flutuante (agulhas) como as cargas positivas espalhadas pelo átomo. A partir dos resultados dos experimentos e de variáveis como as cargas presentes no átomo, a massa dos corpúsculos, as dimensões do átomo e o número de corpúsculos presentes no átomo, Thomson calculou a frequência de oscilações do sistema. A partir desses cálculos determinou a distribuição dos corpúsculos de forma a dar estabilidade aos anéis. O resultado do cálculo da frequência para o número de corpúsculos acima de cinco no anel é um número não real determinando a instabilidade do sistema. Para Thomson os corpúsculos podem movimentar-se em um único plano na esfera ou em “cascas” concêntricas. Quando o número de corpúsculos no anel exterior é de sete ou oito, um único corpúsculo no centro da esfera seria suficiente para dar estabilidade ao anel. Quando o número de corpúsculos no anel exterior é de nove, dois corpúsculos estarão no interior da esfera separados e formarão um par com a linha que os liga paralela ao plano do anel. Quando o número de corpúsculos no anel exterior é de 10, três corpúsculos estarão no interior da esfera organizados nos vértices de um triângulo equilátero. Um sistema de 13 corpúsculos será formado por um anel de 10 corpúsculos e um triângulo de três corpúsculos, os planos do anel e do triângulo serão paralelos, mas não coincidentes. Para um anel de 12 corpúsculos, sete corpúsculos estarão no interior da esfera, organizados em um anel de seis corpúsculos com um no centro. E ainda, num sistema de 19 corpúsculos no anel exterior, 12 corpúsculos estarão no interior da esfera organizados em um anel externo e seis corpúsculos num anel interno em um plano paralelo ao anel externo, e um corpúsculo ao longo do eixo de rotação.

As investigações indicaram, por motivos de estabilidade eletrodinâmica, que os corpúsculos estavam distribuídos em anéis concêntricos e coplanares, que o número de corpúsculos era variável em cada anel, que cada corpúsculo movia-se em alta velocidade em torno da circunferência do anel em que está situado, que os anéis com um grande número de corpúsculos estão próximos da superfície da esfera, enquanto aqueles que têm menor número de corpúsculos estão mais para o interior e que a carga elétrica da esfera era nula. As

seqüências de frequências encontradas, por Thomson, para as vibrações dos corpúsculos no átomo, bem como para as vibrações devidas às rotações apresentavam as mesmas características para os diversos elementos de um mesmo grupo da tabela de Mendeleev. E ao longo das linhas horizontais da tabela a mudança gradual nas propriedades dos elementos era caracterizada pelas propriedades desses grupos de corpúsculos. (LOPES, 2009)

A partir desses resultados, Thomson propôs a distribuição eletrônica em átomos. Segundo Lopes (2009), esse cientista definiu que o átomo se constituía de uma esfera com carga elétrica positiva uniforme, e dentro dessa esfera um número de corpúsculos dispostos em uma série de anéis paralelos. O número de corpúsculos em um anel é variável e cada corpúsculo está movimentando-se em alta velocidade em torno da circunferência do anel em que está situado, e os anéis estão organizados de forma que aqueles com grande número de corpúsculos estão próximos da superfície da esfera, enquanto aqueles em que há um número menor de corpúsculos estão mais para o interior.

Conforme Lopes (2009) Thomson vinculou os espectros dos elementos às vibrações dos corpúsculos no átomo e observou a existência de semelhanças entre espectros de elementos de um mesmo grupo da tabela periódica. Outro vínculo foi a formação de grupos de acordo com o número de elétrons no último anel, com os apresentados na tabela de Mendeleev. De acordo com essas observações Thomson procurou explicar as propriedades químicas como a valência dos elementos e ligação química. Segundo o pesquisador, quando os átomos em que os corpúsculos estão muito estáveis, são misturados com átomos em que os corpúsculos não estão muito presos, as forças que agem sob os corpúsculos faz com que ocorra a transferência de corpúsculos de um átomo para o outro formando um composto químico.

Thomson também supôs, para os átomos radioativos, que os corpúsculos em movimento emitem radiação e vão diminuindo a velocidade e muito lentamente chegando ao que seria equivalente a uma explosão de corpúsculos. Os corpúsculos se distanciam de suas posições originais, sua energia potencial diminui, enquanto sua energia cinética aumenta, assim, ocorreria a ejeção dessa parte do átomo.

2.5 Modelo atômico de Rutherford-Bohr

Segundo Segrè (1987), Ernest Rutherford nasceu entre as colônias de Brigtwater e Spring Grover, em 30 de agosto de 1871, próximo a Nelson na Nova Zelândia onde

frequentou a escola primária em Foxhill. De acordo com Lopes (2009), era membro de uma família numerosa e humilde de imigrantes ingleses e escoceses e morreu em Cambridge, na Inglaterra, em 19 de outubro de 1947, com o título de Lord Rutherford – Barão de Nelson.

Ainda de acordo com o autor, Rutherford era um homem simples e entusiasmado pelo trabalho. Uma de suas características era a reverência à educação. Mais tarde, a família mudou-se para Pelorus Sound onde frequentou a escola secundária e aos dezesseis anos entrou para o Nelson College, de clássica educação inglesa, com uma bolsa de estudos. Mais tarde, em 1889, recebeu uma bolsa de estudos para a pequena Universidade de Canterbury College em Chistchurch onde recebeu seu diploma de graduação. Em 1893, obteve sua pós-graduação (MA) com a pesquisa de magnetização do ferro sob descargas de alta frequência.

Em 1895, recebeu uma bolsa de estudos para a Universidade de Cambridge onde foi aceito como aluno de pesquisas por J. J. Thomson. Nesse mesmo ano o cientista Wilhem Röntgen havia conhecido os raios X. Em 1896, na França, Henri Becquerel conheceu a radioatividade. Nessa época, Thomson estudava sobre a condução de eletricidade em gases. Além da investigação dos raios X, Rutherford iniciou investigações após o conhecimento da radioatividade e passou a realizar experiências para medir a ionização produzida pelo urânio (SEGRÈ, 1987).

Segundo Ohlweiler (1971), na realização das experiências com a emissão das radiações radioativas sobre uma lâmina de alumínio, em 1898, Rutherford percebeu a existência de dois tipos de radiação emitidas pelo urânio (partículas). Ele observou que parte da radiação não ultrapassava a lâmina de alumínio com 1/500 centímetros de espessura e outra parte da radiação transpassava pela lâmina. A radiação que não atravessou a lâmina de alumínio ele a denominou raios alfa (α) e a radiação que atravessou a lâmina de alumínio foi denominada raios beta (β). De acordo com Lopes (2009), no trabalho desenvolvido juntamente com Soddy propôs a teoria da desintegração radioativa.

De acordo com Segrè (1987), em 1903, determinou a relação entre a carga e a massa das partículas alfa e no ano seguinte mostrou que havia uma probabilidade destas serem átomos de hélio expelidos em sucessivos estágios de uma desintegração radioativa. Além dessas radiações, Rutherford identificou o que chamou de radiação gama. Em 1898, Rutherford deixou a Universidade de Cambridge e assumiu como professor na Universidade McGill, em Montreal no Canadá. Os trabalhos desenvolvidos por Rutherford sobre a radioatividade podem ser considerados os mais relevantes de sua carreira. Segundo Lopes (2009), de volta a Inglaterra, por volta de 1907, Rutherford assumiu a divisão do laboratório

de Física na Universidade de Manchester e, continuando suas pesquisas em radioatividade nessa Universidade, realizou vários experimentos com o acelerador de partículas desenvolvido por ele próprio. Esse acelerador emitia um feixe de partículas alfa e beta de uma fonte radioativa encerrada em um recipiente de chumbo dentro de um recipiente de vácuo. Essas partículas eram emitidas até uma fina folha de metal. As partículas que passavam através da folha colidiam com a tela fluorescente de sulfeto de zinco e produziam reflexos que podiam ser observados por um microscópio de baixa potência que permitia a visualização dos efeitos dos átomos, um a um, nessa folha. Para realizar esse trabalho, Rutherford contou com a ajuda de Geiger. Ainda de acordo com Lopes (2009), as investigações com as partículas beta não foram adiante. No entanto, usando as partículas alfa Geiger observou que um pequeno número dessas partículas não atravessava o metal, ou seja, eram defletidas pela lâmina com pequenos ângulos de desvio. Ele percebeu que um número menor de partículas sofria desvio com ângulos maiores. Além disso observou que a quantidade de partículas que retornavam aumentava com o aumento do peso atômico do metal.

Em 1909, Ernest Marsden, um estudante de graduação, em Manchester, a quem Geiger treinava nos métodos radioativos observou que algumas partículas alfa retornavam para trás. A partir desse resultado surpreendente Geiger e Marsden realizaram muitos experimentos onde investigavam: a quantidade relativa de reflexão a partir de diferentes metais como o estanho, ouro, platina, chumbo, prata, cobre, ferro, alumínio, a quantidade relativa de reflexão, a partir de metais de espessura variável, e a fração de partículas alfa incidentes que eram refletidas. (LOPES, 2009)

Conforme Lopes (2009), em suas observações puderam identificar que a grande maioria das partículas alfa atravessava as lâminas metálicas quando estas eram muito finas e que uma quantidade muito pequena dessas partículas retornava com grandes ângulos de desvio que poderia retornar na mesma direção de incidência das partículas alfa ou variar o desvio até 90° . Rutherford supôs que a deflexão com grande ângulo fosse devido a um único encontro atômico e que a possibilidade de um segundo encontro desse tipo, na maioria dos casos deveria ser extremamente pequena.

Dentre os metais usados nos experimentos, o ouro, foi a substância mais adequada para as medições de espessura. Essa substância possibilitava obter lâminas muito finas e uniformes e tinha o poder de dispersão maior do que os outros metais disponíveis. Segundo Lopes (2009), para os fenômenos observados Geiger concluiu que: (1) O ângulo mais provável de espalhamento aumenta para pequenas espessuras proporcionalmente à raiz

quadrada da espessura da matéria atravessada pela partícula, aproximadamente. Para maiores espessuras o ângulo de espalhamento aumenta mais rapidamente. (2) O ângulo provável através do qual uma partícula alfa retorna na passagem através de um átomo é proporcional ao seu peso atômico. O valor real deste ângulo no caso do ouro é de cerca de $1/200$ de um grau. (3) O ângulo mais provável de espalhamento aumenta rapidamente com a diminuição da velocidade da partícula, sendo, para uma primeira aproximação, inversamente proporcional à terceira potência da velocidade.

Conforme Lopes (2009), após essas conclusões Rutherford buscava respostas que pudessem explicar os fatos observados. Em 7 de março 1911, apresentou a Sociedade de Literatura e Filosofia de Manchester as principais ideias sobre a estrutura do átomo que consistia em “uma carga central concentrada em um ponto e rodeada por uma distribuição esférica uniforme de carga elétrica oposta, de menores valores”. As suposições de Rutherford levaram em consideração os resultados conseguidos por Wcrowthor com as partículas beta. Esses resultados mostravam que as partículas beta sofriam deflexão em sua trajetória retilínea quando encontravam com átomos de matéria. Essa dispersão era mais acentuada para essas partículas em comparação com as partículas alfa, devido a energia dessas partículas ser maior. O átomo seria constituído por uma carga central supostamente concentrada em um ponto, e as únicas grandes deflexões das partículas alfa e beta são devidas, principalmente, à sua passagem através do forte campo central. A estabilidade do átomo se dava devido a atração eletrostática entre cargas opostas.

Rutherford mostrou a discordância entre os dados experimentais e os cálculos possíveis de realizar a partir do modelo atômico de Thomson e a necessidade de outra forma para a distribuição das cargas no átomo. Os estudos de Nagaoka mostraram que esse modelo atômico só seria estável se a força atrativa da massa e dos anéis de elétrons fosse grande. Segundo Heilbron (1977), de acordo com Lopes (2009), esse estudo mostrava a instabilidade eletrodinâmica do modelo de Rutherford. Rutherford continuou suas investigações no campo da radioatividade que levou ao conhecimento das partículas constituintes do núcleo (prótons e nêutrons). Em 1911 Rutherford anunciou a nova estrutura do átomo. Diante do exposto, segundo Segrè (1987), esse modelo foi imaginado com base nas ideias especulativas de outros cientistas, inclusive do cientista H. Nagaoka, de um átomo ser semelhante ao sistema solar.

Niels Bohr nasceu, em 1885, em Copenhague, Dinamarca. Seu pai era professor de psicologia da Universidade de Copenhague e sua mãe pertencia a uma importante família judia da Dinamarca. Niels Bohr cresceu numa atmosfera de discussões acadêmicas e

filosóficas na casa de seus pais, lembrando que seu pai estudava as bases físicas dos processos psicológicos e suas discussões deviam circular em torno de questões epistemológicas da Biologia (LOPES, 2009).

Segundo o autor, em Copenhague, Bohr fez graduação, mestrado e doutorado, que fora concluído em 1911. O assunto de sua tese era a aplicação da teoria dos elétrons à explicação das propriedades físicas dos metais. Após defender sua tese continuou seus estudos, sobre a teoria dos elétrons, na Universidade de Cambridge na Inglaterra no Laboratório Cavendish, então dirigido por J. J. Thomson. Nessa Universidade começou seus trabalhos com tubos de descarga de raios catódicos. Bohr mostrava interesse pelas teorias de Planck e dos magnétons, fazendo a relação entre essas teorias fixando o momento angular e relacionando-o ao valor da constante de Planck. Posteriormente, Bohr foi para Manchester, onde estudou como aluno de Rutherford. Nesse período, aprofundou seus conhecimentos sobre a radioatividade e realizou medidas da absorção dos raios alfa pelos metais, buscando calcular a perda de energia quando da passagem pela matéria. Paralelamente, continuou suas investigações sobre a teoria eletrônica dos metais. Em 1912, teve os primeiros indícios da produção teórica que resultaria na trilogia de Bohr: “Sobre a constituição de átomos e moléculas”. Na primeira parte da trilogia enviada a Rutherford, Bohr apresentou um pouco sobre as teorias da estrutura atômica disponíveis no período: no modelo de Rutherford os átomos são constituídos por um núcleo carregado positivamente, rodeado por um sistema de elétrons ligados pelas forças atrativas do núcleo; e no modelo de Thomson o átomo é formado por uma esfera de eletrização positiva uniforme e que, em seu interior, os elétrons se movem em órbitas circulares. Bohr ainda argumentou que o modelo atômico de Thomson permitia a determinação de sua extensão linear e o sistema apresentava um equilíbrio estável e que o modelo atômico de Rutherford não permitia essa determinação e que do ponto de vista da eletrodinâmica clássica era instável.

De acordo com Lopes (2009), a partir dessas considerações Bohr introduziu que a eletrodinâmica clássica não conseguia descrever o comportamento de sistemas de dimensões atômicas. Parecia necessário introduzir a constante de Planck nos estudos sobre os sistemas atômicos. Bohr tentou mostrar que aplicação da constante de Planck ao movimento dos elétrons no modelo atômico proposto por Rutherford poderia constituir uma base para a teoria da estrutura dos átomos, já que o modelo atômico de Rutherford oferecia uma instabilidade do ponto de vista da eletrodinâmica tradicional. Além disso, com o desenvolvimento da teoria da radiação de energia e pressupostos originados de experiências relacionadas a fenômenos tais

como: calores específicos, efeito fotoelétrico, raios Röntgen, etc. confirmavam a discrepância da eletrodinâmica clássica. Bohr introduziu também nesse artigo a discussão sobre o espectro de emissão do hidrogênio (espectro de linhas) como comprovação experimental de suas hipóteses. Assim, desenvolveu seu trabalho vinculando a estrutura atômica (dimensão do átomo), teoria de Planck e espectro de emissão. Em seus argumentos considerou que os elétrons descreviam órbitas elípticas estacionárias e a teoria da radiação de Planck determinaria que a irradiação de energia em um sistema atômico não acontece de maneira contínua, conforme previa a eletrodinâmica clássica. Alguns anos antes Einstein já havia assinalado a importância da teoria de Planck para a discussão dos sistemas atômicos e Hass foi o primeiro cientista a tentar a integração da teoria de Planck ao modelo atômico de Thomson.

Para analisar um sistema atômico, Bohr assumiu que a irradiação de energia se dá por emissões discretas (descontínuas), sendo a quantidade de energia irradiada numa só emissão de frequência (ν) é igual a $E = nh\nu$, com n igual a um número inteiro e h uma constante universal denominada constante de Planck. (LOPES, 2009)

Bohr se apropriou da discussão sobre as linhas espectrais chegando aos trabalhos de Rydberg sobre a classificação das séries espectrais e da fórmula de Balmer que relacionam as frequências das linhas nos espectros de raios dos elementos. Por meio da fórmula de Balmer conseguiu incorporar o *quantum* de ação na descrição dos sistemas atômicos e apresentar dados experimentais que concordavam com sua teoria. A partir dos pressupostos básicos: que o equilíbrio dinâmico dos sistemas nos estados estacionários pode ser discutido por meio da mecânica ordinária, enquanto a passagem dos sistemas entre diferentes estados estacionários não pode ser tratada nessa base e que este último processo é seguido pela emissão de uma radiação homogênea, para a qual a relação entre a frequência e a quantidade de energia emitida é a dada pela teoria de Planck (LOPES, 2009).

Bohr desenvolveu a explicação do espectro de emissão do hidrogênio. Nessa explicação da energia cinética para os estados estacionários efetuou seus cálculos para a energia envolvida na transição entre esses sistemas de acordo com a teoria de Planck. Para explicar os espectros de emissão de elementos com maior número de elétrons, Bohr introduziu a discussão sobre o momento angular.

Se assumirmos que a órbita do elétron nos estados estacionários é circular: o momento angular do elétron em torno do núcleo é igual a um múltiplo inteiro de um valor universal, independente da carga do núcleo. Recorrendo a eletrodinâmica tradicional Bohr

determinou que: para um sistema formado por um núcleo e por um elétron girando a sua volta, o estado permanente é determinado pela condição do momento angular do elétron em torno do núcleo (LOPES, 2009).

Bohr então propôs seus postulados:

1. Que a energia não é emitida (ou absorvida) da maneira contínua admitida pela eletrodinâmica clássica, mas apenas durante a passagem dos sistemas de um estado “estacionário” para outro discretamente distinto;
2. Que o equilíbrio dinâmico dos sistemas nos estados estacionários é governado pelas leis da mecânica clássica, não se verificando estas leis nas transições dos sistemas entre diferentes estados estacionários;
3. Que é homogênea a radiação emitida durante a transição de um estado estacionário para outro, e que a relação entre a frequência (ν) e a quantidade total de energia emitida é dada por $E = nh\nu$, sendo h a constante de Planck;
4. Que os diferentes estados estacionários de um sistema simples constituído por um elétron que roda em volta de um núcleo positivo são determinados pela condição de ser igual a um múltiplo inteiro de $h/2$ a razão entre a energia total emitida durante a formação da configuração e a frequência de revolução do elétron em torno do núcleo é igual a um múltiplo inteiro de $h/2$;
5. Que o estado “permanente” de um sistema atômico – isto é, o estado no qual a energia emitida é máxima – é determinada pela condição de ser igual a $h/2$ o momento angular de cada elétron em torno do centro da sua órbita.

3 – LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA

Considerando os objetivos desta pesquisa, neste capítulo é apresentada uma revisão de literatura relativa à análise de livros didáticos de Química, a partir de trabalhos que consideraram esse assunto no período correspondente de 1838 até a atualidade. Engloba-se, portanto, praticamente todo o período da história do ensino formal da Química no Brasil.

Lorenz (1986) identifica os livros didáticos usados no ensino de ciências do Colégio Dom Pedro II, localizado no Rio de Janeiro, durante o séc. XIX, entre os anos de 1838 a 1900. O autor verifica que na Reforma²⁴ de Couto Ferraz (1854) o currículo adotado seguia o modelo francês, com o programa de estudos desenvolvido em oito anos e as matérias hierarquicamente organizadas em séries. Na reforma do ensino na escola (1856) uma das medidas adotadas foi à ênfase aos estudos científicos dividindo o ensino em dois ciclos de estudo: um de quatro e outro de três anos. As matérias de ciências foram indicadas para o primeiro ciclo e sua presença foi aumentada em relação aos currículos anteriores. Os livros adotados eram franceses e todos escritos por destacados cientistas da época. Foi indicado para o ensino de Física e Química, o livro de Roch Théogéne Guerin (Guérin-Vrry). Nessa época houve pouca ênfase à experimentação no ensino, que era uma característica do ensino francês.

Schnetzler (1980) analisou os livros didáticos do período de 1875 a 1978, com a finalidade de verificar se os conteúdos relativos à Química veiculados por esses livros se caracterizavam pela ausência de experimentação, de relação com assuntos da vida cotidiana e de ênfase na memorização.

Paralelamente, Mortimer (1988) realçou as principais características dos livros de Química ao longo da história da educação brasileira, durante aquele período histórico.

Para o período de 1875 e 1930, Schnetzler (1980) verificou a total ausência de generalizações relacionadas à experimentação ilustrativa, que permitiria elaborar generalizações por meio da análise dos resultados da experiência, bem como a ausência da prática investigativa, que permitiria a comprovação prática do que foi ensinado na teoria. Constatou também a desvinculação da Química com a vida cotidiana. Outro aspecto relevante desses livros diz respeito ao grande número de generalizações relacionadas com fatos explicativos e com o conceito de reação química, com ênfase na “memorização estéril” do conteúdo.

²⁴ Reforma que regulamentou a instrução primária e secundária do Município da Corte em 1854.

Segundo Mortimer (1988), as obras didáticas do período correspondente ao analisado por Schnetzler (1980) caracterizavam-se como compêndios de Química para o ensino secundário e se configuravam sob duas abordagens: a Química Geral e a Química Descritiva. A maioria dos aspectos abordados em Química Geral era de forma qualitativa com exceção das leis ponderais e volumétricas das reações químicas. Uma outra característica era a ausência de exercícios. Na parte descritiva, os compêndios apresentavam praticamente textos e as ilustrações eram em número reduzido. Os textos discutem as implicações filosóficas dos conhecimentos químicos e a descrição de fatos experimentais, mas também não apresentavam experimentos, como fora diagnosticado por Schnetzler (1980).

Tais compêndios apresentam vários exemplos de fenômenos em forma de textos que se relacionavam e conduziam a uma definição de conceitos. Na sequência, os exemplos eram retomados por meio de definições conceituais. O número reduzido de conceitos possibilitava uma relação mais eficaz entre eles. Nesse período, mais precisamente no começo do séc. XX, os autores dos compêndios não conseguiam acompanhar a evolução do conhecimento científico e, portanto, apresentavam dificuldade de abandonar a abordagem clássica para aplicar os novos conhecimentos científicos que surgiam.

No período corresponde aos anos de 1931 a 1941, Schnetzler (1980) constata que os livros didáticos se diferenciam por apresentarem os conteúdos sobre generalizações relacionadas com fatos explicativos e com o conceito de reação química reduzidos em relação aos livros do período anterior. Nesses livros foram acrescentadas as generalizações relacionadas com a experiência ilustrativa e com inclusão de situações do cotidiano de interesse para a área.

Para esse período, Mortimer (1988) constatou que os compêndios de Química Geral passaram por algumas alterações em consequência da Reforma²⁵ Francisco Campos, começam a adquirir as peculiaridades de livros de Química por série, apesar das mudanças serem lentas e muitos livros ainda manterem as características do período anterior. Ainda nesse período, a maioria dos livros didáticos traz um esboço da História da Química com retratos e pequenas biografias de cientistas e aumenta o número de ilustrações e de esquemas de aparelhos.

²⁵ Foi a primeira reforma educacional de caráter nacional, realizada pelo então Ministro da Educação e Saúde, Francisco Campos, 1931, que deu estruturação orgânica ao ensino secundário, comercial e superior e estabeleceu o currículo seriado, frequência obrigatória e ensino em dois ciclos (fundamental e complementar) e ainda a exigência de habilitação neles para o ingresso no ensino superior. Também equiparou todos os colégios secundários oficiais ao Colégio Pedro II, mediante a inspeção federal e deu a mesma oportunidade às escolas particulares que se organizassem, segundo o Decreto e se submetessem à mesma inspeção.

A Química Geral deixa de apresentar um número reduzido de conceitos gerais e suas definições passam a ser feitas a partir de outras definições agrupadoras. Apesar das propostas dos educadores indicarem a importância da realização de experimentos nos livros didáticos de Química, contrariamente aos períodos anteriores, esses mostravam-se modestos quanto a essa proposta, o que reforçou o estudo de Schnetzler (1980) em relação as generalizações relacionadas com fatos através da experiência ilustrativa. Nesse período, a maioria dos livros passou a apresentar exercícios. Os livros passam a valorizar conceitos atomísticos no ensino de Química, mas muitos conceitos continuam sendo abordados segundo as teorias da Química Clássica.

No período compreendido entre 1942-1960, Schnetzler (1980) destaca que as características do conhecimento químico que os livros didáticos veiculam voltam a indicar a ausência de experimentação e da relação da Química com a vida cotidiana. Os percentuais de generalizações relacionados com fatos explicativos são menores que os do período anterior a 1930, contradizendo a proposta de ensino secundário de Química que visava propiciar a aquisição de conhecimentos e de aplicações da química à vida corrente e também a formação do espírito científico.

Para Mortimer (1988), as alterações introduzidas pelo programa oficial da Reforma²⁶ Capanema, a partir de 1942, refletem em mudanças no conteúdo de alguns tópicos menos consistentes e que empobrecem a obra em relação aos períodos anteriores, como, por exemplo, a ausência de experimentação e da relação da Química com a vida cotidiana detectados também no estudo de Schnetzler (1980). Os conteúdos dos livros didáticos se apresentam bastante homogêneos e em alguns tópicos os autores introduzem as definições operacionais antes das definições conceituais como no período anterior a 1930. A diferença em relação a esse período é que as definições conceituais são apresentadas e somente depois são discutidos os exemplos. Alguns conteúdos são apresentados de forma dogmática e observa-se também a desatualização no ensino de Química.

Os livros didáticos, do período 1961-1970, analisados por Schnetzler (1980) mantêm as mesmas características do período anterior como: a ausência de experimentação e da relação da Química com o dia-a-dia. Segundo Mortimer (1988), observa-se o contrário, há uma grande heterogeneidade principalmente em relação ao conteúdo e a maneira didática

²⁶ Reforma do sistema educacional brasileiro realizada na Era Vargas, sob o comando do Ministro de Educação e Saúde Gustavo Capanema, em 1942, estava embasada no ideário nacionalista do Estado Novo de Vargas. Teve maior impacto na educação secundária que, aproximadamente, passou a refletir a divisão econômico-social do trabalho. Dessa forma a educação assumiria papel de desenvolver habilidades e mentalidades de acordo com os diversos papéis atribuídos às diversas classes ou categorias sociais.

como os conceitos são apresentados, o que pode ser o resultado da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, que abre espaço para propostas alternativas para a educação formal.

No período de 1971-1978, Schnetzler verifica que as generalizações relacionadas com fatos através da experiência ilustrativa é inferior ao período compreendido entre 1931 a 1941, além dos percentuais insignificantes das generalizações relacionadas com fatos do cotidiano. Quanto às generalizações relacionadas com fatos explicativos, manteve-se igual ao período anterior. Essas características se devem, segundo a análise de Mortimer (1988), à extensão da abordagem de determinados assuntos e a redução da carga horária de Química no então 2º grau, devido à introdução da Lei 5.692/1971. Esse fato levou os autores do livro didático de Química a adaptarem o conteúdo ao número de aulas que compunha a grade horária. Ainda nesse período, aumenta o número de exercícios, de ilustrações, de tabelas e gráficos, de acordo com a concepção de aprendizagem tecnicista característica daquela época.

A partir de 1980, segundo Mortimer e Santos (2008), com a proposta de novas metodologias para a abordagem dos conteúdos nos livros didáticos de Química, começam a ser publicados livros com características educacionais inovadoras. Uma das características é a presença de conceitos químicos de forma integrada, em torno dos aspectos centrais da transformação Química. Outra característica é a presença de vários experimentos de caráter investigativo, além da presença de tabelas e dados para serem analisados. E ainda, a presença de atividades fundamentadas em princípios construtivistas e a abordagem fenomenológica e temática. Na abordagem temática a proposta é de estudos da Química a partir de temas do contexto cotidiano que levem a uma reflexão crítica. Por fim, uma característica em que o conhecimento científico se refira às situações de vivência do aluno.

A produção de livros didáticos inovadores tem favorecido a sua heterogeneidade e estratégias para formação voltada para a cidadania no conhecimento de conceitos básicos. No entanto, foram constatados conteúdos com problemas de natureza do conhecimento filosófico-científico. Lopes (1992) analisa o conteúdo apresentado em livros didáticos com enfoque na epistemologia de Gaston Bachelard, fazendo uso da categoria de obstáculo epistemológico. A investigação não se deteve a nenhum conteúdo específico, analisando obstáculos epistemológicos animistas, realistas, verbais e substancialistas em livros das três séries da segunda fase de ensino secundário (1931-1990).

Segundo Lopes (1992), no período de vigência das Reformas Francisco Campos e Gustavo Capanema a Química ensinada era essencialmente descritiva, marcada pela influência do período pré-científico, em que os conceitos físicos eram dotados de vida e as

explicações carregadas de metáforas relacionadas às características humanas. Com a introdução de conceitos de caráter abstrato a partir da atomística moderna as imagens animistas são mais recorrentes com a intenção de facilitar a compreensão do conteúdo pelos alunos supostamente atraindo-os e motivando-os para esse estudo.

Outro obstáculo epistemológico encontrado por Lopes (1992) associado ao conhecimento científico é o realismo presente nos livros didáticos. Na concepção realista, o conhecimento está no objeto o qual precisa ser apreendido, mantendo o pensamento preso aos dados dos sentidos e valorizando as propriedades do objeto o que obstaculiza a compreensão dos aspectos matemáticos dos fenômenos. Os livros didáticos anteriores a 1960 no período da Reforma Campos, em sua maioria, apresentavam o conteúdo científico sem conexão com os fatos. Durante a vigência da Reforma Capanema, essa forma descritiva de apresentar o conteúdo diminui à medida que vai se avançando nas séries do ensino secundário.

Também apresenta o obstáculo epistemológico substancialista, que associa as propriedades das substâncias às características do objeto. Até metade da década de 1960 o obstáculo substancialista ainda estava bastante presente nos livros didáticos de Química, e expressos na forma descritiva. Após meados da década de 1960 com o declínio da tendência empírico-descritiva parece ter desaparecido dos livros didáticos as tendências ao substancialismo. Na conclusão, a autora aponta a irracionalidade dos conteúdos químicos transmitidos por livros didáticos. Destaca que a forma como o conhecimento em Química é apresentado a partir, do estudo dos resultados científicos e não dos problemas científicos, não permite superar os obstáculos epistemológicos. Portanto, defende o estudo da História da Química para contribuir no processo de superação desses obstáculos epistemológicos.

Lopes (1994), em outro trabalho, investiga o tratamento conferido ao conceito de fenômeno no ensino de Química no Brasil, no período de 1931 a 1990, a partir de livros didáticos, utilizando a epistemologia de Gaston Bachelard na categoria fenomenotécnica - construção teórica do fenômeno. A análise consiste em verificar se nos livros didáticos de Química há existência ou não de conceito explícito de fenômeno, qual o conceito veiculado e como se dá a diferenciação entre fenômeno físico e químico. Nos livros didáticos analisados, a conceituação explícita de fenômeno é, em sua maioria, associada à ideia de transformação, não permitindo distinção clara entre fenômenos físicos e fatos sociais e a possibilidade do fenômeno ser artificialmente provocado. No que se refere ao processo de apreensão do fenômeno, a relação do cientista com a natureza é a de observação, recolhimento de dados e elaboração de um processo experimental que reproduza os fenômenos naturais. Essa

interpretação se distancia do atual conceito de fenômeno científico como uma construção instrumental e teórica, uma vez que não se tem mais o contato com os fenômenos, essa relação é mediatizada pelo instrumento científico, é preciso que haja uma teoria subsidiando uma observação e os critérios de interpretação dos fenômenos. A construção desse instrumento é necessariamente função de uma aplicação teórica. Em relação à distinção entre fenômeno físico e fenômeno químico os livros apresentam: o fenômeno físico considerado reversível, passageiro, aquele que ocorre apenas enquanto a causa não cessa. O fenômeno químico visto como irreversível, permanente, aquele que se mantém mesmo quando cessada a causa.

Os fenômenos químicos tendem a ser compreendidos como associados às alterações nas ligações intramoleculares. Os fenômenos físicos, por sua vez, tendem a ser compreendidos como associados às alterações nas ligações intermoleculares e envolvem energias bem mais baixas que os fenômenos químicos. Na conclusão da autora existe um distanciamento entre a ciência da comunidade científica e a ciência ensinada na escola, por isso, defende que o conhecimento ensinado na escola deve ser apresentado mediante a sua dimensão epistemológica contribuindo para a sua compreensão.

Araújo (1992) estudou sobre a maneira como o conceito de substância é apreendido por alunos do ensino médio e como isso está relacionado com o livro didático usado por eles. O autor verificou que a maioria dos alunos define os conceitos dentro de um sistema elementar hierárquico de inter-relações e constatou a influência do livro didático na formação dos conceitos científicos. O autor sugere a elaboração de textos didáticos que levem em conta a natureza do conhecimento e a interação deste com as concepções prévias dos alunos.

Tiedemann (1998) analisa alguns livros de ciências da 8ª série e discute alguns problemas nos conteúdos de Química. A análise aponta que alguns assuntos abordados nesses livros são impróprios para alunos dessa faixa etária e que outros envolvem apenas a memorização sem aplicação prática, além de diversos equívocos conceituais que dificultam a aprendizagem. O autor argumenta que a forma como o conteúdo se apresenta nos livros didáticos vai de encontro às tendências da educação básica, em que o aluno deve ser capaz de compreender os aspectos químicos de seu cotidiano e de raciocinar em termos científicos para solucionar os problemas, habilitando-o a exercer plenamente a cidadania.

Monteiro e Justi (2000) discutem sobre as analogias encontradas em livros didáticos brasileiros destinados ao ensino de Química no nível médio e se podem ser consideradas bons modelos de ensino, e o papel do professor na sua utilização. A análise aponta que em alguns

tópicos aparece um maior percentual de analogias e que isso não está relacionado à natureza abstrata dos mesmos, sugerindo que a presença de analogias relaciona-se a certa “tradição de seu uso nesses tópicos”. Outro resultado encontrado: algumas analogias foram utilizadas por diferentes autores, o que leva à suposição de que são realmente muito úteis para facilitar a compreensão dos conceitos alvos e que os autores podem não conhecer ou que simplesmente não pretendem elaborar outras analogias.

A análise das ilustrações permitiu concluir que mais da metade delas não contribui para a compreensão das analogias sendo, portanto, desnecessárias. As ilustrações que realmente as apoiam não eram exploradas pelos autores no sentido de explicitar os atributos principais e não envolvem conteúdos familiares dos alunos, o que pode dificultar a aprendizagem. Outro aspecto refere-se ao número de analogias que não envolvem questões principais do conteúdo alvo ou em que a explicação fornecida é insuficiente para a identificação dos mesmos. Muitas analogias presentes nos livros didáticos não apresentam as suas limitações o que parece não contribuir significativamente para a aprendizagem dos tópicos da Química.

Cabe, portanto, ao professor, ao utilizar analogias, fazer uma avaliação das mesmas para identificar os seus aspectos positivos e negativos, julgando a conveniência do uso de analogias para o ensino e a aprendizagem dos conteúdos químicos.

Loguercio, Samrsla e Del Pino (2001) estudam a análise de livros didáticos de Química realizada por professores e mostram como é importante e difícil a escolha desses livros. Nos critérios de análise utilizados pelos professores há uma valorização excessiva do conteúdo e do conhecimento químico e um interesse em verificar se os livros didáticos possuem bastantes exercícios para concursos de vestibular e alguma relação com o cotidiano dos alunos. Os professores por não compreenderem o conceito de obstáculo epistemológico e, por não terem um conhecimento mais profundo em epistemologia das Ciências, têm dificuldade de analisar a presença ou não desses obstáculos. Os autores perceberam também que a escolha dos livros didáticos feita pelos professores limita-se a questões econômicas, práticas e estéticas, enquanto que questões sociais e epistemológicas são desconhecidas e o currículo pouco problematizado. Esse estudo evidencia uma problemática na formação dos professores e a necessidade de qualificar o trabalho docente em sua dimensão e capacidade crítica.

Milagres e Justi (2001) destacam, na análise de modelos de ensino sobre Equilíbrio Químico em livros didáticos para o ensino médio, que a maioria dos desenhos apresentados

representa sistemas macroscópicos. Esse fato dificulta o entendimento dos alunos em relação à descrição das reações e como o estado de equilíbrio é atingido uma vez que “as explicações relativas à existência do estado de equilíbrio e aos processos de tal estado ser atingido e deslocado situam-se no nível microscópico”. Em nenhum desenho a questão da dinamicidade dos sistemas químicos foi destacada. Poucos desenhos ilustraram aspectos relacionados com a existência do estado de equilíbrio ou com o processo de tal estado ser atingido, os quais são centrais para a compreensão do conceito. As autoras perceberam que algumas vezes os modelos de ensino são usados de maneira inadequada por aqueles que escrevem o livro didático.

Santos (2006) propõe um instrumento de avaliação de livros didáticos, com base em critérios apresentados na literatura, para auxiliar o professor a analisar e avaliar os livros didáticos de Química para o ensino médio. Segundo a autora, esse instrumento tem a função de exercitar o professor a olhar de forma mais criteriosa para o livro didático de química. Assim, o manual didático escolhido segundo essa avaliação pode propiciar condições para a formação de cidadãos autônomos, críticos e participativos.

Em outro trabalho de pesquisa, Viana (2009) dedicou-se à investigação da presença da História da Ciência em livros didáticos de Química do PNLEM (2007). O autor faz um levantamento sobre as características dos livros e constrói técnica descritiva capaz de indicar tópicos abordados em cada obra examinada. Seu trabalho se relaciona à qualidade da informação histórica com base na nova historiografia da ciência.

A análise do livro didático de Química não é um fato novo. Os pesquisadores citados concluíram que as variações do conteúdo programático de Química ao longo da história é o resultado das exigências do momento sócio-histórico que demandou reformas educacionais curriculares. Nesse sentido, neste trabalho serão avaliados os livros didáticos de Química do PNLEM/2007, em seus conteúdos sobre os modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford-Bohr, especificamente, analisando as Concepções de Ciência presentes na construção desses conhecimentos científicos.

Programa Nacional do Livro Didático

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) é o maior e mais antigo dos programas do mundo voltados à avaliação e distribuição de obras didáticas a estudantes. Dado o volume de recursos financeiros, humanos e logísticos envolvidos, é uma das principais

ações do governo federal brasileiro, voltadas para a melhoria na qualidade da educação básica. O programa foi instituído oficialmente por meio do Decreto 91.542, de 19/08/1985, em substituição ao programa do livro didático que vigorava anteriormente. Com ele houve a ampliação da aquisição e distribuição gratuita de livros didáticos para os alunos da rede pública da 1ª à 8ª série do então 1º grau.

A prescrição legal que norteou o PNLD baseia-se em dois documentos-chave, de diferentes momentos históricos que subsidiaram sua implementação, bem como as modificações ocorridas em relação ao programa do livro didático anterior – o Programa do Livro Didático/Ensino Fundamental (PLDEF). O primeiro documento é a proposta intitulada Educação para Todos: caminho para a mudança, de 31/05/1985. O segundo documento é o Plano Decenal de Educação para Todos elaborado em 1993 pelo Ministério da Educação, como resultado de compromisso assumido pelo governo brasileiro na Conferência Mundial sobre Educação para Todos, realizada em Jomtien, Tailândia, em 1990. Consta, na introdução da proposta Educação para Todos que “o compromisso maior da Nova República, em resposta aos anseios nacionais, é a construção da democracia e a promoção do desenvolvimento com justiça. Essa tarefa exige, prioritariamente, resgatar a enorme dívida social existente” (DOCUMENTA, 1985, p. 187 apud CASSIANO, 2007). Para isso, era preciso aplicar recursos financeiros na valorização do magistério (formação e gestão de professores), na implementação de bibliotecas e material didático, sobretudo nas séries mais adiantadas e nas escolas de áreas mais nobres, adequar a oferta de vagas à escola do 1º grau e diminuir a repetência e a evasão escolar para alcançar um ensino de qualidade.

As principais alterações relacionadas aos critérios do programa do livro didático anterior estão: a compra de livros reutilizáveis, a escolha dos livros pelos professores e a distribuição planejada de livros escolares a todos os alunos matriculados nas escolas públicas de 1º grau. Como se pode observar o livro didático adquire um papel relevante na educação o que exige a implementação da sua avaliação pedagógica. O Ministério da Educação (MEC) inicia a implementação oficial da avaliação pedagógica dos livros didáticos em 1996, com a formação de comissões para analisar a qualidade dos conteúdos programáticos e dos aspectos pedagógicos e metodológicos dos livros. As comissões responsáveis por essa avaliação foram divididas por áreas do conhecimento (Alfabetização e Língua Portuguesa; Matemática; Ciências e Estudos Sociais; Geografia e História) tendo como coordenadores especialistas para as diferentes áreas. Em 2002, a avaliação de aspectos pedagógicos e metodológicos dos livros didáticos passou a ser feita pelas universidades de vinculação dos coordenadores de

área com base nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1998). Essa avaliação pedagógica é feita por dois professores especialistas na área, no mínimo, para cada obra e os pareceres das comissões de avaliação por área do conhecimento são editados na forma de Guias dos Livros Didáticos, os quais são distribuídos nacionalmente para as escolas como fonte de informações para auxiliar os professores na escolha do livro. Assim, faz parte do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) a avaliação e a distribuição dos livros didáticos e dos Guias do Livro Didático. Como resultado da implementação da avaliação dos livros didáticos no Programa Nacional do Livro Didático, os livros passaram a ser aprovados ou desclassificados.

Para a participação das obras didáticas no Programa Nacional do Livro Didático são averiguados os aspectos físicos dos livros e as normas do edital em vigor. Os livros aprovados passam pela avaliação pedagógica e metodológica que assegura: adequação didática e pedagógica para as várias disciplinas, a qualidade editorial e gráfica e a pertinência do manual do professor que orienta para a sua utilização. Como critérios eliminatórios foram definidos que os livros didáticos não poderiam expressar preconceitos de qualquer natureza, nem apresentar erros conceituais.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação, Lei 9.394/1996, estabelece o ensino médio como nível educacional que integra e finaliza a educação básica e, portanto, este nível de ensino passa a fazer parte do projeto do livro didático em outubro de 2003, com o surgimento do Programa Nacional do Livro Didático no Ensino Médio (PNLEM) (BRASIL, 2005). O objetivo é o de distribuir livros didáticos para os alunos das escolas públicas de Ensino Médio do País e melhorar a qualidade desse ensino. O PNLEM apóia-se no processo de avaliação das obras didáticas do PNLD, com o produto do debate e da pesquisa do meio acadêmico. Esse programa definiu por meio de especialistas e coordenadores do Ensino Médio os princípios e critérios de avaliação pedagógica desses livros. A avaliação dos livros didáticos do Ensino Médio tem em comum com os do Ensino Fundamental os critérios básicos como a correção e adequação conceituais, coerência e pertinência metodológicas e preceitos éticos e a mesma logística de distribuição. Além disso, em consonância com as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, o PNLEM/2007 abriu a possibilidade de inscrição de obras didáticas organizadas sem vinculação com a perspectiva seriada e de obras que sejam organizadas por áreas do conhecimento. Os critérios definidos para avaliação dessas obras didáticas são de duas naturezas: eliminatórios e de qualificação.

Nos critérios eliminatórios constam os aspectos relativos aos preceitos legais e jurídicos, a correção conceitual, ao pedagógico-metodológicos, a construção do conhecimento científico, a construção da cidadania. Nos critérios de qualificação constam os mesmos aspectos dos critérios eliminatórios além do livro do professor e dos aspectos gráfico-editoriais. Esses aspectos são importantes para atingir uma formação de cidadãos autônomos, críticos e participativos.

Em 2005 os primeiros livros didáticos do PNLEM chegaram às escolas da rede pública de educação do Nordeste e parte do Norte. Iniciou-se com a distribuição dos livros didáticos de Língua Portuguesa e de Matemática e, em 2006, se estendeu para as demais disciplinas. Em 2007, no âmbito do Programa PNLEM, foram aprovados seis livros didáticos de Química.

4 – METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia desenvolvida neste trabalho consiste em uma pesquisa comparativa, baseada nos trabalhos de história da ciência desenvolvidos por LOPES (2009) e VIDAL (2009), cujos autores consultaram os documentos originais dos cientistas envolvidos na elaboração dos modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford-Bohr e respectiva literatura, referente à Ciência e suas concepções.

Foram estabelecidas categorias analíticas principais, subcategorias e classes, que caracterizam concepções de ciência as quais foram estruturadas a partir da sistematização dos pressupostos teóricos escolhidos para operacionalizar o padrão analítico dos dados coletados. O objeto de análise foi identificado e isolado nos capítulos, seções e subseções relativos aos modelos atômicos. Os resultados possibilitaram configurar as concepções de Ciência sobre as abordagens históricas que se revelam nesses livros.

4.1 Categorias analíticas

A elaboração das categorias analíticas teve por base os trabalhos de Peters (2005), Cachapuz *et al.* (2005), Pagliarini (2007) e Vidal (2009). Em relação a Peters (2005), seu estudo analisou, quantitativa e qualitativamente, os artigos da Revista do Professor de Matemática que tratam da história da disciplina e os livros didáticos do Ensino Fundamental quanto à utilização da história. Como suporte teórico para o estudo da utilização da História da Matemática no Ensino Fundamental, foram utilizadas três revistas sobre História da Matemática - Zetetiké, Bolema e Educação Matemática em Revista. Em sua análise o autor seguiu a orientação do trabalho de Leite (2002) utilizando as seguintes categorias de análise:

Tipo e organização da informação histórica:

- 1) Evolução da matemática;
- 2) Contexto ao qual a informação histórica esta relacionada;
- 3) Qualidade do conteúdo histórico;
- 4) Atividades de aprendizado que lidam com a HC;
- 5) Consistência interna do livro;
- 6) Com relação ás informações históricas;
- 7) Bibliografia sobre a história da matemática.

Cachapuz *et al.* (2005), em seu trabalho com uma equipe de professores, investiga sobre as concepções ou imagens deformadas sobre a atividade científica. Os autores destacam: uma visão descontextualizada, individualista e elitista, empírico-indutivista e atórica, rígida, algorítmica, infalível, aproblemática e ahistórica, exclusivamente analítica, acumulativa de crescimento linear.

Pagliarini (2007) analisou a apresentação da História da Ciência em alguns dos mais populares livros didáticos de Física para o Ensino Médio, e quais as concepções sobre a natureza da ciência estão envolvidas nessas histórias. Na construção de seu instrumento de análise, levou-se em consideração:

- 1) A forma de apresentação do material histórico;
- 2) As ideias de Natureza da Ciência veiculadas;
- 3) A qualidade da informação histórica apresentada.

Em outra pesquisa, Vidal (2009) analisou e classificou a História da Ciência em seis livros didáticos de Química, aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio de 2007 (PNLEM). Em sua análise Vidal (2009) utilizou categorias que foram inspiradas no trabalho de Leite (2002).

- 1) Personagens da ciência;
- 2) Acontecimentos da ciência;
- 3) Evolução da ciência;
- 4) Quem faz ciência;
- 5) Materiais usados para apresentar a informação histórica;
- 6) Contextos aos quais a informação histórica está relacionada;
- 7) Consistência interna do livro em relação à informação histórica.

A partir desses trabalhos, foram adaptadas e construídas as categorias analíticas desta pesquisa, as quais foram desmembradas conforme a diversidade de abordagens históricas, considerando a forma de apresentação, abordagem e qualidade do conteúdo histórico. Esse conjunto de informações sobre o processo histórico será utilizado para identificar e analisar o conteúdo histórico na construção dos modelos atômicos dando subsídios para a identificação das concepções de Ciência presentes nesses livros didáticos.

As categorias que nortearam nossa pesquisa foram definidas como:

- I) Configuração Geral do conteúdo histórico;
- II) Apresentação gráfica do conteúdo histórico;

- III) Fonte de informação histórica;
- IV) Tipo de informação histórica;
- V) Natureza do conhecimento científico.

A estrutura analítica com a sistematização das cinco categorias supramencionadas e respectivas subcategorias e classes é apresentada no quadro 1 da próxima página.

A primeira categoria do quadro 1, *Configuração Geral*, fundamenta-se no trabalho de Peters (2005) e permite investigar as características gerais de cada obra didática e a proposta de ensino do conteúdo histórico dos capítulos de modelos atômicos dos livros didáticos. Por se tratar de uma categoria sobre os aspectos de organização dos livros, propôs-se sua divisão em três subcategorias: uma que se refere aos aspectos de composição dos capítulos quanto aos conteúdos históricos, denominada *avaliação oficial do MEC*, investiga se o relatório de avaliação do Ministério da Educação considera alguma referência à abordagem histórica do conteúdo de modelos atômicos, a segunda subcategoria, *manual do professor*, avalia se há referências sobre a forma de trabalhar o conteúdo segundo os autores. A terceira subcategoria, *Descrição Física*, proporcionará um levantamento quantitativo, referente ao *número total de páginas do livro*, ao *número de páginas dos capítulos de interesse neste trabalho*, que são os capítulos específicos sobre o tema *modelos atômicos* e demais capítulos que fazem alguma referência a esse tema, e o respectivo *número de capítulos*. Também será avaliado o *tamanho do conteúdo*, relativamente aos valores absoluto e percentual às proporções entre as quantidades levantadas, bem como o relato dos *tópicos abordados* (em seções e subseções do capítulo) na construção dos modelos atômicos.

A segunda categoria, denominada *apresentação gráfica do conteúdo histórico*, foi elaborada de acordo com a obra de Pagliarini (2007) e foi dividida em duas subcategorias. A primeira subcategoria sobre a forma *textual* de apresentação do conteúdo histórico relaciona-se a posição do conteúdo, ou seja, à localização do assunto referente à história da construção do modelo atômico, e foi desmembrada em três classes. A primeira classe indica a presença do conteúdo histórico em “box” separados do corpo do texto, inseridos ao longo do capítulo. A segunda classe caracteriza o conteúdo histórico em “seção específica” como na introdução do assunto ou em textos complementares ao final do capítulo. A terceira classe evidencia o conteúdo histórico no *corpo do texto* no desenvolvimento de teorias, conceitos, definições e equações.

Quadro 1 – Estrutura analítica

Categoria Analítica	Subcategoria	Classe	Caracterização
A – Configuração geral	- Avaliação oficial do MEC		Apresentação/menção ao conteúdo histórico sobre modelos atômicos no relatório final de avaliação do PNLEM realizada pela comissão de especialistas nomeada pelo Ministério da Educação
	- Manual do professor		Referências no Manual do Professor quanto à orientação sobre a abordagem da História da Ciência
	- Descrição física	- organização	Apresentação do número total de páginas do livro, número de páginas de cada capítulo e número de capítulos.
		- extensão	Apresentação da extensão do conteúdo de modelos atômicos e tópicos abordados na construção dos modelos atômicos, em relação aos percentuais de apresentação dos mesmos.
B – Apresentação gráfica do conteúdo histórico	- textual	- box	Configuração do conteúdo histórico em “box” separados, inseridos ao longo do capítulo.
		- seção específica	Configuração do conteúdo histórico em “seções” específicas como na introdução do assunto e em textos complementares ao final do capítulo.
		- corpo do texto	Configuração do conteúdo histórico no corpo do texto, no desenvolvimento de teorias, conceitos, definições e equações.
	- imagem	- personagem	Apresentação de gravuras (figura), fotografias e desenhos dos cientistas.
		- Materiais, equipamentos e instrumentos de Laboratório	Apresentação de imagens de materiais, substâncias e equipamentos utilizados pelos cientistas à época.
		- esquema	Apresentação de modelos e desenhos de experimentos realizados na época e seus resultados.
		- documento	Apresentação de referência bibliográfica adicional.
C - Fonte da informação Histórica	- primária		Apresentação de textos científicos originais escritos pelos próprios cientistas ou traduções dos originais que explicitam as ideias dos cientistas em relação a construção do conhecimento científico.
	- secundária		Apresentação de textos escritos segundo a interpretação do autor.
D - Tipo da informação histórica	- biográfica	- notas biográficas sumárias	Apresentação da história da vida do cientista de forma breve e sintética.
		- características pessoais	Apresentação dos sentimentos, caráter, humor e inteligência dos cientistas.
		- episódios/ curiosidades	Apresentação dos acontecimentos na vida do cientista como, por exemplo, se é casado, se foi decapitado, etc.
	- contextual	- científico	Apresentação da integração do conhecimento científico em questão com outros conhecimentos científicos ou matemático disponível ou ausente na época.
		- tecnológico	Apresentação da integração com ramos do conhecimento tecnológico.
		- político	Apresentação da integração com ramos do conhecimento político.
		- social	Apresentação da integração com ramos do conhecimento social.
		- religioso	Apresentação da integração com ramos do conhecimento religioso.
E - Natureza do conhecimento científico	- originalidade	- individual	Apresentação da Ciência como empreendimento de cientistas isolados.
		- grupal	Apresentação do trabalho científico como fruto de um grupo pequeno de pessoas, duas ou mais com a mesma finalidade.
		- coletividade	Apresentação do trabalho de outros cientistas que serviram de base ou inspiração para o desenvolvimento de novo conhecimento.
	- empírica		Organização do conteúdo histórico incluindo a descrição dos experimentos que originaram o conhecimento atualmente aceito.
	- historicidade /problematicidade de	- linear/simplista	Apresentação dos eventos internos da ciência desconexos dos fatos históricos que compreenderam o desenvolvimento da construção do conhecimento científico, o qual se desenvolveria de forma linear e cumulativa. Há ênfase no conteúdo aceito como correto na atualidade, sem expor os fatos e problemas que divergiram do pensamento científico ao longo da história.
		- mitológica	Apresentação mitos científicos na informação histórica.
		- evolutiva /complexa	Referência às discussões sobre a natureza da Ciência ao longo da história, elaborando-a desde as causas originárias do estudo desse conhecimento, as controvérsias e dificuldades e os consensos sobre o conhecimento científico que permaneceu. Apresentação das rupturas epistemológicas correlatas.

Na subcategoria *imagem*, a apresentação gráfica refere-se às figuras sobre conteúdo histórico, e teve por base os estudos de Peters (2005) e Vidal (2009). Essa subcategoria foi dividida em cinco classes. A primeira classe aponta os *personagens* por meio de gravuras (figura), fotografias e desenhos dos cientistas. A segunda classe verifica *Materiais, equipamentos e instrumentos/aparelhos de laboratório* utilizados à época descrita, e a terceira classe corresponde aos *esquemas* de modelos e desenhos de experimentos e seus resultados. A quarta classe assinala os *documentos* de consulta, como textos ou referência bibliográfica. A quinta classe revela a presença de *outros* documentos e bibliografias adicionais.

A terceira categoria *fonte da informação histórica* foi subdividida em duas subcategorias, ambas baseadas no estudo de Vidal (2009). A primeira subcategoria *fonte primária da informação histórica* relaciona-se à apresentação de textos científicos originais dos próprios cientistas ou traduções que explicitam suas ideias quanto à construção do conhecimento científico. A segunda subcategoria, *fonte secundária da informação histórica* refere-se aos textos escritos segundo a interpretação dos autores do livro didático.

A quarta categoria *tipo de informação histórica* baseia-se no trabalho de Vidal (2009) e foi dividida em quatro subcategorias. A primeira subcategoria tipo *biográfico da informação histórica* relaciona-se a história da vida dos cientistas. Essa subcategoria é composta de três classes. A primeira classe indica sobre a existência dos cientistas por meio de *notas biográficas sumárias*. A segunda classe relata as *características pessoais* como os sentimentos, caráter, humor e inteligência dos cientistas. A terceira classe corresponde aos *episódios/curiosidades* na vida do cientista, como por exemplo, se é casado, se foi decapitado, se enlouqueceu, etc. A segunda subcategoria tipo *contextual da informação histórica* guarda relação com a articulação dos conhecimentos. Essa subcategoria foi desmembrada em cinco classes. A primeira classe aponta a integração dos conhecimentos científicos tratados com outros saberes disponíveis na época. A segunda classe relata a integração dos conhecimentos científicos com o ramo da tecnologia. A terceira classe corresponde a integração dos conhecimentos científicos com os fatos políticos. A quarta classe assinala a integração dos conhecimentos científicos com as questões sociais. A quinta classe revela a integração dos conhecimentos com assuntos religiosos.

A quinta categoria, *natureza do conhecimento científico*, fundamenta-se na obra de Pagliarini (2007) e foi dividida em três subcategorias. A primeira, *originalidade do conhecimento científico*, divide-se em três classes: a primeira indica a natureza *individual* dos conhecimentos científicos, como resultado de uma ação isolada; a segunda *grupal* relata o

conhecimento científico como fruto do trabalho de poucos. A terceira classe *coletividade* corresponde à apresentação do trabalho de outros cientistas que serviram de base ou inspiração para o desenvolvimento de novos conhecimentos.

A segunda subcategoria, tipo de informação *empírica* relaciona-se à descrição de experimentos originais. A terceira, *historicidade/problematicidade*, divide-se em três classes. A primeira classe *linear/simplista* indica à apresentação dos eventos internos da ciência, enfatizando o conhecimento científico de teorias e conceitos sem descrição dos fatos históricos que compreenderam a construção do conhecimento científico. Essa classe apresenta o desenvolvimento da construção do conhecimento científico ao longo do tempo de forma linear e cumulativa, preocupando-se os conhecimentos científicos, bem como expõe os fatos históricos que corroboram com os da atualidade, sem explicitar os que se afastaram do pensamento científico aceito na atualidade. A segunda classe foi denominada *mitológica*, e corresponde à presença de mitos científicos na descrição histórica. A terceira classe *evolutiva complexa* relata discussões mais sofisticadas sobre a natureza da ciência e apresenta a construção do conhecimento científico ao longo do tempo, desde a origem do problema científico, as causas que motivaram o estudo, as controvérsias existentes e a definição do conhecimento que permaneceu. Apresenta também as rupturas do conhecimento anterior, aquele que não é mais considerado verdadeiro, e a nova forma de pensar.

Dessa forma, será realizado o mapeamento das concepções de Ciência que se revelam nos livros didáticos de Química, em conteúdos de modelos atômicos.

4.2 Objeto de investigação

O livro didático é o principal recurso pedagógico utilizado por docentes na realização dos processos educacionais e representa um dos meios mais importantes de acesso ao conhecimento científico, muito embora a crescente democratização do acesso aos recursos das tecnologias de informação e comunicação provoque tendência a mudar essa realidade.

Com o intuito de contribuir para a ampliação do debate acerca do conteúdo histórico na construção dos modelos atômicos selecionamos os seis livros didáticos de Química do Ensino Médio, adotados na rede pública de ensino no País. Esses livros foram avaliados, recomendados pelo Guia do Livro Didático e distribuídos no âmbito do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM 2007), conforme será descrito no próximo capítulo.

Por oportuno, e considerando que os livros didáticos de Química abordam o assunto de modelos atômicos em diversos capítulos, a análise foi estendida também a esses capítulos.

5 – A ABORDAGEM DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ESTUDO DE MODELOS ATÔMICOS

Neste capítulo são apresentados os resultados das análises realizadas, a partir das categorias analíticas caracterizadas no capítulo anterior, relativamente aos conteúdos sobre modelos atômicos presentes nos livros didáticos recomendados pelo Guia do Livro Didático do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM/2007), como subsídio para o mapeamento das concepções de Ciência que caracterizam esses conteúdos.

5.1 Análise dos livros didáticos de Química – (PNLEM/2007).

Com o intuito de descrever, indicar, referenciar, etc., de modo sintético e objetivo, os seis livros que serão investigados, convencionou-se uma codificação simplificada LQ *n*, com *n* variando de 1 a 6 para cada uma das obras, conforme quadro 2, a seguir:

Quadro 2 – Livros didáticos de Química

Código	Referências Bibliográficas
LQ 1	Peruzzo, F. M., Canto, E. L. Química geral e inorgânica, vols. 1, 2 e 3. 3ª ed. São Paulo: Moderna, 2003.
LQ 2	Feltre, R. Química geral, vos. 1, 2, 3. 6ª ed. São Paulo: Moderna, 2000.
LQ 3	Bianchi, J. C. A., Albrecht, C. H., Maia, D. J. Universo da química, volume único 1ª ed. São Paulo: FTD, 2005.
LQ 4	Nóbrega, O. S., Silva, E. R., Silva, R. H. Química, volume único 1ª ed. São Paulo: Ática, 2005.
LQ 5	Mortimer, E. F., Machado, A. H. Química, volume único 1ª ed. São Paulo: Scipione, 2005.
LQ 6	Santos, W. L. P., Mól, G. S. Química e sociedade, volume único 1ª ed. São Paulo: Nova Geração, 2005.

O Catálogo do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio publicado pelo Ministério da Educação foi disponibilizado no anexo deste trabalho, pois contém as resenhas de todos os livros didáticos de Química referidos e por considerar a relevância de acessá-las como leitura complementar a esta dissertação.

5.1.1 Livro de Química – LQ 1

A – Configuração geral

Trata-se de uma coleção didática composta por três volumes que desenvolvem as seguintes grandes áreas da Química: vol.1-Química Geral e Química Inorgânica (15 capítulos); vol.2 - Físico-Química (11 capítulos); e vol.3 - Química Orgânica (11 capítulos).

O quadro 3, a seguir, consolida as principais informações sobre os capítulos que tratam de modelos atômicos, relativamente à primeira categoria analítica: *Configuração geral*:

Quadro 3 – Informações relativas aos capítulos 4, 5 e 11 do LQ 1

Capítulo	Seção	Subseção	Conteúdo	Destaques	Exemplos
4 – Do microscópio ao microscópio: átomos e moléculas	A Teoria atômica de Dalton		Modelo atômico de John Dalton	1. Menção às ideias dos filósofos gregos em relação à constituição da matéria 2. Dados empíricos na fundamentação da teoria de Dalton 3. Apresentação da teoria de Dalton	“As ideias desses filósofos gregos não foram muito além disso, porque não se fundamentavam na cuidadosa observação dos resultados fornecidos por experimentos”. (p. 52)
	A natureza elétrica da matéria	Descargas elétricas em gases a baixa pressão	Trabalhos experimentais sobre o assunto, ao longo da história	1. Experimentos que comprovaram a condutibilidade elétrica dos gases a baixa pressão	“No entanto, no século XIX, os trabalhos de <i>Henrich Geissler</i> (1859), <i>Johann Hittorf</i> (1869) e <i>William Crookes</i> (1886) mostraram experimentalmente que, quando submetidos a baixas pressões, os gases podem tornar-se condutores elétricos”. (p. 65)
5 – Introdução à estrutura atômica	Modelo atômico de Rutherford	Descoberta do elétron e do próton	Modelo atômico de Thomson	1. Exposição das ideias de Thomson sobre a estrutura atômica	“O átomo deveria ser formado por uma esfera de carga positiva, possuindo, em sua superfície, elétrons incrustados”. (p. 65)
		Experiência da dispersão de partículas alfa	Modelo atômico de Rutherford	1. Exposição das ideias de Rutherford sobre a estrutura atômica 2. Partícula subatômica (nêutron)	“A experiência mostrou que a grande maioria das partículas alfa atravessava a folha. Assim, os átomos não poderiam ser maciços, pois as partículas alfa não conseguiram atravessá-los.” (p. 66)
	Modelo atômico de Bohr		Modelo atômico de Bohr	1. Exposição das ideias de Bohr sobre a estrutura atômica	“A novidade da teoria de Bohr está na afirmação de que a energia dos elétrons ser quantizada, isto é, possui apenas alguns determinados valores”. (p. 76)
11 – Radioatividade: fenômenos de origem nuclear	Radioatividade: fenômeno nuclear	Como a radioatividade foi descoberta	Radioatividade	1. Fenômenos associados à radiação, cientistas e suas descobertas ao longo da história 2. Raios X, α , β e γ	“Ainda no ano de 1898, E. Rutherford utilizou uma tela fluorescente para detectar as radiações (...) havia dois tipos de radiação, que chamou de α e β ”. (p. 295)

O conteúdo dos capítulos citados representa 3,4% do conteúdo de toda a coleção, os quais estão organizados em seções e subseções que tratam da história da construção dos modelos atômicos (quadro 3). Esse conteúdo específico corresponde a 34,9% do total dos três capítulos.

Aspectos sobre construção histórica do conhecimento da Química não foram apresentados no relatório final da avaliação feita pelo Ministério da Educação. No entanto, o manual do professor de LQ 1 apresenta proposta metodológica para abordar o conteúdo de modelos atômicos, a partir do estudo da construção dos modelos como base para a compreensão do conceito de elemento químico.

B) Apresentação gráfica do conteúdo histórico

Para ilustrar a referência histórica da construção dos modelos atômicos, LQ 1 apresenta um total de 19 imagens, sendo 1 gravura com o perfil de Dalton e fotografias (3) dos cientistas Thomson, Rutherford e Bohr, conforme a figura 1 abaixo:

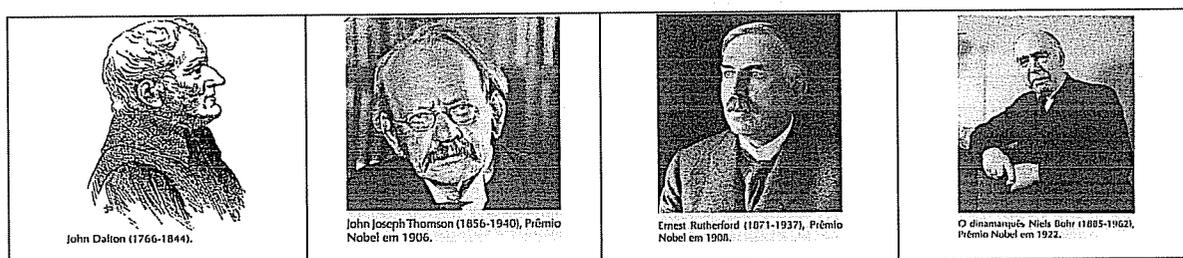


Figura 1

São quinze imagens na forma de *esquemas* referentes ao conteúdo histórico: três delas representam o modelo de átomo de Dalton, de moléculas de substâncias simples e composta, duas representam o tubo de raios catódicos e uma ilustra o modelo do átomo criado por Thomson. Outras duas imagens são: do esquema do experimento realizado por Rutherford, mostrando o desvio das partículas alfa e dos resultados obtidos por meio dessa experiência. Há também um esquema do átomo conforme teoria de Rutherford, bem como do experimento para detectar as radiações provenientes de um material radioativo. Outras duas imagens esquemáticas, ilustram a emissão das partículas alfa e beta. Também se encontram três ilustrações referentes às representações dos níveis de energia e das transições eletrônicas no modelo atômico de Bohr.

C) Fonte da informação histórica

O LQ 1 apresenta apenas registros secundários de relatos históricos, isto é, a partir da interpretação dos autores, conforme caracterizados na categoria analítica deste tópico.

D) Tipo de informação histórica

Sobre dados biográficos, o livro menciona o ano de nascimento e de morte e a nacionalidade dos cientistas John Dalton, Joseph Thomson, Ernest Rutherford e Niels Bohr; as datas que esses cientistas receberam os Prêmios Nobel e cita a cidade natal de Rutherford. Também são mencionadas as nacionalidades dos cientistas Henri Becquerel, Hans Geiger, Marie Skłodowska Curie e Pierre Curie, além da informação, classificada como curiosidade, de que Marie e Pierre Curie foram casados.

O LQ 1 apresenta três trechos característicos de contextualização histórica dos conhecimentos científicos disponíveis à época, que possibilitaram o desenvolvimento de outros conhecimentos, dos quais se destacou: “Dalton, ao contrário dos filósofos gregos, baseou-se nos resultados das experiências – feitas por ele e por outros cientistas que o antecederam, inclusive Lavoisier e Proust.” (v. 1, p. 52).

Outro trecho refere-se aos experimentos realizados pelos cientistas Henrich Geissler, Johann Hittorf e William Crookes no tubo de raios catódicos, no estudo do comportamento de gases que se tornam condutores de corrente elétrica, quando submetidos a baixas pressões. O terceiro trecho refere-se aos raios X e à radioatividade, com os autores apontando os conhecimentos científicos que já haviam sido desenvolvidos antes da proposição do modelo atômico de Rutherford.

Os autores exploram também a relação do desenvolvimento do conhecimento científico com o avanço tecnológico no trecho histórico que traz o experimento de Becquerel, na detecção da radioatividade, o qual resultou na criação do contador de Geiger, usado até os dias de hoje na identificação de material radioativo.

E) Natureza do conhecimento científico

A descrição da teoria atômica de Dalton faz referência a esse cientista como adepto das ideias dos filósofos da Grécia Antiga, em relação à constituição da matéria por átomos. Destaque-se que, diferentemente dos gregos, a teoria de Dalton foi fundamentada na observação dos resultados experimentais. Outra informação apresentada no texto é o tempo que o cientista levou para propor sua teoria: “Entre 1803 e 1808, o cientista inglês John Dalton propôs uma teoria para explicar as leis enunciadas por Lavoisier e Proust” (p. 52). O LQ 1 também lista pontos importantes da teoria atômica de Dalton. No relato histórico sobre a teoria atômica de Thomson, os autores descrevem os experimentos com tubo de raios catódicos, os quais foram aperfeiçoados e permitiram conhecer a constituição e a carga

elétrica dos constituintes desses raios. Na descrição do relato histórico, é exposta a identificação dos prótons e a necessidade da proposição de um novo modelo atômico que explicasse essa nova partícula.

Na passagem histórica da proposta atômica do cientista Ernest Rutherford, o texto revela a experiência que levou ao conhecimento das radiações alfa e beta. A identificação da radiação gama pelo cientista Paul Villard também é mencionada no livro didático. Os autores apresentam um estudo das emissões das radiações α , β e γ , expondo as leis da radioatividade. Outra experiência apresentada no texto é do espalhamento das partículas alfa. Na apresentação dos procedimentos metodológicos dessa experiência, os autores apresentam o raciocínio hipotético, observações e os resultados alcançados por Rutherford que o levaram à construção do novo modelo atômico. Porém, esse modelo não explicava os espectros de emissão atômica dos elementos químicos. Em seguida, são apresentados os postulados da teoria atômica do cientista Niels Bohr como fundamento para as questões até então sem explicações teórico-experimentais plausíveis.

5.1.2 Livro de Química – LQ 2

A) Configuração geral

O LQ 2 é uma coleção didática composta por três volumes que desenvolvem a Química Geral, a Físico-Química e a Química Orgânica, com 14, 10 e 17 capítulos respectivamente. Os volumes um e dois relatam o conteúdo de modelos atômicos em três capítulos, organizados em seções, conforme o quadro 4, na página seguinte. Os assuntos de interesse correspondem a 5,5% do conteúdo global do livro didático, e 37,9% do total do conteúdo sobre modelo atômico.

No LQ 2 a informação histórica do conhecimento científico, segundo a avaliação do Ministério da Educação, se apresenta por meio de narrativas dos processos e produtos dos fatos da história da Química e da biografia dos cientistas. A proposta metodológica do manual do professor para a abordagem do conteúdo de modelos atômicos, envolve o estudo da evolução da Ciência na explicação dos fenômenos naturais.

Quadro 4 – Seções e subseções dos capítulos 3, 4 e 10 do LQ 2

Capítulo	Seção	Subseção	Conteúdo	Destaque	Exemplos
3 – Explicando a matéria e suas transformações	As tentativas de explicar a matéria e suas transformações		Desenvolvimento de técnicas e ideias para explicar a estrutura da matéria	1. Exposição das ideias dos filósofos gregos Demócrito e Aristóteles sobre a constituição da matéria 2. Relação do nascimento da Química as leis quantitativas	“No entanto, durante séculos prevaleceram as ideias de Aristóteles (384-322 a.C), para quem tudo o que existia no Universo era formado a partir dos quatro elementos” . (p. 50)
		A hipótese da Dalton	Modelo atômico de John Dalton	1. Explicação para os fatos experimentais observados nas leis ponderais 2. Descrição da biografia de Dalton	“Para explicar os fatos observados nas duas leis ponderais, o cientista inglês John Dalton imaginou” . (p. 65)
4 – A evolução dos modelos atômicos	O modelo atômico de Thomson		Modelo atômico de Thomson	1. Exposição de experimentos que comprovaram a característica elétrica da matéria 2. Exposição da estrutura atômica proposta pelo cientista Thomson	“(…) Joseph John Thomson propôs, em 1903, um novo modelo de átomo, formado por uma ‘pasta’ positiva ‘recheada’ pelos elétrons de carga negativa, o que garantia a neutralidade elétrica do modelo atômico conhecido como ‘pudding com passas’ . (p. 77)
		A descoberta da radioatividade	Radioatividade	1. Descoberta dos fenômenos radioativos 2. Descrição da biografia de Thomson	“Filho de um livreiro, nasceu em 1856, em Manchester (Inglaterra)” . (p. 77)
	O modelo atômico de Rutherford		Experimento de Rutherford	1. Exposição do experimento do espalhamento das partículas alfa 2. Descrição da biografia de Rutherford	“ Nasceu em Nelson (Nova Zelândia), em 1871. Foi professor no Canadá e na Inglaterra – nas universidades de Manchester e Cambridge” . (p. 78)
		O modelo atômico de Rutherford- Bohr	Introdução	1. Exposição dos problemas do modelo atômico de Rutherford	“Rutherford foi obrigado a admitir que os elétrons giravam ao redor do núcleo, pois, sem movimento, os elétrons (que são negativos) seriam atraídos pelo núcleo (que é positivo); consequentemente, iriam de encontro ao núcleo, e o átomo desmontaria” . (p. 86)
10 – Reações nucleares	O início da era nuclear/descoberta da radioatividade Os efeitos das emissões radioativas A natureza das radiações e suas leis	O modelo de Rutherford-Bohr	Modelo atômico de Bohr	1. Postulados de Bohr 2. Descrição da biografia de Bohr	“Em 1900, Planck já havia admitido a hipótese de que a energia não seria emitida de modo contínuo, mas em, pacotes” . (p. 90)
			Radioatividade	Exposição dos fenômenos radioativos	“Em 1895, o físico alemão Wilhelm Konrad Röntgen (1845-1923) introduziu modificações na ampola de Crookes e conseguiu produzir os raios X (...)” . (p. 365)
				Descrição biográfica dos cientistas Curie	“ Pierre Curie nasceu em Paris, em 1859, e aí faleceu em 1906, vítima de um atropelamento. Em 1895 casou-se com Marie Skłodowska (nascida na polônia, em 1867), que se tornou conhecida como Madame Curie” . (p. 366)
			Exposição do experimento das emissões radioativas naturais	“ O material radioativo é colocado em um furo feito num bloco de chumbo; o chumbo detém as emissões radioativas, que, por sua natureza, saem em todas as direções” . (p. 369)	

B) Apresentação gráfica do conteúdo histórico

Parte do conteúdo histórico está descrito em “box”, com breves resumos. Em quatro box são apresentadas as biografias de John Dalton, Joseph Thomson, Ernest Rutherford e Niels Bohr. Há ainda, outro box que descreve sobre a vida de Pierre e Marie Sklodowska Curie, reproduzido abaixo na figura 2. O restante do conteúdo histórico encontra-se organizado ao longo do texto.

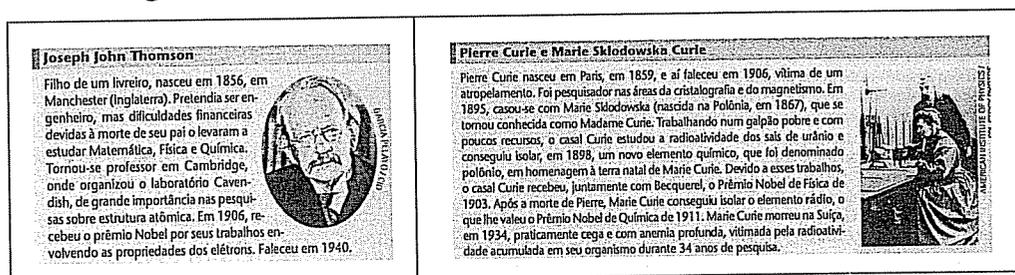


Figura 2

O LQ 2 cria composições variadas por meio de imagens e suas mesclas com box e texto para ilustrar o conteúdo histórico, nesse sentido as fotografias dos cientistas citados encontram-se no interior dos box. Quanto à classe *materiais, equipamentos e instrumentos*, o volume 2 apresenta uma fotografia de amostra de Pechblenda (U_3O_8).

Outras 17 imagens na forma de esquemas referem-se ao conteúdo histórico, sendo uma do modelo atômico de Dalton, outra do tubo de Heinrich Geissler e duas outras com a imagem da ampola de William Crookes com ilustração dos raios anódicos. Apresenta-se também o esquema da ampola de Eugen Goldstein, que detectou os raios catódicos. Em relação aos modelos atômicos, há cinco diagramas esquemáticos ilustrando os modelos atômicos: de Thomson, em recorte tridimensional (reproduzida ao lado na figura 3), de Rutherford ilustrando a órbita circular descrita pelos elétrons em torno do núcleo e dois com os esquemas da absorção e emissão de energia do elétron e um esquema dos possíveis “saltos” eletrônicos no átomo de hidrogênio. Esses três esquemas, juntamente à imagem de um

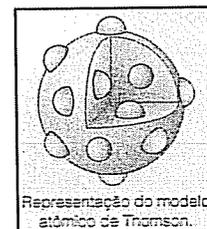


Figura 3

átomo genérico, referem-se ao modelo atômico de Rutherford-Bohr (a imagem do átomo genérico é repetida no volume 2 da obra). Em relação ao fenômeno de radioatividade, há uma imagem das radiações emitidas pelo elemento urânio e as distintas deflexões na presença de campo elétrico, bem como a representação do feixe de partículas alfa incidindo sobre a lâmina metálica e da trajetória dessas partículas, ilustrando a experiência realizada por Rutherford. Apresenta-se, também um esquema do núcleo do átomo, evidenciando as partículas constituintes. Uma ilustração apresenta o problema da órbita do elétron, até colidir com

núcleo, que seria o resultado previsto para a teoria Clássica, o que desafiou Bohr a propor formulação mais abrangente. Nesse sentido, apresenta-se imagem do átomo com as respectivas camadas.

Outro esquema apresenta a difração da radiação do hidrogênio com a composição espectral em raias discretas.

No volume 2, são apresentadas mais dois novos esquemas, além da repetição da imagem acima citada, sendo uma da ampola de raios X e outra da emissão de partículas alfa pelo núcleo atômico. Destaque-se a imagem dos ossos da mão da primeira radiografia obtida por Röntgen. Portanto, os volumes 1 e 2 totalizam 22 imagens distintas (1 é repetida) relativas aos conteúdos sobre História da Ciência.

C) Fonte da informação histórica

Semelhantemente ao LQ 1, o LQ 2 apresenta apenas registros secundários de relatos históricos, isto é, a partir da interpretação dos autores, conforme caracterizados na categoria analítica deste tópico.

D) Tipo de informação histórica

Sobre os dados biográficos, todos apresentados em box, LQ 2 menciona a nacionalidade, o ano e a cidade em que nasceram os cientistas Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. Os autores apresentam vários trechos históricos com informações sobre a vida dos cientistas, como pode ser analisado na representação do box com as informações de Thomson, na figura 2, acima.

Foram identificados cinco trechos de contextualização histórica, promovendo os conhecimentos científicos disponíveis na época e que possibilitaram o desenvolvimento de outros saberes. Um deles refere-se aos fatos experimentais observados nas duas leis ponderais, com destaque para o conhecimento prévio da conservação e proporção da matéria nas transformações químicas. Outro trecho relata as experiências realizadas pelo filósofo Tales de Mileto, evidenciando o conhecimento das propriedades elétrica da matéria. No trecho sobre os experimentos no tubo de raios catódicos, os autores esclarecem que já haviam sido realizados por Heinrich Geissler em 1854. Em outro trecho são mostrados os conhecimentos científicos disponíveis à época de Rutherford, quando relatam a instabilidade atômica na radioatividade. E ainda, ao tratar da solução proposta por Bohr para o problema detectado na instabilidade atômica, é resgatada a teoria de Max Planck que considerava a emissão de energia em “pacotes”, denominados *quanta*.

Os autores exploram também a relação do desenvolvimento do conhecimento científico com o avanço da tecnologia ao relatar que da ampola de Crookes derivam os aparelhos de raios X e os televisores.

E) Natureza do conhecimento científico

A apresentação da hipótese de Dalton é feita pela seguinte afirmativa: “Todo e qualquer tipo de matéria é formado por partículas indivisíveis, chamadas átomos.” (p. 53) para explicar as duas leis ponderais propostas pelos cientistas Lavoisier e Proust, caracterizando uma coletividade na produção do conhecimento.

Sobre a teoria atômica de Thomson, os autores descrevem experimentos precursores e estruturantes das bases para essa teoria atômica, tais como o atrito do âmbar com alguns materiais, descargas elétricas em gases no tubo de Geissler e emissão dos raios catódicos na ampola de Crookes.

Na passagem histórica sobre a proposta atômica de Rutherford, o texto apresenta o experimento da emissão das partículas alfa contra uma chapa metálica e os respectivos procedimentos metodológicos expondo as observações, hipóteses e conclusões. Discutem-se os problemas enfrentados por Rutherford em relação ao modelo atômico proposto, tendo em vista a instabilidade do núcleo do átomo: “Se o núcleo atômico é formado por partículas positivas, por que essas partículas não se repelem e o núcleo não desmorona?” (p. 79). Também apresentam outros problemas: a atração dos elétrons pelo núcleo e a hipótese da perda de energia pelo elétron durante o movimento de rotação em torno do núcleo, segundo previsão da Física Clássica. No trecho mencionado, os autores citam as contribuições do cientista James Chadwick, muitos anos mais tarde, quanto à existência dos nêutrons, para a solução do problema da estabilidade nuclear. Outra importante informação em LQ 2 refere-se à determinação das dimensões aproximadas do núcleo do átomo, por Rutherford.

Ao expor a solução apresentada pelo cientista Niels Bohr para os problemas encontrados no modelo atômico de Rutherford, é citado que Bohr se valeu da teoria de Max Planck e, por fim, são apresentados os postulados embasados na física quântica, para as órbitas eletrônicas.

5.1.3 Livro de Química – LQ 3

A) Configuração geral

O quadro 5, na página seguinte, consolida as informações sobre os capítulos que tratam dos modelos atômicos no LQ 3:

Quadro 5 – Seções e subseções dos capítulos 1, 3 e 5 do LQ 3

Capítulo	Seção	Subseção	Conteúdo	Destaque	Exemplos
1 – Substâncias		A composição química das substâncias	Teoria atômica de Dalton	1. Descrição das leis de Proust 2. Exposição da teoria atômica de Dalton	"Em 1803, o inglês John Dalton (1766-1844) apóia-se na lei de Proust e apresenta sua Teoria Atômica, que propõe que todos os tipos de matéria são formados por átomos e que todos os átomos de um mesmo elemento têm massas iguais". (p. 19)
	Os átomos	A utilização da lei de Proust para a teoria atômica	Modelo atômico de Dalton	Menção as ideias dos filósofos gregos sobre a estrutura da matéria	"As ideias sobre os átomos datam de aproximadamente 400 a. C. com Demócrito, Leucipo e Epicuro, que, diante de tantas transformações reveladas pela natureza, chegaram à conclusão de que essa deveria ser formada por pequenas partículas invisíveis denominadas átomos e que as transformações verificadas seriam resultado dos seus movimentos". (p. 78)
3 – Radioquímica	A estrutura do átomo		Característica elétrica da matéria	Princípios da teoria atômica de Dalton	"Ao perceber que as combinações entre os elementos eram feitas na mesma proporção, Dalton sugeriu que toda a matéria fosse constituída por unidades discretas, novamente batizadas de átomos". (p. 79)
		A respeito do elétron	Determinação da razão entre a carga e a massa do elétron	Experimentos ao longo da história sobre eletricidade	"Em 1752, Benjamin Franklin (1706-1790), enquanto atriava um pedaço de vidro com seda, notou que os dois objetos adquiriam carga elétrica, ou seja, ficavam eletrizados". (p. 83)
		Em busca da partícula positiva	Modelo atômico de Rutherford	Experimentos de Joseph John Thomson e Robert Andrews Millikan	"Joseph Thomson (1836-1940), em 1897, realizando experiências e utilizando uma aparelhagem mais sofisticada em relação à de Faraday, determinou a razão entre a carga e a massa do elétron, sendo levado à firme conclusão de que o elétron existia e estava presente em todos os átomos". (p. 84)
	Radioatividade		Radioatividade	Experimento do espalhamento partículas alfa	"Rutherford investigava os ângulos sob os quais as partículas α (alfa) eram espalhadas ao passar através de uma fina folha de ouro". (p. 84)
		Emissão ou radiação beta (β)		1. Fenômenos radioativos 2. Biografia de M. Curie	"Em 1898, Marie Curie (1867-1934) mostrou que a intensidade de radiação percebida por Becquerel não dependia da temperatura, da pressão, da fase de agregação e da composição da substância que continha o urânio". (p. 92) "Coube ao físico italiano Fermi (1901-1954) propor que tanto o neutrino quanto o elétron eram produzidos no momento em que ocorria a desintegração e a emissão deles". (p. 95)
5 – Modelos atômicos	O resgate da matéria descontínua			Desintegração atômica	"Dalton imaginou que a matéria seria constituída de partículas indivisíveis – o átomo – e que cada elemento químico seria formado por átomos com a mesma massa". (p. 160)
		O modelo de Bohr	Modelo atômico de Bohr	Proposta atômica de Bohr	"O modelo de Bohr propunha que o elétron permanecia em uma órbita circular, mas que havia a possibilidade de ele passar de uma órbita para a outra mais externa". (p. 161)
		A emissão de luz segundo Bohr		Explicação da emissão de luz por átomos	"Para o fenômeno da emissão de luz, Bohr supôs que um elétron que ocupasse certa órbita poderia ser conduzido a uma órbita mais externa, (...) aconteceria quando certa quantidade de energia fosse fornecida ao átomo". (p. 161)
	A nomenclatura das órbitas e o máximo de elétrons			Configuração eletrônica dos átomos	"Assim, em 1921, Niels Bohr e Charles Bury propuseram que a quantidade de elétrons em cada órbita poderia ser deduzida matematicamente". (p. 165)

É um livro em volume único, estruturado em dezesseis capítulos. O conteúdo de modelos atômicos é abordado em três capítulos, 1, 3 e 5, correspondendo a 8,9% do conteúdo de todo o livro. Esses capítulos são organizados em seções que tratam da história da construção dos modelos atômicos e que correspondem a 45,2% desse conteúdo.

No LQ 3 o contexto histórico, de acordo com a avaliação do Ministério da Educação, é abordado em alguns temas de forma descritiva fazendo referências às biografias de cientistas, contribuindo para o entendimento dos processos de construção do conhecimento em Química. A proposta metodológica apresentada no manual do professor para a abordagem ao tema de modelos atômicos, contempla um estudo, de forma resumida, da evolução do conceito de átomo, desde os gregos até Rutherford-Bohr.

B) Apresentação gráfica do conteúdo histórico

Parte do conteúdo histórico está descrito em box inseridos próximos aos assuntos aos quais se relacionam. Um desses box descreve a substância óxido de mercúrio enfatizando sua relevância no trabalho de Lavoisier. Outro box denominado “Radioquímica” relata o trabalho de Rutherford e Soddy que possibilitou associar a radioatividade aos fenômenos atômicos. A apresentação de novas partículas constituintes do átomo (*quarks*) está em outro box, bem como a descrição da concepção de modelo atômico do físico Nagaoka. Dessa forma também são relatados os dados biográficos de Marie Curie e seus trabalhos sobre radioatividade. Outro box expõe “os raios cósmicos” informando sobre a radiação vinda do espaço e, por fim, outro box apresenta o fenômeno da desintegração atômica e identificação das partículas alfa.

As imagens que ilustram o conteúdo histórico são variadas e totalizam 14 figuras (reprodução de desenhos em nanquim) dos estudiosos da constituição da matéria. Os cientistas Demócrito, Epicuro, Proust e Dalton estão representados em um esquema de linha do tempo de acordo com a evolução das ideias de átomo e substância (reproduzido a seguir):

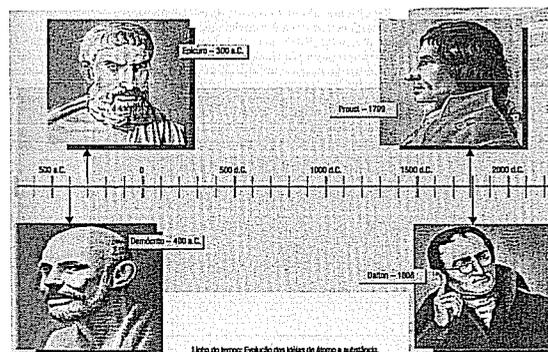


Figura 4

Os cientistas Dalton, Berzelius, Franklin, Thomson, Marie Curie, Becquerel, Pauli, Fermi, Rutherford e Bohr são expostos próximos ao assunto tratado.

O LQ 3 apresenta sete esquemas referentes ao conteúdo histórico, sendo uma imagem representativa de elementos e compostos de átomos segundo a teoria atômica de Dalton, conforme representação sugerida em 1808. A representação do aparelho usado por Millikan na determinação da carga do elétron também é feita por esquema e, ainda, a experiência de Rutherford e a interpretação de seus resultados. O esquema do átomo, imaginado pelo cientista H. Nagaoka esclarece o movimento dos elétrons girando em forma de anéis ao redor da partícula central de carga positiva e está posicionado no box supramencionado. Outro esquema ilustra os níveis de energia e os orbitais possíveis para o átomo de hidrogênio.

C) Fonte da informação histórica

Semelhantemente aos livros anteriores, o LQ 3 também apresenta apenas registros secundários de relatos históricos, isto é, a partir da interpretação dos autores, conforme caracterizados na categoria analítica deste tópico.

D) Tipo de informação histórica

Sobre os dados biográficos, o livro menciona o ano de nascimento e de morte dos filósofos e cientistas envolvidos no processo evolutivo dos modelos atômicos (Demócrito, Epicuro, Proust, Dalton e Bohr) e cita a nacionalidade de Proust e o ano de publicação de seu artigo sobre a Lei das Proporções Invariáveis. Outra informação é das nacionalidades dos cientistas John Dalton, Jöns Jakob Berzelius, George Johnstone Soddy, James Chadwick e Niels Bohr. Os autores citam a data de nascimento, nacionalidade e a cidade em que Marie Curie nasceu. Ainda tratando-se dessa cientista, o LQ 3 cita que era casada com Pierre Curie e que recebeu os Prêmios Nobel de Física e Química pelos trabalhos relacionados aos fenômenos da radioatividade.

Os autores procuram mostrar os conhecimentos científicos disponíveis à época de cada cientista e que possibilitaram o desenvolvimento de outros conhecimentos. Foram identificados três trechos nos quais há contextualização histórica: sobre a teoria atômica de Dalton, os autores apontam os conhecimentos científicos de Proust que permitiu constatar a constância da composição de qualquer tipo de substância; do cientista Benjamin Franklin, os autores apontam propriedades gerais da eletricidade em certos materiais; na contextualização histórica do modelo atômico de Bohr os autores explicitam: “Em 1913, os cientistas já sabiam

que elementos químicos na fase gasosa, quando submetidos a voltagens elevadas, produzem luzes de várias cores que mudavam conforme a natureza do elemento”. (p. 161)

E) Natureza do conhecimento científico

O LQ 3 apresenta os princípios da teoria atômica de Dalton, bem como a proposição das proporções entre as quantidades de átomos que formam os compostos químicos. Também é mostrada a simbologia de letras sugerida por Berzelius, em 1812, para os elementos químicos.

No relato histórico sobre a teoria atômica de Thomson, os autores descrevem o experimento de Franklin (atrito de materiais como prova de que a eletricidade é propriedade de certos materiais). O texto mostra o experimento realizado por Faraday que permitiu identificar que uma mesma corrente elétrica na eletrólise poderia produzir diferentes quantidades de diferentes metais. Como informação histórica menciona-se que Stoney propôs denominação para a unidade de eletricidade. Também são apresentadas as contribuições do cientista Thomson na determinação da razão entre a carga e a massa do elétron. O livro didático apresenta o procedimento experimental realizado por Millikan para determinar a carga do elétron.

Na passagem histórica sobre o cientista Ernest Rutherford, o texto apresenta o experimento do espalhamento das partículas alfa, o qual foi desenvolvido com o auxílio dos cientistas Geiger e Marsden. Outra informação em LQ 3 revela que, a partir desse arranjo experimental, Rutherford determinou a carga, a massa e o tamanho do núcleo de um átomo de ouro. E ainda há menção histórica da descoberta do nêutron por Chadwick.

Para o modelo atômico de Bohr, de modo resumido, o texto apresenta o resultado de trabalhos realizados com o gás hidrogênio, que permitiu explicar a emissão de luz bem como a nomenclatura das órbitas.

5.1.4 Livro de Química – LQ 4

A) Configuração geral

O LQ 4 tem volume único dividido em trinta e três capítulos. Os conteúdos sobre modelos atômicos são abordados em três capítulos, conforme quadro 6 apresentado na página seguinte. O capítulo 1 denomina-se “Da alquimia à Química”, o Capítulo 6, “Relações entre massas nas reações químicas” e o capítulo 9 “Modelos atômicos e substâncias simples”.

Quadro 6 – Seções e subseções dos capítulos 1, 6 e 9 do LQ 4

Capítulo	Seção	Subseção	Conteúdo	Destaque	Exemplos
1 – Da alquimia à Química	Procurando explicações		Evolução das ideias no estudo da matéria	Surgimento da filosofia ocidental a partir dos filósofos gregos	"O desenvolvimento político e social das cidades e a ideia de uma força superior aos deuses conduziram à busca de leis que explicassem as forças naturais". (p. 12)
		A teoria dos quatro elementos		Apresentação da teoria de Aristóteles	"Aristóteles rechaça o atomismo de Demócrito e aperfeiçoa a teoria dos quatro elementos de Empédocles acrescentando um quinto elemento: a quintessência ou éter". (p. 12)
6 – Relações entre as massas nas reações químicas	A Química		Modelo atômico de Dalton	Interpretação mecanicista do mundo e da matéria	"A interpretação mecanicista baseava-se na ideia de que os fenômenos naturais são regidos por leis que podem ser formuladas matematicamente". (p. 15)
		Por que em uma reação química a massa se conserva?		1. Lei de conservação de massa de Proust 2. Principais postulados de Dalton	"Ele (Dalton) apresentou uma explicação para os diferentes estados físicos da matéria e para as diferenças que as substâncias apresentam em relação à massa e ao comportamento químico". (p. 107)
9 – Modelos atômicos e substâncias simples	O átomo é divisível	O átomo de Thomson	Modelo atômico de Thomson	Proposição da teoria atômica de Thomson	"(...) Joseph John Thomson (físico inglês, 1856-1940) propôs, em 1898, um novo modelo atômico: o átomo seria uma esfera carregada positivamente com partículas negativas (os elétrons) em sua superfície". (p. 149)
		O átomo de Rutherford	Modelo atômico de Rutherford	Proposição da teoria atômica de Rutherford	"Ernest Rutherford (...) propôs outro modelo: o átomo seria formado por duas regiões, uma central – o núcleo atômico, extremamente compacta, densa e com carga elétrica positiva – e outra periférica – a eletrosfera, na qual os elétrons estariam circulando ao redor do núcleo, como os planetas em torno do Sol". (p. 150).
		O átomo de Bohr	Modelo atômico de Bohr	Proposição da teoria atômica de Bohr	"Bohr propôs que: o elétron não perde energia enquanto gira em determinada órbita". (p. 156)

Os temas referentes a modelos atômicos representam 4,3% do total do conteúdo de LQ 4 e encontram-se organizados em seções que tratam da história da construção dos modelos atômicos, estes correspondendo a 29,2% do total do conteúdo de modelo atômico.

No LQ 4, segundo a avaliação do Ministério da Educação, os assuntos relativos à informação histórica realçam os aspectos relacionados ao significado de modelos e ao papel provisório das teorias. O manual do professor aborda o conteúdo de modelos atômicos fazendo menção ao estudo da evolução histórica das ideias sobre a natureza dos átomos.

B) Apresentação gráfica do conteúdo histórico

O LQ 4 apresenta apenas 5 imagens em esquemas, ilustrando os temas da história. A primeira representa o modelo do átomo de Thomson: uma esfera carregada positivamente com elétrons incrustados, na imagem representados por passas. A segunda representa o modelo do átomo de Rutherford: um núcleo com elétrons em órbita elíptica. A terceira e quarta imagens representam o átomo de Bohr, com um átomo absorvendo e emitindo energia. O quinto esquema, reproduzido ao lado na figura 5, ilustra 4 seres vivos que personificam os 4 elementos de Aristóteles.

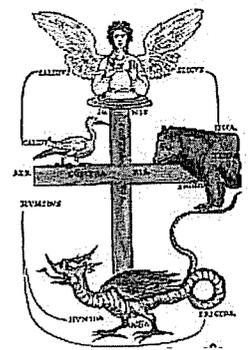


Figura 5

C) Fonte da informação histórica

O LQ 4 apresenta a imagem dos quatro elementos como fonte histórica primária. Os demais registros de relatos históricos são secundários, pois são interpretados pelos autores.

D) Tipo de informação histórica

Sobre os dados biográficos, o livro menciona as datas de nascimento e de morte, a nacionalidade e a formação acadêmica dos cientistas Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.

Os autores apresentam alguns conhecimentos científicos disponíveis à época dos cientistas e que possibilitaram o desenvolvimento de outros conhecimentos. Nesse sentido, foram identificados dois trechos em que há contextualização histórica: 1ª) os autores apontam os conhecimentos científicos sobre a teoria mecanicista na interpretação dos fenômenos naturais: “Em 1808, o químico e físico inglês John Dalton (1766-1844) resgatou a teoria atômica proposta pelos gregos e utilizada por Boyle”. (p. 107); 2ª) descrição dos experimentos realizados em soluções aquosas e em tubos com gás a baixa pressão, evidenciando-se os conhecimentos sobre a condução de eletricidade anteriores ao modelo atômico de Thomson.

E) Natureza do conhecimento científico

Para a teoria atômica de Dalton, são relacionadas as ideias dos filósofos gregos que embasavam as crenças deste cientista, e de Robert Boyle, quanto à existência de átomos na constituição da matéria. É mencionada uma explicação dos diferentes estados físicos da matéria e das diferenças físicas e químicas das substâncias pela teoria daltoniana, as leis quantitativas da Química, bem como os principais postulados dessa teoria.

No relato sobre a teoria de Thomson, há a descrição das ideias do cientista sobre a estrutura do átomo, a partir das propriedades elétricas dos materiais, mostrando o modelo *pudim com passas*: “a esfera positiva seria o pudim e os elétrons, as passas”. (p. 149)

Sobre os trabalhos de Rutherford, o texto menciona superficialmente o experimento do espalhamento de partículas em uma chapa metálica e expõe as conclusões do cientista, em relação ao modelo atômico e também cita a problematização sobre as limitações e problemas verificados com o modelo atômico proposto: “(...) o modelo atômico de Rutherford não é suficiente para explicar o comportamento desses elementos (gases nobres). Além disso também não explica de que modo os elétrons descrevem órbitas circulares em torno do núcleo central dotado de poderosa força de atração”. (p. 156) No trecho mencionado, os autores fazem menção aos temas da Física Clássica. Outra contribuição que o livro didático apresenta é que Rutherford determinou as dimensões aproximadas do núcleo e do átomo.

Diante da necessidade de um modelo atômico que resolva os problemas encontrados, os autores citam a proposta atômica do cientista Niels Bohr, com os postulados sobre as órbitas eletrônicas, com breve discussão sobre o “salto” quântico eletrônico.

5.1.5 Livro de Química – LQ 5

A) Configuração geral

O LQ 5 tem volume único composto por dezesseis capítulos. O conteúdo de modelos atômicos é abordado apenas no capítulo 5, “Modelos para o átomo e uma introdução à tabela periódica”, que se encontra organizado em seções conforme o quadro 7. Esses conteúdos correspondem a 16,6% do total do livro e HC, a 61,5% dos conteúdos de modelos atômicos.

No LQ 5, as informações históricas, segundo a avaliação do Ministério da Educação, se apresentam de forma descritiva e biográfica de alguns conteúdos, como forma de introduzir temas ou ampliar a sua abordagem. Nessa linha, presume-se contribuir no entendimento dos processos de construção desse conhecimento. A proposta metodológica presente no manual do professor, para a abordagem do conteúdo de modelos atômicos, envolve a elaboração de modelos e o estudo de como os modelos atômicos foram propostos.

Quadro 7 – Seções e subseções do capítulo 5 do LQ 5

Capítulo	Seção	Subseção	Conteúdo	Destques	Exemplos
5 – Modelos para o átomo e uma introdução à tabela periódica	Introdução		Modelo atômico de Dalton	1. Menção as ideias de Leucipo, Demócrito, Epicuro e Aristóteles quanto à constituição da matéria 2. Apresentação das ideias de Aristóteles em relação as propriedades dos materiais ser atribuída as partículas da matéria 3. Exposição das ideias de Dalton	“Para Aristóteles, as menores partículas seriam grãos de matéria, que exibiriam todas as suas propriedades – poderiam se dilatar, fundir-se, etc”. (p. 87)
	Evidências para um novo modelo atômico		Modelo atômico de Thomson	1. Exposição de alguns fenômenos que ajudaram a comprovar a existência do átomo e a sua compreensão 2. A descoberta dos raios X 3. A descoberta da radioatividade	“Em 1887, J. J. Thomson comprovou a natureza dos raios catódicos, isto é, o fato de serem partículas”. (p. 90)
	Um modelo para a estrutura do átomo		Modelo atômico de Rutherford	1. Exposição do experimento do espalhamento das partículas alfa 2. Exposição das ideias de Rutherford	“A partir de 1909, Geiger e Marsden, dois estudantes que trabalhavam sob a orientação de Rutherford, começaram a realizar experimentos em que um feixe de partículas alfa, com massa relativamente grande e com carga positiva, interagia com uma lâmina muito fina de metal – geralmente ouro”. (p. 93)
	Os antecedentes do modelo de Bohr		Conceitos da Física Clássica	Apresentação dos problemas encontrados no modelo atômico de Rutherford	“Se os elétrons estivessem estacionários, sem movimento, não seria possível imaginar um arranjo estável, pois não haveria o que os impedisse de cair no núcleo, já que estavam sob a influência da atração coulombiana.”. (p. 100)
	A luz emitida pelas substâncias e a radiação eletromagnética			Teorias sobre a natureza da luz	“Até o começo do século XIX, a teoria mais aceita sobre a natureza da luz era aquela que considerava como um fluxo de pequenas partículas”. (p. 101)
	A natureza ondulatória da luz e o espectro eletromagnético		Teoria quântica	Exposição da teoria de Planck	“Em 1900, Max Planck (1858-1947) propôs uma relação simples entre energia e frequência da radiação emitida pela matéria que funcionava para todas as frequências”. (p. 104)
	Interação entre radiação e matéria, os espectros atômicos e o modelo de Bohr		Modelo atômico de Bohr	1. Menção a fórmula de Balmer 2. Postulados de Bohr	“A fórmula de Balmer permitia associar o comprimento de onda – e, portanto, a frequência – de cada linha do espectro do hidrogênio a dois números inteiros positivos”. (p. 106)

B) Apresentação gráfica do conteúdo histórico

O conteúdo histórico de LQ 5 também está descrito em box: primeiramente a “A descoberta dos raios X” de maneira bastante resumida enfatizando a parte experimental, com o relato sobre Wilhem C. Röntgen na identificação desses raios. Logo em seguida, observa-se outro box que descreve “A descoberta da radioatividade”, relatando os passos do experimento realizado por Becquerel com os resultados alcançados. Ainda descrito em box, há uma explicação esclarecedora do esquema que representa a trajetória dos três tipos de radiação – alfa, beta e gama. Por fim, o box que descreve os postulados do modelo atômico de Bohr. O restante do conteúdo histórico encontra-se diluído ao longo do texto na descrição de teorias, definições e equações não há, portanto, “seções específicas”.

O livro apresenta 14 imagens variadas referentes aos estudiosos do assunto tratado. Os cientistas Demócrito, Epicuro e Aristóteles são apresentados em forma de figuras, por óbvio, pela impossibilidade de registro fotográfico em suas épocas. Os cientistas Newton, Dalton, Becquerel, Geiger/Rutherford, Einstein, Kelvin, Planck, Bohr, Young, Maxwell, são expostos na forma de fotografias e o casal Pierre e Marie Curie em forma caricatural em litografia. Todas essas imagens dos cientistas são acompanhadas de breves explicações referentes a estudos realizados por eles. Além das imagens dos cientistas é apresentada uma imagem da ampola de Crookes; três imagens referentes a invenções que mudaram o modo de vida das pessoas: a prensa rotativa, o telefone por fio e a lâmpada de rosca (reproduzida na figura 6); e uma imagem de raio X, cuja legenda relaciona com a descoberta de Röntgen que teria feito a imagem radiográfica da mão de sua esposa.

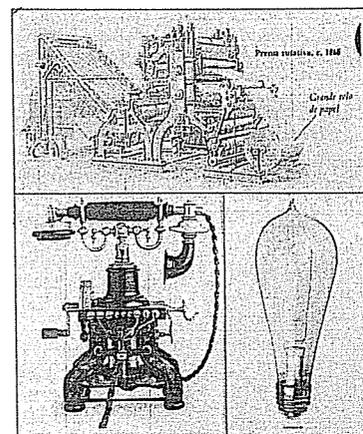


Figura 5-23: No final do século XIX, várias invenções mudaram o modo de vida das pessoas: a prensa rotativa (1865), o telefone por fio (1876) e a lâmpada de rosca de Edison (1879).

Figura 6

O livro didático apresenta oito esquemas referentes ao conteúdo histórico. Uma imagem na forma de esquema representa a trajetória dos raios alfa, beta e gama, emitidos por átomos radioativos, ao passarem por um campo magnético perpendicular à direção do movimento das partículas. A representação do átomo de hélio, segundo o modelo de Thomson

Figura 7

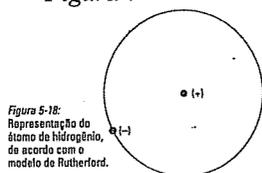


Figura 5-18: Representação do átomo de hidrogênio, de acordo com o modelo de Rutherford.

é outro esquema que o livro apresenta para ilustrar o modelo conhecido como *pudim com passas*. E ainda o esquema do átomo de hidrogênio, representado de acordo com o modelo de Rutherford, ilustra a órbita circular descrita pelo elétron em torno do núcleo (reproduzido ao lado).

O esquema da experiência de Geiger e Marsden que fora útil para detectar as partículas alfa que atravessavam a lâmina de ouro, esclarece a descrição do experimento realizado pelos pesquisadores. Outras imagens, também em forma de esquema, ilustram a trajetória dessas partículas incidentes na lâmina de ouro, os resultados obtidos dessa experiência e o esquema da representação do átomo de hidrogênio. Também se encontra o esquema de um espectrômetro contendo o espectro de linhas dos elementos sódio e hélio. Por fim, os esquemas do espectro de hidrogênio e da relação entre as linhas do espectro de hidrogênio e os níveis de energia.

C) Fonte da informação histórica

Com relação à fonte histórica, a maioria das fontes são secundárias, pelo relato dos autores. Há uma citação direta de trecho histórico relatado por Sègre (1980) sobre a descoberta da radioatividade por Becquerel, a seguir transcrita, que fora extraída de uma fonte original:

A descoberta da radioatividade” foi extraído e traduzido da fonte original *Comptes-rendus de l'Académie des Science, Paris, 122, 420, 1896*. In SEGRÉ, E. Dos raios X aos quarks. “Cobri uma (...) chapa fotográfica (...) com duas folhas de papel negro grosso, tão grosso que a chapa não ficou manchada ao ser exposta ao sol durante um dia inteiro. Coloquei sobre o papel uma camada da substância fosforescente e expus tudo ao sol por várias horas. Quando revelei a chapa fotográfica, percebi a silhueta da substância fosforescente em negro sobre o negativo (...) A mesma experiência pode ser feita com uma lâmina de vidro fina colocada entre a substância fosforescente e o papel, o que exclui a possibilidade de uma ação química resultante de vapores que poderiam emanar da substância quando aquecida pelos raios solares. Portanto, podemos concluir dessas experiências que a substância fosforescente em questão emite radiações que penetram no papel que é opaco à luz (...). (p. 91)

D) Tipo de informação histórica

Sobre os dados biográficos, o livro menciona o ano de nascimento e de morte dos filósofos da Antiguidade (Leucipo, Demócrito, Epicuro e Aristóteles) e cita que Henri Becquerel foi pertencente à terceira geração de uma família de cientistas.

Os autores apresentam vários conhecimentos científicos e matemáticos disponíveis na época, os quais possibilitaram o desenvolvimento de outros conhecimentos. Foram identificados oito trechos em que há contextualização histórica: “A partir do Renascimento, no século XVI, o atomismo foi retomado por uma corrente de pensamento que teria grande sucesso na física: o mecanicismo, que pensava que o mundo funcionava como uma máquina, precisa e exata.” (p. 87).

Como se percebe no trecho mencionado, os autores demonstram contribuições de diversos filósofos e cientistas como Gassendi, Mersenne, Galileu, Newton e Boyle na elaboração do atomismo para poder explicar as propriedades da matéria. Outro trecho refere-se ao modelo atômico de Thomson, quando menciona que já havia sido demonstrada a carga elétrica das partículas constituintes dos raios catódicos, por Jean Perrin. Ao referir-se aos fenômenos elétricos e luminosos estudados no final do séc. XIX, os autores apontam que os conhecimentos científicos sobre a estrutura molecular da matéria, com base na hipótese atômica, já havia sido desenvolvida. Quanto às experiências realizadas por Becquerel, fica evidenciado que só foram retomadas após a descoberta dos raios X. Essa informação esclarece sobre a dependência de uma determinada pesquisa a outros trabalhos científicos. Quando relatam os experimentos nos tubos de raios catódicos esclarecem que esses já tinham sido realizados por Faraday, em 1833.

A contextualização histórica aparece ainda quando, os autores enfatizam que só foi possível calcular os ângulos de desvio das partículas alfa ao atravessar a folha de ouro: “Com base nos conhecimentos já disponíveis sobre a força de interação coulombiana (força elétrica) que ocorre entre partículas carregadas (...)” (p. 87)

O LQ 5 apresenta conhecimentos científicos disponíveis na época em relação ao desenvolvimento da Física Clássica nas áreas da mecânica, termodinâmica, eletricidade e eletromagnetismo. Nesse sentido, ao tratar da instabilidade atômica no modelo atômico de Rutherford e a solução proposta por Bohr para o problema detectado, há o resgate da teoria corpuscular da luz elaborada por Newton, da teoria de Young, que considerava a luz como uma onda, e da teoria do eletromagnetismo de Maxwell, informando que nessa época já se admitia a natureza dual para a luz.

Os autores exploram também a relação da Ciência com o avanço da tecnologia, em dois trechos: o método de contagem de partículas radioativas pelos cientistas Geiger e Marsden, a qual resultou na criação do contador Geiger, e ao desenvolvimento da máquina a vapor, dos motores, telégrafos e da utilização da eletricidade nas indústrias e residências, proporcionados a partir dos conhecimentos da Física Clássica.

E) Natureza do conhecimento científico

Sobre a teoria atômica de Dalton, o LQ 5 expõe os estudos originais desse cientista que o conduziram à formulação de sua teoria: “Em 1803, John Dalton, tentando explicar o comportamento dos diversos gases da atmosfera e das misturas gasosas, retomou a hipótese

atômica.” (p. 87). O texto também cita que Dalton compartilhava das ideias dos filósofos da Antiguidade e da Física, nos trabalhos de Galileu, Newton e Boyle, quanto ao atomismo, o que abrange e explica as leis ponderais da Química. Nesse sentido, comprova-se que Dalton defendia a tese de a matéria ser constituída por átomos indivisíveis, entremeados por espaços vazios e dos diferentes elementos químicos, por terem distintos átomos constitutivos, diferenciam-se quanto ao peso atômico. Ressalta-se que essa teoria atômica enfrentou críticas durante todo o séc. XIX, pela falta de evidências experimentais da existência dos átomos.

Em relação à teoria atômica de Thomson, os autores descrevem as observações dos raios catódicos na ampola de Crookes. O texto cita que “o cientista Jean Perrin demonstrou que esses raios eram partículas com carga elétrica negativa.” (p. 90) e apresenta as contribuições de Thomson para a descrição e compreensão da natureza dessas partículas.

O LQ 5 menciona que o cientista G. J. Stoney teria sugerido o nome “elétron” para designar os raios catódicos. Essa informação está equivocada uma vez que o nome “elétron” foi designado para a carga elétrica liberada pela eletrólise. Nas informações históricas são apresentados os experimentos que permitiram a descoberta dos raios X, por Wilhelm C. Röntgen, bem como a descoberta da radioatividade, por Henri Becquerel, com as hipótese desse cientista sobre a relação entre os raios X e os fenômenos da fosforescência e fluorescência.

Em relação ao modelo atômico de Rutherford, o texto apresenta o experimento de espalhamento das partículas alfa e lâmina de ouro, realizada pelos cientistas Geiger e Marsden sob a orientação de Rutherford, com a respectiva discussão das interações ocorridas, procedimentos metodológicos, as hipóteses, as observações e os resultados que proporcionaram a ruptura entre as ideias sobre o modelo atômico aceito à época e os novos conhecimentos. No entanto, apesar dos novos conhecimentos, são discutidos os problemas do modelo atômico proposto por Rutherford, quanto à instabilidade do átomo.

Há também a demonstração das contribuições do cientista Maxwell na elaboração da teoria do eletromagnetismo, para explicar a natureza da luz e as propostas teóricas para o caráter corpuscular e ondulatório. Outra contribuição que o LQ 5 apresenta é do cientista Max Planck, na determinação da energia quântica da radiação eletromagnética.

Em relação ao átomo de Bohr, enfatiza-se que esse cientista baseou-se em dados empíricos obtidos pelo cientista Balmer, em referência aos conhecimentos da Matemática aplicados ao espectro do hidrogênio, nos quais era possível associar o comprimento de onda, portanto, a frequência de cada linha do espectro de hidrogênio a dois números inteiros

positivos. Posteriormente, apresentam os postulados de Bohr para a órbita do elétron no átomo desse gás.

5.1.6 Livro de Química – LQ 6

A) Configuração geral

O LQ 6 tem volume único com vinte e seis capítulos. O conteúdo referente a estrutura atômica se encontra em quatro capítulos: no capítulo 3 “Materiais e substâncias: separação, constituição e simbologia”, no capítulo 6 “Modelos atômicos”, no capítulo 25 “Estrutura eletrônica do átomo” e no capítulo 26 “Estabilidade nuclear, radioatividade e energia nuclear”, como pode ser visualizado no quadro 8 da página seguinte. Dessa forma, esses conteúdos correspondem a 8,1% do conteúdo de todo o livro. Esses capítulos encontram-se organizados em seções que tratam da história da construção dos modelos atômicos, a qual corresponde a 53,3% do total do conteúdo sobre modelo atômico.

No LQ 6 a informação histórica da ciência e as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, de acordo com a avaliação do Ministério da Educação, “sugerem uma compreensão integrada da Química, embora a forma como a história da Ciência é tratada ao longo da obra não seja homogênea”. Assim, a proposta metodológica apresentada no manual do professor para abordar o conteúdo de modelos atômicos envolve a elaboração de modelos e o estudo da evolução dos modelos atômicos.

Quadro 8 – Seções e subseções dos capítulos 3, 6, 25 e 26 do LQ 6

Capítulo	Seção	Subseção	Conteúdo	Destaque	Exemplos
3 – Materiais e substâncias: separação, constituição e simbologia	Constituição das substâncias		Modelo atômico de Dalton	1. Exposição das ideias de Aristóteles para a constituição da matéria 2. Teoria atômica da Dalton	"Os cientistas do século XVII achavam que a matéria originava-se de quatro elementos: água, ar, fogo e terra". (p. 67)
		Teorias filosóficas sobre a natureza da matéria	Teorias filosóficas	Primeiras teorias propostas para a natureza da matéria desde a Antiguidade antes da era cristã.	"Assim, na busca de compreender a natureza, (...) Tales de Mileto procurava, entre outras coisas, uma resposta à pergunta que havia sido feita há muito tempo: de que é constituída a matéria?". (p. 138)
6 – Modelos atômicos	Modelo atômico de Dalton		Modelo atômico de Dalton	Apresentação das hipóteses do modelo atômico de Dalton	"Para Dalton os átomos seriam partículas indivisíveis e indestrutíveis." (p. 139)
		Modelo atômico de Thomson	Modelo atômico de Thomson	1. Importância da energia elétrica e das fontes produtoras 2. Experimentos sobre a natureza elétrica da matéria, ao longo da história 3. Conclusões de Thomson sobre a estrutura da matéria 4. Experimento de Millikan na determinação da carga do elétron.	"(...) Tales considerou que os materiais se comportavam como o âmbar, após o atrito, estavam eletrizados". (p. 140)
	Radioatividade e o átomo		Radioatividade	Descoberta dos raios X e da radioatividade	"Foi o que aconteceu em 1895 com o físico alemão Wilhelm Röntgen (1845-1923). Ele estudava as propriedades da eletricidade com tubos de raios catódicos, quando, de repente, notou a emissão de um tipo de radiação que ultrapassava determinados materiais". (p. 142)
		Modelo atômico de Rutherford	Modelo atômico de Rutherford	Experimento da radiação emitida pelos átomos de urânio	"Estudando a emissão de radiação do urânio e do Tório, observou que existem dois tipos distintos de radiação: uma que é rapidamente absorvida, que denominamos radiação alfa (α), e outra com maior poder de penetração, que denominamos de radiação beta (β)". (p. 143)
O átomo e suas partículas		Experimento de Rutherford Um novo modelo atômico		Experimento do espalhamento das partículas alfa	"Consistiu no bombardeamento de finas lâminas de ouro, para estudo de deflexões (desvios) de partículas alfa". (p. 144)
				Partículas atômicas	Apresentação das hipóteses do modelo atômico de Rutherford
				Número de prótons	"Foi em 1913 que o jovem físico inglês H. G. J. Moseley (1887-1915), que trabalhava com Ernest Rutherford, realizando estudos com raios X, relacionou as propriedades dos átomos com o número de prótons que eles continham". (p. 152)

Capítulo	Seção	Subseção	Conteúdo	Destques	Exemplos	
25 – Estrutura eletrónica do átomo	O universo eletrônico dos átomos		Teorias da Física Clássica	1. Menção ao estudo dos espectros atômicos 2. Teoria dos <i>quanta</i> 3. Modelo atômico de Bohr	"Os espectros dos átomos começaram a ser estudados em 1859 pelos cientistas alemães Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) e Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899), o que foi de vital importância para a Química Analítica". (p. 154)	
	Radioatividade e Quântica: luz para uma nova visão de mundo A visão clássica do mundo físico		Radiações luminosas Teorias da Física Clássica	1. Raios catódicos 2. Raios X 3. Radioatividade Menção as leis da Física Clássica	"Na década de 1870, o físico inglês William Crookes (1832-1919) desenvolveu uma ampola de vidro de cristal, na qual se podiam observar raios luminosos que ficaram conhecidos como raios catódicos". (p. 683) "Tanto a teoria cinética dos gases como os modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford foram propostos com base nas leis da Física desenvolvidas pelo cientista inglês Isaac Newton (1642-1727)". (p. 686)	
26 –Estabilidade nuclear, radioatividade e energia nuclear	Modelo Quântico para o átomo	O início das incertezas		1. Radiação térmica 2. Efeito fotoelétrico	"A surpresa maior era que, ao aplicar a equação ondulatória da Física Clássica para explicar a radiação do corpo negro, os resultados apontavam para uma catástrofe: a radiação prevista seria uma radiação ultravioleta muito intensa". (p. 687) "Mais uma vez as teorias não davam conta de explicar observações experimentais". (p. 690)	
		Os modelos atômicos clássicos O modelo de Niels Bohr	Teorias atômicas	Modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford-Bohr		
	A descoberta da radioatividade		Radioatividade	Proposição do modelo atômico de Bohr	Descoberta dos raios X e da radioatividade	"(...) baseando-se na teoria dos quanta de Planck e na explicação de Einstein para o efeito fotoelétrico, que considera que a energia se propaga na forma de pacotes (<i>quanta</i>), Bohr postulou que, no átomo, os elétrons estão confinados em certos níveis estáveis de energia, nos quais não há emissão de energia". (p. 692) "Anos depois da descoberta dos raios X, o físico francês Becquerel (1852-1908) resolveu testar a possível emissão de uma radiação semelhante por uma substância fosforescente de urânio". (p. 705)
		Emissão alfa (α) Emissão beta (β)		Conclusões de Rutherford em relação a radiação alfa Conclusões de Becquerel em relação a radiação beta	"(...) Rutherford observou diferentes níveis de penetração da radiação alfa, em relação às demais radiações". (p. 707) "Em 1900, estudando essa radiação, Becquerel observou que, quando submetida a um campo elétrico, ela (β) se desviava para o lado das cargas positivas, possuía carga negativa e massa muito menor do que as partículas alfa". (p. 707)	
Transformações nucleares-radioatividade Lei de Soddy		Emissão gama	Descoberta da radiação gama	"Villard observou que a radiação gama é mais energética do que a alfa e beta e que ela não é afetada por campos elétricos." (p. 708) "O físico japonês Hantaro Nagaoka (1865-1950) propôs que o átomo deveria ser formado por um núcleo ao redor do qual estariam girando os elétrons". (p. 709) "O químico britânico Frederick Soddy (1877-1956) trabalhando com Rutherford, foi quem observou tal regularidade (conservação da carga e da massa), e a enunciou na forma de uma lei". (p. 710)		

B) Apresentação gráfica do conteúdo histórico

Para ilustrar o conteúdo histórico, o LQ 6 apresenta 18 imagens dos estudiosos da constituição da matéria, algumas no interior de box e outras acompanhadas de esquemas na composição de outros box. Os filósofos Tales de Mileto e Aristóteles são apresentados na forma de fotografias de esculturas de bustos. Os cientistas John Dalton, Michael Faraday, William Crookes, Wilhelm Conrad Röntgen, Henri Becquerel, Joseph John Thomson, Robert Andrews Millikan, Pierre e Marie Curie, Ernest Rutherford, Soddy, Max Karl Planck, Niels Bohr são retratados em fotografias. Também é apresentada uma imagem da radiografia de uma mão.

São 25 os esquemas referentes ao conteúdo histórico, alguns encontrados no interior de box como fora mencionado. Um deles representa os quatro elementos da teoria de Aristóteles para a constituição do Universo. Outro representa o modelo atômico de Dalton. A representação do modelo atômico de Thomson é outro esquema disponível. Também são esquematizadas ampolas de raios catódicos ilustrando a trajetória do feixe luminoso na presença e na ausência de um campo elétrico. Os esquemas da trajetória das radiações alfa e beta atravessando um campo elétrico, do espalhamento de radiação alfa e dos desvios dessa radiação esclarecem os experimentos realizados por Rutherford e seu modelo atômico, além do modelo atômico de Rutherford-Bohr. Também se encontram os esquemas da transferência de energia no modelo atômico de Bohr e a distribuição dos elétrons nos níveis de energia. A imagem do desvio das radiações alfa, beta e gama ilustram o comportamento das radiações quando passam por um campo elétrico, de modo esquemático, bem como um corpo negro genérico, para incrementar o estudo da radiação térmica.

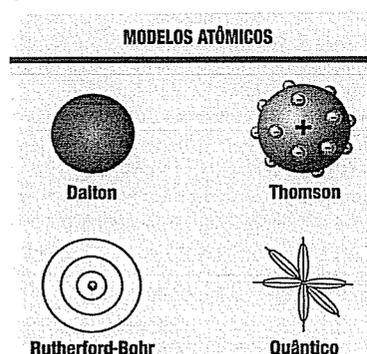


Figura 8

Outro esquema presente no livro didático representa os quatro modelos atômicos clássicos, conforme reprodução ao lado. Já as imagens de ampolas de vidro, esclarecem os estudos sobre os raios catódicos do modelo atômico planetário, sugerindo o movimento do elétron até colidir com o núcleo, tendo por explicação as teorias da Física Clássica.

A representação da transferência de energia em forma de “pacotes”, do espectro atômico de alguns elementos, do modelo atômico de Bohr e da radiação emitida no salto quântico, também se apresentam esquematicamente.

C) *Fonte da informação histórica*

O LQ 6 apresenta apenas registros históricos secundários, conforme caracterizados nesta categoria analítica, conquanto todos os relatos foram elaborados pelos próprios autores.

D) *Tipo de informação histórica*

Sobre dados biográficos, o LQ 6 menciona a nacionalidade e as data de nascimento e de morte dos filósofos da Antiguidade e dos cientistas John Dalton, Michael Faraday, Thomson, Millikan, Rutherford, Becquerel, Stoney Röntgen, Geiger, Marsden, Niels Bohr, James Maxwell, James Chadwick, Gustav Robert Kirchhoff, Max Planck e Albert Einstein. Da Antiguidade, é citado de forma equivocada que Leucipo foi discípulo de Demócrito e, sobre John Dalton, o ano da publicação de seu livro sobre a teoria da constituição da matéria. De Michael Faraday e Becquerel foram descritas as respectivas formações acadêmicas. Menciona-se ainda a nacionalidade do cientista William Crookes e do casal de cientistas Marie e Pierre Curie. O livro destaca as formações acadêmicas de Millikan, Rutherford, Thomson, seguidas do ano em que receberam o Prêmio Nobel de Física. Também é citada a idade que Rutherford tinha quando identificou a radiação alfa e beta, enaltecendo sua notável habilidade para os temas da Física.

No LQ 6 foram identificados 7 trechos com contextualização histórica, destacando os conhecimentos científicos disponíveis na época, que possibilitaram o desenvolvimento de outros saberes: 1) ao referir-se ao modelo atômico de Thomson, os autores apontam os trabalhos de William Crookes na identificação das partículas constituintes dos raios catódicos; 2) quanto às experiências realizadas por Becquerel, seus estudos concluídos dois anos depois da descoberta dos raios X evidenciam a dependência entre esses conhecimentos; 3) quanto aos experimentos com tubos de raios catódicos, esclarecem que esses já tinham sido realizados por Faraday, em 1833; 4) quanto à observação de Tales de Mileto, sobre a propriedade de atração entre os corpos previamente atritados que já era conhecida desde a Antiguidade; 5) no relato da decomposição de substâncias, pela passagem de corrente elétrica em experimento realizado por Faraday; 6) quanto à construção do modelo atômico de Rutherford, resgata-se o conhecimento científico desenvolvido anteriormente sobre a radiação alfa e, por último, 7) ao mencionar o modelo atômico proposto por Bohr, os autores expõem o conhecimento científico já existente em relação ao estudo dos espectros dos átomos, ao comportamento ondulatório e corpuscular da luz e a teoria dos *quanta*.

Na passagem histórica sobre o estudo da radioatividade dos elementos rádio e polônio, pelo casal Curie, é apresentada falta de amadurecimento dos conhecimentos científicos de então, os quais possibilitariam explicar, de modo plausível, a origem da radiação desses elementos químicos.

A relação do desenvolvimento do conhecimento científico com a aplicação tecnológica é percebido em três trechos: um que contempla o histórico da descoberta dos raios X e sua importância na medicina; outra passagem sobre o estudo da estrutura da matéria que contribuiu para o surgimento da iluminação elétrica, do automóvel, do cinema e dos computadores, promovendo uma mudança na vida social; e a aplicação do efeito fotoelétrico em dispositivos de circuitos eletrônicos e em controles remotos.

E) Natureza do conhecimento científico

No desenvolvimento do conteúdo sobre a teoria atômica de Dalton, os autores expõem as ideias de Aristóteles quanto à constituição da matéria pelos quatro elementos, relacionam os princípios adotados por Dalton identificando-os com a teoria do atomismo dos gregos Demócrito e Leucipo e citam a publicação do livro “*Novo sistema de filosofia química*, que apresentava as bases de sua teoria atômica. Nesse sentido, evidencia-se que a teoria atomista apenas viria a ser consolidada com os trabalhos de Dalton, muito criticados pela falta de evidências na existência dos átomos. Os autores listam as hipóteses nas quais Dalton se baseou para propor sua teoria.

Sobre o modelo atômico de Thomson, são mencionados os experimentos de Faraday sobre a eletrólise, evidenciando que a eletricidade relacionava-se à existência de alguma partícula móvel. O texto relata os estudos realizados com a ampola de Crookes que culminaram com a identificação da partícula natural da eletricidade. É mencionada a hipótese de Crookes quanto à constituição dos raios catódicos em um fluxo de moléculas. O LQ 6 cita que o nome proposto para a partícula constituinte dos raios catódicos, *elétron*, foi sugerido por George Stoney. Ainda como descrição histórica, os autores apresentam os procedimentos metodológicos e observações sobre a deflexão de raios catódicos por Thomson, em experimentos com a ampola de Crookes, concluindo que as partículas constituintes desses raios são verificadas nos átomos de qualquer elemento químico.

Os autores mencionam que, posteriormente na história, foi determinada a massa do elétron em relação à massa do átomo de hidrogênio e Millikan determinou a carga eletrônica.

São apresentados os arranjos experimentais que possibilitaram o conhecimento dos raios X e da radioatividade.

A passagem histórica relativa à teoria atômica de Rutherford apresenta a experiência desse cientista sobre a emissão radioativa dos elementos urânio e tório e as observações quanto à existência das radiações alfa e beta. Mais adiante no texto, os autores citam que, em estudos posteriores, Rutherford observou a atração das partículas alfa pelo polo negativo de um campo elétrico e Becquerel observou a atração das partículas beta pelo polo positivo. Também é citado que Rutherford analisou a interação da radiação alfa com folhas finas de metal com a metodologia desenvolvida por Geiger e Marsden em um acelerador de partículas e, a partir desse experimento, Rutherford calculou o tamanho do núcleo do átomo de ouro. O texto menciona a descoberta das partículas gama pelo cientista Villard.

O LQ 6 menciona o conhecimento das partículas subatômicas denominadas nêutrons, por Chadwick. Ainda na descrição histórica, os autores discutem a insuficiência do modelo atômico proposto por Thomson para explicar os dados experimentais obtidos por Rutherford e a ruptura entre as ideias científicas com o novo conhecimento. O modelo atômico proposto por Rutherford era incompatível com as teorias da Física Clássica, quanto ao movimento dos elétrons em torno do núcleo:

Pela Física Clássica, a radiação do corpo negro seria explicada pelo movimento acelerado de partículas carregadas eletricamente próximo à superfície do corpo. Ainda segundo as leis clássicas, seria de esperar que a radiação emitida fosse contínua, ou seja, mantivesse sempre a mesma quantidade de energia. Todavia, os resultados encontrados mostravam que essa radiação era descontínua, variava em quantidades traduzidas por números inteiros. Os gráficos obtidos com os dados experimentais não podiam ser deduzidos matematicamente a partir das equações clássicas. (p. 687)

No livro, apresenta-se a solução proposta pelo cientista Niels Bohr a partir da formulação teórico-matemática de Planck, para os problemas encontrados no modelo atômico de Rutherford, citando a mecânica quântica como nova área que surgiu a partir da solução do problema da órbita eletrônica em torno do núcleo de hidrogênio. O texto apresenta que a partir da sua teoria Bohr foi capaz de calcular teoricamente os espectros do átomo neutro de hidrogênio e do átomo de hélio ionizado.

5.2 Análises dos resultados e concepções de Ciência

Neste tópico serão identificadas as concepções de Ciência a partir das análises dos resultados das investigações realizadas nos seis livros didáticos de Química. Essa tarefa consiste em confrontar as informações obtidas com a aplicação da estrutura analítica discutida na metodologia desta pesquisa, buscando suas articulações e intersecções com as definições apresentadas para as concepções de Ciência. Dessa forma, será possível revelar, nos temas relativos aos conteúdos de modelo atômico de Dalton, Thomson e Rutherford-Bohr, essas concepções.

Em relação aos dados quantitativos, optou-se por apresentá-los ao final da análise, como forma de identificar eventual correlação entre a qualidade da abordagem histórica e os respectivos dados numéricos, pois se trata de análise subsidiária, porque possui algumas limitações, dentre as quais se destacam: o método de “mensuração” da extensão do conteúdo não permite avaliar diretamente a quantidade de informações sobre o tema de interesse, que cada texto proporciona; a simples medida linear de extensão dos textos, como método indireto de “mensuração”, desconsidera parâmetros e elementos tais como: tamanho da fonte, espaçamentos, espaços em branco, não uniformidade da diagramação textual e imagética, os quais, certamente introduzem erros grosseiros nos resultados que evidenciam; considera-se, nesse método, que todos os livros foram redigidos em iguais condições de concisão e objetividade textual, uma vez que se pretende compará-los a partir dos percentuais de extensão linear de conteúdos. Dessa forma, as variáveis quantitativas que serão apresentadas adiante, permitem comparação apenas em termos relativos, em vez da comparabilidade absoluta a que se pretende.

Em primeira análise global, e com base nos resultados das investigações dos seis livros, constata-se que todos eles abordam a História da Ciência nos conteúdos relativos aos modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford-Bohr. Os relatórios de avaliação do Ministério da Educação corroboram essa constatação, apesar de não se fazer menção a esse tema na resenha do LQ 1. As demais resenhas (cinco) citam explicitamente a abordagem aos conteúdos históricos nas respectivas obras. Não obstante, há diferenças qualitativas de abordagem, como será apresentado ao longo desta seção.

Por outro lado, os respectivos manuais do professor de todos os seis livros também tratam da abordagem de conteúdos históricos com a proposição de metodologias para a organização do trabalho pedagógico pelo docente, o que guarda coerência com Matthews

(1995), quando propôs tarefa para a pedagogia na produção de uma história que “lance uma luz sobre a matéria” e que não seja apenas um processo histórico caricatural.

Em relação à apresentação gráfica e à fonte de informação histórica, que se constituem de duas categorias analíticas deste trabalho, a tabela 1 consolida os resultados das investigações, não foram destacadas as informações de formatação e diagramação (box, seção específica e corpo de texto) por não interferirem diretamente na abrangência e qualidade do conteúdo abordado:

Tabela 1 – Apresentação gráfica e fonte de informação de HC

Livro	Categorias/Subcategorias/Classes analíticas			
	Apresentação Gráfica do Conteúdo			Fonte da informação histórica
	Imagem			Primária
	Personagem	Equipamento	Esquema	
LQ 1	4	-	15	-
LQ 2	5	-	22	-
LQ 3	14	-	7	-
LQ 4	-	-	5	1
LQ 5	14	1	8	1
LQ 6	18	-	25	-

Quanto à forma gráfica de apresentação do conteúdo o LQ 4 só apresenta imagens de esquemas para ilustrar o conteúdo histórico enquanto, os demais livros acrescentam imagens dos cientistas que colaboraram na construção do modelo atômico. O LQ 5 é o único livro que tem a imagem de um equipamento (no caso, a ampola de Crookes). As imagens mais frequentes nos livros são os esquemas, provavelmente pela facilidade de sua construção e de ilustrar os aparelhos complexos utilizados pelos cientistas em seus experimentos. Os esquemas também permitem esclarecer a descrição histórica dos procedimentos realizados que levaram ao conhecimento da estrutura do átomo. Considerando a quantidade de informações que podem ser veiculadas em um esquema, pode ser outra justificativa para seu amplo uso nos livros investigados. Essa característica confirma o caráter “inovador” dos livros didáticos de Química conforme constatações de Mortimer e Santos (2008). As inovações dizem respeito à diversidade de informações, por meio de imagens, sobre experimentos e estudos da Química.

Em relação à fonte histórica primária, apenas LQ 4 e LQ 5 apresentam, cada qual, uma única informação. Esse fato pode ser justificado pela possibilidade de se “ajustar” os vários elementos históricos, abordagens e enfoques do assunto apresentado, de acordo com a

importância que os autores concebem e estabelecem, bem como da dificuldade de compreensão do assunto correlato.

Todos os livros didáticos veiculam as informações históricas de modo secundário pelos próprios autores, os quais “interpretam” a história na elaboração de suas obras e, de certa forma, assumem o papel de historiadores *ad hoc*. Nesse sentido, seria oportuno considerar as bases epistemológicas da História da Ciência como subsídio para o aprofundamento conceitual, de modo a permitir uma abordagem histórica adequada aos propósitos, no caso desse estudo, da formação em nível médio. Portanto, a demarcação do conhecimento científico, segundo Kuhn (1962), teria por balizador as regras assumidas pela comunidade científica, enquanto grupo de pessoas que apresentam compatibilidade entre ideias e comportamento. Nessa linha, confirma-se a relevância da compreensão, da identificação e do mapeamento das concepções de Ciência.

Em relação ao tipo de informação histórica, a tabela 2 consolida os resultados encontrados nas investigações:

Tabela 2 – Tipo de informação de HC

Livro	Subcategorias/Classes analíticas			
	Biográfica		Contextual	
	Sumária	Características	Científico	Tecnológico
LQ 1	3	1	3	1
LQ 2	2	-	5	1
LQ 3	4	2	4	-
LQ 4	3	-	2	-
LQ 5	1	1	8	2
LQ 6	5	3	8	3

Os dados biográficos dos cientistas são as informações históricas mais encontradas nos livros, o que mostra tendência histórica citada por Mortimer (1988). Apesar de sua relevância para a compreensão contextual, se apresentados de modo isolado, os dados biográficos pouco acrescentam nas leituras, uma vez que essas informações se concentram nos anos de nascimento e de morte e nacionalidades, ao invés de narrar sobre informações mais abrangentes como o histórico familiar, a formação escolar, o percurso acadêmico, as influências sociais na vida dos cientistas. Esse tipo de informação ajudaria a compreender as aspirações, esforços, criatividade, dramas, realizações e interesse do pesquisador por determinado fenômeno e mostrar a influência do meio social em sua vida.

A maior frequência de apresentação de informação contextual científica em relação às informações tecnológica, política, social e religiosa se deve à relação direta com o próprio

conteúdo abordado, uma vez que ele próprio se justifica como integrante da área estudada. As demais informações dependem da criatividade e opção dos autores em inseri-las nos livros.

Em relação à categoria analítica, *natureza do conhecimento científico*, a abordagem do modelo atômico de Dalton nos livros didáticos relaciona frequentemente a construção desse modelo com a teoria atomista dos filósofos da Antiguidade. Nesse sentido, as principais imagens, citações, entre outros, praticamente não relacionam Dalton aos contextos científicos mais próximos de sua época, como por exemplo Galileu e Newton, pois a crença de Dalton em relação aos átomos como constituintes da matéria se deve, muito mais, à influência das teorias corpusculares existentes no séc. XVIII, mais precisamente, ao corpuscularismo newtoniano. Apenas o LQ 5 apresenta referência a Isaac Newton que embasou as ideias de Dalton, com as teorias Clássicas, mas o LQ 4, ao expor que Dalton explicou os diferentes estados físicos da matéria, deixa implícita a fundamentação na Física Clássica. No modelo mecanicista, as partículas seriam estáticas e os movimentos apenas aconteceriam devido à mudança nas condições. Dessa maneira, a posição relativa das partículas não sofreria mudança, somente a distância entre elas poderia variar. Assim, os três estados físicos da matéria dependeriam dessa posição relativa.

Portanto, LQ 5 é o livro que explicita a contextualização histórica dos conhecimentos da Química com os conhecimentos da Física na construção do modelo para os átomos porém, não é desenvolvido um trabalho interdisciplinar entre as duas áreas do conhecimento.

Nenhum livro didático expõe a imagem do cientista William Henry, que trabalhou com Dalton nos experimentos sobre a solubilidade dos gases em água, que permitiu a construção de uma teoria quantitativa.

Com exceção do LQ 3, os demais livros não apresentam esquemas das proporções em massa, envolvidas nas combinações entre átomos na formação de substâncias, os quais seriam relevantes para a reconstrução histórica do desenvolvimento da teoria de Dalton. O LQ 5 é o único livro que apresenta a origem dos estudos de Dalton sobre os fenômenos atmosféricos, para explicar o comportamento dos diversos gases da atmosfera e das misturas gasosas em descargas atmosféricas.

Dentre os livros analisados, o LQ 5 e o LQ 6 destacam a aceitação da teoria dos quatro elementos de Aristóteles durante muito tempo, em detrimento do atomismo de Demócrito e Leucipo, sem contudo justificar a motivação religiosa que ocasionou essa prevalência. O LQ 6 faz referência aos dados experimentais nos quais Dalton teria

fundamentado sua teoria, porém não há o relato desses experimentos. Além disso, os méritos dos resultados alcançados são atribuídos exclusivamente a ele.

O LQ 1 é o único que menciona o tempo decorrido no desenvolvimento das ideias científicas que levaram à construção do modelo atômico de Dalton. No entanto, não apresenta as modificações, debates ou abandono das teorias criadas nesse período e a respectiva aquisição de novas teorias. A simplificação do fato histórico reforça a ideia de que não há controvérsias, disputas filosóficas e erros na construção do conhecimento científico.

O LQ 1, LQ 4, LQ 5 e LQ 6 listam as hipóteses de Dalton quanto a constituição da matéria. Mas somente o LQ 5 menciona que cada tipo de átomo seria caracterizado por um peso atômico, mas não expõe de que maneira Dalton buscou respostas para essa característica da matéria. O LQ 5 e LQ 6 fazem menção às críticas que a teoria atômica de Dalton recebeu da comunidade científica pela falta de evidências experimentais para a existência dos átomos. O LQ 6 ressalta que a teoria atômica de Dalton passou a ser aceita na metade do séc. XIX, pelas inúmeras evidências experimentais. Essas duas passagens históricas confirmaram a importância do método empírico-indutivo na comprovação dos fatos científicos. Fica evidenciada a crença em buscar a verdade dos fatos pela via da experimentação e observação, o que reforça a visão simplista da Ciência e da existência de um único método científico-indutivo.

Conforme revisão de Vidal (2009), os LQ 1, LQ 2 e LQ 3 apresentam informações mitológicas de que Dalton propôs uma teoria atômica para explicar as leis enunciadas por Lavoisier e Proust, pois teria elaborado a primeira tabela de massas atômicas a partir de valores que indicavam as proporções nas reações de formação de algumas substâncias. Dentre as reações analisadas por Dalton, estavam a de formação da água e do óxido de carbono conforme experimentos já realizados por Lavoisier. Como se percebe, Dalton desenvolveu várias teorias, sobre as misturas gasosas, que foram modificadas ou até mesmo abandonadas até chegar à teoria atômica, o que possibilitou explicar as leis ponderais, as diferentes massas e o comportamento químico das substâncias. Dalton usou os conhecimentos de Lavoisier (1875) e de outros precursores para propor a lei das proporções múltiplas, a qual veio a confirmar a lei das proporções definidas proposta por Proust, em 1799. A redução e o equívoco do fato histórico em relação à proposta para a formulação da teoria atômica, passa a ideia da ciência que se desenvolve de forma linear e cumulativa (FERNÁNDEZ, *et al.* 2002).

Percebe-se que o LQ 5, além de fazer uma abordagem histórica maior em relação aos demais livros didáticos, como já fora mencionado, também apresenta uma contextualização

histórica maior. Mesmo assim, não apresenta a construção e a evolução dos conhecimentos científicos que levaram à teoria atômica daltoniana. Os livros didáticos restringem a teoria atômica de Dalton à representação da imagem genérica do átomo por ele idealizado.

Os livros passam uma visão de ciência aproblemática e ahistórica, ao não relatarem os problemas que estão na origem dos conhecimentos científicos (CACHAPUZ, *et al.* 2005). O trabalho científico aparece como fruto de um trabalho isolado e reforça a concepção individualista e elitista da ciência (CACHAPUZ, *et al.* 2005). Essas características decorrem da dificuldade de se apresentar as principais interações entre os pesquisadores, cujas ideias se completariam e contribuiriam para inspiração mútua, aumentando-se, assim, a produção do conhecimento científico considerada como aceitável. Essa dificuldade proporcionaria ao último cientista, que contribui apenas com uma parte do conhecimento, o privilégio do destaque, como o mais importante.

Os livros didáticos apresentam o desenvolvimento da construção do modelo atômico preocupando-se em buscar no passado os fatos do conhecimento científico que estão relacionados com o conteúdo atual, ou corroboram com o conhecimento científico da atualidade. Percebe-se que os autores preocupam-se primordialmente em apresentar o resultado final do conhecimento científico. (ABRANTES, 2002)

Na descrição do modelo atômico de Thomson, apesar desse cientista ter se baseado nas investigações de Michael Faraday e William Crookes, somente o LQ 6 apresenta suas imagens. Nenhum livro contempla a imagem de Mayer, cujos experimentos foram fonte de referência para a hipótese de Thomson da distribuição de partículas no átomo.

Os esquemas predominantes nos livros didáticos são: os tubos de raios catódicos, que possibilitaram Thomson identificar a existência de partículas eletrizadas na estrutura da matéria e o modelo de átomo proposto por ele. Com exceção do LQ 3, os demais livros esquematizam a ampola de Crookes e o LQ 5 apresenta apenas a fotografia da mesma. O LQ 3 e LQ 6 ainda acrescentam, para esse tema, o esquema do equipamento utilizado por Millikan para determinar a carga do elétron. No entanto, nenhum livro didático apresenta o esquema dos ímãs flutuantes de Mayer, que ilustra o equilíbrio mecânico no átomo-vórtice. Esse modelo de átomo fora adotado por Thomson antes da elaboração de seu próprio modelo atômico. Embora o LQ 3 e LQ 6 enriqueçam o conteúdo histórico expondo a contribuição de Millikan para a estrutura do átomo, não explicitam que o valor encontrado para a carga do elétron só confirmou o que havia sido determinado por Thomson.

Embora o LQ 1 seja o único livro a mencionar que Thomson elaborou melhor os experimentos no tubo de raios catódicos, não se informa as adaptações realizadas com o uso de quatro gases e três metais diferentes na constituição dos eletrodos. Dessa forma, foi possível determinar a razão entre a carga e a massa do elétron (e/m) e, a partir dos resultados, concluir que as partículas constituintes desses raios eram as mesmas, independente da composição do catodo, do anticatodo e dos gases do tubo.

O LQ 3, LQ 5 e LQ 6 mencionam que Thomson concluiu que as partículas emitidas no tubo de raios catódicos são constituídas por um mesmo ente físico, sem fazer ligação com os ajustes experimentais citados no parágrafo anterior, nem ao fato de ter chegado à essa conclusão, após observar os valores constantes para a razão carga/massa dessas partículas. O LQ 5 e LQ 6, diferentemente dos demais livros, tratam da eletrólise no experimento de Faraday, que possibilitou identificar que a partícula constituinte da matéria é uma unidade natural de carga elétrica, o que serviu de base nas investigações de Thomson. O LQ 5 é o único livro que menciona os experimentos de Jean Perrin, os quais demonstraram a carga elétrica negativa das partículas constituintes dos raios catódicos. Assim, Thomson apenas teria comprovado a relação entre a carga e a massa (e/m) dessas partículas.

O LQ 6 apresenta uma informação mitológica, pois afirma que os elétrons são componentes universais da matéria, a partir do comportamento dos raios catódicos na presença de pólos (positivo e negativo) inseridos na região da ampola por onde passam esse raios, e não às diferenças dos metais e gases. Outra informação mitológica em LQ 6, e também em LQ 2, atribui a Thomson a conclusão de que os raios catódicos são constituídos de cargas elétricas negativas, e não a Perrin. Além do LQ 6, o LQ 1 apresenta informação mitológica sobre o átomo de Thomson, que seria uma esfera carregada positivamente, na qual estariam incrustados os elétrons com carga elétrica negativa. Os demais livros LQ 2, LQ 3, LQ 4 e LQ 5 não apresentam informação mitológica da concepção de um átomo estático, contudo, não deixam claro a dinâmica do átomo proposto por Thomson. Por essas evidências, o modelo atômico de Thomson, em todos os livros, aparece como fruto de um trabalho coletivo, se forem considerados os conhecimentos dos tubos de descargas elétricas em gases. Entretanto, se forem consideradas as articulações com os experimentos de Mayer, o trabalho torna-se individualista (GALLEGO TORRES, 2007). Além da informação científica disponível, o LQ 1, LQ 2, LQ 5 e LQ 6 expõem os desenvolvimentos tecnológicos. Mas essa exposição aparece como um processo de aplicação direta dos conhecimentos científicos.

Segundo Cachapuz et al. (2005) essa visão decontextualizada da atividade tecnológica reforça um caráter neutro a interesses.

Na descrição do modelo atômico de Thomson, não se percebe diferença quantitativa na contextualização histórica entre os livros didáticos. A ausência de alguns fatos históricos deixam lacunas na construção do conhecimento o que dificulta a compreensão dos resultados encontrados ao longo dos experimentos, bem como da teoria atômica. Por não se apresentar a origem do problema científico que levou o cientista a se interessar pelo estudo do átomo, o conhecimento aparece de maneira arbitrária (CACHAPUZ e GIL-PÉREZ, 2002). A ideia de que o conhecimento se desenvolveu fundamentado apenas na experimentação reforça a concepção empiro-indutivista (CACHAPUZ, *et al.* 2005). O modelo atômico de Thomson encontra-se em todos os livros didáticos descrito de forma linear (FERNÁNDEZ, *et al.* 2002). Os livros didáticos apresentam o desenvolvimento da construção do modelo atômico preocupando-se em buscar no passado os fatos do conhecimento científico que corroboram com o conhecimento científico atual (ABRANTES, 2002).

Na descrição do modelo atômico de Rutherford-Bohr apenas o LQ 5 mostra a imagem do cientista Geiger e nenhum livro didático apresenta a imagem de Marsden. Esses cientistas trabalharam juntamente com Rutherford nas pesquisas com as partículas alfa. Todos os livros didáticos apresentam o esquema do átomo proposto por Rutherford e o experimento do espalhamento das partículas alfa. Porém, o LQ 1 e LQ 6 acrescentam o esquema do acelerador de partículas usado para medir a ionização produzida pelo urânio, que levou ao conhecimento das partículas alfa. No entanto, somente o LQ 6 expõe o interesse de Rutherford em conhecer a natureza dessas partículas, ao desenvolver a experiência do espalhamento das partículas alfa. Para explicar a deflexão das partículas alfa ao atravessar a lâmina metálica, surgiu a necessidade de propor um outro modelo para a estrutura do átomo.

Percebe-se que todos os livros referem-se aos experimentos do espalhamento das partículas alfa em lâminas de ouro, pois foi o experimento que permitiu a elaboração do modelo de átomo por Rutherford, em detrimento do experimento para medir a ionização produzida pelo urânio. O LQ 3, LQ 5 e LQ 6 mostram trabalho coletivo nos estudos das partículas alfa. O LQ 2, LQ 4, LQ 5 e LQ 6 expõem o problema da instabilidade eletrodinâmica decorrente do modelo atômico de Rutherford, com uma carga central concentrada em um ponto e rodeada por uma distribuição esférica uniforme de carga elétrica oposta, o que levou a proposição de outro modelo. Nesse particular, o LQ 4 também acrescenta a irradiação de energia como fator de instabilidade. Segundo Lopes (2009), a

instabilidade que levou à rejeição inicial do modelo nuclear foram os aspectos relacionados à mecânica. O LQ 2 também apresenta justificativas para a instabilidade do núcleo na repulsão das cargas internas, mas Rutherford apenas descobriu as manifestações nucleares em suas investigações no campo da radioatividade, levando ao conhecimento das partículas constituintes do núcleo (prótons e nêutrons). A descoberta dos nêutrons foi mencionada no LQ 2, LQ 3 e LQ 6. O LQ 1 cita a limitação do modelo atômico de Rutherford por não explicar os espectros atômicos, sem contudo fazer referência a esse tema. Já o LQ 5 e LQ 6 expõem o estudo do espectro atômico do elemento hidrogênio apresentando o espectro descontínuo. O LQ 5 também expõe o estudo da teoria corpuscular e ondulatória da luz e a polêmica sobre a sua natureza. O LQ 5 e LQ 6 expõem o estudo do efeito fotoelétrico e o LQ 6 ainda apresenta o estudo do corpo negro, ou seja, apresentam fenômenos que contrariavam as teorias clássicas da Física. O LQ 2, LQ 5 e LQ 6 expõem as contribuições de Max Planck para resolver os problemas apresentados no modelo atômico de Rutherford. O LQ 5 e LQ 6 acrescentam ainda as contribuições de Maxwell e Balmer.

O LQ 2, LQ 3, LQ 4 e LQ 6 apresentam a determinação do tamanho do núcleo e o LQ 3 acrescenta que Rutherford determinou a carga e a massa das partículas alfa.

O LQ 5 e LQ 6 aprofundam nas dificuldades das mudanças no conhecimento, os obstáculos por que passam e a complexidade das relações entre as visões da comunidade científica (PRAIA, CACHAPUZ e GIL-PÉREZ, 2002).

Todos os livros didáticos apresentam a informação de que o átomo proposto por Rutherford apresenta um núcleo positivo com elétrons negativos ao redor. Segundo Lopes (2009), sua proposta atômica inicialmente, não definiu a carga das partículas. Dos problemas enfrentados pelo modelo atômico proposto por Rutherford, na época, apenas a instabilidade mecânica é que levou a rejeição inicial do modelo atômico nuclear e não a irradiação de energia como mostra o texto. Somente o LQ 5 apresenta os conhecimentos científicos matemáticos disponíveis na época que possibilitaram calcular o ângulo de desvio das partículas alfa. Nenhum livro faz referência ao contexto tecnológico, político e social da época em que essa teoria se desenvolveu. O LQ 1, LQ 3 e LQ 5 expõem o trabalho desenvolvido juntamente com Soddy sobre a teoria da desintegração radioativa. O LQ 5 ainda mostra que as partículas alfa são átomos de hélio expelidos em sucessivos estágios de uma desintegração radioativa. Percebe-se que a descrição do modelo atômico de Rutherford é feita, em todos os livros, de modo mais abrangente, contemplando os aspectos de confrontações entre teorias “rivais”.

Na descrição do modelo atômico de Rutherford, percebe-se uma contextualização histórica maior no LQ 5 e LQ 6 como já mencionado. No entanto, O LQ 6 apresenta uma abordagem histórica ainda mais contextualizada desde o desenvolvimento do acelerador de partículas que foi determinante para o estudo e entendimento da estrutura do átomo até a construção da teoria atômica. Percebem-se as controvérsias existentes e a definição do conhecimento científico que permaneceu. Pode-se concluir que a maneira de expor as ideias científicas que não são mais consideradas como verdadeiras na atualidade, e conseqüentemente, as rupturas na forma de pensar o conhecimento científico anterior permite participar da reconstrução do conhecimento e assim compreender as condições de produção da ciência. A exposição das ideias do cientista que levaram à ruptura das ideias concebidas ao modelo atômico vigente (Thomson) e a nova forma de pensar a estrutura do átomo evidencia uma preocupação em apresentar os fatos históricos do conhecimento científico de forma evolutiva.

Considerando-se o levantamento quantitativo do conteúdo de modelos atômicos na subcategoria *Descrição física*, a tabela 3 apresenta os resultados encontrados.

Tabela 3 – Descrição física da abordagem de HC no estudo de modelos atômicos (MA)

Livro didático	Nº de caps. que aborda o conteúdo de MA	Nº total de pág. do LD ou da coleção	Nº de pág. dos caps. de MA	% do conteúdo de MA em relação ao livro didático	% de HC em relação ao conteúdo de MA
LQ 1	3	974	36	3,4%	34,9%
LQ 2	3	1171	33	5,5%	37,9%
LQ 3	3	655	28	8,9%	45,2%
LQ 4	2	559	28	4,3%	29,2%
LQ 5	2	385	38	16,6%	61,5%
LQ 6	4	723	48	8,1%	53,3%

Quanto à análise quantitativa do conteúdo de construção histórica dos três modelos atômicos nos seis livros didáticos, percebe-se que há pouca contextualização histórica nos LQ 1, LQ 2, LQ 3 e LQ 4 que apresentam uma abordagem inferior a 50%, o que confirma as análises qualitativas acima. Não há uma diferença significativa entre esses livros quanto à quantidade de conteúdo histórico. Sendo que há uma notória identificação de que o LQ 4 é o que contextualiza menos a questão histórica. Há uma nítida evidência de que o LQ 5 e LQ 6 fazem uma abordagem histórica maior em relação aos demais apresentando um percentual acima de 50%, o que também confirma as conclusões supramencionadas. Em análise global, constatou-se que todas as obras analisadas abordam a História da Ciência de alguma forma ao longo da apresentação dos modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford-Bohr.

Enquanto LQ 4 apresenta menor contextualização histórica, o LQ 5 apresenta maior abordagem histórica, em termos de extensão de conteúdo conforme método de medição linear utilizado.

Nesse sentido, um maior aprofundamento nas questões históricas não pode prescindir de uma razoável exposição de informações históricas. Por óbvio que pareça, essa relação não é imediata, conquanto dependeria também da qualidade e organização adequada dessas informações. Uma obra com maior proporção de texto de História da Ciência em relação ao conteúdo total apenas sugere que o tema tenha sido melhor abordado nesta obra – fato que se acabou confirmando na análise qualitativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a investigação geral dos referidos livros didáticos de Química e nossa experiência como professores dessa área, é possível inferir que os conteúdos de História da Ciência no ensino médio estão concentrados, praticamente, apenas na abordagem dos conteúdos de modelos atômicos. De fato, a HC foi contemplada nos capítulos e tópicos referentes ao estudo desse tema em todas as obras, apresentando elementos biográficos, dados históricos do desenvolvimento dos modelos atômicos e apontando as mudanças conceituais entre os modelos. Não obstante, essa abordagem histórica é limitada, uma vez que se concretiza na descrição isolada e episódica de informações sumárias, sem o devido aprofundamento quanto à problematização e contextualização sócio-histórica. Nesse sentido, a “história contada” não seria fidedigna, nem tampouco abrangente o suficiente para permitir uma leitura adequada sobre o que, de fato, ocorreu historicamente.

Portanto, partindo da premissa de que a HC é praticamente restrita aos conteúdos de modelos atômicos, fica evidente que os livros didáticos de Química tendem a produzir uma concepção de ciência caracterizada pelo dogmatismo e neutralidade científica desenvolvida por cientistas ilustres que trabalham de forma isolada e as teorias científicas são elaboradas linear e cumulativamente ao longo da história. Essa concepção reproduz uma falsa imagem da natureza do conhecimento científico. Em outras palavras, pode-se dizer que o ensino de Química é tratado pelos livros de forma *ahistórica* e com uma *visão deformada* da realidade das ciências (CACHAPUZ, *et al.* 2005). Por outro lado, todos os temas históricos estão intrinsecamente ligados ao desenvolvimento da Física ao longo da história, mas no entanto, em nenhuma obra há a proposição de se desenvolver esses temas de modo interdisciplinar, muito embora se tenha constatado que alguns livros de Química citam superficialmente temas da Física.

Em nossa análise, ficou constatado que dois livros didáticos diferenciam-se dos demais na abordagem histórica, na medida em que eles apresentam uma contextualização histórica mais abrangente e melhor estruturada. Dessa forma, contribui-se para uma visão menos dogmática da Ciência, mas, mesmo assim, ainda muito restrita em nossa compreensão. Por se enquadrarem no movimento de inovação de livros didáticos, deve-se considerar que o

avanço desses livros ainda não é suficiente para proporcionar uma visão mais avançada em relação à História da Ciência.

Nessa perspectiva, o trabalho quantitativo estabelece desafios para a construção de metodologia que permita averiguar, com maior precisão, a quantidade e a qualidade das informações presentes em textos históricos.

Embora não seja o foco deste trabalho, foi possível constatar que o LQ 5 apresentou uma forma inovadora de abordar o conteúdo de modelos atômicos, pois tem um capítulo preliminar ao tema, totalmente dedicado a elaboração de *modelos de partículas*, a partir de atividades que proporcionam a criação de representações genéricas de modelos com base em observações macroscópicas e fenomenológicas.

Entende-se que a melhoria da qualidade do ensino de Química perpassa a definição de uma metodologia de ensino que privilegie a contextualização oportunizando a reflexão crítica por meio dos conteúdos abordados em sala de aula. Assim reitera-se que os livros didáticos de Química não são desprovidos de elementos de História da Ciência, porém, em sua maioria, o tipo de história presente não segue os propósitos discutidos, onde se busca uma melhor concepção de ciência e seus processos. Assim, parece que ensinar conceitos científicos de Química exige introduzir não apenas os trechos históricos fragmentados da HC, mas, sobretudo as relações de produção desse conhecimento científico num contexto mais amplo.

Neste trabalho, ao fazer estudo sobre a história dos modelos atômicos por quem consultou os documentos originais dos cientistas envolvidos na elaboração dos modelos atômicos, que foram o objeto de estudo de dissertação e tese de Viana (2007) e Lopes (2009), foi possível aprofundar a qualidade do contexto histórico. Dessa forma, identificaram-se as informações imprecisas na construção desse conhecimento entre outras impropriedades e inadequações.

Foi possível perceber que há “muita história para ser contada” que não está sendo abordada nos livros didáticos de Química, na construção das teorias atômicas e, por pressuposto, nos demais assuntos dessa Ciência. Essas “lacunas” podem constituir obstáculos para o estudante reconhecer a Ciência como atividade complexa. Também não se propicia condições para uma reflexão a cerca dos processos de produção do conhecimento científico transformando qualitativamente o ensino e a aprendizagem das teorias atômicas.

Mostrar o desenvolvimento da construção das teorias atômicas em material didático, pode contribuir para a informação do conteúdo específico de determinado conhecimento da

Ciência, e possibilitar situações para reflexão e análise da construção desse conhecimento. Um enfoque mais aprofundado no desenvolvimento das teorias atômicas de Dalton, Thomson e Rutherford-Bohr pode contemplar aspectos do processo histórico como: a origem, as hipóteses, as experiências, à diversidade de ideias, as críticas, a interligação entre os fatos, o trabalho dos diversos cientistas, a ruptura das ideias, o abandono de teorias que não se mostraram compatíveis ao longo do tempo. Um ensino com essa abordagem além de proporcionar a compreensão do papel da ciência desenvolve a criticidade do aluno em relação a produção do conhecimento científico.

Ao apresentar os vários aspectos da ciência no passado, por meio dos estudos e julgamentos do trabalho científico, a História da Ciência pode permitir ao estudante analisar e refletir sobre os valores e as atitudes dos cientistas em épocas distintas, além de proporcionar meios para o estabelecimento da relação das atitudes e valores das comunidades científicas atuais, quanto às semelhanças e divergências do trabalho científico e, com isso, formar seu ponto de vista em relação ao desenvolvimento científico.

Conhecer a maneira como os cientistas conduziram as reflexões e o pensamento na explicação dos fenômenos, mostra que há várias interpretações para um mesmo fenômeno e que por meio das várias interpretações criativas foi possível definir alguns conceitos, caracterizando a coletividade na construção da ciência. A HC vai mostrar o conceito científico aceito em determinada época e no seu contexto e as modificações sofridas até a atualidade. Dessa forma, permite-se perceber que, ao longo da história, os significados dos conceitos evoluíram e as teorias da Ciência mudaram com o decorrer do tempo. Assim, o aluno tem a compreensão de que teorias científicas consideradas como “verdadeiras” hoje podem perder seu *status* de verdade no futuro.

Porém, essa construção parte de conhecimentos científicos atuais, contudo, buscam no passado os fatos históricos que contribuíram e corroboraram para construir e balizar a veracidade dos conhecimentos científicos atuais. O desenvolvimento da construção das teorias atômicas em que o historiador parte dos conhecimentos científicos contemporâneos e resgata o desenvolvimento dos conhecimentos científicos do passado, exige do aluno a interpretação e análise da continuidade desse conhecimento até a atualidade, a identificação das características que se mantiveram ao longo do tempo e a compreensão da ciência numa relação de dependência com o meio político, cultural, filosófico e econômico de cada época para justificar os acontecimentos, que naturalmente, estavam coerentes com a demarcação de ciência da época.

Os resultados encontrados em relação aos livros didáticos de Química confirmam a necessidade de ampliar o conteúdo programático de Química com novas abordagens relativas aos aspectos sócio-históricos. Nessa linha, defendemos o desenvolvimento de temas relativos à História da Ciência como proposta metodológica para a abordagem dos conteúdos na formação de cidadãos mais críticos em relação a construção do conhecimento científico voltada para a cidadania no conhecimento de conceitos básicos necessários ao letramento científico.

Assim, espera-se, com este trabalho, proporcionar a ampliação do debate sobre a necessidade de formação específica do docente para o tema, bem como do desenvolvimento de metodologias que se apropriem do trabalho pedagógico com informações históricas que estão (e as que não estão!) contidas nos livros didáticos. Dessa forma, queremos motivar os professores a buscar novas formas e estratégias de abordagem de conteúdos que incluam a História da Ciência nos conteúdos da área fim, ao mesmo tempo em que se lança provocação aos autores para que possam rever os seus textos didáticos para contemplar de forma mais adequada a construção do conhecimento científico e, dessa forma, proporcionar meios para uma mudança significativa na elaboração dos conceitos científicos pelos alunos. Esperamos finalmente contribuir com o debate sobre critérios de HC que devem ser explorados nos materiais didáticos de Química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, M. C. B. **O discreto charme das Partículas Elementares**. São Paulo: Editora: UNESP, 2006, 344p.
- ABRANTES, P. Problemas metodológicos em historiografia da ciência. In: SILVA FILHO, W. J (Org.). **Epistemologia e ensino de ciências**. Salvador: Arcádia, 2002. p. 51-91.
- ACEVEDO, J. A. *et al.* Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2005.
- ALMEIDA, M. J. P. M. Historicidade e interdiscurso: pensando a educação em ciências na escola básica. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 333-341, 2004.
- ARAÚJO, D. X. **O conceito de substância em química apreendido por alunos do ensino médio**. Brasília, UnB, 1992. Dissertação de Mestrado.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996, 316 p.
- BADILLO, R. G.; MIRANDA, R. P.; TORRES, A. P.G. Una aproximación histórico epistemologica a las leyes fundamentales de la Química. **Revista Eletrónica de Enseñanza de las ciencias**, v. 8, n. 1, 2009.
- BAGATIN, O. *et al.* Rotação de Luz Polarizada por Moléculas Quirais: uma abordagem histórica com proposta de trabalho em sala de aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 21 p. 34-38, maio, 2005.
- BALDINATO, J. O.; PORTO, P. A. Michael Faraday e a História Química de uma Vela: um estudo de caso sobre a didática das ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 30, p. 16-23, novembro, 2008.
- BARBOSA, R. **Obras Completas de Rui Barbosa**. Vol. X. 1883, Tomo II.
- BASTISTA, I. de L. O ensino de teorias físicas mediante uma estrutura histórico-filosófica. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 461-476, 2004.
- BATISTA, I. de L; LAVAQUI, V; SALVI, R. F. Interdisciplinaridade escolar no ensino médio por meio de trabalho com projetos pedagógicos. **Investigações em ensino de ciências**, v. 13, p. 209-239, 2008.
- BRASIL. MEC/ FNDE. **Programa Nacional do Livro do Ensino Médio para o ano de 2007- PNLEM/ 2007**. Brasília: FAE, 2005.
- BRENNAN, R. P. **Gigantes da Física: uma história da física moderna através de oito biografias**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1998.
- CACHAPUZ, A. *et al.* Uma visão sobre o ensino das ciências na pós-mudança conceptual: contributos para a formação de professores. **Inovação**, Lisboa, V. 13, n. 2-3, p. 117-137, 2000.

- CACHAPUZ, A. *et al.* Superação das visões deformadas da ciência e da tecnologia: um requisito essencial para a renovação da educação científica. In: CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. de.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (Org.). **A Necessária Renovação do Ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.
- CARNEIRO, M. H. da S; GASTAL, M. L. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.
- CASSIANO, C. C. de F. **O mercado do livro didático no Brasil: da criação do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) à entrada do capital internacional espanhol (1985-2007)**. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2007. Tese de doutorado.
- CHASSOT, A. Diálogos de aprendentes. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. **Ensino de Química em Foco**. Ed. Unijuí, 2010 - 23p.
- CIÊNCIA & EDUCAÇÃO. São Paulo: UNESP, 1995-
- COSTA, A. Do uso da história da química no ensino. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, Lisboa, v. 2, n. 15-16, 1983.
- COVOLAN, S. C. T; SILVA, D. da. A entropia no ensino médio: utilizando concepções prévias dos estudantes e aspectos da evolução do conceito. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 98-117, 2005.
- DIAS, V. S; MARTINS, R. A. Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 517-530, 2004.
- DEBUS, A. G. A ciência e as humanidades: a função renovadora da indagação histórica. **Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 5, p. 3-13, 1991.
- DELIZOICOV, N. C; CARNEIRO, M. H. S; DELIZOICOV, D. O movimento do sangue no corpo humano: do contexto da produção do conhecimento para o do seu ensino. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 443-460, 2004.
- DRIVER, R. *et al.* Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 9, p. 31-40, maio, 1999.
- DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.F.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico em sala de aula. Tradução Eduardo F. Mortimer. **Química Nova na Escola**, n. 9, maio 1999.
- DUARTE, M. da C. A história da ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 1-18, 2004.
- ECHEVERRÍA, A. R. Como os estudantes concebem a formação de soluções. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 3, p. 15-18, maio, 1996.
- EL-HANI, C. N; TAVARES, E. J. M; ROCHA, P. L. B. da. Concepções epistemológicas de estudantes de biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre a história e filosofia das ciências. **Investigações em ensino de ciências**, v. 9, p. 265-313, 2004.
- FARIAS, R. F. Werner, Jorgensen e o papel da intuição na evolução do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 13, p. 29-33, maio, 2001.
- FERNÁNDEZ, I. *et al.* Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de Las Ciencias**. Barcelona, v. 20, n.3, p. 477-488, 2002.

- FILGUEIRAS, C. A. L. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 20, p. 38-44, novembro, 2004.
- FIORUCCI, A. R.; SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. O conceito de solução tampão. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 13, p. 18-21, maio, 2001.
- FLÔR, C. C. A história da síntese de elementos transurânicos e extensão da tabela periódica numa perspectiva Fleckiana. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v.31, n. 4, p. 246-250, novembro, 2009.
- FREIRE JR, Olival. A Relevância da filosofia e da história das ciências para a formação dos professores de ciências. In: SILVA FILHO, W. J (Org.). **Epistemologia e Ensino de Ciências**. Salvador: Arcádia, 2002, p. 13-30.
- FREITAG, B.; MOTTA, V. R. **O livro didático em questão**. Cortez Editora, 1989.
- GAGLIARD, J. R. Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. **Enseñanza de Las Ciencias**. Barcelona, v. 4, n. 1, p. 30-35, 1986.
- GALLEGO TORRES, A. P. História, Epistemologia y Didáctica de las ciencias: unas relaciones necesarias. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p. 571-583, 2004.
- GIL-PÉREZ, D. *et al.* Uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- GIL-PÉREZ, D. Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. **Investigación en la Escuela**, Sevilla, v. 4, n. 3, p. 27-37, 2001.
- GONÇALVES, P. W. Indicadores da presença de conteúdos de história e filosofia da ciência em livros de texto de Geologia Introdutória. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 41-52, 2005.
- GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, p. 219-238, 2006.
- GORRI, A. P.; FILHO, O. S. Representação de Temas Científicos em Pintura do Século XVIII: um estudo interdisciplinar entre a química, história e arte. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v.31, n. 3, p. 184-189, agosto, 2009.
- GUISASOLA, J.; MORETIN, M. Compreenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria? **Enseñanza de Las Ciencias**. Barcelona, v. 6, n.2, p. 246-262, 2007.
- HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 197-211, 1999.
- INVESTIGAÇÕES EM ENSINO DE CIÊNCIAS. Porto Alegre: UFRGS, 1996-
- JUSTI, R. Modelos e modelagem no ensino de química: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Ed. Unijuí, 2010 - 368p.
- KOSMINSKY, L.; GIORDAN, M. Visões de ciências e sobre cientistas entre estudantes do ensino médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 15, p. 11-18, maio, 2002.

- KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. Editora Perspectiva, 2000.
- LEAL, M. C. Como a química funciona? Reflexões epistemológicas e a determinação de fórmulas e pesos atômicos a partir das leis ponderais e da teoria atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 14, p. 8-12, novembro, 2001.
- LÔBO, S. F.; MORADILLO, E. F. de. Epistemologia e a formação docente em química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 17, p. 39-41, maio, 2003.
- LOGUERCIO, R. Q.; SAMRSLA, V. E. E; PINO, J. C. D. A dinâmica de analisar livros didáticos com professores de química. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 4, julho/agosto, 2001.
- LOPES, A. C.; Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da Química. **Química Nova**, São Paulo, v. 15, n. 3, 1992.
- LOPES, A. R. C.; A concepção de fenômeno no ensino de Química brasileiro através dos livros didáticos. **Química Nova**, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 338-341, 1994.
- LOPES, A. R. C.; Reações químicas: Fenômeno, transformação e representação. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 2, p. 7-9, novembro, 1995.
- LOPES, A. R. C.; Potencial de redução e eletronegatividade: Um obstáculo verbal. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 4, p. 31-32, novembro, 1996.
- LOPES, A. R. C.; Conhecimento escolar em química – processo de mediação didática da ciência. **Química Nova**, v. 20, n. 5, setembro/outubro, 1997.
- LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica à introdução da teoria quântica**. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2009. Tese de doutorado.
- LORENZ, K. M. Os livros didáticos e o ensino de ciências na escola secundária brasileira no século XIX. **Ciência e Cultura** v. 38, n. 3, março, 1986.
- MALDANER, A. O.; ZANON, L. B. Pesquisa educacional e produção de conhecimento do professor de química. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Ed. Unijuí, 2010 - 368p.
- MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T.; OSTERMANN, F. História e epistemologia da física na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 127-134, 2007.
- MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, dezembro, 1995.
- MATTOS, C; HAMBURGER, A. I. História da Ciência, Interdisciplinaridade e Ensino de Física: o problema do Demônio de Maxwell. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 477-490, 2004.
- MASSONI, N. T; MOREIRA, M. A. O cotidiano da sala de aula de uma disciplina de história e epistemologia da física para futuros professores de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12 p. 7-54, 2007.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC), Secretaria de Educação Básica. **Proposta para inclusão das Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Volume 2. Brasília: 2006.

- MILAGRES, V. S. O.; JUSTI, R. S. Modelos de Ensino de Equilíbrio Químico – algumas considerações sobre o que tem sido apresentado em livros didáticos no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 13, maio, 2001.
- MILAGRES, V. S. O. **Modelos de ensino de equilíbrio químico encontrados em livros para ensino médio**. Monografia de licenciatura. Belo Horizonte: Departamento de Química da UFMG, 1999.
- MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 2, 2000.
- MORTIMER, E. F. A evolução dos livros didáticos de Química destinados ao ensino secundário. **Em Aberto**, Brasília, v. 7, n. 40, p. 25-41, out/dez. 1988.
- MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. Transformações: concepções dos estudantes sobre reações químicas. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 10, novembro, 1999.
- MORTIMER, E. F.; SANTOS, W. L. P. dos. Políticas e Práticas de Livros Didáticos de Química: o processo de constituição da inovação X redundância nos livros didáticos de química de 1833 a 1987. In: ROSA, M. I. P.; ROSSI, A. V. (Org.). **Educação Química no Brasil: memórias, políticas e tendências**. Campinas São Paulo. Editora Átomo, 2008.
- MORTIMER, E. F. As chamas e os cristais revisitados: estabelecendo diálogos entre a linguagem científica e a linguagem cotidiana no ensino das ciências da natureza. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Ed. Unijuí, 2010.
- NEVES, M. *et al.* Galileu fez o experimento do plano inclinado? **Enseñanza de Las Ciencias**. Barcelona, v. 7, n.1, 2008.
- OHLWEILER, O. A. **Introdução à Química Geral**. Editora Globo S.A Porto Alegre – RS, 1971.
- OKI, M. da C. M. O conceito de elemento da antiguidade à modernidade. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 16, p. 21-25, novembro, 2002.
- OKI, M. da C. Paradigmas, Crises e Revoluções: a história da química na perspectiva Kuhniana. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 20, p. 32-37, novembro, 2004.
- OKI, M. da C. M. O Ensino de História da Química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008.
- OLIVEIRA, R. J. O mito da substância. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 1, p. 8-11, maio, 1995.
- OSTERMANN, F. Física contemporânea em la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. **Enseñanza de Las Ciencias**. Barcelona, v. 18, n.3, p. 391- 404, dezembro, 2000.
- OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. de H.; RICCI, F.; PRADO, S. Tradição de pesquisa quântica: uma interpretação na perspectiva da epistemologia de Larry Laudan. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las ciencias**, v. 7, n. 2, 2008.
- PAIXÃO, F.; CACHAPUZ, A. Mudanças na prática de ensino da química pela formação dos professores em história e filosofia das ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 18, p. 31-36, novembro, 2003.

- PAGLIARINI, C. R. **Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007. Dissertação de mestrado.
- PEREIRA, A. I.; AMADOR, F. A história da ciência em manuais escolares de ciencias da natureza. **Enseñanza de Las Ciencias**. Barcelona, v. 6, n. 1, 2007.
- PETERS, J. R. **A história da matemática no ensino fundamental uma análise de livros didáticos e artigos sobre história**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. Dissertação de mestrado.
- PETRUCCI, D.; DIBAR URE, M. C. Imagem de la ciencia en alumnos universitarios: una revisión y resultados. **Enseñanza de Las Ciencias**. Barcelona, v. 2, n. 19, p. 217-229, 2001.
- PRAIA, J.; GIL,-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, maio/agosto, 2007.
- PATY, M. Ciência, esse obscuro objeto de pensamento e uso. **Tempo Social**, v. 11, n. 1, p. 67-73, 1999.
- POPPER, K. R. **Conjecturas e refutações**. 5. ed. Brasília: Editora UnB, 2008.
- PORTO, P. A. Walter Charleton (1620-1707) e sua teoria atômica. **Química Nova**, v. 20, n. 3, São Paulo, maio/junho, 1997.
- PORTO, P. A. Um Debate Seiscentista: a transmutação de ferro em cobre. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 19, p. 24-26, maio, 2004.
- PORTO, P. A. História e filosofia da ciência no ensino de química: em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Ed. Unijuí, 2010 - 159p.
- PRETTO, N. D. L. **A ciência nos livros didáticos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1995.
- QUEIROZ, S. L. Do fazer ao compreender ciências: reflexões sobre o aprendizado de alunos de iniciação científica em química. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 1, p. 41-53, 2004.
- QUÍMICA NOVA. Rio de Janeiro: SBQ, 1978-
- QUÍMICA: catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio: PNLEM/2008/SEB/FNDE/MEC. – Brasília: Ministério da Educação, Sec. de Ed. Básica, 2007. 67 p.: il.
- REIS, P.; RODRIGUES, S.; SANTOS, F. Concepções sobre os cientistas em alunos do 1º ciclo do Ensino Básico: “poções, máquinas, monstros, invenções e outras coisas malucas”. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las ciencias**, v. 5, n. 1, 2006.
- ROSA, K; MARTINS, M. C. A Inserção da História e Filosofia da Ciência no Currículo de Licenciatura em Física da Universidade Federal da Bahia: uma visão de professores universitários. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, p. 321-337, 2007.
- ROSA, M. I. P.; A. V. CARRERI; RAMOS, T. A. Formação docente no ensino médio: táticas curriculares na disciplina escolar química. In: ROSA, M. I. P.; ROSSI, A. V. (Org.). **Educação química no Brasil – memórias, políticas e tendências**. Campinas: Átomo, 2008. 105p.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio-Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, dezembro 2000.

SANTOS W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, V. 12, n. 36, set/dez, 2007.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S.; SILVA, R. R.; CASTRO, E. N. F.; SILVA, G. S.; MATSUNAGA, R.; SANTOS, S. M. O.; DIB, S. M. F. Química e Sociedade: um projeto brasileiro para o ensino de química por meio de temas CTS. **Educación Química EduQ**, n. 3, p. 20-28, 2009.

SANTOS, S. E. A perspectiva histórica de las relaciones ciencia-tecnología-sociedade y su papel en la enseñanza de las ciencias. **Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias**, v. 2, n. 3, p. 399-415, 2003.

SANTOS, S. M. de O. **Critérios para avaliação de livros didáticos de química para o ensino médio**. Dissertação de mestrado. Brasília-DF: Instituto de Química, UnB, 2006.

SEGRÈ, E. **Dos raios X aos quarks**. Trad. De Wamberto H. Ferreira. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 1987.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005.

SCHEID, N. M. J; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. Concepções Sobre a Natureza da Ciência num Curso de Ciências Biológicas: imagens que dificultam a educação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, p. 157-181, 2007.

SCHNETZLER, R. P. **O tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros para o ensino secundário de Química de 1875 à 1978**. Dissertação de mestrado. Campinas-SP: Faculdade de Educação, UNICAMP, 1980.

Secretaria de Educação Básica – Brasília: Ministério de Educação. Secretaria de Educação Básica, 2006. 135p. (**Orientações Curriculares para o Ensino Médio**); Volume 2.

SILVA, C. P. da. *et al.* Subsídios para o uso da História das Ciências no ensino: exemplos extraídos das Geociências. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 3, p. 497-517, 2008.

SILVA, R. R. da,; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Ed. Unijuí, 2010 - 368p.

SILVA, R. R. Pressão, temperatura e volume molar. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 2, nov. 1995.

SILVA, M. M; AMADOR, F. Dos modelos históricos (história da geologia) aos modelos dos alunos. Um estudo exploratório sobre os modelos mentais, respeitantes à origem, ao armazenamento e à circulação das águas subterrâneas, realizado com alunos do 12º ano do ensino secundário português. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 205-214, 2002.

SILVA, C. P. da; FGUEIRÔA, S. F. de M; NEWERLA, V. B; MENDES, M. I. P. Subsídios para o uso da história das ciências no ensino: exemplos extraídos das Geociências. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 3, p. 497-517, 2008.

- TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JR, O; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, p. 529-536, 2009.
- TÉLLEZ, S. C. A. O atomismo de Leucipo e Demócrito. **Química Nova**, V. 15, n. 1, 1992.
- TFOUNI, L. V; CAMARGO, D. A. F de; TFOUNI, E. A teoria de Piaget e os exercícios dos livros diáticos de química. **Química Nova**, V. 10, n. 2, 1987.
- TIEDEMANN, P. W. Conteúdos de Química em livros didáticos de ciências. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 15-22, 1998.
- TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. O bicentenário da invenção da pilha elétrica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 11, p. 35-39, 2000.
- TOLENTINO, M. P. **Uma análise epistemológica do conceito substância em livros didáticos de 5º a 8º série do ensino fundamental**. Dissertação de Mestrado. São Paulo; USP, 2003.
- TUNES, E.; TOLENTINO, M.; SILVA, R.R. DA; SOUZA, E.C.P. DE e ROCHA FILHO, R.C. Ensino de conceitos em Química. IV – Sobre a estrutura elementar da matéria. **Química Nova**, v. 12, p. 199-202, 1989.
- VIANA, H. E. B. **A construção da teoria atômica de Dalton como estudo de caso – e algumas reflexões para o ensino de química**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007. Dissertação de mestrado.
- VIDAL, B. **História da Química**. Lisboa: edições 70, 1986.
- VIDAL, P. H. O.; CHELONI, F. O.; PORTO, P. A. O Lavoisier que não está presente nos livros didáticos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 26, p. 29-32, novembro, 2007.
- VIDAL, P. H. O. **A história da ciência nos livros didáticos do PNLEM 2007**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo-São Paulo, 2009.
- VIAU, J.; ZAMORANO, R. O.; GIBBS, H.; MORO, L. Ciencia y pseudociencia en el aula: el caso del “Bosque Energético”. **Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias**, v. 5, n. 3, 2006.
- ZANON, L. B. Tendências curriculares no ensino de ciências/química: um olhar para a contextualização e a interdisciplinaridade como princípio da formação escolar. In: ROSA, M. I. P.; ROSSI, A. V. (Org.). **Educação química no Brasil – memórias, políticas e tendências**. Campinas: Átomo, 2008. 235p.
- ZANON, L. B.; MALDANER, A. O. A química escolar na inte-relação com outros campos de saber. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Ed. Unijuí, 2010 - 368p.

ANEXO

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA
FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO

FNDEM / 2008

QUÍMICA

**CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO
LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO**



Secretário de Educação Básica - SEB
Francisco das Chagas Fernandes

Diretora de Políticas do Ensino Médio
Lúcia Helena Lodi

Equipe Técnica - SEB/DPEM
Luzinete da Conceição Gomes
Arieli Norisimele Gonçalves
Maira Françoia de Silva da Azeiteira

Revisão
Leonardo Barros de Oliveira

Projeto Gráfico, Diagramação e Capa
Tatiana Figueira Ribeiro

Presidente do Fundo Nacional de
Desenvolvimento da Educação - FNDE
Daniel Silva Balaban

Diretor de Ações Educativas
Rafael Tortivo

Coordenadora Geral dos Programas do Livro
Sônia Schwartz Coelho

Equipe Técnica - FNDE
Silvêrio Moraes da Cruz
Neusa Helena Portugal dos Santos
Rosália da Castro Sousa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Química : catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio : FNDEM/2008 /
Secretaria de Educação Básica - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. -
Brasília : Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2007.
67 p. : il.

ISBN 85-5917-10-2

1. Programa Nacional do Livro Didático. 2. Química. 3. Livro didático. I. Brasil.
Secretaria de Educação Básica. II. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação.

CDD 073.71.671

Ministério da Educação
Secretaria de Educação Básica
Esplanada dos Ministérios - Bloco L - 4º andar - sala 419
Brasília - DF 70047-900

BRASÍLIA 2007

Química na abordagem

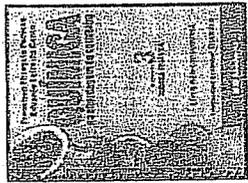
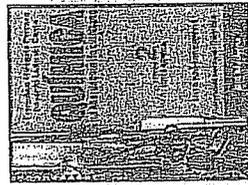
do cotidiano

Volume 1, 2 e 3

Eduardo L. Cantó e Francisco M. Peruzzo

3ª Edição - 2005

Editora Moderna



Obra 015038



SÍNTESE AVALIATIVA

A coleção é constituída de três volumes, um para cada série do Ensino Médio. Cada volume está organizado em capítulos contendo, ainda, apêndices, respostas nos exercícios, lista de siglas e bibliografia.

Cada capítulo inicia-se com uma fotografia sobre uma situação do cotidiano relacionada ao tema a ser abordado, seguida de um pequeno texto denominado *Comentário preliminar*, que oferece uma breve noção do que será estudado, estabelece relações entre assuntos abordados anteriormente e outros temas da Química. Fechando as duas páginas de abertura, um quadro com *Alguns conteúdos importantes* apresenta uma relação de assuntos que serão estudados. Os capítulos contêm as seguintes seções: *Motivação*, com alguma situação-problema que se relaciona ao conteúdo químico; Descrivendo o tema, no qual os conteúdos são apresentados; *Em destaque*, com temas que complementam e atualizam os conteúdos ou que se relacionam a algum contexto de importância social; *Exercícios*, questões gerais e de concursos vestibulares das várias regiões do país.

Alguns capítulos possuem quadros laterais que indicam pequenas atividades de pesquisa, na seção *Pesquisa e aprenda*; outros quadros sugerem a aplicação dos conceitos estudados, na seção *Aplique o que aprendeu*. Alguns capítulos

22

21

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

contém, ainda, uma reflexão sobre atitudes relacionadas com o que está sendo estudado, na seção *Reflexão*.

Em várias partes da obra, aparecem mapas conceituais que têm o objetivo de mostrar a inter-relação entre os conceitos que estão sendo abordados nos capítulos e facilitar uma compreensão mais integrada da Química.

Cada capítulo contém, ainda, as seções *Questões para fixação e Exercícios sobre todo o capítulo*, apresentando questões dissertativas e de múltipla escolha, provenientes de concursos vestibulares.

O manual do professor, embora não discuta os instrumentos e o processo de avaliação da aprendizagem, contribui para a formação e atualização do professor e apresenta sugestões de referências bibliográficas, leituras e atividades complementares.

SUMÁRIO DA OBRA

Livro do Aluno

Os conteúdos presentes nos 3 (três) volumes do aluno estão assim distribuídos:

Volume I

Os capítulos deste livro abordam os conteúdos de *Química Geral e de Química Inorgânica*.

Capítulo 1 – Introdução ao estudo da Química.

Capítulo 2 – Substâncias químicas

Capítulo 3 – Introdução ao conceito de reação química

Capítulo 4 – Do microscópico ao macroscópico: átomos e moléculas

Capítulo 5 – Introdução à estrutura atômica

Capítulo 6 – A tabela periódica dos elementos

Capítulo 7 – Ligações químicas interatômicas

Capítulo 8 – Geometria molecular e ligações químicas intermoleculares

Capítulo 9 – Condutividade elétrica de soluções aquosas

Capítulo 10 – Princípios de Química Inorgânica (I)

Capítulo 11 – Princípios de Química Inorgânica (II)

Capítulo 12 – Algumas reações inorgânicas de importância

Capítulo 13 – Mol

Capítulo 14 – O comportamento físico dos gases

Capítulo 15 – Aspectos quantitativos das reações químicas. Apêndices. Respostas aos exercícios. Lista de siglas. Bibliografia

Volume 2

Neste livro, são estudadas as propriedades físico-químicas das substâncias químicas.

- Capítulo 1 – Expressando a concentração de soluções
- Capítulo 2 – Propriedades coligativas
- Capítulo 3 – Processos de óxido-redução
- Capítulo 4 – Eletroquímica: células galvânicas
- Capítulo 5 – Eletroquímica: células eletrolíticas
- Capítulo 6 – Termoquímica: o calor e os processos químicos
- Capítulo 7. Cinética química: o transcorrer das reações químicas
- Capítulo 8 – Equilíbrio químico: a coexistência de reagentes e produtos
- Capítulo 9 – Equilíbrios iônicos em solução aquosa
- Capítulo 10 – Equilíbrios químicos heterogêneos
- Capítulo 11 – Radioatividade; fenômenos de origem nuclear. Tópico avançado sobre os conceitos ácido-base de Brønsted-Lowry e de Lewis. Apêndices. Respostas aos exercícios. Lista de siglas. Bibliografia

Volume 3

Este livro é dedicado ao estudo da Química Orgânica.

- Capítulo 1 – Introdução à Química dos compostos de carbono
- Capítulo 2 – Hidrocarbonetos
- Capítulo 3 – As principais classes funcionais de compostos orgânicos
- Capítulo 4 – Interações Intermoleculares na Química Orgânica
- Capítulo 5 – Isômeros
- Capítulo 6 – Reações de substituição e reações de adição
- Capítulo 7 – Noções de acidez e de basicidade em compostos orgânicos
- Capítulo 8 – Óxido-redução, desidratação e esterificação
- Capítulo 9 – Polímeros sintéticos
- Capítulo 10 – Noções sobre alguns compostos presentes em seres vivos
- Capítulo 11 – A Química Orgânica e o ambiente. Apêndices. Respostas aos exercícios. Lista de siglas. Bibliografia

ANÁLISE DA OBRA

A coleção apresenta, de maneira geral, um tratamento conceitual adequado, embora com excesso de conteúdos. Em algumas partes, aparecem algumas impropriedades, tanto conceituais como da linguagem utilizada na explicação dos fenômenos que, apesar de não comprometerem seriamente a qualidade da obra, mostram a falta de uma revisão mais apurada do texto. A grande quantidade de conceitos e informações poderá exigir do professor uma criteriosa seleção daquilo que deverá ser abordado, de acordo com os objetivos pretendidos.

Os temas são desenvolvidos, utilizando abundância de informações, apresentadas de forma a estimular posteriores leituras, especialmente de temas que envolvem o cotidiano dos alunos. Na maior parte das vezes, a coleção apresenta uma linguagem gramaticalmente correta, embora pequenos erros sejam presentes. Apesar de não conter glossário, o vocabulário específico é, de modo geral, adequado.

O uso de analogias não é muito frequente na obra. No entanto, quando utilizadas, observa-se um cuidado em representar, de forma apropriada, os conceitos químicos dentro de uma estrutura lógica coerente, sem recorrer a simplificações e distorções muito comuns quando esse tipo de recurso didático é utilizado.

Em muitos momentos, percebe-se uma tentativa por parte dos autores de construção de uma compreensão integrada da Química, evidenciada pela apresentação de mapas conceituais. Este recurso permite que o professor possa planejar suas aulas retomando conceitos abordados em outros contextos e facilitando a articulação entre eles.

Os experimentos são um recurso metodológico amplamente utilizado nessa coleção. Na maior parte das vezes, eles são apresentados na seção *Motivação*, que, como o próprio nome sugere, tem a função de motivar os alunos a propor explicações para os fenômenos químicos e/ou refletir sobre os resultados descritos. O texto incentiva a realização de experimentos, fornecendo as instruções necessárias à sua realização e chamando atenção para os cuidados que devem ser tomados com a manipulação dos instrumentos e produtos químicos.

Em relação às atividades propostas, a obra é regular. São poucas as sugestões que envolvem a participação dos alunos e estimulam a realização de trabalhos coletivos. Elas se restringem aos procedimentos experimentais, na seção *Motivação*, e a exercícios, sob a forma de *Questões para fixação* e *questões de concursos vestibulares*.

Na coleção, são inúmeras as situações nas quais os conceitos químicos estão vinculados a situações do cotidiano, seja por meio de ilustrações associadas a pequenos comentários, seja por meio de textos que apresentam temas de atualidade relacionados aos conceitos abordados nos capítulos. Em algumas partes da obra, os autores apresentam, ainda, situações relativas à realidade brasileira, especialmente aquelas que tratam dos impactos ambientais resultantes do desenvolvimento tecnológico. No entanto, apesar da relevância desses temas e da atualidade das informações veiculadas, esses ficam, na maior parte das vezes, desvinculados dos conceitos químicos abordados nos capítulos, dificultando a mobilização desses conceitos em um contexto próximo da realidade do aluno.

24

23

RESENHAS

CATALOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO . QUÍMICA

RESENHAS

CATALOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO . QUÍMICA

A obra apresenta um projeto gráfico de boa qualidade. As ilustrações, presentes em grande quantidade, estão bem distribuídas, apresentando um conjunto harmônico e adequado aos conteúdos e às finalidades a que essa se propõe.

A obra é acompanhada do livro do professor, que contém o livro do aluno e o manual do professor. Para cada volume do livro do aluno, corresponde um manual do professor. No início de cada manual do professor, um mapa conceitual apresenta os conteúdos que serão abordados nos capítulos e a inter-relação entre eles, facilitando a aquisição de uma visão mais integrada da Química e, portanto, possibilitando ao professor planejar melhor as suas aulas, na medida em que explicita o conjunto de pré-requisitos necessários à abordagem dos conteúdos. Cada capítulo do manual inicia-se com uma tabela dos principais conteúdos conceituais presentes no livro do aluno e os conteúdos procedimentais e atitudinais que poderão ser desenvolvidos pelo professor. O restante dos capítulos é dividido nas seguintes seções: *Comentário geral*, com uma breve apresentação do conteúdo do capítulo; *Origem dos termos científicos*, com notas sobre a etimologia de termos científicos; *Temas para pesquisa*, com sugestões para o professor orientar trabalhos de pesquisa dos alunos; *Atividade*, com sugestões de trabalhos adicionais; *Textos ao professor*, abordando temas que complementam e atualizam os conhecimentos do professor e *Sugestões de leitura complementar para o professor*. Em alguns capítulos há, ainda, sugestões de experimentos e de leitura complementar para o aluno.

RECOMENDAÇÕES AO PROFESSOR

Os três volumes do manual do professor contém, na sua parte final, resoluções para alguns dos exercícios propostos nos livros do aluno, fornecendo, de modo geral, subsídios teóricos para a discussão das questões. No entanto, isso não acontece para todas as outras atividades propostas no livro do professor. Para algumas delas, não há indicação de fontes bibliográficas necessárias e, no caso dos experimentos, nem sempre o manual fornece subsídios teóricos para que o professor possa compreender o fenômeno e relacioná-los aos conceitos subjacentes.

O manual contém várias referências bibliográficas, apresentadas como leituras complementares para o professor e, em alguns casos, também para o aluno. Para cada indicação feita, livro ou artigo, há um resumo sobre o conteúdo para facilitar o processo de escolha do professor. Vale ressaltar que os artigos e livros propostos são, de modo geral, atualizados e podem ser de grande utilidade no processo de mediação didática.

Um aspecto fundamental que está ausente no manual do professor é o relativo à avaliação. Não há, em todo o manual, qualquer referência ao processo de

avaliação da aprendizagem nem, tampouco, sugestões de instrumentos de avaliação que possam subsidiar o trabalho do professor.

O professor deve observar que o livro não incentiva atividades que exigem trabalho cooperativo, que teriam de ser contempladas devido à sua importância no estímulo à valorização e o respeito às opiniões do outro.

26

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO . QUÍMICA

25

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO . QUÍMICA

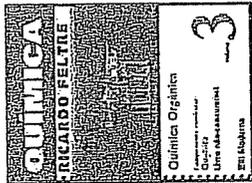
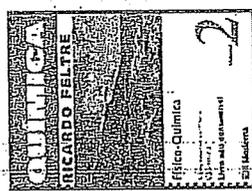
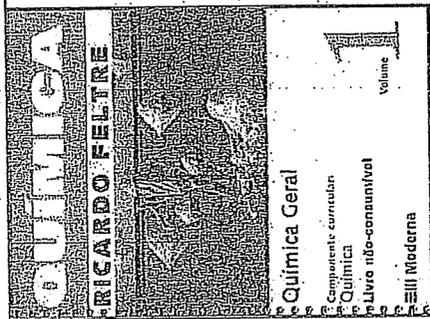
Química

Volumes 1, 2 e 3

Ricardo Feltre

6ª Edição - 2005

Editora Moderna



Obra 015040



SÍNTESE AVALIATIVA

Trata-se de uma coleção que apresenta três volumes, cada um deles com a seguinte estrutura: apresentação; sumário; seqüência de capítulos; respostas (aos exercícios); por capítulo; lista de siglas; sugestões de leitura para os alunos; museus brasileiros ligados à Ciência; e referências bibliográficas. Há uma diferença de abordagem entre os três volumes. Os volumes 1 e 2 envolvem mais o aluno em sua aprendizagem, por meio de atividades práticas, pesquisa e leituras, que o volume 3, no qual o envolvimento é praticamente restrito à realização de exercícios e leitura de textos. Existem temas nos três volumes que podem ser considerados de menor interesse para essa etapa de formação, como: por exemplo, aqueles relacionados ao modelo dos orbitais atômicos, aos isótonos e aos mecanismos de reações orgânicas.

A obra contém muitas ilustrações, que contribuem para a compreensão dos assuntos tratados e tornam a leitura agradável.

As atividades experimentais propostas, principalmente nos volumes 1 e 2, têm caráter demonstrativo e utilizam materiais de fácil obtenção. Em geral, são adequadamente associadas aos temas dos capítulos correspondentes, com questionamentos pertinentes. Os resultados dos experimentos não são anunciados.

A coleção estimula o uso do conhecimento científico para facilitar a compreensão dos problemas contemporâneos, especialmente na seção *Leituras, Questões sobre a leitura* e em caixas de textos. Implicitamente, nos textos, são propostas discussões sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. As questões ambientais são tratadas de forma realista e equilibrada.

A obra é acompanhada do livro do professor que contém o livro do aluno e o "Suplemento para o Professor". O Suplemento para o Professor contribui para a sua formação e atualização. Apresenta e discute conceitos químicos importantes para a resolução de diversos exercícios, sugere aos usuários meios de encontrar informações adicionais e fornece explicações relevantes para as observações experimentais. Além disso, discute adequadamente o processo de avaliação, apresentando sugestões de atividades.

SUMÁRIO DA OBRA

Cada capítulo está organizado em tópicos, contendo geralmente: uma apresentação; textos expositivos ilustrados; atividades práticas e pesquisa (no volume 3 essas sugestões ocorrem em poucos capítulos); perguntas para revisão sobre o item do tópico, a serem respondidas no caderno pelo aluno; caixas de textos com explicações específicas; exercícios complementares e desafios; textos complementares para leitura sobre temas selecionados e questões sobre a leitura; e biografias de cientistas.

Livro do Aluno

A obra é constituída pelos seguintes capítulos:

Volume I

- Capítulo 1 – Primeira visão da Química
- Capítulo 2 – Conhecendo a matéria e suas transformações
- Capítulo 3 – Explicando a matéria e suas transformações
- Capítulo 4 – A evolução dos modelos atômicos
- Capítulo 5 – A classificação periódica dos elementos
- Capítulo 6 – As ligações químicas
- Capítulo 7 – A geometria molecular
- Capítulo 8 – Ácidos, bases e sais inorgânicos
- Capítulo 9 – Óxidos inorgânicos
- Capítulo 10 – As reações químicas
- Capítulo 11 – Massa atômica e massa molecular
- Capítulo 12 – Estudo dos gases
- Capítulo 13 – Cálculo de fórmulas
- Capítulo 14. Cálculo estequiométrico

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

28

27

Volume 2

- Capítulo 1 – Soluções
- Capítulo 2 – Propriedades coligativas
- Capítulo 3 – Termoquímica
- Capítulo 4 – Cinética química
- Capítulo 5 – Equilíbrios químicos homogêneos
- Capítulo 6 – Equilíbrios iônicos em soluções aquosas
- Capítulo 7 – Equilíbrios heterogêneos
- Capítulo 8 – Eletroquímica – oxidação e pilhas elétricas
- Capítulo 9 – Eletroquímica – eletrólise
- Capítulo 10 – Reações nucleares

Volume 3

- Capítulo 1 – Introdução à Química Orgânica
- Capítulo 2 – Hidrocarbonetos – Capítulo 3. Funções orgânicas oxigenadas
- Capítulo 4 – Funções orgânicas nitrogenadas
- Capítulo 5 – Outras funções orgânicas
- Capítulo 6 – Estrutura e propriedades físicas dos compostos orgânicos
- Capítulo 7 – Isomeria em Química Orgânica
- Capítulo 8 – Reações de substituição
- Capítulo 9 – Reações de adição
- Capítulo 10 – Reações de eliminação
- Capítulo 11 – O caráter ácido-básico na Química Orgânica
- Capítulo 12 – A oxidação na Química Orgânica
- Capítulo 13 – Outras reações na Química Orgânica
- Capítulo 14 – Glicídios
- Capítulo 15 – Lípidios
- Capítulo 16 – Aminoácidos e proteínas
- Capítulo 17 – Polímeros sintéticos.

ANÁLISE DA OBRA

Em relação à correção conceitual, predomina na obra um tratamento apropriado. A linguagem utilizada nos textos é, em geral, gramaticalmente correta. As analogias são empregadas apropriadamente, havendo usualmente explicitação clara da diferença entre significado literal e metafórico.

Predomina na obra uma redação clara e objetiva dos textos, com informações suficientes. O vocabulário específico requerido para a compreensão dos temas abordados é explicado no próprio texto, pois a obra não contém glossário. São estimuladas a leitura e a exploração crítica dos assuntos, por meio de questões a serem respondidas.

A seleção dos conteúdos e sua distribuição nas séries abrangem os temas habitualmente tratados no Ensino Médio. São propostos temas em excesso e outros sem relevância, como, por exemplo, conceitos de isótonos (volume 1) e mecanismos de reações orgânicas (volume 3), entre outros.

Em relação aos aspectos pedagógico-metodológicos, a obra apresenta uma tentativa de despertar o interesse dos alunos pelo caráter aplicado do conhecimento químico, principalmente nos volumes 1 e 2. Há apresentação de conteúdos relacionados a contextos próprios da realidade brasileira e dos alunos, e os textos e questões abordados nas seções *Leituras* são relevantes. Não são propostas atividades que considerem os conhecimentos prévios e as experiências culturais dos alunos como ponto de partida para aprendizagem. Isso exigiria a proposição de questionamentos para o início dos trabalhos pelo professor.

A abordagem é atualizada, podendo contribuir para promover a autonomia e o espírito crítico do aluno, especialmente em relação às atividades experimentais propostas e às perguntas sobre a seção *Leitura*.

A coleção propicia a leitura e o entendimento de textos e figuras diversificados. Embora de forma menos significativa, há também estímulo à produção de textos diversificados. Isso se evidencia por meio das *Questões sobre a leitura* e no tópico *Revisão*, que apresentam perguntas sobre o que foi tratado no capítulo. Nessas duas seções há a solicitação para que o aluno responda em seu caderno, o que possibilita o desenvolvimento da comunicação escrita. No livro do aluno é escasso o estímulo à promoção de atividades que visem ao desenvolvimento da comunicação oral. Por exemplo, a apresentação dos resultados dos experimentos no grupo poderia contribuir para o desenvolvimento da comunicação oral e científica.

As atividades experimentais propostas são bem descritas e orientadas. É possível sua realização com base nas instruções fornecidas, não havendo riscos significativos para alunos e professores que impeçam sua realização. Quando há existência de algum cuidado especial, eles são devidamente indicados por meio de recomendações adequadas. Os experimentos e demonstrações propostos são facilmente realizáveis, apresentando resultados plausíveis e veiculando idéias adequadas sobre fenômenos, processos e modelos explicativos. Possuem ainda estreita conexão com as teorias e os modelos explicativos estudados. Para o desenvolvimento das atividades, são necessários materiais simples de uso doméstico e materiais de uso comum nos laboratórios químicos. O primeiro tipo de material predomina no volume 1 e o segundo nos volumes 2 e 3.

Em geral, os experimentos configuram-se como demonstrativos em relação à teoria apresentada. São propostos com roteiros prontos e requerem execução

30

30

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

e observação, mas não há proposição de questionamentos iniciais e de ações voltadas à promoção de investigação científica - proposição de experimentos, estabelecimento de hipóteses, obtenção de resultados, estabelecimento de algumas conclusões e de críticas sobre esse processo. Destaca-se que os experimentos propostos não contém as respostas prontas, deixando ao aluno a elaboração de conclusões. Isso é muito mais evidente nos volumes 1 e 2 e menos evidente no volume 3.

Há um posicionamento explícito na separação da atividade química entre teórica e prática. É temerário fazer essa separação, pois o aluno pode ser induzido a pensar que existem duas químicas distintas: a prática e a teórica. É importante considerar que não há prática sem uma teoria que lhe dê sustentação, pois toda ação prática tem um fundamento teórico. O contrário é verdadeiro, pois toda ação de teorização, tem alguma prática lhe sustentando, mesmo que sejam vivências.

É possível identificar a busca da construção de uma compreensão integrada da Química nas seções de abertura de cada capítulo, mostrando as relações da Química com aspectos da sociedade, como tecnologia e trabalho. No entanto, a concepção da obra ainda pode ser considerada um tanto fragmentada, pois as relações entre os vários ramos da Ciência, os temas ambientais, de ética e de história são normalmente tratados em caixas de textos separadas do texto principal em cada capítulo.

Observa-se, ao longo da obra, a proposição de discussões importantes como também a valorização da história das ciências, por meio de narrativas de fatos relacionados à história da Química, dos seus processos e produtos, e por meio de biografias de cientistas envolvidos em descobertas. Isso está mais presente nos volumes 1 e 2.

Em geral, a obra a bordo adequadamente modelos científicos e evita confundir os com a realidade. A abordagem explícita em relação à metodologia científica é sucinta, mas não enfatiza o Método Científico como uma seqüência rígida de etapas a serem seguidas. Essa seqüência é relativizada pelos vários caminhos propostos entre observações, experiências, leis experimentais, hipóteses e teorias (e modelos). A coleção expressa ainda aspectos importantes da investigação científica, como a necessidade de trabalho em equipe, a idéia de que a Ciência nunca está terminada, o entendimento de que a Ciência não é neutra e que está vinculada aos interesses humanos. No sentido da vivência da Ciência, há na obra a proposição de experimentos e pesquisas, principalmente nos volumes 1 e 2, com predomínio do caráter demonstrativo nas atividades propostas.

A obra estimula o uso do conhecimento científico para facilitar a compreensão dos problemas contemporâneos, especialmente em conteúdos abordados sob a forma de caixas de textos e na seção *Leitura e Questões sobre a leitura*, relacionados aos tópicos discutidos, os quais podem suscitar questionamentos importantes.

É possível identificar ao longo da obra as relações da Química com aspectos da sociedade, como tecnologia e trabalho. Implicitamente, nos textos são propostas discussões sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, dando elementos para a formação de um cidadão capaz de fazer apreciações críticas e posicionar-se diante das contribuições e dos impactos da Ciência e da Tecnologia sobre a vida social e individual. Incentiva também uma atitude de respeito ao ambiente, especialmente nas seções *Leituras e Questões sobre a leitura*. As questões ambientais são tratadas de forma realista e equilibrada pela proposição ao aluno de atitudes de utilização racional do meio ambiente, discutindo sua responsabilidade como usuário de recursos escassos. No entanto, a concepção desse tipo de tema pode ser considerada ainda um tanto fragmentada, pois as relações entre os vários ramos da Ciência, temas ambientais, de ética e de história são normalmente tratados em caixas de textos ou na seção *Leituras*. A participação do professor é fundamental para superar esse separação, pelo aproveitamento nas discussões dos questionamentos propostos nesses espaços específicos da coleção, podendo conferir um tratamento integrador das questões ali tratadas.

RECOMENDAÇÕES AO PROFESSOR

O Suplemento para o Professor contém duas partes: a Parte I, com comentários gerais da coleção, semelhante nos três volumes, contendo: Sobre a obra; Objetivos gerais da obra; Organização dos capítulos; Como proceder com as atividades práticas/pesquisas; Sugestões de atividades complementares; Avaliação; Sugestões de leituras para o professor. A Parte II é específica para cada volume, contendo: Conteúdos e objetivos específicos dos capítulos; Comentários sobre capítulos, exercícios e atividades práticas/pesquisas; Acompanhamento e avaliação de final de curso.

Na Parte I, há proposição de atividades complementares: trabalhar atividades lúdicas com o propósito de estudar um conceito químico; provocar questionamentos; propor seminários; levar a mídia para a sala de aula; elaborar projetos; e utilizar trabalhos de fechamento do curso. Também há a seção Como proceder com as atividades práticas/pesquisas, com orientações para o trabalho prático. As sugestões de atividades complementares necessitam ser mediadas pelo professor.

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

32

31

Na parte II, há relação direta entre os conteúdos dos capítulos e seus objetivos específicos, além de comentários sobre cada um dos capítulos do Livro do Aluno, dos exercícios selecionados, das atividades práticas e de pesquisa, com um adequado detalhamento. A abordagem cuidadosa do Volume 1 não se repete integralmente nos outros dois volumes da série. No volume 3, há resolução de alguns exercícios, sem as discussões oportunizadas no Volume 1. Em geral, a proposta concretizada no livro do aluno é adequada. Há subsídios para discussão das atividades práticas e exercícios propostos, em grau de detalhamento diversos. Esses subsídios são mais evidentes no volume 1.

O Suplemento para o Professor apresenta sugestões de diversos instrumentos de avaliação não convencionais e contribui para a formação e atualização do professor, por discutir conceitos químicos importantes e sugerir referências bibliográficas.

A coleção apresenta uma modificação gradual na forma de apresentação dos tópicos escolhidos, sendo a abordagem do volume 3 fundamentalmente mais descritiva do que a dos volumes 1 e 2.

Embora a seção Apresentação do capítulo contribua para que o aluno se situe no tema, não há questionamentos iniciais para problematizar e contextualizar o assunto.

Não foram observadas na obra considerações sobre os resíduos gerados nos experimentos. Esse aspecto pode ser abordado com os alunos, propondo discussões sobre destinação dos resíduos e seus possíveis impactos ambientais.

Em geral, os experimentos são propostos com reagentes prontos, desconsiderando os conhecimentos prévios dos alunos e suas hipóteses sobre os resultados. Destaca-se, no entanto, que os experimentos propostos não contêm as respostas, deixando ao aluno, junto ao professor, a elaboração de conclusões.

34

33

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

Universo

da Química

Volume Único

José Carlos de Azambuja

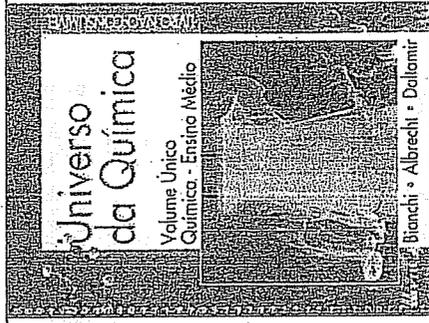
Bianchi, Carlos Henrique

Abrecht e Daltamir

Justino Maia

1ª Edição - 2005

Editora FTD S/A



Obra 102364



SÍNTESE AVALIATIVA

Esta obra, em um volume único para os três anos do Ensino Médio, apresenta os conceitos químicos de forma gradual quanto à sua complexidade e abordagem correta e atualizada. Os autores raramente usam termos desatualizados. A simplicidade e a objetividade no tratamento dos conceitos contribuem para a compreensão do texto.

A tentativa de contextualização da Química à realidade cultural dos alunos constitui uma característica importante da obra. Identificar-se a intenção dos autores em utilizar essa estratégia como motivadora na aprendizagem dos conteúdos. A construção histórica do conhecimento químico é contemplada em diferentes unidades da obra.

A obra rem propõe diversificada na abordagem dos conteúdos e oferece subsídios para discussões sobre Ciência e Sociedade, considerando o papel do professor de fomentar o posicionamento do aluno nessas questões.

O livro do professor contribui para sua formação e atualização e, embora não seja explorada a questão sobre os instrumentos de avaliação de aprendizagem, apresenta clareza e adequação nas orientações para a abordagem do conteúdo em sala de aula e na linguagem utilizada.

SUMÁRIO DA OBRA

livro do Aluno

O livro do aluno é organizado em cinco unidades e dezesseis capítulos. A distribuição do tempo para os temas, em sala de aula, orienta que os capítulos de um a cinco; substâncias, energia, radioquímica, mol e modelos atômicos, façam parte da estrutura do primeiro ano. No segundo ano, sejam abordados do capítulo seis ao onze; compostos inorgânicos, gases, reservas da crosta e tecnologia, soluções, termoquímica e cinética química, e do capítulo doze ao dezesseis; equilíbrio químico, eletroquímica, os primórdios do carbono, organização das moléculas orgânicas e as modernas moléculas orgânicas, no terceiro ano do currículo do Ensino Médio.

Volume único

Unidade 1 - Matéria e energia

Capítulo 1 - Substâncias

Capítulo 2 - Energia

Capítulo 3 - Radioquímica

Capítulo 4 - Mol

Unidade 2 - A teoria atômica e a constituição da matéria

Capítulo 5 - Modelos atômicos

Capítulo 6 - Compostos inorgânicos

Unidade 3 - Fontes de recursos naturais

Capítulo 7 - Gases

Capítulo 8 - Reservas da crosta e tecnologia

Capítulo 9 - Soluções

Unidade 4 - Dinâmica das transformações químicas

Capítulo 10 - Termoquímica

Capítulo 11 - Cinética química

Capítulo 12 - Equilíbrio químico

Capítulo 13 - Eletroquímica

Unidade 5 - A evolução das moléculas

Capítulo 14 - Os primórdios do carbono

Capítulo 15 - Organização das moléculas orgânicas

Capítulo 16 - As modernas moléculas orgânicas

O livro apresenta sumário, glossário, índice remissivo, sugestões de leitura, referências bibliográficas e créditos de iconografia. Cada capítulo do livro é organizado com textos explicativos do tema que o constitui, sugestões de

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

36

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

experimentos, exercícios resolvidos e propostos, para serem utilizados pelo professor em sala de aula, e estudo continuado, para o estudante realizar em outro contexto. Há uma seção *Com a palavra*, onde os autores disponibilizam textos sobre assuntos relacionados ao capítulo.

ANÁLISE DA OBRA

O conhecimento químico é apresentado adequadamente ao Ensino Médio, utilizando uma linguagem simples e objetiva, com pouca recorrência a analogias e metáforas. Os conceitos são tratados de forma gradual quanto à sua complexidade, usando teorias que fundamentam a proposição de modelos explicativos dos fenômenos em estudo, mais adequados ao nível de cognição dos estudantes.

A relevância de contextualização do conhecimento científico à realidade cultural dos estudantes constitui uma característica importante da obra. Os autores usam essa ênfase como motivadora para envolver o aluno na sua aprendizagem. Percebe-se que o autor coloca a evolução do conhecimento químico e da tecnologia como frutos da busca às respostas para questões formuladas pela humanidade. O contexto histórico, incluindo algumas referências à biografia de cientistas, é utilizado, em algumas áreas temáticas, de forma descritiva, buscando contribuir para o entendimento dos processos de construção do conhecimento químico sob estudo.

Os autores apresentam uma proposta diversificada da abordagem dos conteúdos, usando caixas de texto, exercícios, experiências de laboratório, leituras complementares, contextos históricos, relacionando-os em muitas situações com a realidade brasileira. Essas atividades curriculares contemplam o desenvolvimento de habilidades de comunicação científica de forma oral e escrita, porém, poucas atividades exigem trabalho cooperativo, como aquelas de natureza multidisciplinar e as experimentais.

Embora as atividades experimentais não sejam numerosas, quando apresentadas, o são de forma clara e, na maioria das vezes, necessitam de materiais de laboratório de fácil aquisição ou de materiais alternativos como os indicados no livro do professor. Os experimentos são propostos para a aquisição de informações que incentivam discussões visando à construção de entendimentos dos conteúdos desenvolvidos na respectiva unidade didática.

Os autores chamam a atenção para questões atuais e as contribuições do conhecimento científico, no que se refere ao uso racional dos recursos naturais ou à reciclagem de materiais poliméricos sintéticos, como pode ser observado no capítulo que trata dessa temática no livro do professor. A obra é acompanhada do livro do professor, que contém o livro do aluno e o manual do professor.

A estrutura geral da obra está explicitada no livro do professor, contendo informações sobre a macroestrutura, unidades e capítulos, e a microestrutura dos capítulos: textos centrais, leituras continuadas, exercícios resolvidos, entre outras informações. Há descrição da composição de suas diferentes estruturas e as integrações possíveis, como focar os experimentos, organização e desenvolvimento dos capítulos e orientação sobre o tempo necessário para realizar cada atividade proposta. As estratégias de abordagem dos conteúdos são apresentadas nas questões instigadoras, nas ênfases dos conteúdos, competências e habilidades, nas atividades complementares e interdisciplinares, nos exercícios propostos e no estudo continuado. Apresenta sugestões de respostas às questões instigadoras e disponibiliza as respostas de todos os exercícios propostos e do estudo continuado. O livro do professor também contém informações sobre o processo de avaliação, algumas de natureza conceitual, outras exemplificando como realizar a avaliação da aprendizagem dos alunos em relação a um assunto específico. Os instrumentos de avaliação são pouco explorados no livro do professor, os autores apenas tangenciam o tema.

O projeto gráfico tem qualidade visual e função explicativa do conteúdo químico. Os autores utilizam cores e tamanhos de letras diferenciados para indicar as partes que estão relacionadas hierarquicamente no texto. Caixas de texto em azul são usadas para exercícios propostos (EP 1.2, EP 8.8) e verde para exercícios resolvidos (ER 1.3, ER 15.7). Os experimentos também são identificados por um rubo de ensaio de cor azul. Não há numeração sequencial de títulos e subtítulos.

A qualidade da revisão e impressão da obra é boa. Não foram verificados problemas de legibilidade de página, poluição visual pela utilização excessiva de cores ou de informação em um mesmo espaço gráfico. As cores utilizadas apresentam harmonia e são raras as páginas em que elas interferem no verso de forma a prejudicar a sua leitura. Os textos são distribuídos adequadamente, integrando ilustrações e algumas caixas de textos laterais ao corpo do texto. As caixas de texto coloridas obedecem a uma uniformidade gráfica. As ilustrações são adequadas à estrutura organizacional do texto com o objetivo de qualificar a informação disponibilizada. Elas apresentam qualidade gráfica e contribuem para a melhoria do entendimento da mensagem do autor. Na obra não foram identificadas inadequações conceituais pelo uso de analogias ou de outros recursos de linguagem que possam constituir obstáculos epistemológico à compreensão do conhecimento científico. A formatação do texto é adequada a um texto didático para professores e alunos de nível médio, embora o tamanho da letra das informações explicativas de termos colocadas nas laterais seja muito pequeno.

37

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

38

RESENHAS

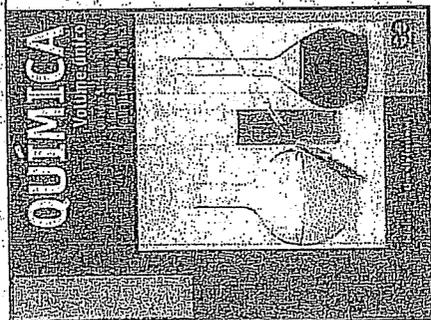
CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

RECOMENDAÇÕES AO PROFESSOR

As atividades diversificadas propostas pelos autores estimulam o raciocínio, o interesse e a interação dos alunos e transmitem uma visão realista do processo científico. Dessa forma a obra é recomendada para professores que pretendem incentivar a participação ativa do aluno no processo ensino-aprendizagem e, ao mesmo tempo, seguir uma seqüência que em alguns aspectos se diferencia da apresentação usual dos conteúdos de Química na escola de Ensino Médio. Os professores podem contar com o respaldo importante do manual do professor, considerando que nele os autores propõem diferentes possibilidades de organização do trabalho com os alunos, com diversas sugestões de fontes de pesquisa, atividades complementares e algumas formas de avaliação.

Em função dessa estrutura diferenciada do livro, é importante o professor perceber seu papel na transposição didática que deverá efetuar quando utilizá-lo. Há a necessidade de um projeto de estruturação do currículo de Ensino Médio diferenciado daquele com uma seqüência tradicional de conteúdos de Química. O professor pode propor alternativas metodológicas para o desenvolvimento dessas atividades, como forma de dinamizar a sala de aula e tornar o conteúdo mais significativo para os alunos.

As sugestões de materiais de laboratório alternativos àqueles convencionais, de vídeos, de sítios e de referências bibliográficas de natureza pedagógica constituem informações importantes para que o professor construa sua proposta de ensino de Química, utilizando estratégias diversificadas na sua sala de aula.



Química

Volume Único

Olimpio S. Nobrega, Eduardo R.

Silva e Ruth H. Silva

1ª Edição - 2005

Editora Ática

Obra 102410



SÍNTESE AVALIATIVA

A obra, em volume único para os três anos do Ensino Médio, aborda o conhecimento químico de forma articulada, evitando a fragmentação nas áreas tradicionais da Química, de forma que os conceitos são apresentados em diversos contextos, permitindo sua ampliação e ressignificação. Os conteúdos são apresentados a partir da descrição dos fenômenos e interpretados por meio de modelos, os quais são discutidos de forma coerente, com ênfase no papel provisório das teorias. Textos complementares extraídos de jornais, revistas ou livros enriquecem a obra, oferecendo elementos de estímulo ao uso do conhecimento científico para compreensão de problemas contemporâneos relacionados, principalmente, às questões ambientais, sociais e econômicas. O texto preenche requisitos de clareza, precisão e objetividade, permitindo uma leitura fluente. Os conceitos são tratados de maneira adequada, embora algumas simplificações excessivas possam levar a idéias impróprias e inadequadas. Exercícios e questões permeiam toda a obra e não se restringem à memorização, mas propiciam a elaboração de idéias, a interpretação de gráficos e tabelas. O projeto gráfico é dotado de ilustrações e fotografias que auxiliam na compreensão de fenômenos e modelos.

O manual do professor, embora não trate com profundidade temas teórico-metodológicos, contém sugestões para abordagem dos conteúdos,

destacando o papel do professor, a metodologia de ensino e as habilidades e competências a serem desenvolvidas. Atividades experimentais articuladas aos conteúdos trabalhados são propostas no manual do professor e, em sua maioria, exigem que sejam conduzidas em laboratório equipado com materiais e reagentes específicos.

SUMÁRIO DA OBRA

A obra é apresentada em um único volume, constituído por 33 capítulos que abordam diferentes tópicos do conhecimento químico. Os capítulos que compõem a obra são os seguintes:

Livro do Aluno

Volume único

Capítulo 1 – Da alquimia à Química

Capítulo 2 – O mundo em que vivemos

Capítulo 3 – Transformações

Capítulo 4 – Propriedades características: identificação das substâncias

Capítulo 5 – Substâncias e Misturas

Capítulo 6 – Relações entre as massas nas reações químicas

Capítulo 7 – A linguagem dos químicos

Capítulo 8 – Classificando substâncias simples

Capítulo 9 – Modelos atômicos e substâncias simples

Capítulo 10 – Tabela Periódica

Capítulo 11 – Ligação química nas substâncias compostas

Capítulo 12 – Funções químicas

Capítulo 13 – Massa atômica e massa molecular

Capítulo 14 – Quantidade de matéria

Capítulo 15 – Estequiometria

Capítulo 16 – Estudo dos gases

Capítulo 17 – Composição das soluções

Capítulo 18 – Solubilidade

Capítulo 19 – Reações em solução aquosa

Capítulo 20 – Por que as reações químicas ocorrem?

Capítulo 21 – Os estados de oxidação do carbono e funções orgânicas

Capítulo 22 – A energia dos combustíveis

Capítulo 23 – Petróleo: fonte versátil de energia e matéria-prima

Capítulo 24 – Carvão: outra fonte de energia e matéria-prima

Capítulo 25 – Alcool: um combustível brasileiro

Capítulo 26 – O que acontece com a energia envolvida em uma reação química?

Capítulo 27 – Cinética química

RESENHAS

QUÍMICA

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO

40

39

RESENHAS

QUÍMICA

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO

Capítulo 28 – Equilíbrio químico

Capítulo 29 – Equilíbrio iônico da água

Capítulo 30 – Reações químicas produzindo energia elétrica

Capítulo 31. Energia elétrica produzindo reações químicas

Capítulo 32 – Polímeros

Capítulo 33 – Química ambiental

Os capítulos têm uma estrutura uniforme e iniciam-se com um texto que pretende ilustrar o tópico abordado. Os capítulos são subdivididos em itens que se integram ao tópico principal. Cada capítulo é permeado por exercícios resolvidos, exercícios propostos e textos complementares relacionados aos conteúdos trabalhados. O capítulo termina com um resumo dos conteúdos e exercícios extraídos de exames de vestibular. No final do livro, são apresentadas questões do ENEM.

ANÁLISE DA OBRA

Quanto à correção conceitual e compreensão, os conteúdos estão distribuídos em ordem crescente de complexidade, de forma que os conceitos são retomados ao longo dos capítulos, contribuindo para a elaboração gradativa de conhecimentos mais fundamentados. Entretanto, conteúdos abordados de forma simplificada podem levar a idéias incompletas de conceitos.

Embora a obra não apresente uma abordagem contextualizada, ilustra aspectos de interesse social, ambiental e econômico, utilizando, inclusive, exemplos adaptados de jornais, livros e artigos que favorecem a aquisição de conhecimentos relevantes e pertinentes, capazes de desenvolver o aprimoramento do pensamento crítico do educando.

Na obra não se encontra o uso desnecessário de analogias e metáforas e, quando utilizadas, são mencionadas como representações de modelos. O vocabulário específico é explicado no texto e no glossário, que é apresentado no próprio capítulo. Os termos do glossário se repetem ao longo da obra, o que facilita a consulta por parte do aluno.

O livro do aluno utiliza bem os recursos gráficos, mostrando a hierarquização da estrutura com diferentes tamanhos de fonte e cores para designar títulos, subtítulos, textos complementares, glossário, exercícios, tabelas etc. Utiliza quadros de diferentes cores para destacar definições e textos complementares.

A obra apresenta padrão de impressão adequado, contendo fotografias e ilustrações que se relacionam com o conteúdo desenvolvido, aparecendo de forma equilibrada em cada página. Contém sumário, que reflete a organização interna, permitindo a localização das informações.

No que se refere aos aspectos pedagógico-metodológicos, a obra não aborda o conhecimento químico a partir de grandes temas, mas há uma preocupação em ilustrar os conteúdos por meio de exemplos que refletem aspectos da realidade. Na maioria dos capítulos, os exemplos aparecem apenas nos textos complementares, os quais podem ou não ser utilizados pelo professor como atividade inicial para o desenvolvimento do conteúdo.

A principal característica da obra é a apresentação de conceitos a partir da descrição dos fenômenos e sua discussão e explicação por meio de modelos, não enfatizando a memorização de regras e definições. Destaca-se também como positiva a estratégia de retomar conceitos em diferentes contextos, o que favorece a ressignificação dos mesmos.

No manual do professor, em alguns capítulos, há sugestões de atividades que podem levar o professor a desenvolver estratégias pedagógicas que considerem os conhecimentos prévios.

Nos primeiros capítulos, encontram-se textos pertinentes, de autores como Rubem Alves, de leitura relevante, contribuindo para ampliar a cultura geral dos alunos, porém, essa estratégia vai desaparecendo ao longo dos demais capítulos.

A abordagem da realidade brasileira não é o ponto forte desta obra, visto que propõe poucas atividades de pesquisa relacionadas a esse aspecto. Entretanto, ao tratar temas como "petróleo" e "alcoól" percebe-se a preocupação em relacioná-los com o contexto brasileiro.

Diferentes formas de abordagem do conteúdo em sala de aula são apresentadas no manual do professor na seção *Sugestão para o desenvolvimento do capítulo*, porém freqüentemente se restringe aos mesmos procedimentos: leitura de textos individual ou em conjunto, exposição inicial, resolução e discussão de exercícios e atividades.

Incentivo a atividades de trabalho cooperativo é encontrado apenas no manual do professor, como, por exemplo: apresentação de painéis elaborados por grupos de alunos e posterior discussão, bem como a resolução de exercícios em grupo. Também não propõe atividades e questionamentos que estimulem a busca de informações da realidade local, regional, nacional e internacional relacionadas ao conteúdo trabalhado.

Os experimentos propostos são viáveis e relacionados aos conteúdos trabalhados e são acompanhados de questionamentos para serem desenvolvidos com os alunos. São fornecidas instruções que permitem a realização das atividades experimentais.

42

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

41

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

tais como: material necessário, procedimento, figuras e ilustrações da montagem experimental, indicação dos cuidados necessários e dos procedimentos: para descartes de resíduos. Na sua grande maioria, os experimentos exigem laboratório de Química equipado com vidrarias e reagentes específicos.

Na maior parte do livro do aluno, as atividades (exercícios e questões) são propostas de forma a favorecer a reflexão sobre os fenômenos ou conceitos apresentados. Os exercícios sugeridos no texto não se restringem somente à memorização, propiciando a elaboração de gráficos, tabelas e textos.

Quanto aos aspectos da construção do conhecimento científico, a obra busca integrar as áreas conceituais do conhecimento químico, abordando os mesmos conceitos em vários contextos. Observa-se a preocupação em relacionar os conteúdos com as questões ambientais, sociais e culturais. Contém capítulos onde grandes temas integram os conceitos já abordados, por exemplo: Química Ambiental, Polímeros, Carvão: outra fonte de energia e matéria-prima. Entretanto, o tema radioatividade não é abordado. No livro do professor, capítulo 2, encontra-se uma proposta de atividade que sugere trabalho integrado com as áreas de Geografia, História e Biologia. Nos demais capítulos, não se encontram outras propostas dessa natureza.

No início da obra, idéias sobre a produção cultural do conhecimento são apresentadas por meio de textos que abordam a história da Química desde a Pré-História, passando pela Alquimia, até as idéias de Boyle acerca da constituição da matéria. Aspectos relacionados ao significado de modelos e ao papel provisório das teorias são abordados principalmente nos textos complementares.

A obra trata a questão ambiental de maneira adequada, enfocando temas como efeito estufa e chuva ácida. Porém, não salienta os esforços que vêm sendo feitos por diversas áreas da Ciência para o desenvolvimento de tecnologias limpas e a busca de soluções para os problemas ambientais.

A obra é acompanhada do livro do professor, que contém o livro do aluno e o manual do professor. O manual contém uma breve apresentação sobre a obra e uma descrição sobre cada capítulo que se subdivide em: apresentação dos objetivos, das habilidades e competências a serem desenvolvidas, sugestão para o desenvolvimento do capítulo, mapa conceitual e sugestão de atividade experimental. No final do manual há indicações de livros, revistas e sites da *Internet* para apoio ao professor, bem como a resolução dos exercícios.

No manual do professor é apresentado um texto que explicita a proposta de ensino da obra, os objetivos e de que maneira os tópicos de conteúdos estão distribuídos

e integrados. A linguagem utilizada está clara e objetiva. Em todos os capítulos são apresentadas sugestões para a abordagem dos conteúdos, destacando o papel do professor, a metodologia, mapa conceitual e as habilidades e competências a serem desenvolvidas. Também são apresentadas sugestões de estratégias para trabalhar os conteúdos em sala de aula, embora na sua maioria restrinja-se apenas a leitura de textos, exposição dialogada, realização de exercícios e verificação de leitura *por meio* de discussão. Embora se encontrem, no manual do professor, as respostas aos exercícios propostos, as mesmas não apresentam subsídios para a discussão das atividades experimentais sugeridas.

A bibliografia sugerida como apoio ao professor é relevante, porém reduzida, e os sites na *Internet* sugeridos para pesquisa não apresentam indicação do conteúdo. O manual do professor não contribui satisfatoriamente para a formação e atualização do professor nas questões pedagógicas, pois apenas são citados os PCN, as diretrizes curriculares e um livro de Rubem Alves.

RECOMENDAÇÕES AO PROFESSOR

Na obra, não são mencionados os conteúdos a serem trabalhados em cada série do Ensino Médio, mas considerando-se a estrutura conceitual hierárquica desenvolvida na obra, é aconselhável que os conteúdos sejam abordados na seqüência dos capítulos.

O professor deverá estar atento a alguns tópicos que são abordados de forma muito simplificada, o que pode prejudicar o entendimento correto de conceitos. Exemplos de simplificações que podem levar a uma idéia errada do conceito é o tratamento dado ao tema da ligação química e a abordagem pouco adequada dos conceitos de energia e massa ao longo de toda a obra.

O manual do professor cita trechos dos PCN sobre a importância da comunicação no processo de aprendizado, da necessidade de o professor e de a escola criarem situações em que o aluno seja instigado a participar e questionar, a fazer-se respeitar e respeitar as opiniões do outro, a elaborar conjuntamente idéias e práticas. Entretanto, o manual não fornece sugestões claras e objetivas e ao professor caberá propor atividades para trabalhar o conteúdo específico nesse contexto.

O livro do aluno e as sugestões de desenvolvimento dos capítulos descritas no manual do professor não estimulam o aluno a levantar suas próprias hipóteses e resolvê-las com liberdade. O texto pressupõe que o aluno acompanhe uma seqüência de raciocínios e hipóteses propostas, de modo a compreender o resultado final. Nas atividades experimentais sugeridas no manual do professor, encontram-se

45

46

questionamentos que podem ser utilizados pelo professor para levar os alunos a restarem suas próprias hipóteses e a re-elaborarem conceitos.

Nos textos complementares seguidos de questões, encontram-se elementos de estímulo ao uso do conhecimento científico para a compreensão dos problemas contemporâneos, entretanto, não são propostas atividades que incentivem a tomada de decisões e a inserção dos alunos em sua realidade social. Assim, caberá ao professor buscar estratégias em outras fontes, que estimulem a construção da cidadania e que incluam atividades para serem realizadas em conjunto com outras disciplinas escolares.

Não estão presentes na obra exemplos das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade no mundo atual. Há alguns textos complementares que podem ser explorados nesse sentido, ficando a critério do professor propor discussões que desenvolvam o espírito crítico do aluno a respeito dos impactos da Ciência e da Tecnologia. Cabe, assim, ao professor a tarefa de pesquisar e de abordar temas atuais, tais como: desenvolvimento de fármacos/medicamentos e de materiais para microeletrônica e óptica, nanotecnologia etc.

Não são mencionadas claramente e de forma objetiva sugestões para a avaliação da aprendizagem integradas às estratégias de ensino propostas na obra. Não são apresentados subsídios teórico-metodológicos sobre avaliação da aprendizagem, nem indicados textos ou livros a esse respeito. Portanto, o professor deverá recorrer a outras fontes.

O manual do professor não contribui satisfatoriamente para a formação e atualização do professor nas questões pedagógicas, pois apenas são citados os PCN e as diretrizes curriculares, bem como não apresenta informações adicionais dos conteúdos químicos abordados.

RESENHAS

CATALOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

Química

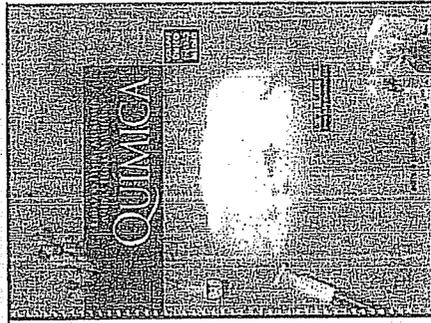
Volume Único

Eduardo Fleury Mortimer e

Andréa Horta Machado

1ª edição - 2005

Editora Scipione



Obra 102444



SÍNTESE AVALIATIVA

Nesta obra, de um só volume para os três anos do Ensino Médio, os conceitos químicos são apresentados de forma atual e em ordem crescente de complexidade, com a preocupação de resgatar conhecimentos prévios dos alunos.

A tentativa de contextualização do conhecimento científico à realidade cultural dos estudantes constitui característica do livro. Identifica-se a intenção dos autores em usar uma estratégia dialógica, motivando o aluno na aprendizagem dos conteúdos. Informações são dadas para propiciar a participação dos alunos na construção do conhecimento químico, considerando que o professor tem o papel de fomentar o posicionamento dos estudantes sobre as discussões em sala de aula. A evolução histórica da Química é contemplada nos diferentes capítulos do livro.

Os autores apresentam o conteúdo de forma diversificada, usando textos, experimentos, exercícios, questões de vestibulares e propostas de projetos relacionados, em algumas situações, com a realidade brasileira.

A obra é acompanhada do livro do professor, que contém o livro do aluno e o manual do professor, intitulado *Avaliação Pedagógica*. O livro do professor apresenta orientações claras e precisas para a abordagem do conteúdo em

RESENHAS

CATALOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

sala de aula, contribui para a formação e atualização do professor, sugere meios de encontrar informações adicionais. Além disso, trata da questão do processo de avaliação, trazendo sugestões de instrumentos diversificados de avaliação da aprendizagem. Apresenta e discute informações importantes para a resolução de diversos exercícios, porém contém poucas sugestões de atividades complementares.

SUMÁRIO DA OBRA

A obra é organizada em torno de três temas: propriedades, constituição e transformações das substâncias e dos materiais, buscando contemplar aspectos conceituais fundamentais para a sua compreensão e destacando implicações sociais. As propriedades das substâncias são abordadas nos capítulos 1, 2, 3 e 14, que descrevem, respectivamente: O que é química?; Introdução ao estudo das propriedades específicas dos materiais; Materiais: introdução ao estudo de processos de separação e purificação e Propriedades coligativas. A constituição das substâncias é tratada nos capítulos 4, 5 e 9, quais sejam: Um modelo para os estados físicos dos materiais; Modelos para o átomo e uma introdução à tabela periódica e Ligações químicas, interações intermoleculares e propriedades dos materiais. A transformação das substâncias é destacada nos capítulos 6, 7, 8, 10, 11, 12 e 13, designados respectivamente por: Introdução às transformações químicas; Quantidade nas transformações químicas; Outros aspectos das reações químicas; Soluções e solubilidades; Termoquímica: energia nas mudanças de estado físico e nas transformações químicas; Movimento de elétrons: uma introdução ao estudo da eletroquímica e Uma introdução ao estudo do equilíbrio químico. O capítulo 15, A química das drogas e medicamentos e as funções orgânicas, apresenta as funções orgânicas. Uma breve revisão do conteúdo do livro é feita no capítulo 16, Como passamos a ver o mundo através da química.

Livro do Aluno

O livro do aluno consta de uma apresentação inicial, índice e os capítulos contendo introdução, atividades e projetos, textos, exercícios, questões para discussão e questões de vestibulares. Apresenta ainda sugestão de bibliografia e créditos fotográficos.

Livro do Professor

No livro do professor, os autores esclarecem as concepções e características da proposta metodológica para o ensino de Química e os procedimentos de avaliação da aprendizagem, como também, são aclarados os objetivos. Sugestões são dadas para a organização do trabalho para cada capítulo da obra. São fornecidos endereços eletrônicos, resoluções de atividades, exercícios, questões e uma lista de

48

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

materiais para os experimentos. Percebe-se que os autores abordam os conteúdos usando focos de interesse da Química, enfatizando a importância de trabalhos em grupo e apresentando informações sobre manipulação e descarte de substâncias e atividades que integram diferentes áreas conceituais.

ANÁLISE DA OBRA

O tratamento conceitual é apropriado ao Ensino Médio, buscando contemplar aspectos fundamentais que permitam a compreensão da constituição, propriedades e transformações dos materiais, destacando implicações sociais relacionadas à sua produção e ao seu uso. A forma de abordagem dos conceitos e a seqüência dos conteúdos se diferenciam em alguns aspectos das propostas curriculares usuais adotadas na área de Química, por exemplo, quando os autores iniciam pelos aspectos macroscópicos dos fenômenos em estudo e a seguir apresentam modelos explicativos em um nível de compreensão atômico-molecular. A obra busca integração de conteúdos afins e utiliza uma linguagem atualizada e adequada ao nível médio de escolaridade. Ressalta-se que os autores apresentam modelos atômicos que utilizam fundamentos da mecânica ondulatória associados à mecânica quântica, revestindo-se de complexidade elevada para a compreensão de estudantes do Ensino Médio.

Os autores valorizam os conhecimentos prévios e as experiências dos alunos, considerando que "O conhecimento não é transmitido, mas construído ativamente pelos indivíduos; aquilo que o sujeito já sabe influencia na sua aprendizagem". Observa-se a intenção dos autores em utilizar essa estratégia como motivadora do envolvimento do estudante na aprendizagem dos conteúdos de Química. Além disso, são consideradas as diferentes formas de o aluno ver, conceber e falar sobre o mundo, por corresponderem a diferentes realidades, tendo em vista inclusive a não homogeneidade da ciência. Muitos eventos do cotidiano dos alunos são utilizados para propor a abordagem e a discussão de temas conceituais e realização de atividades curriculares.

O conteúdo é apresentado de diferentes formas, considerando a realidade brasileira. São utilizados textos explicativos, caixas de texto, gráficos, figuras, fotos, esquemas, atividades experimentais, exercícios, questões para discussão, Em projetos, notícias de jornais, tabelas e questões de exames vestibulares. Em diferentes partes do texto didático identificam-se atividades que contemplam o desenvolvimento de habilidades de comunicação científica de forma oral ou escrita. O trabalho em grupo é uma prioridade na proposta pedagógica da obra, buscando enriquecer as atividades em sala de aula, promovendo aprendizagens ativas. O livro do aluno privilegia a resolução de problemas abertos, nos quais o aluno deverá considerar não só aspectos técnicos como também sociais, políticos, econômicos e ambientais.

47

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

A construção histórica do conhecimento químico é contemplada em algumas abordagens do conteúdo nas diferentes unidades do livro do aluno. O fato histórico é apresentado de forma descritiva e biográfica para introduzir um tema ou propor uma ampliação da abordagem dos conteúdos, buscando contribuir para o entendimento dos processos de construção do conhecimento químico.

As atividades, indicadas com um tubo de ensaio, e os projetos, indicados com modelos de molécula, são claramente apresentados aos estudantes e de fácil execução. Os experimentos são propostos sem apresentar os resultados esperados, incentivando a discussão para o entendimento dos conteúdos desenvolvidos na unidade didática. Nesse sentido, os alunos deverão buscar a compreensão de problemas sociais, econômicos, políticos, culturais e que envolvam o aporte de diferentes áreas do conhecimento para a tomada de decisões, assumindo uma postura investigativa. Nas recomendações sobre a realização das atividades experimentais, consta um aviso "tenha cuidado!". Os materiais para sua realização são de fácil aquisição, manuseio e baixa periculosidade. No livro do professor, os autores apresentam uma lista de materiais e equipamentos necessários para as atividades experimentais. Além disso, são sugeridos materiais alternativos.

A estrutura geral da obra é claramente apresentada no livro do professor, que contém informações sobre a estrutura macro, na forma de capítulos, e sobre sua microestrutura: objetivos e sugestões para a organização do trabalho com os alunos, indicando como utilizar as unidades, os projetos, os exercícios e as questões. Os autores apresentam fundamentos teóricos para o ensino de Química e os relacionam com as contribuições que a obra pode trazer para um ensino de Química na perspectiva apresentada. Comentam aspectos relativos ao ensino-aprendizagem, às contribuições do construtivismo, à importância do diálogo em sala de aula, aos focos de interesse conceitual na área de Química e à sua relação com a organização do currículo de Ensino Médio, à linguagem da Química e à avaliação, sendo isso referência relevante na proposição da obra. Há sugestões bibliográficas e de endereços eletrônicos em cada capítulo. Os autores apresentam possíveis utilizações de "Recursos alternativos" para abordagem de conteúdos, confecção de equipamentos e materiais de laboratório, e para estratégias metodológicas. Apresentam respostas às atividades e questões propostas nos exercícios, para cada capítulo do livro, fazendo comentários sobre a fundamentação teórica que apóia as respostas. O livro do professor ainda contém informações sobre o processo de avaliação, algumas de natureza conceitual, outras exemplificando como realizar a avaliação da aprendizagem dos alunos e apontando os diferentes instrumentos de avaliação que podem ser usados para realizar uma avaliação de natureza formativa.

O projeto gráfico tem qualidade visual e função explicativa do conteúdo químico. A formatação do texto é muito adequada a um texto didático que será utilizado por professores e alunos de nível médio. Usa numeração para identificar as diferentes atividades (A.1, A.2, A.3), textos (texto 1, texto 2), projetos (projeto 1, projeto 2), exercícios e questões em cada capítulo. A qualidade da revisão e impressão da obra é boa. Não se identificam problemas de legibilidade de página e de poluição visual pela utilização excessiva de cores ou de informação em um mesmo espaço gráfico. Nesse espaço, os textos são distribuídos adequadamente, integrando ilustrações e caixas de texto. Os quadros, tabelas e gráficos estão dispostos com clareza e objetividade. As caixas de texto colonidas e as ilustrações obedecem a uma uniformidade gráfica e são adequadas à estrutura organizacional do texto com o objetivo de qualificar a informação disponibilizada. Na obra, não foram identificadas inadequações conceituais pelo uso de analogias ou de outros recursos de linguagem que possam constituir obstáculo epistemológico à compreensão do conhecimento científico.

RECOMENDAÇÕES AO PROFESSOR

Considerando que as atividades propostas estimulam o raciocínio, o interesse e a interação dos alunos e transmitem uma visão realista do processo científico, a obra é recomendada para professores que pretendem incentivar a participação ativa do aluno, no processo ensino-aprendizagem, e seguir uma seqüência diferenciada de apresentação dos conteúdos de Química na escola de Ensino Médio. Os professores podem contar com o respaldo importante do livro do professor, considerando que nele os autores propõem diferentes possibilidades de organização do trabalho com os alunos.

Em função dessa estrutura diferenciada do livro, é importante o professor perceber seu papel na transposição didática que deverá realizar, quando utilizá-lo. É recomendável que conceba um projeto de estruturação do currículo de Ensino Médio distinto daquele com uma seqüência tradicional de conteúdos de Química. O professor poderá utilizar as alternativas metodológicas propostas pelos autores para o desenvolvimento das atividades de forma dinâmica na sala de aula, tornando o conteúdo mais atraente.

As sugestões de materiais alternativos de laboratório àqueles convencionais, de sítios e de referências bibliográficas constituem informações importantes para que o professor construa sua proposta de Ensino Médio de Química, utilizando estratégias diversificadas na sua sala de aula.

50

49

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO . QUÍMICA

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO . QUÍMICA

Química e

Sociedade

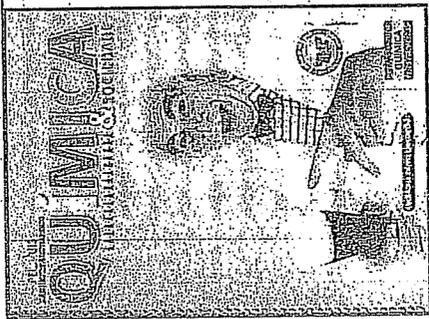
Volume único

Wilson L. P. Santos (coord.),
Gerson S. Mól (coord.), Roseli
T. Matsunaga, Siland M. F. Dib,
Eliane N. Castro, Gentil S. Silva,
Sandra M. D. Santos e Sálvia B.

Farias

1ª Edição - 2005

Editora Nova Geração



Obra 102512



SÍNTESE AVALIATIVA

Trata-se de obra em volume único que busca fornecer aos estudantes do Ensino Médio as ferramentas básicas do domínio da Química, de forma a contribuir para o exercício da cidadania, desenvolvendo atitudes comprometidas com a sociedade em que estão inseridos. Os conteúdos foram sistematizados por meio de uma abordagem temática e contextualizada. Buscou-se associar os conteúdos ao contexto atual, trazendo para discussão temas como: meio ambiente, fontes alternativas de energia, consumo, lixo, alimentação, agricultura, água, plásticos, pilhas, baterias e radioatividade. Tal escolha procura despertar o interesse do aluno pelas questões abordadas, incentivando a busca de informações, assim como favorecer a construção de significados para os conteúdos químicos estudados.

Todas as unidades começam com a apresentação de uma situação problematizadora, na qual é apresentado um tema socialmente relevante que servirá como fio condutor para o desenvolvimento da unidade. As questões relativas ao tema escolhido são tratadas ao longo da unidade em suas diversas seções, ao mesmo tempo em que são apresentados os conteúdos específicos.

Outro ponto a destacar diz respeito às conexões estabelecidas entre diferentes conteúdos, com utilização frequente de conhecimentos de uma área da Química para dar significado a outra. O conhecimento novo e o já desenvolvido são, em sua maioria, bem articulados. Como facilitadora para compreensão dos

fenômenos químicos, a obra aborda-os a partir de seus aspectos qualitativos e macroscópicos, para depois introduzir os aspectos quantitativos e os modelos que procuram explicá-los no nível microscópico. Em todo o processo é feito o uso da linguagem química apropriada, assim como de outras formas de representação que são usuais dentro da Química, como gráficos, tabelas e quadros explicativos. Aparecem também situações que envolvem contextos da prática social, da história da Química e de outras áreas do conhecimento. O que se percebe é uma tentativa de inseri-las de forma a compor a unidade, sem que haja rupturas com os conteúdos e a temática que está sendo apresentada.

O livro do aluno está organizado em nove unidades temáticas, subdivididas em vinte e seis capítulos, que são compostos por diferentes seções, que abarcam a exposição dos temas e dos conteúdos, sugestões de atividades a serem desenvolvidas na sala de aula e fora dela, práticas experimentais e exercícios dissertativos e de múltipla escolha.

O livro do professor contribui para a sua formação e atualização, sugere meios de encontrar informações adicionais e apresenta sugestões de instrumentos diversificados de avaliação, todavia, não apresenta de forma satisfatória subsídios conceitualmente consistentes para correção e discussão das atividades e dos exercícios propostos.

SUMÁRIO DA OBRA

A análise do livro mostrou que os títulos que aparecem no sumário, os quais indicam o conteúdo de cada unidade e dos respectivos capítulos que a compõem, trazem o tema social escolhido para a unidade, assim como os conteúdos específicos desenvolvidos. A seguir são apresentados os temas de cada unidade, com explicitação dos conteúdos de cada capítulo.

Livro do Aluno

Volume I

Unidade 1: A Ciência, os materiais e o lixo

Capítulo 1 - Química, Tecnologia e Sociedade

Capítulo 2 - Identificação de materiais e substâncias

Capítulo 3 - Materiais e substâncias: separação, constituição e simbologia

Unidade 2: Modelos de partículas e poluição atmosférica

Capítulo 4 - O Químico e suas atividades

Capítulo 5 - Estudo dos gases

Capítulo 6 - Modelos atômicos

Unidade 3: Elementos, interações e agricultura

RESENHAS

RESENHAS

CATALOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

CATALOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

52

51

Capítulo 7 – Classificação dos elementos químicos
 Capítulo 8 – Substâncias iônicas
 Capítulo 9 – Substâncias moleculares
Unidade 4: Cálculos, soluções e estequiometria
 Capítulo 10 – Unidades utilizadas pelos químicos
 Capítulo 11 – Cálculos químicos
 Capítulo 12 – Materiais: classificação, concentração e composição
Unidade 5: Termoquímica, cinética e reações energéticas
 Capítulo 13 – Petróleo e hidrocarbonetos
 Capítulo 14 – Reações de combustão e Termoquímica
 Capítulo 15 – Cinética Química

Unidade 6: Equilíbrio químico e água

Capítulo 16 – Propriedades da água e propriedades coligativas

Capítulo 17 – Ácidos e bases

Capítulo 18 – Equilíbrio químico

Unidade 7: A Química em nossas vidas

Capítulo 19 – Alimentos e funções orgânicas

Capítulo 20 – Saúde e nomenclatura orgânica

Capítulo 21 – Polímeros e propriedades das substâncias orgânicas

Capítulo 22 – Indústria química e síntese orgânica

Unidade 8: Metais, pilhas e baterias

Capítulo 23 – Ligação metálica e óxido-redução

Capítulo 24 – Pilhas e eletrólise

Unidade 9: Átomo, radioatividade e energia nuclear

Capítulo 25 – Estrutura eletrônica do átomo

Capítulo 26 – Estabilidade nuclear, radioatividade e energia Nuclear;

Radioatividade e energia nuclear

Ao final de cada unidade há exercícios de revisão que trazem, em sua maioria, questões de vestibulares. Após as nove unidades, apresentam-se os seguintes tópicos: *Galvani*, onde estão as respostas finais dos exercícios existentes no interior de cada capítulo e dos exercícios de revisão; *F. Bom Ler*, que são referências bibliográficas organizadas segundo as unidades do livro; *Pam Nevegar na Internet*, referências de sites, também organizados segundo as unidades do livro; Glossário de termos químicos relevantes para compreensão do conteúdo do livro; *Tabela Periódica dos Elementos*; e *Regras de Segurança*.

LIVRO DO PROFESSOR

O livro destinado ao professor apresenta todos os itens citados anteriormente, acrescidos da parte específica para o professor, que é composta por cinco capítulos intitulados: *Orientações ao professor*; *Como fazer uso da obra e sugestões de atividades*; *Formação do Professor*; *Objetivos e sugestões metodológicas* e *Resolução de Exercícios*.

53

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

54

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA

ANÁLISE DA OBRA

Os conteúdos presentes na obra são aqueles usualmente adotados nas escolas brasileiras de Ensino Médio, e estão em sintonia com as propostas curriculares mais recentes. Em toda a obra se observa uma distribuição equilibrada dos conteúdos, tanto em termos quantitativos, quanto em relação ao nível de dificuldade. No que diz respeito aos conteúdos específicos da Química, a obra contempla os conceitos considerados fundamentais para a aprendizagem desta Ciência. Ao mesmo tempo, o tratamento dado à relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, e às questões de cunho histórico, trazem elementos para uma reflexão sobre o papel da Química na sociedade.

Em relação à abordagem dos conteúdos, observa-se uma preocupação em favorecer a compreensão das relações entre a Química e as demais práticas sociais e valorizar uma aprendizagem baseada nos conceitos centrais da Química. A obra toma a questão da contextualização como um dos seus elementos norteadores, sendo que algumas questões possuem um caráter multidisciplinar. As questões relativas à história da Ciência e as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade sugerem uma compreensão integrada da Química, embora a forma como a história da Ciência é tratada ao longo da obra não seja homogênea. Nos textos e nas atividades, observa-se um esforço explícito de contínua retomada de tópicos já estudados, o que permite uma boa articulação entre os conhecimentos novos e os já adquiridos. É igualmente frequente a articulação entre as diferentes áreas da Química, como no estudo das substâncias inorgânicas e orgânicas, feito de forma integrada em uma mesma unidade.

Há um conjunto variado de atividades em praticamente todos os capítulos, as quais sugerem a reflexão, a discussão, o debate e a realização de experimentos. Sobre as atividades experimentais, cabe destacar que as mesmas possuem questões de análise de dados, que permitam ao aluno compreender os modelos propostos para explicar o fenômeno analisado ou estabelecer generalizações que permitam compreender a ocorrência do fenômeno. Já na seção *Ação & Cidadania*, há diversas atividades vinculadas às áreas da saúde, preservação do meio ambiente, direitos da criança e do adolescente, e a questões éticas, entre outras, que podem contribuir no trabalho voltado para a construção da cidadania. Há, também, ao longo dos capítulos e ao final de cada unidade, um conjunto de exercícios, dissertativos e de múltipla escolha, referentes aos conteúdos trabalhados. Tais exercícios – que são, em parte, retirados de exames vestibulares, processos seletivos e do exame nacional do Ensino Médio (ENEM) – mostram que houve, na concepção da obra, uma preocupação com os processos de preparação para o ingresso no Ensino Superior.

Outro elemento a ser considerado é o fato de o livro trazer um conjunto de textos extraídos de diferentes fontes, proporcionando ao leitor o contato com diversos gêneros discursivos, do mesmo tempo em que faz uso de múltiplas representações, tais como: gráficos, tabelas, imagens e ilustrações, para expressar idéias, fatos e conceitos. O contato com tais dispositivos pode servir tanto para o desenvolvimento das habilidades de interpretação, quanto para o aprimoramento das formas de expressão, seja na produção escrita dos alunos, seja no uso das diferentes formas de representação.

A linguagem utilizada ao longo da obra é clara e gramaticalmente correta. O emprego das terminologias que são próprias da Química é feito de forma adequada, e há um cuidado no uso de outros recursos, tais como tabelas, gráficos e esquemas. Embora, exista ao longo da obra um conjunto de textos de diversas origens, a escolha dos mesmos privilegiou aqueles que estão escritos obedecendo à norma culta. Observa-se também uma valorização da linguagem oral, principalmente na proposição de algumas atividades que suscitam a discussão, em especial na seção

Pense, Debata e Entenda.

Em relação aos aspectos gráficos editoriais, a obra apresenta uso extensivo de imagens de diferentes origens e significados, como fotos, gravuras e ilustrações. Considerando que as imagens são usadas como um recurso para atrair atenção dos alunos, dando ao livro um formato de apresentação que o aproxima de outros impressos, principalmente daqueles veiculados pela indústria cultural, o fato de serem usadas em excesso, em algumas partes da obra, pode criar dificuldades para o leitor, principalmente nos momentos de estudo, já que quebram com a continuidade do texto, além do que, a mensagem expressa na imagem nem sempre está diretamente relacionada com o conteúdo tratado. Há também o uso extensivo de uma grande variedade de representações — símbolos químicos, desenhos, gráficos, tabelas, ícones, entre outras — que buscam favorecer a compreensão dos conceitos químicos e dos temas abordados.

O livro do professor aborda temas relevantes para a atualização do professor e contribui para subsidiar o uso da obra em sala de aula, embora não tenham sido encontradas sugestões de atividades complementares. Em seu primeiro capítulo: *Princípios teórico-metodológicos*, apresenta os princípios gerais que norteiam a proposta da obra, discorrendo sobre Ensino Médio e formação da cidadania, Parâmetros Curriculares Nacionais, abordagem temática, contextualização e interdisciplinaridade, construção e mediação do conhecimento, atualização, adequação conceitual, visão de Ciência e das interações Ciência-Tecnologia-Sociedade. Já o segundo capítulo: *Como fazer uso da obra e sugestões de atividade*, traz algumas sugestões sobre os procedimentos que o professor pode adotar

no desenvolvimento de cada unidade, assim como dos possíveis usos de cada seção do livro. O capítulo três, *Formação do professor*, é iniciado com uma breve discussão sobre o significado da atividade docente no tópico denominado *O professor em ação*. O tópico seguinte é *Educação, inclusão e diversidade*, no qual são apresentados alguns elementos para pensar o ensino diante do desafio da inclusão. O processo de avaliação discute os sentidos da avaliação e a necessidade de uma avaliação que ultrapasse os limites quantitativos. O tópico seguinte é *Atualização do Professor*, que vem acompanhado de uma *Bibliografia Básica Comentada*, e de uma *Bibliografia de educação, filosofia da Ciência e Ensino de Ciências e de Química*, e finalmente *Sites de pesquisa para o trabalho do professor*. Tais indicações e bibliografias podem ser consideradas como um ponto que favorece aqueles professores que estão preocupados com sua formação continuada. Já o capítulo quatro do livro do professor: *Objetivos e sugestões metodológicas*, discute os conteúdos das nove unidades, focalizando os objetivos de cada unidade, alguns conceitos ali tratados, e apresenta um conjunto de referências bibliográficas relativas a cada unidade. Finalmente, o capítulo cinco, *Resolução de Exercícios*, apresenta as respostas dos exercícios e questões presentes nas nove unidades, incluindo os exercícios de revisão.

RECOMENDAÇÕES AO PROFESSOR

O livro não estabelece explicitamente uma relação entre a ordem de apresentação das unidades e as séries do Ensino Médio. Cria-se assim a possibilidade de o professor optar por uma outra ordem de apresentação das unidades, que não aquela estabelecida pela seqüência de apresentação no livro. Como existe certa homogeneidade em relação à quantidade de conteúdo apresentado em cada unidade, uma divisão equitativa dos conteúdos ao longo das três séries do Ensino Médio indica que a relação de três unidades para cada ano letivo é a mais adequada. Ressalte-se que o professor poderá escolher a ordem de apresentação das unidades que considerar mais pertinente ao projeto pedagógico da escola.

O conjunto das atividades sugere um trabalho que não fique restrito à exposição dos conteúdos e à resolução de exercícios e problemas, mas requer uma dinâmica de trabalho em sala, na qual a participação dos alunos é requisitada de diferentes formas.

No que diz respeito à apresentação do conteúdo da obra, é importante observar o modo como algumas representações químicas, principalmente das estruturas moleculares, aparecem ao longo da obra, já que não há um padrão único no estabelecimento das mesmas. Nesse sentido, o professor deverá ficar atento à forma como os alunos estão interpretando tais representações.

Ao apresentar determinados problemas ambientais, a obra traz posições divergentes, procurando mostrar as disputas que existem em torno de um determinado tema. Entretanto, considerando que a obra trata as questões ambientais a partir dos problemas vivenciados, principalmente por aqueles que são fruto do nosso modo de vida atual, a leitura da obra no seu conjunto pode gerar uma interpretação que as preocupações com as questões ambientais dizem respeito apenas aos problemas derivados do desenvolvimento técnico-científico.

57

RESENHAS

CATÁLOGO DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO PARA O ENSINO MÉDIO - QUÍMICA