Universidade de São Paulo
Instituto de Física
Instituto de Química
Instituto de Biociências
Faculdade de Educação

A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007

Paulo Henrique Oliveira Vidal

São Paulo
2009

Universidade de São Paulo
Instituto de Física
Instituto de Química
Instituto de Biociências
Faculdade de Educação

A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007

Paulo Henrique Oliveira Vidal

Orientador: Prof. Dr. Paulo Alves Porto

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

São Paulo
2009

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Vidal, Paulo Henrique Oliveira
A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007 - São Paulo, 2009.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Institutos de Química; Instituto de Física; Instituto de Biociências e Instituto de Matemática e Estatística

Orientador: Prof. Dr.Porto, Paulo Alves

Área de Concentração: Ensino de Química

Unitermos: 1. Química – Estudo e ensino; 2. Ensino médio; 3. Livros didáticos; 4. História da ciência

USP/IF/SBI-050/2009

A minha querida esposa, **Renata**, com muito amor. Por me incentivar em momentos difíceis e pelo apoio durante toda a elaboração deste trabalho.

A meus pais, **Joaquim e Fátima**, sem os quais eu não seria o homem que me tornei.

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Professor Oswaldo Felippe Junior (*in memoriam*), pela sua imensa contribuição para minha formação profissional.

Aos Professores Luiz Afonso de Vaz Figueiredo e Julio Cezar Foschini Lisboa, e à Amiga Marina Miyuki Tacoshi, pelas conversas e sugestões.

Aos amigos do Grupo de Pesquisa em Educação Química (GEPEQ).

Às Professoras Maria Eunice Ribeiro Marcondes e Daisy de Brito Rezende, por incentivarem o desenvolvimento de meu senso crítico e de outras formas de ensinar e aprender conceitos de química.

Ao Professor Alberto Villani, que me presenteou com diversas metodologias utilizadas na pesquisa relacionada ao ensino de ciências.

Aos professores Nilson José Machado e Moacir Gadotti, por direcionarem minha atenção para outros aspectos que influenciam na educação.

À Professora Maria Lucia Vital dos Santos Abib, por despertar meu interesse em atitudes que contribuem para a formação contínua de professores.

À Professora Maria Inês Petrucci Rosa e ao Professor Agnaldo Arroio, pelos apontamentos realizados na qualificação.

À Amiga Flávia Oliveira Cheloni, pela colaboração no desenvolvimento do estudo de caso.

Ao Caro Professor Paulo Alves Porto, por contribuir para minha mudança de visão da história da ciência. Também pela sua paciência, simpatia e valiosa orientação.

RESUMO

A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007

As possibilidades de contribuição da história da ciência para o ensino continuam a ser debatidas. Muitos pesquisadores defendem que a história da ciência pode humanizar os conteúdos científicos e relacioná-los aos interesses éticos, culturais e políticos da sociedade. Todavia, é preciso levar em consideração qual história da ciência, e como, deve ser trabalhada no processo de ensino aprendizagem para atingir os objetivos educacionais. Considerando, ainda, a importância que os livros didáticos têm no contexto educacional, este trabalho procurou investigar a presença da história da ciência em seis livros didáticos de química, aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio de 2007 (PNLEM). Foram identificados todos os trechos referentes à história da ciência em cada um dos seis livros didáticos. Em seguida, essas ocorrências foram classificadas e quantificadas. Como resultado, observou-se o predomínio da simples menção a ideias ou descobertas na ciência, em detrimento de descrições mais detalhadas. Assim, em geral, a informação histórica contida nos livros é superficial, raramente permitindo a compreensão da complexidade do processo de construção das ideias. Outro indício nessa direção foi o grande número de menções sugerindo que importantes transformações na ciência foram devidas aos esforços individuais de cientistas. Essa ideia pode contribuir para uma visão equivocada da ciência, segundo a qual o trabalho científico é reservado a uma minoria intelectualmente superior, que vive à margem da sociedade. Também não contribui para modificar essa impressão o fato de que, na maioria das menções, a informação histórica refere-se unicamente ao próprio contexto científico – ou seja, são raras as menções às condicionantes ou influências sociais ou tecnológicas da atividade científica. Observou-se, finalmente, que os autores inserem poucos documentos ou textos originais nos livros didáticos. A inclusão de fontes primárias poderia propiciar discussões mais aprofundadas sobre a elaboração da ciência. Assim, os resultados obtidos sugerem que a história da ciência, da maneira como é apresentada nos livros didáticos, não contribui para que sejam atingidos os objetivos educacionais preconizados por diversos documentos, entre eles o próprio edital do PNLEM. Os livros necessitariam incorporar, em seu discurso relativo à história da ciência, formas que favorecessem a compreensão da ciência como um empreendimento humano e coletivo, sujeito a críticas, e que interage com o meio social. A abordagem de determinados episódios da história com maior riqueza de detalhes, através de estudos de caso que possibilitassem discussões mais profundas, seria mais profícua que a simples menção a um grande número de personagens, fatos e ideias.

ABSTRACT

History of science in chemistry textbooks approved by *PNLEM 2007*

Possible contributions from the history of science to science education continue to be discussed. Researchers argue that the history of science may humanize scientific contents, and relate them to ethical, cultural and political issues. However, one has to consider *what*, and how, history of science is to be used in didactic contexts to achieve current educational goals. Considering textbooks' important role in the educational process, this work investigates the presence of the history of science in the six chemistry textbooks approved by the Brazilian *Program for High School Textbooks* (PNLEM 2007). All references to the history of science in these books were identified, categorized and quantified. It was observed that the majority of instances are of simple mentions to scientific discoveries or ideas, rather than more detailed descriptions. In general, the historical content is superficial and do not deal with the complexity of the construction of scientific ideas. Main changes in science are often attributed to the efforts of a single scientist. Such approach may contribute to the misconception that the scientific career is only for an "intellectually-gifted" minority working in an ivory tower. Moreover, such idea may be reinforced by the fact that most of the historical references in the textbooks comprise the scientific context only. References to social and technological contexts are scarce. Citations of primary sources, or of up-to-date secondary sources in the history of science, are almost absent. Primary sources could be a rich material for deeper discussions on the construction of scientific knowledge. Results suggest that the history of science presented by the textbooks does not help to achieve contemporary educational goals. Textbooks need to incorporate ways to promote the understanding of science as a collective, human enterprise, which influences (and is influenced by) its social environment, and which is subject to constant criticism. The detailed discussion of selected episodes of the history of science would be more fruitful for science education than the mere mention to a large number of characters, events and ideas.

SUMÁRIO

1. Introdução.....9
1.1. A renovação do ensino de ciências.....11
2. Referencial teórico.....18
2.1. Considerações sobre a historiografia da ciência.....18
2.2. Sobre a relação entre a história da ciência e o ensino 25
3. O livro didático como objeto de pesquisa.....34
4. Metodologia.....43
5. Resultados e discussão.....52
6. Propondo um estudo de caso: o Lavoisier que está nos livros didáticos – e o que poderia estar.....74
6.1. Esboço biográfico de Lavoisier.....80
6.2. Elaboração da ideia de conservação da massa.....82
6.3. A definição operacional de elemento químico.....84
6.4. A nova nomenclatura.....86
7. Considerações finais.....90
8. Referências bibliográficas.....96

1. Introdução

A educação é um processo complexo, no qual se insere a educação em ciência. Existem estudos, em todo o mundo, que procuram demonstrar a necessidade de conhecimentos científicos mínimos para capacitar os cidadãos a julgar o papel da ciência na sociedade. Dentro do leque de opções para a educação em ciência, coloca-se a possibilidade de se trabalhar com a história da ciência, principalmente por sua característica de humanizar a complexidade característica do conhecimento científico.

Entretanto, não é qualquer história da ciência que estará adequada aos objetivos atuais da educação em ciência. Tal constatação resulta de uma análise de como essa área do conhecimento se desenvolveu, especialmente ao longo do século XX. A partir de reflexões historiográficas é que se pode investigar, de maneira bem fundamentada, quais as contribuições que a história da ciência pode oferecer ao ensino de ciências.

No presente trabalho, nosso intuito é investigar como a história da ciência está presente em livros didáticos brasileiros de química, voltados para o ensino médio. Em particular, analisamos as obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático, utilizando como instrumento crítico a nova historiografia da ciência. Entende-se a historiografia, essencialmente, como o conjunto de textos escritos que têm como função refletir a respeito de acontecimentos históricos. Em outras palavras, a historiografia não se constitui em mera descrição da realidade histórica, mas em um discurso meta-histórico (MARTINS, 2004).

Outros autores já se dedicaram à investigação da presença da história da ciência em livros didáticos. O intuito de Pagliarini (2007) foi verificar como os conteúdos de história da ciência poderiam influenciar sobre a maneira de se expor ideias relacionadas à natureza da ciência e do conhecimento científico. Nesse sentido, Pagliarini analisou dezesseis coleções didáticas de física, destinadas ao ensino médio. Após leitura inicial, foram elaboradas três categorias que nortearam uma abordagem qualitativa. A primeira categoria diz respeito à presença da história da ciência, ou melhor, à apresentação do

material histórico. A segunda categoria tinha como foco investigar a natureza da ciência presente nos relatos históricos. Por fim, a terceira categoria estava relacionada com a qualidade da informação histórica. A análise de Pagliarini evidenciou que, nos livros didáticos avaliados, predomina a apresentação de uma história da ciência distorcida, demasiadamente simplificada e linear; há grande ênfase em conceitos científicos do presente tomados como referência para julgar os conceitos do passado, resultando em abordagens anacrônicas; e permanecem alguns "mitos" científicos, como os episódios de Arquimedes e a banheira, de Galileu e o lustre da igreja, de Newton e a maçã. Enfim, apesar das sugestões dos *Parâmetros Curriculares Nacionais* a respeito da importância da história da ciência no ensino, Pagliarini observou que os relatos históricos presentes nos livros analisados estão em desacordo com uma Física que possui uma história complexa e extremamente dinâmica.

Peters (2005), por sua vez, trabalhou em uma pesquisa ampla, abrangendo não apenas livros didáticos de matemática para o ensino fundamental, mas também artigos a respeito da história da ciência em revistas especializadas em ensino de matemática. As revistas consultadas foram: *Bolema*, *Zetetike* e *Matemática em Revista*. A pesquisa consistiu em analisar, quantitativamente e qualitativamente, os conteúdos históricos nos livros didáticos de matemática do ensino fundamental – 5ª, 6ª, 7ª e 8ª séries, totalizando 53 livros – adotados em todo o Estado de Santa Catarina e recomendados pelo Plano Nacional do Livro Didático de 2002. Peters obteve resultados semelhantes aos de Pagliarini, entre os quais se pode destacar: a ausência de explicações quando da apresentação de relatos da história da ciência; alguns conteúdos históricos aparecem com bastante frequência, em detrimento de episódios importantes que sequer são mencionados; ausência de referências a fontes secundárias em história da ciência; ausência de discussões e problematizações dos textos originais (fontes primárias) citados; excesso de datas e nomes de personagens históricos; e abordagem simplista para a história da ciência.

Nossa análise, neste trabalho, se dirige aos livros didáticos de química. Além da realização de um diagnóstico, como nos trabalhos de Pagliarini e Peters citados acima, inserimos também um estudo de caso. Pretendemos, com isso, contribuir para o debate a respeito dos aspectos que podem ser

trabalhados em sala de aula a partir de uma abordagem baseada na história da ciência. Antes, porém, vejamos como a questão da abordagem histórica pode ser inserida nos debates contemporâneos a respeito da educação em ciências.

1.1. A renovação do ensino de ciências

Segundo José Toreblanca Pietro, Secretário Geral da Organização dos Estados Ibero-Americanos, a educação tornou-se uma das áreas de maior prioridade desse órgão. Isto ocorreu devido principalmente à conscientização sobre o papel que a educação desempenha no desenvolvimento dos povos (GIL-PÉREZ; CARVALHO, 2003). Esse desenvolvimento é necessário principalmente para conscientizar a população mundial de alguns fenômenos que colocam a existência da própria humanidade em risco:

> Vivemos numa situação de autêntica emergência planetária, marcada por toda uma série de graves problemas estreitamente relacionados: contaminação e degradação dos ecossistemas, esgotamento de recursos, crescimento incontrolado da população mundial, desequilíbrios insustentáveis, conflitos destrutivos, perda de diversidade biológica e cultural... (CACHAPUZ *et al.*, 2005, p. 14.)

Cachapuz *et al.* (2005) sugerem que essa situação resulta de comportamentos individuais e coletivos que procuram benefícios particulares e em curto prazo, sem se preocupar com as terríveis consequências para os outros ou com as futuras gerações. Esses aspectos causam indignação e desconforto em todos nós. É necessário estarmos atentos para as promessas da modernidade que permanecem descumpridas, e para aquelas cujo cumprimento resultou em efeitos perversos. Santos (2002, p. 23) nos esclarece que essas promessas "provenientes dos países capitalistas avançados com 21% da população mundial, [que] controlam 78% da produção mundial dos bens e consomem 75% de toda a energia produzida", estão inteiramente fora da realidade dos países mais pobres ou em desenvolvimento. Ao contrário, contribuem para criar a situação de emergência planetária.

Questões referentes à tríade educação, política e economia são demasiado complexas para abordarmos aqui, todavia não se pode acreditar ingenuamente que todos os problemas da educação estão relacionados simplesmente com a interação professor e aluno. Basta observar a pressão que os investidores (ou especuladores) estrangeiros exercem sobre países em desenvolvimento ou dependentes, indicando como e onde esses países devem gastar os recursos provenientes dos impostos pagos pela nação. Como afirmam Hardt e Negri,

> As corporações transnacionais distribuem diretamente sua força de trabalho pelos mercados, alocam recursos funcionalmente e organizam hierarquicamente os diversos setores mundiais de produção. O complexo aparelho que seleciona investimentos e dirige manobras financeiras e monetárias determina uma nova geografia do mercado mundial, ou com efeito, a nova estruturação biopolítica do mundo (HARDT; NEGRI, 2001, pp. 50 – 51).

Não se pode negar que a ciência contribuiu para o desenvolvimento geral do mundo, particularmente para o aumento da expectativa de vida em muitos países; todavia,

> [...] essa quase gloriosa caminhada do conhecimento cientifico e tecnológico só perde sua aura de glória na constatação dos milhões e milhões de cidadãos que, um pouco por todo o mundo, não dispõem dos pré-requisitos básicos, das condições de vida, de formação e de conhecimento que lhes permitam ser realmente cidadãos do mundo. Basta lançar um olhar sobre os continentes africano, asiático, americano e também europeu e as conquistas tecnológicas perdem muito do seu encanto (SÁ-CHAVES, 2001, p. 85).

Atendo-nos, porém, ao campo educacional, podemos tentar entender de que maneira a educação, incluindo o ensino de ciências, pode auxiliar no desenvolvimento dos povos.

Particularmente, o ensino de ciências tradicional, baseado na transmissão de conteúdos que serão memorizados pelos alunos e alunas, pouco tem de útil. Freire (1996, p. 47) nos alerta que, para uma formação docente com perspectiva progressista, “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou construção”. Logo,

a metodologia tradicional não poderá auxiliar, de maneira plausível, para uma educação de qualidade.

Ao longo das últimas décadas, a finalidade do ensino de ciências sofreu modificações, com o intuito de fornecer uma educação geral adequada. Segundo Fourez (2004), no contexto de uma sociedade tecnológica, a intenção principal do ensino de ciências era formar graduados com caráter técnico, como, por exemplo, engenheiros, em detrimento de educadores. Todavia, atualmente, o ensino de ciências possui uma responsabilidade maior. Não há mais espaço para um ensino de ciências que privilegie apenas a memorização de conceitos científicos: é preciso desenvolver outros níveis de conhecimentos, processo ao qual alguns autores se referem como "alfabetização científica" ou "letramento científico".

A necessidade de se modificar a ênfase do ensino de ciências começou a ser discutida já há algumas décadas, como propõem Auler e Bazzo (2001):

> A partir de meados do século XX, nos países capitalistas centrais, foi crescendo o sentimento de que o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não estava conduzindo, linear e automaticamente, ao desenvolvimento do bem estar social. Após uma euforia inicial com os resultados do avanço científico e tecnológico, nas décadas de 1960 e 1970, a degradação ambiental, bem como a vinculação do desenvolvimento científico e tecnológico à guerra (as bombas atômicas, a guerra do Vietnã...) fizeram com que a ciência e a tecnologia (C&T) se tornassem alvo de um olhar mais crítico. Além disso, a publicação das obras *A estrutura das revoluções científicas*, pelo físico e historiador da ciência Thomas Kuhn, e *Silent spring*, pela bióloga naturalista Rachel Carson, ambas em 1962, potencializaram as discussões sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Dessa forma, C&T passaram a ser objeto de debate político. Nesse contexto, emerge o denominado movimento CTS (AULER; BAZZO, 2001, p. 1).

O próprio significado de "alfabetização científica", porém, continua a ser debatido, havendo um leque de definições. Em geral, compartilha-se a ideia de enriquecer o ensino de ciências com aspectos do conjunto ciência – tecnologia – sociedade (CTS), aos quais se agregou também o ambiente (CTSA) (SANTOS, 2007). Profissionais de diferentes áreas participam do debate, que se trava, inclusive, em torno da própria denominação do conceito:

> O entendimento do significado de letramento em ciência e tecnologia – LCT – tem sido objeto de preocupação de diferentes atores sociais: comunidade de educadores em ciências; cientistas sociais; pesquisadores de opinião pública; sociólogos da ciência; e profissionais envolvidos na educação formal e não formal em ciência, professores, jornalistas, profissionais de museus, centros de ciências, parques ambientais, jardins botânicos, zoológicos, etc. (...) De acordo com essa definição [*i. e., a definição de "alfabetização científica"*], uma pessoa alfabetizada, que sabe ler e escrever, pode não ser letrada, caso não faça uso de prática social de leitura, ou seja, não leia jornal, avisos, correspondências ou não escreva cartas e relatos. Ao contrário, uma pessoa pode não ser alfabetizada, mas ser letrada, se tiver contato diário com as informações no mundo da leitura e da escrita, por meio de pessoas que vêem ou escrevem para elas as notícias de jornal, as cartas ou recados (SANTOS, 2006, pp. 611, 612).

Nesse sentido, Santos resume a distinção entre alfabetização e letramento em ciência nos seguintes termos:

> Consideramos que a alfabetização científica e tecnológica corresponderia ao processo escolar descontextualizado de nominalização restrita de determinados processos científicos e tecnológicos ou de resolução de exercícios e problemas escolares de ciências, muitas vezes desenvolvidos ritualisticamente por meio de algoritmos, sem uma compreensão conceitual ampla. Já o letramento em ciência e tecnologia seria o estado ou a condição de quem não apenas reconhece a linguagem científica e entende alguns de seus princípios básicos, mas cultiva e exerce práticas sociais que usam o conhecimento científico e tecnológico (SANTOS, 2006, p. 613).

Existem críticas de outras naturezas, uma delas relacionada ao próprio significado estrito da palavra alfabetização. Seria um tanto incômodo falarmos em alfabetização para todos os povos do planeta, considerando que povos como chineses, indianos e japoneses não utilizam alfabeto (CHASSOT, 2003a). Não iremos estender esta discussão, o que fugiria ao escopo da presente dissertação. Embora reconhecendo que a distinção entre "alfabetização" e "letramento" possa ser útil em determinados contextos, preferimos aqui utilizar a definição defendida por Auler e Delizoicov (2001):

> Em síntese, concebemos ACT [alfabetização científico – tecnológica] ampliada como a busca da compreensão sobre as interações entre ciência – tecnologia – sociedade (CTS). Em outros termos, o ensino de conceitos associado ao desvelamento de mitos vinculados a ciência – tecnologia. Por sua vez, tal aspecto remete à discussão sobre a dinâmica de produção e apropriação do conhecimento científico – tecnológico (AULER; DELIZOICOV, 2001, p. 10).

Esses pesquisadores esclarecem que a alfabetização científica "abarca um espectro bastante amplo de significados, traduzidos através de expressões como popularização da ciência, divulgação científica, entendimento público da ciência e democratização da ciência" (AULER; DELIZOICOV, 2001, p. 2). A alfabetização científica visa contribuir para uma leitura crítica do mundo, e auxiliar na superação dos mitos relacionados a CTS. Auler e Delizoicov (2001) argumentam que existem três mitos: superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, perspectiva salvacionista da ciência e tecnologia, e determinismo tecnológico.

O primeiro mito é a crença na visão de progresso que está atrelada exclusivamente com a perspectiva tecnocrática. De acordo com essa visão, não existiria espaço para reflexões democráticas; logo, a participação pública não deveria influenciar com suas ambiguidades, reservando-se aos especialistas a tarefa de solucionar os problemas do mundo. O mito da perspectiva salvacionista está na confiança de que ciência e tecnologia conduzem ao progresso e ao bem estar humano, ou seja, o desenvolvimento científico produz desenvolvimento tecnológico; que gera desenvolvimento econômico e determina o bem estar social. Por último, o determinismo tecnológico é a fé na tecnologia como fator principal, e independente, da mudança social. Em suma, o progresso social é a consequência do progresso tecnológico (AULER; DELIZOICOV, 2001). A esse respeito, escreveu Chassot:

> Vale observar que não podemos ver na ciência apenas a fada benfazeja que nos proporciona conforto no vestir e na habitação, nos enseja remédios mais baratos e mais eficazes, ou alimentos mais saborosos e mais nutritivos, ou ainda facilita nossas comunicações. Ela pode ser – ou é – também uma bruxa malvada que programa grãos ou animais que são fontes alimentares da humanidade para se tornarem estéreis a uma segunda reprodução. Estas duas

> figuras (a fada e a bruxa) muito provavelmente aparecerão quando ensinamos Ciências (CHASSOT, 2003b, p. 46).

Outro ponto de controvérsia reside na própria definição de tecnologia. Segundo Rui Gama,

> Ao percorrer diversas formações econômico – sociais, o conceito de tecnologia foi se alterando, alargando-se às vezes, restringindo-se outras vezes, de modo a deixar registrada, de várias maneiras, a própria história das técnicas, vale dizer a história do trabalho, da indústria e da produção (GAMA, 1986, p. 8).

Assim, existem várias opiniões entre os historiadores, fazendo com que a própria história da tecnologia e da técnica possua "campos embaralhados e sua periodização extremamente dificultada" (GAMA, 1986, p. 09). Pode-se considerar a tecnologia como a maneira pela qual as pessoas fazem as coisas; ou como o estudo das atividades dirigidas para a satisfação das necessidades humanas; ou ainda, pode-se considerar o termo como sinônimo de máquinas de diversas classes, como a máquina a vapor, a locomotiva ou o automóvel. Para alguns historiadores, a ciência antecederia a tecnologia (GAMA, 1986). Outras concepções, provenientes de diferentes áreas do conhecimento, poderiam também ser citadas. Acreditamos, porém, que os exemplos aqui fornecidos sejam suficientes para sugerir a complexidade da questão. Daqui por diante, utilizaremos a expressão "alfabetização científica" (e não "alfabetização científico-tecnológica", ou outras variações) apenas por simplicidade da expressão, sem qualquer juízo de valor acerca da superioridade da ciência sobre a tecnologia ou vice-versa, mas acreditando que ambas as formas de conhecimento são relevantes e interrelacionadas.

Segundo Diaz (2002), o que compõe a alfabetização científica são níveis mínimos de conhecimentos científicos, que a população mundial deve possuir para participar de forma consciente e democrática na sociedade, exercendo uma cidadania responsável. Essa responsabilidade significa ter a capacidade de compreender, interpretar e atuar sobre a sociedade, participando de forma ativa na resolução de problemas do mundo. Lemke (2006) acredita que a alfabetização científica poderá contribuir para uma melhora do ponto de vista social: criar oportunidades para uma vida melhor, desenvolver uma concepção

que privilegie uma perspectiva global e não apenas nacional, contribuir para a melhoria da vida dos estudantes de todas as classes sociais e de todos os países.

Cabe, aos educadores em ciências, avaliar quais os repertórios necessários para uma alfabetização científica. Reid e Hodson (1993) propõem alguns requisitos básicos, dentre os quais se pode destacar: conhecimentos de ciência (fatos, conceitos e teorias), saberes e técnicas da ciência (familiarização com os procedimentos da ciência e a utilização dos aparelhos e instrumentos), aplicação do conhecimento científico (situações reais e simuladas), resolução de problemas (investigações reais), interação com a tecnologia (resolução de problemas práticos, enfatizando a ciência, a economia e o social), questões ético-morais da ciência (estudo da natureza da ciência) e, o que é de particular interesse nesta dissertação, a história e o desenvolvimento da ciência.

Concordamos que este último requisito tem importância fundamental para a alfabetização científica. Contudo, é preciso considerar que a história da ciência não deve ser utilizada de maneira irrefletida, senão contribuirá para gerar visões distorcidas da ciência, dificultando consequentemente o ensino. Para caracterizar como se poderia abordar criticamente a história da ciência no ensino de ciências, vamos procurar entender como a história da ciência – que sofreu tantas modificações ao longo do tempo, especialmente ao longo do século XX – se tornou a área de conhecimento interdisciplinar que é hoje, e em seguida discutiremos qual sua importância e suas possíveis contribuições no contexto do ensino de ciências.

2. Referencial teórico

2.1. Considerações sobre a historiografia da ciência

A ciência moderna, tal como a caracterizamos hoje, nem sempre possuiu esse nome. Segundo Alfonso-Goldfarb (1994), durante os séculos XVI e XVII, vários pensadores procuraram nomear esse novo conjunto de conhecimentos, que ainda viria a sofrer inúmeras modificações. Dentre esses vários nomes pode-se destacar Filosofia Natural, Nova Ciência, Filosofia Experimental ou Magia Universal. Alguns pensadores dessa época acreditavam que a ciência deveria seguir os fundamentos do conhecimento clássico (desenvolvido, especialmente, na Antiguidade Greco-Romana); outros achavam que este último não teria nada a oferecer a uma nova forma de conhecimento e que, portanto, seriam necessárias novas fundações: todo verdadeiro conhecimento seria proveniente das vozes da Natureza. Nesse complexo debate a respeito de qual seria o verdadeiro caminho para o conhecimento, existiram várias opiniões híbridas, e muitas recorriam à história em busca de argumentos que, de alguma maneira, fundamentassem suas intenções de busca da verdade. Logo, a história da ciência foi, nesse período, uma justificativa para o corpo de conhecimentos que surgia. Nos séculos XVIII e XIX vai-se consolidando a forma de ciência semelhante à que conhecemos atualmente. Nesse período, a ciência tornou-se um dos fatores decisivos para o desenvolvimento dos povos – como permanece sendo até os dias de hoje. A história da ciência se desenvolveu, ao longo do Oitocentos e também do Novecentos, principalmente como uma crônica interna da ciência, demonstrando os “erros” e “acertos” que haviam feito com que a ciência chegasse ao seu estado atual.

Como exemplo desse tipo de abordagem, podemos citar o importante trabalho do físico e filósofo austríaco Ernest Mach (1838 – 1916), intitulado *Die mechanik in ihrer entwicklung; historisch-kritisch dargestellt*, publicado em 1883. Nesse trabalho, Mach apresenta o desenvolvimento histórico dos

princípios fundamentais da dinâmica e da estática. Além disso, desenvolve o famoso *Princípio de Mach*, questionando as definições de massa, tempo e espaço newtonianos. Segundo Mach, a aceleração não seria mais uma grandeza absoluta, mas seria definida em relação ao centro de massa do Universo. Disso resultava que a massa inercial não seria mais uma propriedade intrínseca de um corpo. O trabalho de Mach inspiraria, no século XX, o físico Albert Einstein na construção da Teoria da Relatividade (BASSALO, 1992). Em sua abordagem histórica, Mach esforçava-se para identificar núcleos centrais de conhecimento que teriam permanecido imutáveis através dos tempos, embora o conhecimento como um todo evoluísse. Todavia, "acabava selecionando só o que considerava acertos e erros do passado que de alguma forma pudessem ser ligados ao presente" (ALFONSO-GOLDFARB, 1994, p. 65).

Já no final do século XIX destacaram-se, dentre outros, dois nomes que se dedicaram a grandes obras sobre a história da ciência. Um deles foi o engenheiro e administrador francês Paul Tannery (1843 – 1904) que, devido a seu fascínio pela história das ciências, especializou-se nos trabalhos matemáticos do grego Diofanto de Alexandria (fl. 250 a.C.), de Pierre Fermat (1601 – 1665) e de René Descartes (1596 – 1650). Tannery escreveu mais de 250 trabalhos sobre história da ciência, entre notas, artigos e comunicações, abrangendo desde a Antiguidade até a Era Moderna, os quais foram agrupados em um único volume sob o título de *Mémoires Scientifiques* (BASSALO, 1992). O segundo nome a ser destacado é o do filósofo, físico e historiador da ciência Pierre Maurice Marie Duhem (1861 – 1916). O filósofo francês acreditava que o método físico seria essencial para preparar o intelecto a receber uma hipótese física. Assim, Duhem procedeu a uma crítica da história da mecânica em um trabalho intitulado *L´Evolution de la Mécanique*, publicado em 1902. Entre 1906 e 1913, Duhem dedicou-se ao estudo do período medieval, sendo a "primeira vez [que], em época moderna, o conhecimento medieval [foi] valorizado" (ALFONSO-GOLDFARB, 1994, p. 66). Resultou dessas investigações um vasto compêndio em três volumes, intitulado *Études sur Léonard de Vinci*. Todavia, sua grande obra em história da ciência foi *Le système du monde: histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. Nela, Duhem escreveu a respeito do desenvolvimento da astronomia, desde a Antiguidade

até a Renascença. Era composta por 10 volumes, sendo que os cinco primeiros foram publicados entre 1913 e 1917, e os demais, de 1954 a 1959 (BASSALO, 1992). Duhem, assim como Mach, também selecionava os fatos históricos que, de alguma maneira, segundo sua concepção, participaram na geração da ciência estabelecida – ou seja, olhando para o passado com os olhos do presente. Entretanto, sua contribuição para a posterior historiografia da ciência – a valorização do pensamento medieval – foi inestimável (ALFONSO-GOLDFARB, 1994).

Em todos os exemplos anteriormente citados, podemos observar formas peculiares de descrever a história da ciência. Os autores procuravam construir uma linha evolutiva imaginária que continha os conceitos científicos que "deram certo", ou que se pareciam com os atuais, e os demais eram descartados. A ciência se desenvolvera e gerara resultados notáveis. O sofisticado desenvolvimento da física clássica chegou a produzir, entre alguns pensadores do final do século XIX, a sensação de que a ciência era uma forma de conhecimento praticamente acabada. Todavia:

> Quando tudo parecia estar assentado, as primeiras décadas [do século XX] começaram a arrebentar o edifício científico por todos os lados. Começando pela teoria da relatividade e pela quântica, e desaguando nas impressionantes teorias da genética e da robótica, o século XX desenvolveu maneiras novas de fazer ciência. Também foi um século espremido por duas terríveis grandes guerras (e outras guerras mais...) e inúmeros desastres ambientais em que a ciência e a tecnologia pareciam sempre estar envolvidas. Estava chegando para a ciência a hora de se haver com a ética, com o público e consigo mesma (ALFONSO-GOLDFARB, 1994, p. 68 – 69).

Com a origem de novas teorias, ou de novas formas de interpretação dos fenômenos, foram expostas as limitações existentes na ciência. O impacto da ciência na produção de armas de destruição em massa também contribuiu para desconstruir a imagem de uma ciência como ápice da racionalidade humana. Foi-se tornando necessária uma nova forma de enxergar a ciência, e consequentemente outras maneiras de investigar os fatos históricos da construção científica. Os historiadores da ciência foram, pouco a pouco,

edificando uma imagem cada vez mais complexa do processo de produção do conhecimento científico ao longo do tempo.

No início do século XX, surgiram os primeiros esforços no sentido de desenvolver uma área profissional para a história da ciência, isto é, construir cursos especializados nessa disciplina e oferecer diplomas. As pessoas então consideradas ideais para se especializarem nessa área seriam as provenientes da ciência. Continuava-se a "fazer uma história progressiva e linear das grandes descobertas, acumulando nomes e datas importantes" (ALFONSO-GOLDFARB, 1994, p. 71). Não haveria de demorar para que essa metodologia de fazer história da ciência começasse a ser criticada, mas antes vejamos como foi o seu estabelecimento no inicio do século XX.

Pode-se considerar que a história da ciência começou a se institucionalizar como área de pesquisa independente quando o matemático belga George Alfred Leon Sarton (1884 – 1956) lançou a revista *Isis* (até hoje em circulação), destinada a tratar de assuntos referentes à história da ciência, em maio de 1912. Logo no primeiro número, Sarton apresentou sua concepção a respeito da metodologia e da natureza dessa disciplina. Todavia, devido à invasão da Bélgica pelas forças alemãs em agosto de 1914, Sarton refugiou-se na Inglaterra e depois nos Estados Unidos, onde prosseguiu com sua carreira de pesquisador e editor de *Isis*. Nos Estados Unidos entre 1916 e 1951, principalmente na Universidade Harvard, ministrou aulas e seminários sobre a história da ciência. Sarton escreveu mais de 300 trabalhos e 15 livros, dentre os quais se destaca *An Introduction to the History of Science*, composta por 3 volumes publicados entre 1927 e 1947, e que trata de um vasto período de tempo, estendendo-se desde a época de Homero até o século XIV (BASSALO, 1990).

Como reverenciava a filosofia positivista de Auguste Comte, Sarton concebia a ciência como um corpo de conhecimentos sistematizados, acumulados e melhorados em uma sequência única, como se esta fosse inevitável e que, de uma forma ou outra, chegaria ao que conhecemos hoje. Os conhecimentos que não se enquadravam nessa sequência não seriam tão importantes. A ciência oriental, por exemplo, não teria alcançado os patamares da ciência ocidental por lhe faltar teoria. Sarton também argumentava que os estudos em alquimia só seriam válidos se possuíssem ligações com os

conceitos da química (DEBUS, 1991). Além disso, eram desconsiderados fatores como cultura, política, sociedade, enfim, todo o contexto da época em que fora produzido o conhecimento científico que estivesse em questão. Esse tipo de historiografia da ciência foi chamada de *internalista*, isto é, preocupada apenas com os eventos internos à ciência, como a evolução de teorias e conceitos, considerados independentemente da sociedade em que foram desenvolvidos. Trabalhos extremamente importantes, como os do filósofo da ciência Alexandre Koyré, a respeito da astronomia e física dos séculos XVI e XVII; do historiador Lynn Thorndike, da Universidade de Columbia, produtor da obra monumental em oito volumes, *A History of Magic and Experimental Science* (realizada entre 1923 e 1958); e de Herbert Butterfield, da Universidade de Cambridge, autor de *The Origins of Modern Science* (1949), seguiram os métodos da historiografia internalista (DEBUS, 1991). Durante a primeira metade do século XX esse tipo de abordagem para a história da ciência foi predominante. As palavras do filósofo da ciência Imre Lakatos (1922 – 1974) caracterizam bem essa corrente historiográfica:

> A demarcação essencial entre o normativo-interno e o empírico-externo é diferente para cada metodologia. Em conjunto, as teorias historiográficas internas e externas determinam, em larga medida, para o historiador, a escolha dos problemas. Mas alguns dos problemas mais cruciais da história externa só podem formular-se em termos da metodologia aceite; por conseguinte, a história interna, assim definida, é primária, sendo a história externa unicamente secundária. De fato, tendo em consideração a autonomia da história interna (mas não da externa), a história externa é irrelevante para a compreensão da ciência (LAKATOS, 1998, p. 22).

Entretanto, já existiam discussões a respeito da validade e das limitações dessa perspectiva historiográfica internalista. Outros historiadores propunham uma abordagem distinta para a história da ciência, que viria a ser conhecida como externalismo.

Na década de 1930, em um congresso de história da ciência realizado em Londres, a comitiva soviética apresentou trabalhos que problematizavam a influência de aspectos sociais no âmbito da construção do conhecimento científico – inaugurando assim um intenso debate a respeito da complexa

interação da ciência com fatores externos (ALFONSO-GOLDFARB, 1994). Esse enfoque influenciou muitos trabalhos importantes, como os de Otto Neugebauer e sua equipe, e também o extenso estudo sobre a ciência chinesa realizado por Joseph Needham e representado por seu *Science and Civilisation in China* (1954 – 1959) (DEBUS, 1991). A abordagem externalista foi alvo de duras críticas de alguns internalistas mais radicais. Um exemplo foi a opinião manifestada por Charles C. Gillispie, segundo o qual a história da ciência estaria perdendo o foco racional e apoiando-se demais no aspecto social – e que alguns estudiosos sem nenhum conhecimento científico, estariam discutindo problemas sem ter a necessária formação para isso (DEBUS, 1991). Apesar das críticas, a abordagem externalista fez com que aspectos como religião, cultura, política e ambiente social recebessem de historiadores da ciência o valor que por muito tempo não possuíram. Atualmente, o conflito entre "internalismo" e "externalismo" encontra-se superado entre os historiadores da ciência, com o reconhecimento de que ambos os aspectos precisam ser considerados para que seja possível dar conta da complexidade da transformação do pensamento científico ao longo da história.

A emergência do externalismo representou uma importante modificação no tipo de abordagem historiográfica para a ciência. Outro debate que contribuiu para transformar profundamente o modo como se entende a história da ciência foi aquele em torno do desenvolvimento contínuo da ciência. Gaston Bachelard (1884 – 1962), filósofo da ciência francês, foi um dos primeiros a propor, partindo de alguns exemplos históricos, que a ciência não evoluiria de maneira linear e contínua, mas por meios de "saltos" – ou seja, ao longo da história teria havido, em algumas ocasiões, o rompimento com uma forma de pensar anterior e sua substituição por outra. Essa ideia não agradou a muitos filósofos contemporâneos de Bachelard, mas abriu caminho para estudos relativos à descontinuidade na ciência, principalmente nas décadas de 1940 e 1950 (ALFONSO-GOLDFARB, 1994). Marco importante nesse debate foi a polêmica obra de Thomas S. Kuhn, *A estrutura das revoluções científicas* (*The Structure of Scientific Revolutions*), intensamente discutida pelos filósofos da ciência (ALFONSO-GOLDFARB, 2004). Apesar de essa obra ter sido publicada em 1962, já havia quinze anos que Kuhn trabalhava sobre seus temas. Esse

processo abrangeu mudanças profundas na carreira acadêmica de Kuhn, que partiu de uma pós-graduação em física teórica para a área da história da ciência, até dedicar-se finalmente à filosofia da ciência. Peça fundamental em seu trabalho foi o conceito de "paradigma", que seria o conjunto de procedimentos, conhecimentos, costumes e ferramentas compartilhados por uma comunidade científica:

> Considero "paradigmas" as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência. Quando esta peça do meu quebra-cabeça encaixou no seu lugar, um esboço preliminar deste ensaio [*A estrutura das revoluções científicas*] emergiu rapidamente (KUHN, 1998, p. 13).

Segundo Kuhn, um paradigma somente seria substituído por outro quando ocorresse uma revolução científica. Para que isso acontecesse, seria necessário o aparecimento de "anomalias", ou problemas que não pudessem ser resolvidos no contexto da "ciência normal", ou seja, daquele conjunto de conhecimentos compartilhados pela comunidade científica. De tanto pressionar os conceitos já estabelecidos, as anomalias causariam uma mudança de comportamento nos cientistas:

> [...] quando os membros da profissão não podem mais esquivar-se das anomalias que subvertem a tradição existente da prática científica – então começam as investigações extraordinárias que finalmente conduzem a profissão a um novo conjunto de compromissos, a uma nova base para a prática da ciência. Neste ensaio, são denominados de revoluções científicas os episódios extraordinários nos quais ocorre essa alteração de compromissos profissionais (KUHN, 1998, p. 25).

Cabe ressaltar que o novo paradigma, em construção ou já estabelecido, resultante da revolução científica, não possui nada de semelhante com o anterior, que foi substituído. As formas de interpretar o mundo são diferentes: um paradigma não é uma forma "evoluída" do paradigma anterior. A essa característica Kuhn se refere como a "incomensurabilidade" entre diferentes paradigmas.

O modelo proposto por Kuhn não está livre de problemas. Tendo sido construído a partir de uma determinada perspectiva da história das ciências físicas, o modelo não dá conta da especificidade do desenvolvimento de outras áreas da ciência. Outra dificuldade reside na constatação da existência de tênues linhas de continuidade na prática da ciência, mesmo em momentos de mudanças revolucionárias (ALFONSO-GOLDFARB, 1994). Entretanto, a contribuição de Kuhn foi fundamental para que os historiadores da ciência abandonassem a concepção de que a ciência se desenvolveria em um processo acumulativo e contínuo, no qual o interesse estaria voltado para a gênese dos conceitos modernos. Em vez disso, os historiadores da ciência passaram a se interessar cada vez mais pela especificidade de cada momento histórico, buscando compreender os significados das ideias científicas no contexto histórico em que foram formuladas. Essa característica da nova historiografia da ciência pode fazer dela uma importante aliada dos educadores em ciência, pois a ausência de uma devida contextualização tem-se mostrado um obstáculo ao processo de ensino / aprendizagem das ciências. Argumentaremos a esse respeito a seguir.

2.2. Sobre a relação entre a história da ciência e o ensino

Diversas pesquisas na área de ensino de ciências revelam que a exclusiva e monótona memorização de conteúdos podem causar uma visão deformada da ciência. Segundo Cachapuz *et al.* (2005), essa transmissão, em um âmbito descontextualizado, produz uma concepção de ciência socialmente neutra, que deixa obscuras as dimensões essenciais da atividade científica e tecnológica. Assim, esconde-se o seu impacto no meio natural e social, ou seja, um ensino tradicionalmente focado na memorização de conceitos científicos não leva em consideração a riqueza das relações ciência-tecnologia-sociedade. Por outro lado, a história da ciência pode auxiliar na construção de uma visão mais crítica a respeito do conhecimento científico.

Seria um equívoco considerar que as abordagens fundamentadas na história da ciência poderiam solucionar todos os problemas do ensino de

ciências. Entretanto, por meio da história da ciência, é possível propiciar aos estudantes maior compreensão acerca das disciplinas científicas – conforme argumentou o destacado historiador da química, Allen G. Debus:

> Acredito que seja importante – talvez essencial – para um estudante compreender o papel da ciência em nosso mundo – e acredito que a melhor maneira de se fazer isso é através da história. Este é um recurso precioso para os estudantes entenderem os fatores que afetam a mudança de visão do homem a respeito da natureza [...] (DEBUS, 1971, p. 804).

Essa opinião é compartilhada também por muitos educadores em ciências. No entanto, para que a perspectiva histórica seja apresentada aos alunos nas aulas de ciências, é preciso que os professores estejam capacitados a fazê-lo. Por uma série de razões, tal capacitação nem sempre ocorre nos cursos de formação inicial. No caso específico da licenciatura em química, por exemplo, o graduando cursa disciplinas referentes ao conteúdo dessa ciência (química geral, inorgânica, analítica...) e disciplinas referentes a sua formação pedagógica (didática, metodologia de ensino...) – mas nem todos os currículos de licenciatura incluem uma disciplina de história e filosofia das ciências. Conforme observou Martins (1990), devido à recente institucionalização da história da ciência em nosso país, ainda por algum tempo não haverá profissionais qualificados para lecionarem essas disciplinas em todos os cursos de licenciaturas. Tem-se, assim, uma importante lacuna, pois, como destacou Alfonso-Goldfarb (1989), a história da ciência poderia exercer um importante papel, devido a:

> [...] sua capacidade de polemizar certos tópicos considerados "tabus" científicos, de recriar uma visão globalizante e reflexiva da ciência a partir de seus primórdios, e sobretudo de devolver ao estudante das mais diversas áreas a curiosidade e a vontade de reencontrar seu caminho na ciência – mesmo que este caminho seja o de um leigo, como acontece no caso de estudantes de humanidades. O importante é que, ao se configurar como disciplina formativa e relevante, a História e Filosofia da Ciência apresenta ao estudante, de qualquer área, a possibilidade de que este possa entender a linguagem do homem moderno, que segundo Bachelard é a ciência (ALFONSO-GOLDFARB, 1989, p. 79).

Uma “visão reflexiva” da ciência, propiciada por disciplinas dessa natureza, ajudaria os professores a superar uma concepção escolar que prioriza “principalmente os conhecimentos produzidos nas instituições especializadas em detrimento de conhecimentos produzidos historicamente” (CAGLIARD, 1986, p. 254). Os docentes poderiam então trabalhar com seus alunos não apenas demonstrando ou repetindo alguns conceitos da ciência, como se fossem “verdades” a serem memorizadas, mas explicando a origem e as modificações experimentadas pelas ideias científicas.

Matthews (1994) também se alinha entre os autores que acreditam no potencial didático da história e filosofia da ciência. Entre os benefícios desse tipo de abordagem para o ensino de ciências, o autor aponta que a história da ciência pode: humanizar as ciências e relacioná-las aos interesses éticos, culturais e políticos; deixar as aulas mais estimulantes e reflexivas, desenvolvendo o pensamento crítico dos alunos; contribuir para uma compreensão maior dos conteúdos científicos; e melhorar a formação de professores, contribuindo para o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica em sala de aula. Dentre essas contribuições, consideremos em particular o que diz respeito à humanização da ciência. Para que isso seja possível, é necessário um amplo e complexo corpo de conhecimentos, para o qual a história da ciência pode contribuir discutindo parâmetros históricos, lógicos, epistemológicos, antropológicos, linguísticos e científicos (ALFONSO-GOLDFARB, 2004).

Chang (1999) também ressalta o potencial crítico da história da ciência no ensino:

> A função complementar da história e filosofia da ciência é recuperar e mesmo recriar tais questões [*que foram suprimidas e negligenciadas pela ciência atual*] e, espera-se, também fornecer respostas a elas. Portanto, o resultado desejado da pesquisa em história e filosofia da ciência, em relação a este aspecto, é um aumento de nosso conhecimento e compreensão sobre a Natureza. Quando história e filosofia da ciência resgatam antigos sistemas de conhecimento, ou abordam questões fundamentais a respeito da ciência atual, ou exploram sistemas conceituais alternativos, os resultados dessas investigações complementam e enriquecem a ciência dos especialistas atuais. História e

> filosofia da ciência ampliam e aprofundam o conjunto de nosso conhecimento sobre a Natureza; em outras palavras, história e filosofia da ciência aumentam o conhecimento científico (CHANG, 1999, p. 415).

Chang argumenta que a história da ciência também é importante para a formação dos cientistas: afinal, estes lecionam para os futuros professores, e suas concepções a respeito do que é a ciência irão influenciar nesse processo, seja de forma explícita ou não. Dessa forma, aspectos da história da ciência irão repercutir também entre os alunos do ensino básico.

A esse respeito, o historiador da ciência, Roberto Martins (1993), observa:

> A história da ciência não tem papel estabelecido no ensino de 1º e 2º graus [*hoje chamados de ensino fundamental e médio*]. Ela aparece apenas esporadicamente, sem chamar a atenção, em um ou outro ponto: nas disciplinas científicas, quando se fala de "grandes nomes" como Newton, Galileu, Pasteur, Mendel, Lavoisier, Dalton, Pitágoras, Euclides, etc; nas disciplinas históricas, quando se menciona alguma informação sobre os pensadores da antiguidade, sobre o surgimento das universidades na idade média, sobre as alterações da visão de mundo no renascimento, sobre a revolução industrial. Mas esses aspectos são abordados ligeiramente, tanto nas disciplinas científicas quanto nas históricas, sem ao menos chamar a atenção para a existência de um campo de estudos chamado "história da ciência" (MARTINS, 1993, p. 173).

Ao considerar as possibilidades de aplicações da história da ciência no ensino médio, Martins chama a atenção para dois tópicos muito importantes, e que ele oferece como exemplos do modo inadequado de se utilizar a história da ciência: recorrer apenas a "grandes nomes" e tratar de assuntos com ligeireza. Consideremos esses aspectos com mais atenção.

Quando se enfocam unicamente os "grandes nomes" em relatos da história da ciência, dependendo da forma com que esses relatos são estruturados, corre-se o risco de levar os alunos acreditarem que a contribuição dessas personalidades foi fundamental e única, isto é, determinado evento ou descoberta teria sido investigado de forma isolada. Assim, o aluno pode ficar com a impressão de que não existia uma comunidade científica lidando com

essa determinada questão. Muitas vezes, essa abordagem se resume ao estabelecimento de uma cronologia, preocupando-se apenas com nomes e datas, sendo de pouca ou nenhuma utilidade para o aprendizado da ciência – pois acaba sendo incapaz de representar a complexa sucessão de eventos em que se constitui a construção do conhecimento científico (MARTINS, 1990).

Martins (1993) argumenta que aquilo que se ensina, ou que se tem a intenção de ensinar, possui uma relação direta com a ideia de história que um professor possui. Por exemplo: em uma simples afirmação como "Newton descobriu a lei da gravitação universal em 1655" estão implícitas as ideias equivocadas a respeito da linearidade e da não complexidade da ciência. Transparece uma concepção de que qualquer transformação na ciência é assimilada imediatamente pela comunidade, de maneira não problemática, resultando em consenso instantâneo. Tal ideia fica reforçada junto aos alunos quando descrevemos de forma simplificada e rápida os assuntos. Todavia, os eventos são mais complexos do que podem parecer. Segundo Martins (1993):

> [...] as transformações são graduais, lentas, desenvolvidas por um enorme número de pessoas, que muitas vezes se contradizem e misturam posições e concepções incompatíveis; que acertam e erram, igualmente. Essas transformações não são bruscas, não podem ser marcadas por datas, não podem ser descritas por um único verbo ou substantivo. Cada episódio histórico é um mundo infinito do qual só se pode ter uma visão parcial – e é essencial saber que ela é apenas isso (MARTINS, 1993, p. 75).

Dessa forma, a excessiva simplificação de relatos acerca das transformações das ideias da ciência ao longo da história pode contribuir para uma aprendizagem inadequada tanto a respeito da própria ciência, quanto de seus conceitos. A junção desses dois aspectos – recitação de nomes e datas, e simplificação dos episódios – pode estar a serviço do que seria um terceiro uso desaconselhável da história da ciência: como forma de persuasão e intimidação. Martins (1990) argumenta que, se recorremos a grandes personalidades com a finalidade de reprimir dúvidas ou impor doutrinas (por exemplo: "a lei da gravitação universal é verdadeira porque foi provada por Newton"), estamos contradizendo a própria natureza do pensamento científico, que se baseia não em autoridades inquestionáveis, mas em fatos e

argumentos que possuem “estreita relação com aspectos sociais, econômicos e políticos” (CAGLIARD, 1986, p. 254). Com o intuito de substituir esse tipo de historiografia, inadequada para os atuais objetivos do ensino de ciências, devemos procurar outras formas de abordagem para a história da ciência, que contribuam verdadeiramente para o aprendizado científico. Nesse sentido, pode-se observar que diversos educadores fizeram propostas para a inclusão da história da ciência no ensino, revelando – ainda que não explicitamente – preocupações que são de raiz historiográfica. Vejamos alguns casos.

Um marco significativo no processo de aproximação entre a história da ciência e a educação científica ocorreu na Universidade de Harvard (EUA), no final da década de 1940. Ali, James Bryant Conant (1893 – 1978) deu grande impulso à aproximação entre a história da ciência e o ensino. De acordo com sua concepção,

> A instrução científica na educação geral deveria ser caracterizada, principalmente, por elementos integradores abrangentes: a comparação do modo de pensar científico com outros, a comparação e o contraste das ciências individuais umas com as outras, as relações da ciência com seu próprio passado e com a história humana em geral, e da ciência com os problemas da sociedade humana (CONANT, *apud* MATTHEWS 1994, p. 54).

Para Conant, o leigo necessitaria entender os métodos da ciência: sem isso, não poderia estudar as fronteiras das correntes pesquisas; e para isso precisaria conhecer como a ciência se desenvolveu. No final da década de 1950, Klopfer, em seu *History of Science Cases*, “argumentava que o uso de estudos de caso em história da ciência deveria ser levado aos alunos universitários de ciências” (RUSSEL, 1981, p. 52). Nas décadas que se seguiram, tiveram lugar discussões mais intensas, de fundo historiográfico.

Segundo Baldinato e Porto (2007), entre 1960 e 1970 se pode observar o uso de termos como *pseudo-história* e *quasi-história* para criticar determinadas formas de se usar a história da ciência no ensino. Em julho de 1970, em um encontro sobre a utilidade da história da ciência no ensino de física, realizado no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT, EUA), Martin Klein posicionou-se contra essa aproximação. Na opinião de Klein, a interação da ciência com a história levaria a distorções em uma ou em outra,

por se tratar de duas áreas com metodologias muito distintas. Ao selecionar apenas os episódios relacionados aos conceitos estabelecidos na ciência atual, o educador estaria distorcendo a história, ou transformando-a em "pseudo-história". Um dos organizadores desse encontro no MIT, Stephen Brush, escreveu pouco tempo depois que diferentes abordagens para a história da ciência poderiam servir a diferentes objetivos educacionais. Brush argumentou que, se os docentes desejassem construir nos alunos uma visão de ciência racional, infalível, imparcial e metódica, as recentes pesquisas em história da ciência não poderiam servir como referências – pois mostravam um quadro bastante distinto a respeito da ciência (BRUSH, 1974).

Outro autor que criticou com veemência as abordagens que procuram construir uma imagem idealizada da racionalidade na ciência foi M. A. B. Whitaker. Em seu artigo "History and quasi-history in physics education", de 1979, Whitaker argumentou que muitos educadores em ciência distorcem a sequência e o significado de acontecimentos científicos, com o objetivo de fazer o relato do processo histórico da ciência parecer mais objetivo e racional: o resultado seria aquilo que Whitaker chamou de quasi-história. Para Whitaker, a quasi-história seria uma distorção da história da ciência, e a diferenciou da pseudo-história, que seria uma simplificação. Mais recentemente, Matthews (1994) propôs, a esse respeito, que a simplificação da história da ciência no contexto educacional seria inevitável. Assim, o educador em ciências estaria diante de um desafio: produzir adaptações da história da ciência para fins didáticos que resultassem em benefícios para a aprendizagem e não em distorções. Matthews não viu problema na existência de uma "história dos historiadores da ciência" e outra "história dos educadores".

Douglas Allchin também contribuiu para os debates sobre a relação entre história e ensino de ciência. No artigo "How *not* to teach history in science", Allchin (2002) criticou alguns educadores que escrevem seus materiais utilizando a história da ciência de maneira enviesada, de modo a se encaixar em determinados modelos pedagógicos ou concepções de ciência considerados inadequados por Allchin. Um de seus alvos foi o biólogo e educador David Hershey. Allchin apontou como equívoco o fato de Hershey julgar um autor do século XVII utilizando critérios da metodologia científica estabelecidos na atualidade, e que não existiam na época do autor

considerado. Allchin advertiu para a necessidade de se considerar a ciência do passado em seu devido contexto. Hershey se aborreceu com as críticas e com o estilo ácido de Allchin, e escreveu diversos artigos em resposta, apontando erros factuais cometidos por Allchin e defendendo-se das críticas – ao mesmo tempo em que demonstrou uma incompreensão a respeito do que Allchin tentou dizer com "contextualização" (BALDINATO; PORTO, 2007, p. 7). Observamos, portanto, que a discussão acerca da história da ciência no âmbito educacional tem ocorrido há décadas. Divergências surgem quanto à possibilidade de se desenvolver, junto aos alunos, uma visão adequada da complexidade da ciência – mas também quanto às metodologias mais apropriadas para a introdução da história nos currículos de ciências.

Martins (2006) defende que, através de estudos de caso minuciosos em história da ciência, pode-se desenvolver a compreensão da complexa relação ciência, tecnologia e sociedade, demonstrando que a ciência não é uma atividade isolada de todas as outras, mas parte de um contexto no qual influencia e é influenciada. Dessa forma, o aluno teria a oportunidade de observar que a ciência resulta de um processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento, que possui suas limitações e procedimentos intrincados. Por isso, a ciência não aparece, de uma hora para outra, na mente de "gênios" isolados que geram o conhecimento. Assim, o estudo histórico de como um cientista desenvolveu sua pesquisa, ensina mais sobre o real processo científico do que qualquer manual de metodologia científica. Martins (2006) também defende a ideia de que o estudo detalhado de alguns episódios da história da ciência é insubstituível na formação de uma concepção adequada sobre a natureza das ciências, incluindo suas limitações e suas relações com outros campos da cultura.

Se de fato o professor conseguir concretizar esses ideais, a história da ciência poderá auxiliar no ensino de ciências e contribuir significativamente para uma alfabetização científica. Para fazer isso, o professor precisará dispor de fontes para consulta que sejam coerentes com esses propósitos, a fim de auxiliá-lo no processo de ensino. Considerando-se a larga utilização dos livros didáticos como fontes de consulta por boa parte dos professores do ensino médio, conforme apontam, por exemplo, Mortimer (1988) e Lopes (1992), é razoável supor que esses educadores também irão recorrer aos livros didáticos

em busca de informações sobre a história da ciência. Por esse motivo, o presente trabalho se volta para a investigação da presença da história da ciência em livros didáticos brasileiros. Muitas pesquisas em ensino de ciências se voltam para a questão dos livros didáticos, por uma variedade de motivos – conforme veremos a seguir.

3. O livro didático como objeto de pesquisa

Bárbara Freitag e colaboradores realizaram importante estudo, que teve como objetivo investigar os manuais didáticos, considerando aspectos históricos, políticos e econômicos, bem como seu conteúdo e uso pelos professores. Segundo Freitag, Costa e Motta (1989), a partir de 1930 iniciou-se no Brasil uma política educacional voltada para o enriquecimento científico e com pretensões democráticas. Em 1937, o Estado Novo propôs a distribuição nacional de obras de âmbito educacional, criando o INL (Instituto Nacional do Livro), órgão subordinado ao Ministério da Educação e da Cultura (MEC). Este último seria responsável pelo planejamento de atividades relacionadas ao livro didático, e pelo estabelecimento de convênios com órgãos e instituições relacionadas a sua produção e distribuição. Através do Decreto-Lei 1006 de 30/12/1938, foi criada a Comissão Nacional do Livro Didático (CNLD), que teria como função examinar, julgar e indicar livros para tradução, em face do reduzido número de livros didáticos escritos no país. A CNLD era composta por sete membros designados pela Presidência da República, e em 1939 esse número subiu para treze. Não demoraria muito tempo para que surgissem críticas a respeito de essa comissão ser composta apenas por representantes do governo. Em função dessas críticas, o ministro Clemente Mariani solicitou um parecer jurídico acerca da legalidade ou não da CNLD, em outubro de 1947. Todavia, problemas relacionados à manipulação política e especulação comercial continuavam presentes na comissão.

Na década de 1960, durante o regime militar, foram firmados acordos entre o MEC e o USAID, um órgão do governo norte-americano, relativos à produção e distribuição de livros didáticos. Tais acordos foram bastante criticados por educadores brasileiros, que viam neles uma tentativa de controle norte-americano sobre o mercado livreiro nacional, especialmente o de livros didáticos, bem como de controle ideológico sobre importante parcela do processo educacional brasileiro. Em 1968 foi criada a FENAME (Fundação Nacional do Material Escolar), com a responsabilidade de definir diretrizes para a produção de material escolar e didático, formar um programa editorial,

executar programas relacionados a livros didáticos e cooperar com instituições educacionais científicas, públicas e privadas. No ano de 1980, a política governamental para essa área voltou-se, pela primeira vez, para as crianças carentes. No programa do livro didático (fundamental, médio e supletivo) estavam presentes diretrizes visando assistir os alunos carentes de recursos financeiros. Em 1983 foi instituída a Fundação de Assistência ao Estudante (FAE), órgão subordinado ao MEC, que tinha como função apoiar a Secretaria de Ensino de Primeiro e Segundo Graus (hoje ensino fundamental e médio), desenvolvendo programas voltados a facilitar o processo didático-pedagógico. Esses vários programas, por sua vez, também foram alvo dos críticos da política oficial do livro didático – que a consideravam assistencialista e repleta de problemas relacionados a falhas na distribuição dos livros nos prazos previstos, à existência de *lobbies* das editoras e ao autoritarismo na escolha dos livros.

O atual Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), subordinado à Fundação Nacional para o Desenvolvimento da Educação (FNDE) do Ministério da Educação, teve início em 1994. De acordo com o banco de dados do PNLD/FNDE-MEC, o Governo Federal adquiriu, até 2004, um total de 1,06 bilhão de unidades de livros didáticos no âmbito desse programa, com um investimento de R$ 3,7 bilhões de reais.

Observamos, portanto, que há décadas existem no Brasil subsídios para a distribuição de livros didáticos. Segundo Hoffling (1993), esses programas consomem grande quantidade de verbas públicas, menor apenas que a destinada a programas de merenda escolar. Assim, os livros didáticos são vistos como parte importante da política educacional de nosso país.

Segundo Fracalanza, Amaral e Gouveia (1987), a escolha do livro didático como objeto de investigação decorre de dois fatores principais. O primeiro leva em consideração o aumento do número de vagas nas escolas de ensino fundamental e médio a partir dos anos 1960, e o segundo fator está relacionado ao aumento do número de professores egressos, principalmente, de instituições privadas de ensino. Muitos desses professores, devido à falta de atualização adequada para a prática docente, ou às lacunas existentes em seus cursos de licenciatura, passaram a depender cada vez mais dos manuais escolares. Face à sua larga presença na prática pedagógica, os livros didáticos

passaram a ser objeto de análises caracterizadas por diversos estilos e objetivos. Os aspectos analisados incluem a produção, a comercialização, a inserção do conhecimento na evolução histórica, a qualidade gráfica e a adequação de conteúdos dos livros didáticos. As relações entre os livros didáticos e as produções curriculares nas escolas também são temáticas constantes em artigos, dissertações e livros. Dentre os aspectos citados por Loguércio (2001), a respeito dessas investigações, destaca-se a importância da elaboração de novos critérios para análise dos livros didáticos, com a intenção de aprimorar cada vez mais a escolha consciente em relação aos conteúdos e a sua finalidade, e quais as limitações de um livro didático. Entretanto, muito ainda há para ser feito, principalmente em relação aos livros didáticos de química para o ensino médio.

Fracalanza (2005), em seu estudo que teve como objetivo investigar as pesquisas sobre o livro didático de ciências no Brasil, observou que a produção acadêmica sobre esse tema nos últimos trinta anos foi constituída por setenta e cinco teses e uma pesquisa (total de 76). Pode parecer um número substancial; todavia, desse total, quarenta e quatro trabalhos estão voltados a livros para o ensino médio, e apenas nove estão relacionados com o livro didático de química. Podemos inferir que, em um país de extensão continental, apenas nove trabalhos envolvendo os livros didáticos dessa área, é um número ainda pequeno. Outra informação importante diz respeito à presença de sugestões nesses trabalhos de pesquisa. Segundo o autor, pouco mais da metade dos trabalhos (39) não fazem sugestões, isto é, não propõem alterações nem sugerem alternativas aos problemas detectados nos livros didáticos. Além disso, poucos trabalhos sugerem aspectos relacionados à seleção e ao uso desses recursos, ou fazem propostas alternativas ao livro didático de modo explícito e completo. A maioria das pesquisas é de caráter descritivo, e confirmam a existência de distorções nos manuais de ensino, deixando para o leitor a missão ou eventual iniciativa de mudança que parecem suscitar, mas que não realizam.

Outro grave problema detectado pelo levantamento feito por Fracalanza diz respeito à circulação do conhecimento. Infelizmente, as pesquisas a respeito de seleção, avaliação e uso do manual didático pouco circulam, até mesmo entre os muros da própria academia – e menos ainda entre professores

e alunos da educação básica. Fracalanza (2005) finaliza seu trabalho afirmando que nos últimos vinte anos nada de diferente apareceu na produção acadêmica, de modo a alterar o conhecimento disponível sobre os manuais escolares brasileiros. Cabe aos educadores e pesquisadores reverter este quadro, em particular em relação aos livros de química do ensino médio. Faz-se necessário, cada vez mais, utilizar o livro didático como objeto de pesquisa, com a intenção de esclarecer as ideias contidas nos manuais e propor alternativas para melhorar a utilização do livro didático de química do ensino médio. Nesse sentido, o presente trabalho busca oferecer uma contribuição a esse debate, investigando como a história da ciência está presente nos livros didáticos de química recomendados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM 2007).

O PNLEM foi instituído pela Resolução n.º 38, de 15 de outubro de 2003, publicada no Diário Oficial da União (DOU) de 23/10/2003, e pela Portaria Ministerial n.º 2.922, de 17 de outubro de 2003, publicada no DOU de 20/10/2003. Implantado em 2004, com o processo de escolha e compra das obras, o PNLEM inicialmente distribuiu 2,7 milhões de livros de português e de matemática. Esse evento foi:

> [...] uma decisão importante porque, pela primeira vez na história do Brasil, a escolha que o professor do ensino médio fez do livro didático pôde ser orientada por diretrizes político–pedagógicas, e não somente pelo jogo de forças do mercado editorial (ECHEVERRIA, MELLO, GAUCHE, 2008, p. 64).

O programa pretendia universalizar a distribuição de livros didáticos dessas disciplinas para todo o ensino médio em 2006. Em 2005, foi publicado o Edital de Convocação para Inscrição no Processo de Avaliação e Seleção de Obras Didáticas a serem incluídas no Catálogo do PNLEM para 2007. Os livros poderiam ser compostos de coleção ou volume único, e seriam destinados a suprir todo o corpo de disciplinas do ensino médio: Português, Biologia, Física, Química, Matemática, Geografia e História. No material destinado à apresentação do programa consta a seguinte observação:

> A organização das obras poderá basear-se em uma concepção própria, assegurada a coerência dos aspectos científicos e pedagógicos, garantindo a

> flexibilidade do trabalho do professor e do aluno e a diversidade de aplicação no processo de ensino aprendizagem (BRASIL, 2005, p. 2).

Dentre as exigências que, caso não fossem cumpridas, levariam à exclusão de um livro da lista de indicados, estava a de que os livros não poderiam ser consumíveis (BRASIL, 2005), isto é, não poderiam possuir lacunas ou espaços para resolução de exercícios – pois essas características impediriam sua reutilização por outros estudantes. Vemos aqui, uma preocupação em otimizar os investimentos. Todavia as editoras desenvolvem maneiras de aumentar seus lucros:

> As editoras alegarão, naturalmente, os custos da produção, onde o livreiro ou o distribuidor abocanham uma parcela expressiva – nunca inferior a cerca de 30% – do preço da capa. Os direitos autorais, que nunca ultrapassam cerca de 10% do referido preço, na maioria das vezes situando-se muito abaixo de tal patamar – ou mesmo, da metade dele – são regulados por contratos padronizados, draconianos, e dificilmente poderiam ser responsabilizados pelo custo excessivo dos livros. Nesse terreno, além de frequente falta de regularidade e arbitrariedade quase geral na fixação das datas de pagamento, ocorrem absurdos do seguinte tipo: nas vendas aos órgãos governamentais, como o preço efetivo da venda é muito menor do que o do mercado, a porcentagem do direito autoral também costuma ser diminuída. Assim, se um livro que custaria 10 reais tiver sido vendido por 5 reais, os direitos autorais, que seriam, digamos, de 8%, passarão a ser de 4%, numa insólita compreensão do significado da porcentagem (MACHADO, 1997, p. 116).

Observamos que o lucro oriundo da produção de um livro didático não é distribuído de forma igualitária entre todos os participantes do processo. Machado (1997) afirma que as editoras também usam outro artifício para encarecer o preço das obras: a utilização de quatro cores. Infelizmente, seu uso nem sempre contribui para a qualidade do livro, e pode deixá-lo poluído em seu aspecto visual.

No caso dos livros de química que foram aprovados, e que foram nosso objeto de estudo nesta dissertação, foi possível observar que todos possuem páginas coloridas. No entanto, investigação realizada por Rosa e Moura (2008) evidenciou que os docentes do ensino médio consideram muito importante a

presença de figuras e imagens coloridas nos livros didáticos – desde que usadas de forma adequada no processo de ensino. Dentre os motivos apontados, a presença das ilustrações poderia facilitar: a aproximação maior entre alunos e ciência, a explicação de modelos, o desenvolvimento da visão interdisciplinar, a representação de acessórios produzidos pela ciência, e a simbolização de determinados conteúdos das ciências naturais. Portanto, é necessário que haja um equilíbrio na utilização de imagens, sem exageros e com objetivos claros, de modo a possibilitar a redução dos custos relacionados à impressão dos livros destinados aos alunos das escolas públicas.

Retornando ao processo de escolha dos livros do PNLEM 2007: após a avaliação pedagógica realizada pela Secretaria de Educação Básica (SEB) do Ministério da Educação, foram enviadas às escolas públicas todas as obras escolhidas. Os professores ficaram então encarregados de indicar qual das obras seria trabalhada com seus alunos no ano de 2008. Ficou a cargo da diretoria de cada Unidade Escolar preencher um relatório e encaminhar ao FNDE a solicitação da obra de preferência.

Os critérios para a avaliação pedagógica das obras didáticas, realizada no âmbito da SEB, foram de duas naturezas: comuns, relativos a todas as disciplinas; e específicos, tratando de aspectos peculiares de cada disciplina. Alguns dos critérios comuns, indicados na página 37 do edital do PNLEM 2007, são os seguintes:

- descrição da estrutura geral da obra, explicitando a articulação pretendida entre suas partes e / ou objetivos específicos de cada um deles;
- orientação, com formulações claras e precisas, a respeito dos manejos pretendidos ou desejáveis do material em sala de aula;
- sugestão de atividades complementares, como projetos, pesquisas, jogos, etc.;
- subsídios para a correção de atividades e exercícios propostos aos alunos;
- discussão do processo de avaliação da aprendizagem e sugestão de instrumentos, técnicas e atividades de avaliação;
- presença de informações e orientações ao professor a respeito de conhecimentos atualizados e / ou especializados indispensáveis para a adequada compreensão de aspectos específicos de uma determinada atividade, ou mesmo de toda a proposta pedagógica da obra.

O edital, em suas páginas 38 e 39, também prevê a avaliação de aspectos gráficos e editoriais como, por exemplo:

- texto principal impresso em preto;
- a impressão não prejudica a legibilidade no verso da página;
- as ilustrações enriquecem e auxiliam a leitura do texto, devendo reproduzir adequadamente a diversidade étnica da população brasileira, sem induzir ou reforçar preconceitos ou estereótipos.

Assim, percebe-se no edital a preocupação em fornecer subsídios para o trabalho do professor junto aos alunos, bem como com alguns aspectos físicos do livro.

Quanto aos critérios específicos relacionados aos conteúdos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Física, Biologia, Química), estes tiveram o poder de eliminar ou classificar as obras didáticas, conforme a sua adequação. Os critérios eliminatórios dizem respeito a: natureza e construção da ciência; tratamento dos conteúdos científicos; forma com que os conteúdos são trabalhados com os alunos; e aspectos relacionados ao uso da experimentação. Tais critérios são assim explicados no texto do edital:

1. A obra NÃO deve apresentar a Ciência moderna como sendo equivalente a conhecimento, sem reconhecer a diversidade de formas de conhecimento humano e NÃO deve apresentar o conhecimento científico como verdade absoluta ou retrato da realidade. Deve dessa forma enfocar a evolução das ideias científicas, explicitando o caráter transitório e de não-neutralidade do conhecimento científico.
2. A obra NÃO deve privilegiar somente a memorização de termos técnicos e definições, não se pautando, portanto, somente por questões de cópia mecânica ou memorização. O vocabulário científico deve ser usado como recurso que auxilie a aprendizagem de teorias e explicações científicas, e não como um fim em si mesmo. As analogias, metáforas e ilustrações devem ser adequadamente utilizadas garantindo-se a explicitação das semelhanças e diferenças em relação aos fenômenos estudados.
3. A obra deve pautar-se por princípio de abrangência teórica e pertinência educacional, priorizando os conceitos centrais, estruturadores do pensamento em cada disciplina ou na área do conhecimento em vez de privilegiar conceitos secundários. Visando uma aprendizagem significativa de tais conceitos centrais, a obra deve evitar uma visão compartimentada e linear dos mesmos, buscando abordá-los de maneira decorrente, em diferentes contextos

explicativos e situações concretas, em conexão com diferentes conceitos, favorecendo, assim, a construção de sistemas conceituais mais integrados pelos alunos.

4. Os experimentos propostos pela obra devem ser factíveis, com resultados plausíveis, sem transmitir ideias equivocadas de fenômenos, processos e modelos explicativos. Devem ainda caracterizar adequadamente, de forma não-dicotômica, a relação teoria / prática; ter uma perspectiva investigativa (problematizadora / contextualizadora); abordar a questão dos descartes de resíduos envolvidos de modo a considerar o impacto ambiental dos mesmos, contribuindo, assim, para uma maior consciência ambiental dos alunos e professores; explicitar eventuais materiais alternativos e a toxidade indesejada e priorizar aspectos econômicos de custeio por meio de quantidades adequadas de substâncias a serem utilizadas (BRASIL, 2005, pp. 41 – 42).

O primeiro critério eliminatório demonstra preocupação com a concepção de ciência presente nos manuais didáticos. Essa preocupação não é em vão. Em um artigo de 2003, ou seja, dois anos antes da publicação do edital, Megid Neto e Fracalanza (2003) já haviam alertado que nos livros didáticos de ciências por eles analisados, o conhecimento é apresentado como um produto acabado, desenvolvido por mentes brilhantes, desprovidas de interesses políticos / econômicos / ideológicos e sem nenhum vínculo com o contexto histórico e cultural. A apresentação de uma imagem dogmática do conhecimento científico não contribui para o aprendizado das ciências, pois contraria seu próprio caráter dinâmico.

Outra informação importante diz respeito ao trabalho do conteúdo que será ministrado nas aulas. A ênfase em processos de memorização pode trazer uma imagem fragmentada da construção da ciência, constituindo um obstáculo à aprendizagem significativa. Pode-se superar esse inconveniente construindo-se o conhecimento como uma grande rede, onde é possível interligar os significados dos conceitos (os nós) através dos fios (relações que se estabelecem), gerando então um saber significativo. Assim, a imagem de um simples encadeamento linear de conceitos, já não faz mais sentido, pois podemos partir de qualquer ponto da rede, ou centros de interesse (MACHADO, 2004).

O último critério apresentado como eliminatório chama a atenção para a natureza dos experimentos. Estes não devem ser utilizados apenas para

verificar a validade das teorias, mas para problematizar e contextualizar os tópicos estudados. Percebe-se, também, a preocupação em resgatar a responsabilidade de docentes e discentes em relação ao ambiente em que vivem, evidenciada pela observação a respeito do adequado descarte dos resíduos gerados

Como os alunos do ensino médio já possuem certo grau de maturidade e estão aptos a desenvolver competências, habilidades e a construir valores a partir dos conceitos científicos, o edital propõe alguns critérios de qualificação que incentivam o desenvolvimento de responsabilidades. Assim, deve ser priorizada a obra que: propicie a articulação de uma visão de mundo natural e social, desde que não dissolva as disciplinas estabelecidas nas ciências; valorize a história das ciências, mas evitando a apresentação do conhecimento científico como uma simples forma alternativa de ver o mundo; permita a formação do espírito científico dos alunos através de atividades que levantem hipóteses e desenvolvam maneiras de testá-las; apresente o conhecimento de forma contextualizada, utilizando o conhecimento prévio dos alunos como ponto de partida; ressalte o papel das ciências naturais na compreensão de problemas contemporâneos; incentive o desenvolvimento de habilidades relativas à comunicação científica; respeite a prática pedagógica regional e local, sem desconsiderar o projeto nacional; promova discussões sobre a relação Ciência / Tecnologia / Sociedade, desenvolvendo no estudante a capacidade de criticar e ter consciência das contribuições e impactos dessa tríade na vida social.

Optamos, no presente trabalho, por analisar os livros didáticos de química indicados no PNLEM de 2007. Pode-se argumentar que a amostra considerada é pequena: são seis livros ou conjuntos de livros. Entretanto, consideramos a amostra significativa em função de sua extensiva distribuição em todo o território nacional: nesse sentido, seu potencial impacto sobre o ensino de química no Brasil é bastante considerável. Não se deve, porém, deixar de ressaltar que, apesar de sua relevância e representatividade, os resultados produzidos por essa análise em particular não podem ser automaticamente generalizados para todos os livros didáticos de química brasileiros.

4. Metodologia

Para esta investigação, escolhemos os livros que foram selecionados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM 2007) para distribuição em todo o país. Os livros escolhidos estão na tabela a seguir (Tabela 1).

Tabela 1 – Livros escolhidos.

Código de identificação	Referências
LD1	Bianchi, J. C. A., Albrecht, C. H., Maia, D. J. *Universo da química: ensino médio*. 1ª ed. São Paulo: FTD, 2005.
LD2	Feltre, R. *Química geral*, v.1. 5ª ed. São Paulo: Moderna, 2000.
LD3	Peruzzo, F. M., Canto, E. L. *Química geral e inorgânica*, v.1. 3ª ed. São Paulo: Moderna, 2003.
LD4	Mortimer, E. F., Machado, A. H. *Química*. 1ª ed. São Paulo: Scipione, 2005.
LD5	Nóbrega, O. S., Silva, E. R., Silva, R. H. *Química*. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2005.
LD6	Santos, W. L. P., Mol, G. S. *Química e sociedade*, 1ª ed. São Paulo: Nova Geração, 2005.

Os livros LD1, LD4, LD5 e LD6 são volumes únicos. O livro LD2 (intitulado *Química Geral*) é o primeiro volume de uma coleção de três manuais, sendo que o volume dois trata de físico-química e o terceiro volume aborda conteúdos de química orgânica. O livro LD3 também é o primeiro de uma coleção de três volumes, cuja organização segue idêntica sequência à descrita para a coleção anterior.

As categorias utilizadas para a análise dos conteúdos relacionados à história da ciência nesses livros foram inspiradas no trabalho de Laurinda Leite (2002). Essa pesquisadora, após realizar levantamento bibliográfico, afirmou não haver encontrado nenhum instrumento adequado para a análise do conteúdo histórico presente nos livros didáticos de ciências. A partir dessa constatação, Leite desenvolveu um instrumento para preencher essa lacuna, de modo a auxiliar professores na análise crítica dos conteúdos de história da

ciência encontrados em materiais didáticos. Leite reconheceu que o aprendizado sobre a natureza da ciência, e o conhecimento de alguns fatos históricos do desenvolvimento da ciência, são importantes para os diversos níveis de ensino. Todavia, nem sempre os professores possuem formação em história da ciência e, consequentemente, utilizam os materiais históricos provenientes dos livros didáticos – em cujos conteúdos os professores afirmam confiar.

Por meio desses argumentos, Leite (2002) justificou a necessidade de analisar livros didáticos. Em seu trabalho, Leite analisou cinco livros didáticos de física: dois destinados ao ensino médio e três ao ensino superior. Na construção de seu instrumento de análise, a pesquisadora levou em consideração aspectos como materiais, benefícios e riscos do uso da história da ciência. Esse instrumento de análise inclui oito dimensões principais:

1)tipo e organização da informação histórica;
2)materiais usados para apresentar a informação histórica;
3)correção e precisão da informação histórica;
4)contextos aos quais a informação histórica está relacionada;
5)*status* do conteúdo histórico;
6)atividades de aprendizagem utilizando a história da ciência;
7)consistência interna do livro, em relação à informação histórica;
8)bibliografia acerca de história da ciência.

As primeiras quatro dimensões enfocam a informação histórica presente nos livros didáticos; a quinta e a sexta estão relacionadas com o papel dessa informação e como ela é trabalhada no livro; a sétima refere-se à distribuição da história da ciência ao longo dos capítulos; e a oitava refere-se às fontes bibliográficas em história da ciência indicadas no livro. Cada uma dessas dimensões abrange diferentes sub-dimensões, que detalham mais os aspectos a analisar. Segundo Leite, o instrumento descrito resultou de testes e validações por educadores diversos, em um processo que permitiu o refinamento das sub-dimensões. É interessante observar que a terceira dimensão – correção e precisão da informação histórica – não foi subdividida em outras. Segundo Leite, maior detalhamento dessa dimensão somente poderia ser feito por pesquisadores especializados em história da ciência – o que não era seu caso, nem o dos demais colaboradores da pesquisa.

Tabela 2 – Categorias originalmente propostas por Leite (2002)

1) Tipo e organização da informação histórica

– *Cientistas*

- vida dos cientistas
  - ● dados biográficos (pelo menos o nome, e as datas de nascimento e morte)
  - ● características pessoais (sentimentos, caráter, humor, etc.)
  - ● episódios / curiosidades (casado com...; decapitado por...)

- características dos cientistas
  - ● famoso / genial (inteligente, brilhante, o mais importante...)
  - ● pessoa comum (reprovado em exames, precisava trabalhar para sobreviver)

– *Evolução da ciência*

- tipo de evolução
  - ● menção a uma descoberta científica (uma descoberta ou ideia histórica é mencionada)
  - ● descrição de uma descoberta científica (descreve-se como uma certa descoberta foi feita)
  - ● menção a períodos discretos (dois ou mais períodos / descobertas são mencionados, mas não são relacionados)
  - ● linear e direta (um período está relacionado ao seguinte, mantendo a direção)
  - ● evolução real (movimento de "idas e vindas" entre opiniões, incluindo controvérsias, etc.)

- pessoas responsáveis
  - ● cientistas individuais (mostra-se um único cientista como o único responsável pela descoberta)
  - ● grupo de cientistas (dois ou mais cientistas conhecidos trabalharam juntos para o mesmo propósito)
  - ● comunidade científica (citam-se os cientistas daquela época como os responsáveis pelo acontecimento)

2) Materiais usados para apresentar a informação histórica

– *Imagens de cientistas*

– *Imagens de máquinas, equipamentos de laboratório, etc.* (usados ou descobertos por cientistas do passado)

– *Documentos ou textos originais* (produzidos pelos próprios cientistas; podem estar traduzidos)

– *Experimentos históricos* (experimentos realizados ou atribuídos a cientistas do passado)

– *Fontes secundárias* (textos, modelos, desenhos de equipamentos – que não foram produzidos nem pelos cientistas, nem pelos autores do livro didático)

– *Textos do próprio autor do livro didático* (ensaios sobre um tópico ou cientista; dados biográficos mínimos não são considerados um texto)

– *Outros* (por exemplo: selos, poemas, pinturas)

3) Correção e precisão da informação histórica

4) Contextos com os quais a informação histórica está relacionada

– *Científico* (informação histórica relacionada a conhecimentos de ciências e matemática que estão disponíveis ou faltando)

– *Tecnológico* (informação histórica relacionada com a tecnologia disponível ou com sua falta)

– *Social* (informação histórica relacionada com as condições de vida e com valores aceitos na época)

– *Político* (informação histórica relacionada com a política da época)

– *Religioso* (informação histórica relacionada com as crenças religiosas da época)

5) Status *do conteúdo histórico*

– *Papel do conteúdo histórico no ensino e aprendizagem de ciências*
- fundamental (conteúdo a ser estudado)
- complementar (conteúdo opcional, ao menos para alguns estudantes)

– *Público alvo*
- todos os estudantes (quando o conteúdo tem um status fundamental)
- elite dos estudantes (quando os autores dizem que o conteúdo tem um papel complementar)
- voluntários (quando os autores consideram o conteúdo opcional, ou o colocam em caixas separadas do texto principal)

6) Atividades de aprendizagem utilizando a história da ciência (que solicitam ao estudante que façam mais do que simplesmente ler)
– *Status das atividades* (relativo a seu papel no processo de aprendizagem)
- obrigatório (espera-se que seja feita por todos os estudantes)
- livre (dirigida aos voluntários)

– *Nível das atividades* (relacionado com propósito / dificuldade)
- normal (nada se diz sobre o propósito ou nível de dificuldade)
- aprofundamento (atividades que buscam promover aprendizagem avançada)

– *Tipo de atividade*
- leitura dirigida (consiste em questões a respeito de um texto "histórico")
- levantamento bibliográfico (pede-se para localizar informações acerca da história da ciência e escrever um ensaio)
- análise de dados históricos (análise de dados obtidos por cientistas do passado)
- realização de experimentos históricos (pede-se para reproduzir um experimento feito por um cientista)
- outros (por exemplo, memorização de informações)

7) Consistência interna do livro (com respeito à informação histórica)
– *Homogêneo* (mesmo tipo de informação histórica e modo de integrá-la ao longo dos capítulos)
– *Heterogêneo* (mudam o tipo e o modo de integrar a informação histórica ao longo dos capítulos)
- alguns capítulos organizados historicamente
- alguns capítulos com seções organizadas historicamente
- seções acerca da história da ciência em alguns capítulos
- algumas seções de capítulos incluindo algumas referências históricas
- capítulos e / ou seções de capítulos sem informações históricas

8) Bibliografia acerca da história da ciência
– Livros de história da ciência
– Livros de ciências com informações históricas (embora não sejam livros de história da ciência)

Leite afirmou que o instrumento desenvolvido por ela é útil para investigar quantitativamente os conteúdos de história da ciência presentes nos livros didáticos. Todavia, ela ressalvou que, para uma análise mais completa e relevante, seria necessária uma abordagem qualitativa – a qual explicitasse de que maneiras a história da ciência é utilizada nos livros. Ainda assim, o instrumento desenvolvido por Leite oferece, aos professores não especialistas em história da ciência, a oportunidade de obter um quadro geral a respeito dos assuntos relacionados à história da ciência contidos nos manuais de ensino.

Seguindo a sugestão da pesquisadora, optamos por introduzir algumas modificações no instrumento desenvolvido por Leite, no sentido de adequar algumas categorias a nossos interesses de pesquisa. Uma de nossas principais preocupações se relaciona à qualidade da informação histórica, a qual buscamos analisar tendo como referencial a nova historiografia da ciência.

Para cada livro, procedemos inicialmente a marcação de todas as páginas que continham conteúdos relacionados com a história da ciência. Todas essas ocorrências foram então classificadas de acordo com as categorias que constam do instrumento proposto por Leite, selecionadas e adaptadas por nós.

Em nosso trabalho, a dimensão 3 do instrumento original, "Correção e precisão da informação histórica", tomou a forma de análise qualitativa dos resultados observados, tomando como referenciais a nova historiografia da ciência e os objetivos do ensino de ciências na atualidade. Assim, ela não consta como uma dimensão na descrição do instrumento modificado, mas comparece ao longo da discussão dos resultados. Também optamos por não trabalhar com as dimensões 5 ("*Status* do conteúdo histórico"), 6 ("Atividades de aprendizagem utilizando a história da ciência") e 8 ("Bibliografia acerca de história da ciência"). No caso da dimensão 5, não conseguimos identificar, nos livros brasileiros, a separação de conteúdos em níveis de profundidade ou de diferentes públicos para as atividades propostas – como sugerem as categorias indicadas por Leite para os livros portugueses. Tampouco foram identificadas atividades dos tipos descritos pela dimensão 6, nem indicações bibliográficas sobre história da ciência (o que corresponderia à dimensão 8).

Assim sendo, apresentamos a seguir as categorias utilizadas, acompanhadas de comentários a respeito das modificações nelas introduzidas.

Tipo e organização da informação histórica.

Personagens da ciência

1) Vida dos personagens (filósofos, pensadores ou cientistas)

1.1) Biografia (pelo menos nome, e as datas de nascimento e morte).

1.2) Características pessoais (sentimentos, caráter, humor, etc.).

1.3) Episódios / curiosidades (casado com..., decapitado por...).

Leite utiliza, em seu instrumento, apenas a denominação “cientista”. Para maior precisão, preferimos adicionar ao título da categoria também as denominações “filósofos” e “pensadores”, considerando que o termo cientista somente começou a ser utilizado na sua acepção atual no decorrer do século XIX (ALFONSO-GOLDFARB, 1994).

2) Características dos personagens.

2.1) Famoso / gênio (inteligente, brilhante, o mais importante, etc.).

2.2) Normal (reprovado em exames, necessita trabalhar para sobreviver).

2.3) Não há dados que caracterizem.

Um personagem foi considerado famoso ou gênio quando o texto do livro didático supervaloriza seu trabalho – por exemplo, quando considera como grande ou único responsável por uma descoberta ou avanço na ciência, ou ainda quando menciona apenas os prêmios que recebeu. Por outro lado, consideramos o filósofo, pensador ou cientista como pessoa normal quando o livro didático menciona erros ou enganos, dificuldades nos estudos, dificuldades para subsistência, etc. – enfim, aspectos que os identifiquem com as vicissitudes a que qualquer ser humano está sujeito. Incluímos ainda outra subcategoria, tendo em vista que, na maioria das vezes, as informações biográficas são tão sumárias (resumindo-se a nomes, datas e nacionalidade) que não é possível caracterizar o personagem nem como gênio nem como pessoa comum.

Acontecimentos na ciência

3) Abordagem das ideias / descobertas.

3.1) Menção a uma ideia científica (uma descoberta, ou, de modo mais geral, uma ideia científica é mencionada).

3.2) Descrição de uma ideia científica (a ocorrência de uma descoberta ou ideia é descrita).

Consideramos menção a uma ideia científica quando esta é apenas citada, sem maiores explicações (por exemplo, “cientista X descobriu o fenômeno Y”, ou “cientista X formulou a lei Y”). Quando, porém, o texto inclui explicações a respeito da metodologia, teoria, circunstâncias – enfim, algum

detalhamento a respeito do modo como a ideia foi originada, classificou-se como descrição da ideia científica.

4) Evolução da ciência.

4.1) Menção a períodos discretos (dois ou mais períodos ou ideias são mencionados, mas não são relacionados entre si).

4.2) Evolução linear e direta (um período é relacionado ao seguinte, mantendo uma direção).

4.3) Evolução real (movimento de "idas e voltas" entre opiniões, incluindo controvérsias).

Consideramos períodos discretos quando o texto não inclui um encadeamento explícito entre duas ou mais ideias científicas ocorridas em períodos distintos. Quando o texto apresenta diversos eventos em sequência, sugerindo que um seguiu naturalmente ao anterior, classificamos como evolução linear e direta. Finalmente, os casos em que as ideias científicas são apresentadas de maneira a sugerir descontinuidades, controvérsias, retomadas de ideias antes abandonadas, foram classificados como exemplos de evolução real da ciência.

5) Quem faz a ciência.

5.1) Cientistas, filósofos ou pensadores individuais (um personagem é apresentado como sendo o único responsável por uma ideia ou descoberta).

5.2) Grupo de filósofos, pensadores ou cientistas (dois ou mais personagens trabalharam juntos com o mesmo propósito).

5.3) Comunidade científica (cientistas, filósofos ou pensadores de um período são responsáveis pela ideia ou descoberta, sem que haja especificação de nomes).

6) Materiais utilizados para apresentar a informação histórica.

6.1) Imagens dos personagens (retratos, gravuras, fotografias, desenhos).

6.2) Imagens de máquinas, equipamentos de laboratório, etc. (usados na época pelos cientistas, filósofos ou pensadores).

6.3) Documentos / textos originais (escritos pelos próprios personagens da ciência; podem ser traduções).

6.4) Experimentos históricos (experimentos feitos por, ou atribuídos a, personagens da ciência).

6.5) Fontes secundárias (textos, modelos, desenhos de equipamentos, que não tenham sido feitos nem pelos próprios personagens da ciência, nem pelos autores dos livros didáticos).

6.6) Outros (por exemplo: selos, carimbos, poesias, pinturas).

7) Contextos aos quais a informação histórica está relacionada.

7.1) Científico (a informação histórica está relacionada ao conhecimento científico ou matemático disponível ou ausente na época).

7.2) Tecnológico (a informação histórica está relacionada à tecnologia disponível ou ausente na época).

7.3) Social (a informação histórica está relacionada às condições de vida e aos valores da época).

7.4) Político (a informação histórica está relacionada à política da época).

7.5) Religioso (a informação histórica está relacionada às crenças religiosas da época).

Para que uma informação histórica pudesse ser classificada em alguma destas categorias, era necessário que o trecho considerado tivesse, no mínimo, a extensão de meia página. Essa condição foi imposta para que a contextualização fosse não apenas uma menção, mas estivesse suficientemente explicada para ser significativa.

8) Consistência interna do livro, em relação à informação histórica.

Essa categoria está relacionada com a distribuição dos relatos históricos ao longo do livro. Por exemplo, se os relatos se encontram concentrados em um único (ou em poucos) capítulo(s), ou encontram-se distribuídos em vários (ou mesmo todos os) capítulos.

É importante ressaltar que, em um mesmo trecho, pode-se encontrar mais do que uma categoria, pois elas não são excludentes. Para determinar o contexto, **dimensão 07**, foi considerado todo o conteúdo do relato histórico.

Além das dimensões descritas acima, e que estão baseadas no trabalho de Leite (2002), dois outros aspectos foram também investigados. Cada ocorrência foi classificada de acordo com o período histórico a que se refere, registrando-se o século respectivo. Outro aspecto tabulado foram os temas que reuniram maior número de ocorrências relativas à história da ciência.

Um exemplo de como os relatos históricos foram quantificados, utilizando-se o instrumento descrito, é apresentado a seguir. Consideramos para isso um trecho do livro LD3, página 177:

> As palavras amônia e amoníaco derivam do nome de Amon (ou Amon-Rá), que, na mitologia egípcia, era considerado o maior dos deuses ou deus-sol, criador de todas as coisas. Na mitologia romana, ele foi conhecido como Júpiter-Amon. Na foto vemos o templo dedicado a Amon, no Egito.

Como nesse trecho não há menção a nenhum personagem da ciência em particular, não existe incidência das dimensões 1 e 2. Houve apenas menção a uma ideia relacionada à amônia, por isso contamos uma incidência para a categoria (3.1 – menção a ideia científica). A ideia é apresentada em um contexto que envolve deuses, logo consideramos uma incidência para a categoria (7.5 – contexto religioso). O texto é acompanhado por uma foto de um templo no Egito; assim, computamos uma incidência para a categoria (6.6). Resumindo, nessa página foram registradas três incidências: 3.1, 6.6 e 7.5. Esse procedimento foi realizado para os seis livros que constituem a amostra. O passo seguinte foi consolidar os dados assim obtidos, em todos os livros analisados, na forma de tabelas – as quais serão apresentadas e discutidas no próximo capítulo.

5. Resultados e discussão

Os resultados obtidos para os livros LD1, LD2, LD3, LD4, LD5 e LD6 estão a seguir. As tabelas trazem sempre dois números para cada categoria observada em cada livro: o primeiro número é o número absoluto de ocorrências para aquela categoria; o segundo número refere-se à porcentagem correspondente, considerando-se o número total de ocorrências para aquela dimensão.

1) Vida dos personagens

Tabela 3 – Vida dos personagens.

1.Vida dos personagens	LD1		LD2		LD3		LD4		LD5		LD6	
Dados biográficos	217	98	80	85	77	95	104	99	89	99	296	96
Características pessoais	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	0,1
Episódios / curiosidades	4	2	14	15	4	5	1	1	-	-	12	3,9
Totais	221	100	94	100	81	100	105	100	90	100	309	100

Os livros LD5 e LD6 são os únicos que possuem relatos de características pessoais de cientistas; ainda assim, apenas uma ocorrência em cada livro. O trecho a seguir foi extraído do livro LD6, e exemplifica o que foi considerado como “características pessoais”:

> Dimitri Ivanovich Mendeleev, nascido na Sibéria, foi um aluno medíocre no secundário, embora fosse filho de um professor e a mãe fosse uma entusiasta pelo estudo das ciências. Somente na universidade ele encontrou sua real vocação – a Química – e a capacidade de simplificar os conceitos mais complicados (p. 178).

Grande parte dos dados relativos à vida dos personagens se restringe apenas ao nome e às datas de nascimento e morte – em todos os livros esse

aspecto corresponde a mais de 85% das ocorrências para essa dimensão. Dificilmente encontramos descrições de aspectos da vida pessoal dos cientistas, pesquisadores ou filósofos. Esse tipo de abordagem, ao não dar uma dimensão humana aos personagens da ciência, não favorece a superação de estereótipos bastante difundidos – como o de que os cientistas são pessoas que trabalham isoladas, por possuírem uma inteligência exclusiva de uma ínfima parcela da população (CACHAPUZ *et al.*, 2005).

O relato de episódios ou curiosidades da vida dos personagens está ausente do LD5, e aparece uma única vez no LD4. É mais frequente no LD2 (15% das ocorrências desta dimensão) e no LD6 (3,9%). Pode-se exemplificar com o trecho seguinte, extraído do LD2, que traz episódios da vida de Lavoisier:

> Nasceu em Paris, em 1743. Filho de família rica, recebeu educação esmerada e exerceu vários cargos públicos. Foi membro da Academia de Ciências da França e é considerado um dos fundadores da Química Moderna. Devido às suas ligações com o regime político anterior, Lavoisier foi condenado pela Revolução Francesa e executado na guilhotina em 1794, aos 51 anos de idade (p. 52).

Outro exemplo, do mesmo livro, refere-se a episódios da vida de Proust:

> Nasceu em Angers, França, em 1754. Estudou Química e Farmácia e foi chefe da farmácia do Hospital de Salpetriere, em Paris. Em 1798, fugindo da revolução francesa, mudou-se para a Espanha. Em 1801 formulou a lei das proporções constantes, que foi combatida por cientistas da época – só em 1808 reconheceu-se que a razão estava em Proust. Sua lei ajudou a fortalecer, na Química, a ideia do átomo. Morreu em sua cidade natal, em 1826 (p. 53).

Nos dois trechos citados se observa a ausência de elementos biográficos que pudessem facilitar a identificação do estudante com a figura do personagem da ciência. O mesmo se observa nos resultados do item seguinte.

2) Características dos personagens

Tabela 4 – Características dos personagens.

2. Características dos personagens	LD1		LD2		LD3		LD4		LD5		LD6	
Famoso / genial	15	7	-	-	6	7,5	1	1	5	6	20	6,5
Pessoa comum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Não há dados que caracterizem	206	93	94	100	75	92,5	103	99	85	94	289	93,5
Totais	221	100	94	100	81	100	104	100	90	100	309	100

Na maioria dos casos, a escassez de informações impede que o cientista seja caracterizado como uma pessoa comum, ou como apresentando características excepcionais. Entretanto, nos livros LD3, LD5 e LD6, existe um pequeno número de ocorrências que reforçam a ideia de que cientistas são pessoas geniais. Os dois trechos a seguir são ilustrativos a esse respeito, e foram extraídos do LD6. O primeiro deles se refere a Mendeleev, e o segundo a Lewis:

> Mendeleev, um grande químico, empenhou-se com afinco na busca de uma classificação para os elementos químicos. Durante uma viagem, **adormeceu e teve um sonho: acordou e fez um rascunho** reproduzido acima [referindo-se a um esboço da tabela periódica dos elementos químicos proposta por Mendeleev em 1869] **que deu origem à tabela periódica moderna** (p.177, grifo nosso).

> Gilbert Newton Lewis (1875-1946) foi para a Universidade de Harvard aos 17 anos e aos 24 concluiu o doutorado. A essa precocidade associava-se um espírito criativo e ousado que não se conformava com os conceitos preestabelecidos. Lewis era considerado por muitos como **o grande responsável** pelo avanço da Química nos Estados Unidos, numa época em que a Europa ainda dominava o campo das ciências (p. 198, grifo nosso).

Os termos grifados chamam a atenção para uma ideia implícita nos textos: a de que um determinado evento da ciência pode ser construído por uma única pessoa, ou mesmo que os resultados obtidos por um cientista são suficientes para comprovar ou falsificar uma hipótese ou teoria. Segundo

Solomon (1987), desenvolve-se assim uma visão deformada da ciência, que provavelmente será assimilada pelos discentes, reforçando ao mesmo tempo a impressão de que, para atuar nas áreas científicas, é necessária uma singular capacidade intelectual. Essa visão pode também sugerir que as ideias científicas surgem "prontas" para os "gênios", retirando da ciência o caráter de esforço cotidiano como o de tantas outras profissões. Nas palavras do historiador da ciência Roberto Martins:

> Os pesquisadores formulam hipóteses ou conjecturas a partir de ideias que podem não ter qualquer fundamento, baseiam se em analogias vagas, têm ideias preconcebidas ao fazerem suas observações e experiências, constroem teorias provisórias que podem ser até mesmo contraditórias, defendem ideias com argumentos que podem ser fracos ou até irracionais, discordam uns dos outros em quase tudo, lutam entre si para tentar impor suas ideias. As teorias científicas vão sendo construídas por tentativa e erro, elas podem chegar a se tornar bem estruturadas e bem fundamentadas, mas jamais podem ser provadas (MARTINS, 2006, p. xix).

3) Abordagem das ideias / descobertas

Tabela 5 – Abordagem das ideias/ descobertas.

3. Abordagem das ideias / descobertas	**LD1**		**LD2**		**LD3**		**LD4**		**LD5**		**LD6**	
Menção a uma ideia científica	169	94	59	96	41	85	63	87,5	72	90	212	99
Descrição de uma ideia científica	10	6	2	4	7	15	9	12,5	8	10	2	1
Totais	179	100	61	100	48	100	72	100	80	100	214	100

Os resultados obtidos mostram o predomínio da simples menção às ideias científicas, em relação a descrições das ideias em sua construção histórica. Os trechos selecionados a seguir são exemplos de menções a ideias científicas, que não se fazem acompanhar de maiores explicações a respeito de como foram geradas, quais os questionamentos que conduziram a elas, etc. O primeiro foi extraído do LD6:

> A descoberta do oxigênio, por exemplo, foi reivindicada por três químicos: o sueco Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), que gerou tal gás entre os anos de 1770 e 1773; o inglês Joseph Priestley (1733-1804), que preparou o gás em 1774, provavelmente sem conhecer o trabalho de Scheele; e o francês Lavoisier, que explicou a combustão pelo oxigênio. (p. 17)

Outro trecho, do mesmo livro:

> O físico e químico irlandês Robert Boyle foi quem iniciou o estudo da relação entre o volume de um gás e sua pressão. Além de perceber que, quando se aumenta a pressão sobre um gás, observa-se um decréscimo no volume, o cientista também notou que o produto entre pressão e volume é aproximadamente constante. Todas as substâncias gasosas apresentam essa regularidade, que ficou conhecida como **Lei de Boyle** (p. 123, grifo do autor).

A maioria das menções relativas a descobertas ou outros tipos de ideias científicas segue o padrão ilustrado por esses dois trechos. Os fragmentos transcritos a seguir, por sua vez, fornecem exemplos do que consideramos como **descrição** de ideias científicas:

> Esse [*i. e.*, o gás carbônico] foi o primeiro gás a ser isolado e a ter suas propriedades determinadas, o que foi feito pelo escocês Joseph Black (1728-1799). Black fez reagir ácido com magnésia (carbonato de magnésio) [$MgCO_3$], obtendo um sal e um gás, o que foi chamado "ar fixo", uma vez que, de alguma forma, estaria "preso" à substância sólida utilizada. Esse gás também foi obtido pelo aquecimento da magnésia. Estudando as propriedades do "ar fixo", Black observou que se tratava de um gás diferente do "ar" já conhecido, pois não mantinha a chama de uma vela. Além disso, quando se colocava água de cal (solução de hidróxido de cálcio) em um frasco com esse gás, ocorria a formação de um sólido branco. Desse modo, Black também demonstrou que o "ar fixo" possuía grande semelhança com o ar expirado pelos seres vivos (LD5, p. 239).

A seguir um trecho extraído do livro LD4:

> Na noite de 8 de novembro de 1895, Wilhelm C. Röntgen estava trabalhando com uma válvula de Hittorf que tinha coberto totalmente com uma cartolina negra. A sala estava inteiramente às escuras. A certa distância da válvula havia

> uma folha de papel, usada como tela, tratada com platinocianeto de bário. Para seu espanto, Röntgen viu-a brilhar, emitindo luz. Alguma coisa devia ter atingido a tela para que ela reagisse dessa forma. A válvula de Röntgen, entretanto, estava coberta por uma cartolina negra e nenhuma luz ou nenhum raio catódico poderia ter escapado dali. Surpreso e perplexo com fenômeno, Röntgen decidiu pesquisá-lo mais a fundo. Virou a tela, de modo que o lado sem o platinocianeto de bário ficasse voltado para a válvula; mesmo assim, a tela continuava a brilhar. Então ele afastou a tela para mais longe da válvula e o brilho persistiu. Depois, colocou diversos objetos entre a válvula e a tela e todos pareceram transparentes. Quando sua mão escorregou em frente à válvula, ele viu os ossos na tela. Descobrira "um novo tipo de raio", conforme ele mesmo explicou em sua primeira publicação sobre o assunto (p. 91).

Por último, um trecho extraído do livro LD3:

> Gases de modo geral não conduzem corrente elétrica quando à pressão ambiente. No entanto, no século XIX, os trabalhos de Henrich Geisser (1859), Johann Hittorf e Willian Crookes (1886) mostraram experimentalmente que, quando submetidos a baixas pressões, os gases podem tornar-se condutores elétricos. Para chegar a essa conclusão, eles utilizaram o chamado *tubo de raios catódicos*, isto é, uma ampola de vidro ligada a uma bomba de vácuo que visa diminuir a pressão interna. Nas duas pontas do tubo há extremidades metálicas (chamadas de *eletrodos*) ligadas a uma bateria. Quando a pressão interna chega a cerca de um décimo da pressão ambiente, observa-se que o gás entre os eletrodos passa a emitir uma luminosidade. Quando a pressão diminui ainda mais (cerca de cem mil vezes menor que a pressão ambiente), a luminosidade desaparece, restando apenas uma mancha luminosa atrás do pólo positivo. Os cientistas atribuíram essa mancha a raios (de natureza desconhecida, naquela época) que seriam provenientes do pólo negativo, chamado de *cátodo*. Esses raios foram denominados *raios catódicos* (p. 65, grifos do autor).

A simples menção a uma ideia ou descoberta científica está presente nos livros sempre com incidências superiores a 80%. Estes números apontam para o fato de que a informação histórica apresentada nos livros didáticos é predominantemente ligeira e superficial. A simples menção não favorece reflexões a respeito do processo de construção do conhecimento científico, e em geral servem apenas para apresentar, exemplificar ou reforçar conteúdos.

4) Evolução da ciência

Tabela 6 – Evolução da ciência.

4. Evolução da ciência	LD1		LD2		LD3		LD4		LD5		LD6	
Menção a períodos discretos	6	13	-	-	3	21	6	21	9	33	6	13
Evolução linear e direta	32	71	10	100	11	79	20	69	17	63	38	81
Evolução real	7	16	-	-	-	-	3	10	1	4	3	6
Totais	45	100	10	100	14	100	29	100	27	100	47	100

Os resultados obtidos mostram um pequeno numero de incidências no que diz respeito aos relatos que descrevem a evolução da ciência através de menção a períodos discretos, como nos exemplos que se seguem:

> O mundo científico habituou-se a ver o físico francês Henri Becquerel e o casal franco-polonês Pierre e Marie Curie como os primeiros desbravadores do mundo das partículas radioativas. Isso é verdade em parte – sem as experiências e observações deles e de outros físicos, apresentadas a partir de 1896 na Academia de Ciências de Paris, não haveria oportunidade para novas descobertas e hipóteses. Mas foi o trabalho teórico de dois físicos, Ernest Rutherford, da Nova Zelândia, e Frederic Soddy, da Inglaterra, que efetivamente explicou como ocorrem as atividades radioativas. Entre novembro de 1902 e maio de 1903, eles publicaram uma serie de cinco artigos em que apresentavam a hipótese de que a radioatividade está associada a fenômenos atômicos de desintegração [...] (LD1, p. 78).

> Stahl afirmou que todo material perde algo no processo de queima. E batizou esse material perdido como flogístico, também denominado na época “espírito ígneo”. De acordo com essa teoria, quando um metal era queimado, liberava o flogístico, restando o que eles chamavam de “cal” do metal. O flogístico era considerado um dos elementos constitutivos da matéria, que seria liberado toda vez que o material sofresse combustão ou calcinação (aquecimento em alta temperatura). Para transformar a “cal” em metal, bastava devolver o flogístico por intermédio do carvão [...]. Embora as explicações baseadas na teoria do flogístico fossem razoáveis, ela apresentava incongruências em relação à variação de massa. Mesmo assim, foi aceita durante certo tempo. No século XVIII, surgiram melhores explicações para a combustão. Antoine

> Laurent Lavoisier percebeu a importância do oxigênio para esse processo (LD6, p. 15).

Observa-se que, na maioria das vezes, a evolução da ciência é descrita como um processo linear e direto – como se o conhecimento fosse simplesmente sendo melhorado com o passar do tempo, sem controvérsias ou rupturas. Bizzo (1992) critica essa forma de se introduzir a história da ciência no ensino:

> A primeira questão a ser colocada é a de que a ideia do passado auxiliando a compreensão do presente pressupõe a existência de um *continuum* entre um momento e outro. Em outras palavras, a ideia aplicada ao ensino das Ciências demanda um conceito na qual as teorias de hoje sejam vistas como estreitamente aparentadas com as teorias do passado. A compreensão do passado equivaleria à compreensão de parte significativa do presente (BIZZO, 1992, p. 29).

Os seguintes trechos, extraídos do LD4, são representativos da categoria "evolução linear e direta":

> Após essa descoberta [elétron], **estava provado** que um átomo não é indivisível como imaginavam os filósofos gregos ou como sugeria o modelo de Dalton (p. 65, grifo nosso).

> Assim, ao final do século XIX, com a descoberta do próton e do elétron, já **estava comprovado** que o átomo não é indivisível e que mesmo o modelo de Thomson era incompleto, uma vez que não levava em conta a existência de prótons. Um novo modelo se fazia necessário (p. 66, grifo nosso).

Os termos grifados podem sugerir, implicitamente, algumas concepções inadequadas sobre o processo de construção da ciência. Os estudantes podem assimilar a ideia de um único experimento, em uma determinada data, seria capaz de desestruturar, ou mesmo "derrubar", uma teoria, levando imediatamente a uma outra. Kuhn argumentou que as descobertas "não são eventos isolados, mas episódios prolongados, dotados de uma estrutura que reaparece regularmente" (KUHN, 1998, p. 78). Ou seja, a transformação das ideias científicas não segue automaticamente o resultado de um experimento, e

o uso da palavra “comprovar”, nesse contexto, é problemática. Fourez (1995) resume, de maneira didática, essa questão:

> Uma experiência – por si – não falseia um modelo, pois não fornece o resultado esperado, pode-se sempre atribuir esse fracasso a perturbações de várias ordens ou a outras *ad hoc*. Assim, se um doente recebe um diagnóstico de “gripado”, não é porque certos sintomas não se encaixam tão facilmente no “modelo” “gripe” que um médico abandonará de imediato essa hipótese. Ou, se a aceleração de um objeto, contrariamente ao modelo, não é constante, posso atribuir a esse fenômeno, por exemplo, a fricção do ar. O fracasso do modelo diante da experiência não implica automaticamente sua rejeição (FOUREZ, 1995, p. 74).

Mais importante do que apenas enumerar linearmente a sucessão de “descobertas” ou ideias, seria procurar discutir com os estudantes que “a descoberta de um novo tipo de fenômeno é necessariamente um acontecimento complexo que envolve o reconhecimento tanto da existência de algo, como de sua natureza” (KUHN, 1998, p. 81). A simples menção a uma “descoberta” não fornece elementos para que docentes e discentes construam uma concepção plausível de ciência, que lhes dê uma adequada visão a respeito das controvérsias e acontecimentos equívocos que povoam a ciência através dos tempos.

Finalmente, exemplos de alguns relatos históricos que foram classificados como “evolução real da ciência” são citados a seguir:

> A concepção dois alquimistas de um universo vivo e compreendido por meio de signos e símbolos começa a romper-se no século XVII, dando lugar a uma interpretação quantitativa e mecanicista do mundo e da matéria, a interpretação quantitativa foi possível graças ao aprimoramento de instrumentos de medida, como a balança. A interpretação mecanicista baseava-se na ideia de que os fenômenos naturais são regidos por leis que podem ser formuladas matematicamente. Essa concepção de mundo rejeita qualquer interpretação abstrata ou subjetiva dos fenômenos [...] (LD5, p. 15).

> Planck e outros cientistas de sua época tiveram dificuldades em aceitar a teoria quântica, que mudava completamente a maneira de ver os fenômenos em escala atômica. Essa teoria, no entanto, abriria um novo caminho para

entender o átomo, com a proposta de Niels Bohr de um modelo para o átomo (LD4, p. 104)

5) Quem faz a ciência

A Tabela 7 reúne os dados a respeito de a quem os livros didáticos atribuem as transformações na ciência.

Tabela 7 – Quem faz a ciência.

5. Quem faz a ciência	**LD1**		**LD2**		**LD3**		**LD4**		**LD5**		**LD6**	
Personagens individuais	140	85	49	90,7	29	74	48	87	72	95	185	87
Grupos de personagens	19	12	3	5,5	7	18	7	13	2	2,5	24	11
Comunidade científica	6	3	2	3,8	3	8	-	-	2	2,5	3	2
Totais	165	100	54	100	39	100	55	100	76	100	212	100

Verificamos uma elevada incidência (90,7% no LD2, 95% no LD5 e 87% no LD6) da concepção de que a ciência é desenvolvida pelo trabalho de personagens individuais. Vejamos alguns trechos presentes no livro LD2:

> Em 1831, Michael Faraday **descobriu** o fenômeno da indução eletromagnética (isto é, a possibilidade de o magnetismo produzir corrente elétrica), o que possibilitou a construção de motores, geradores e transformadores elétricos (p. 09, grifo nosso).
>
> Pois bem, embora ainda não seja possível controlar todas as doenças, até pouco tempo a situação era bem pior. Esse quadro começou a mudar somente a partir do século XIX, quando Pasteur **verificou** que seres microscópicos – os microrganismos – podiam infectar pessoas e animais, dando origem a diferentes doenças. A partir dessa descoberta, passou-se a desinfetar as mãos e os utensílios que entram em contato com os doentes, o que representou um passo enorme em direção ao que hoje chamamos de medicina preventiva (p. 49, grifo nosso).
>
> Em 1932, o cientista James Chadwick **provou** que o núcleo, além de prótons (que são positivos), existem também partículas sem carga elétrica, que por esse motivo foram denominadas nêutrons – confirmando-se assim a existência da terceira partícula subatômica. De certa maneira, os nêutrons “isolam” os

> prótons, evitando suas repulsões e o consequente "desmoronamento" do núcleo (p. 89, grifo nosso).

Por outro lado, a ideia de que a atividade científica resulta da colaboração entre os cientistas, ou por uma comunidade, tem destaque relativamente menor. Como exemplos de grupos de personagens da ciência, utilizamos alguns fragmentos do livro LD4:

> 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 grande máquina, precisa e exata. **Gassendi e Mersenne**, filósofos que influenciaram Galileu, foram os primeiros a retomar a hipótese de que a matéria seria constituída por partículas (os átomos). Gerações posteriores de físicos e filósofos importantes como **Galileu, Newton e Boyle** usaram essa hipótese atomista na explicação de propriedades dos materiais (p. 87, grifos nossos).

> As propostas para a existência dessas partículas [prótons, nêutrons e elétrons] forma sendo elaboradas na tentativa de explicar resultados de experimentos feitos ao longo do século XIX e início do século XX. Em 1911, já se conhecia a existência de elétrons e prótons, mas não se tinha uma ideia precisa sobre como essas partículas se distribuíam no átomo. Como resultado dos experimentos realizados desde 1909 **por Geiger e Marsden, sob a sua supervisão, Rutherford** foi capaz de elaborar esse novo modelo para o átomo, introduzindo ideias que seriam preservadas em modelos posteriores – a existência do núcleo atômico e da eletrosfera. **Os esforços desses pesquisadores resultaram** no desenvolvimento de métodos mais modernos de contagens de partículas radioativas, que culminaram no desenvolvimento do contador Geiger, que recebeu esse nome em homenagem ao aluno de Rutherford (pp. 95 – 96, grifos nossos).

> A partir da segunda metade do século XIX, os químicos começaram a usar fórmulas como uma representação espacial da molécula que poderia explicar várias propriedades das substâncias. As formulas químicas passavam a representar não só as quantidades que se combinavam mas também o retrato da realidade molecular, permitindo antever como os átomos que constituíam a molécula estavam distribuídos no espaço e de que forma ligavam se uns aos outros. É interessante observar que, durante a segunda metade do século XIX, o esforço criativo de químicos como **Kekulé, Le Bell, Van´t Hoff**, etc. permitiu

> que se passasse a “enxergar” essa realidade molecular, a despeito do fato de não haver nenhuma evidência direta de que ela realmente existe (p. 199, grifo nosso).

Finalmente, para exemplificar alguns dos escassos relatos da contribuição de comunidades científicas, foram escolhidos os trechos a seguir:

> No século XVI, na Europa, os pesquisadores abandonaram o sonho dos alquimistas e partiram para caminhos realistas e úteis, como o da produção de medicamentos – principal objetivo da iatroquímica, na qual se distinguiu o médico Paracelsus (1493 -1541). Com isso, novas substâncias, novas aparelhagens e técnicas foram surgindo. Um fato importante dessa época foi o aparecimento das primeiras sociedades cientificas, formadas por pesquisadores que se reuniam para trocar informações sobre suas descobertas (LD2, p. 51).

> Na China, as especulações dos alquimistas conduziram ao domínio de muitas técnicas de metalurgia e a descoberta da pólvora. Os chineses foram os inventores dos fogos de artifício e os primeiros a usar a pólvora em combates no século X (LD3, p. 08).

> Acredita-se que os alquimistas nunca foram bem sucedidos em transformar metal em ouro. Apesar disso, deixaram um rico legado. Na tentativa de provar suas crenças, examinaram e testaram praticamente todas as substâncias conhecidas, desenvolvendo assim boa quantidade de conhecimentos básicos relativos às propriedades de várias drogas e compostos químicos (LD5, p. 13).

> Para padronizar as medidas e facilitar o comércio de mercadorias entre diferentes povos, em 1789 a Academia de Ciência da França criou o Sistema Métrico Decimal (inicialmente com três unidades básicas: o metro, o litro e o quilograma), oficializado em 1960 como Sistema Internacional de Unidades, identificado pela sigla SI (LD6, p. 94).

> As diferenças entre os diversos sistemas de medida criavam obstáculos na comunicação científica. Por essa razão, no século XVII, cientistas europeus mostravam a importância de um sistema de medidas que fosse adotado pelas diversas nações. Por recomendação da Academia Francesa de Ciências, em 1799 adotou-se como unidade de comprimento o metro, cuja definição estabeleceu que equivaleria à décima milionésima parte da distância do pólo Norte ao equador, pelo meridiano que passa por Paris (LD1, p. 137).

Em algumas passagens, os livros didáticos citam dois personagens trabalhando sobre a mesma questão, enfatizando todavia a independência de seus trabalhos. Nesses casos, considerou-se que a ocorrência se referia a cientistas individuais, não se caracterizando a colaboração, conforme mostram os exemplos:

> J. H. Van´t Hoff e T. A. Le Bel, trabalhando independentemente, propuseram a noção de carbono tetravalente, isto é, o carbono permaneceria no centro de um tetraedro retangular e os átomos ligados a ele permaneceriam nos vértices do tetraedro (LD1, p. 187).

> Para melhor explicar os ácidos e bases em 1923, o dinamarquês Johannes Nicolaus Brönsted (1879 – 1947) e o neozelandês Thomas Martin Lowry (1874 – 1936) propuseram, de forma independente, uma nova teoria que ficou conhecida como teoria de Brönsted – Lowry (LD6, p. 456).

A caracterização mais adequada do empreendimento científico deveria incluir seu caráter coletivo, procurando fazer com que os alunos compreendessem que o conjunto de conhecimentos, procedimentos, ferramentas e costumes característicos do fazer científico atual resultam da dinâmica da comunidade de pesquisadores, como sugere Martins:

> Nosso conhecimento foi sendo formado lentamente, através da contribuição de muitas pessoas sobre as quais nem ouvimos falar e que tiveram importante papel na difusão e aprimoramento da ideias dos cientistas [ou filósofos, ou pensadores] mais famosos, cujos nomes conhecemos (MARTINS, 2006, p. xviii).

Ocorrências classificadas na categoria “comunidade científica” podem contribuir para desenvolver a ideia de que quem faz ciência também está inserido em um grupo, ou comunidade, de pessoas que trabalham com os mesmos objetivos. Entretanto, o LD4 não possui nenhum relato que faça referência a esse aspecto; nos demais livros, a porcentagem de ocorrências que podem ser classificadas nessa categoria é sempre muito reduzida.

Menos grave, porém merecedor de atenção, é o uso anacrônico do termo “cientista” para designar alguns personagens do passado. Vale lembrar que esse termo somente foi cunhado por volta de 1833, por William Whewell (1794 – 1866) (CABRAL, 1998). Assim, soam inadequadas qualificações como as que constam nos seguintes exemplos:

> Talvez você conheça a história do **cientista grego** Arquimedes, que, há cerca de 2000 anos, conseguiu resolver um problema que lhe fora proposto pelo rei Heron, de Siracusa. Esse rei mandara confeccionar uma coroa de ouro e suspeitava que o ourives o tivesse enganado, fazendo-a de material inferior e apenas recoberta de ouro. Heron incumbiu então Arquimedes de descobrir se a coroa era de ouro maciço (LD5, p. 59, grifo nosso).

> Outros cientistas valeram-se do estudo da eletricidade para explicar, inclusive, as sensações humanas. Naquela época, o modelo da função cerebral era baseado nas ideias do filósofo e **cientista francês** René Descartes (1596 – 1650), que propôs a ideia do arco reflexo analisando os movimentos involuntários do corpo humano quando, por exemplo, alguém queima a mão ou o pé (LD1, p. 485, grifo nosso).

O risco, nesse caso, seria sugerir que o fazer científico sempre foi igual ao longo da história, ou seja, que os “cientistas” do passado agiam e pensavam como os cientistas do presente. O uso de termos como “filósofos”, “pensadores”, etc., ajudaria a sugerir que a produção de conhecimento nem sempre foi idêntica ao que é feito na atualidade. Afinal,

> A pretensão de julgar a verdade de outro sistema a partir do conhecimento científico (e mais amplamente, desde o que tradicionalmente considerou-se como racional na cultura ocidental) parece arbitrário e suspeito de algum tipo de imperialismo cultural (CUPANI, 2004, p. 16).

6) Materiais utilizados para apresentar a informação histórica

Na próxima tabela estão os dados relativos aos materiais utilizados pelos autores dos livros didáticos na apresentação dos conteúdos históricos.

Tabela 8 – Materiais apresentados.

6. Materiais apresentados	LD1		LD2		LD3		LD4		LD5		LD6	
Imagens de personagens	36	94	20	55,5	27	84	29	71	1	17	59	82
Imagens de equipamentos	1	3	3	8,3	-	-	1	2	1	17	10	14
Documentos / textos originais	1	3	3	8,3	-	-	6	15	-	-	1	1
Descrição de experimentos históricos	-	-	3	8,3	4	12,5	5	12	-	-	-	-
Fontes secundárias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Outros (selos, cédulas, poesias, etc.)	-	-	7	19,6	1	3,5	-	-	4	66	2	3
Totais	38	100	36	100	32	100	41	100	6	100	72	100

Entre os materiais utilizados pelos autores para apoiar a abordagem histórica, predominam, em quatro dos cinco livros analisados, as imagens dos personagens da ciência. Excetua-se neste caso o LD 5, em que há apenas seis ocorrências dos materiais considerados nesta dimensão – sendo que quatro delas não se encaixam em nenhuma das categorias mais comuns: uma figura (faraó Akhenaton) do Museu do Cairo (p. 10); uma tábua grega de argila do século VI a.C. (p.10); uma figura de uma caverna da Idade da Pedra Polida (p. 11) e uma figura a respeito da alquimia (p. 13).

O que mais chama a atenção nesta dimensão de análise é a escassez de fontes primárias (documentos originais ou traduzidos, de autoria dos próprios homens e mulheres de ciência). Embora a consulta a esses documentos seja absolutamente necessária para o trabalho do historiador da ciência, essa necessidade parece não ter sido sentida pelos autores de livros didáticos. Na opinião de Martins (2001):

> A história da ciência não é feita simplesmente de opiniões, repetições e boatos, ela é desenvolvida a partir do estudo de *documentos*. Uma biblioteca cheia de documentos antigos representa, para o historiador, aquilo que o laboratório representa para o físico atual: é o modo de testar ideias, de verificar até que

> ponto uma hipótese ou teoria está de acordo com os fatos. Se queremos saber se o pensamento de Aristóteles exerceu profunda influência no mundo ocidental do século IV a. C. até o século XVII, devemos examinar documentos desse período e procurar indícios a favor ou contra essa ideia (MARTINS, 2001, p. 115).

A não utilização de fontes primárias aumenta o risco de se cometer erros de interpretação históricos, e também o de perpetuar interpretações equivocadas feitas no passado. Nesse sentido, não é difícil encontrar verdadeiros "mitos" a respeito da história da ciência em manuais didáticos, repetidos por sucessivas gerações de autores. Esse fenômeno indica uma tendência de os livros didáticos copiarem seus antecessores – muitas vezes, de maneira acrítica (RAMBERG, 2000).

7) Contextos aos quais a informação histórica está relacionada

Outra dimensão relevante relaciona-se a verificar se as informações históricas são inseridas em algum contexto mais amplo. Os resultados estão representados a seguir.

Tabela 9 – Contexto da informação histórica.

7. Contexto da informação histórica	**LD1**		**LD2**		**LD3**		**LD4**		**LD5**		**LD6**	
Científico	89	90	21	80,7	30	81	34	82	37	92,5	68	88,3
Tecnológico	4	4	1	3,8	2	5,4	1	2	-	-	4	5,2
Social	2	2	4	15,5	1	2,7	5	12	1	2,5	5	6,5
Político	3	3	-	-	1	2,7	1	2	-	-	-	-
Religioso	1	1	-	-	3	8,2	1	2	2	5	-	-
Totais	99	100	26	100	37	100	42	100	40	100	77	100

Os resultados obtidos revelam uma incômoda escassez de contextualização nas informações históricas. Todos os livros possuem conteúdos relacionados à história da ciência predominantemente inseridos dentro de contextos científicos, sempre com mais de 80% das ocorrências nessa categoria. Os aspectos sociais, políticos e religiosos relacionados à atividade científica foram pouco mencionados, o que pode sugerir ao leitor que

a ciência é um produto elaborado em um ambiente isolado da sociedade, à margem das contingências da vida cotidiana. Portanto é necessário, sempre que possível e respeitando também os conceitos científicos de cada época, explorar outros contextos na história da ciência que não seja apenas o científico. Dessa maneira, os alunos poderiam alcançar um entendimento mais completo a respeito das complexas inter-relações entre a ciência e a sociedade em seu entorno.

8) Consistência interna do livro, em relação à informação histórica

Outra dimensão de análise sugerida por Leite (2002) se refere à distribuição das ocorrências relacionadas à história da ciência ao longo dos diversos capítulos dos livros didáticos. Na tabela a seguir, assinala-se com um "X" quando um capítulo contém alguma ocorrência (independente de ser uma ou mais ocorrências), e o sinal "-" indica a ausência de conteúdo histórico no capítulo.

Tabela 10 – Distribuição das ocorrências relacionadas à história da ciência.

Capítulos	Livros					
	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6
1	X	X	X	-	X	X
2	X	X	-	-	X	-
3	X	X	X	-	-	X
4	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	-	X
6	X	X	X	X	X	X
7	X	X	X	X	X	X
8	X	-	X	-	X	X
9	X	X	-	X	X	X
10	X	-	X	X	X	X
11	X	X	X	X	X	X
12	X	Total LD2 = 11 capítulos	-	X	X	-
13	X		X	X	X	X
14	X		X	X	X	X
15	X		X	X	X	X
16	Total LD1 = 16 capítulos		Total LD3 = 15 capítulos	-	X	-
17				Total LD4 = 16 capítulos	-	X
18					-	X
19					-	X
20					-	X
21					-	X
22					-	X
23					-	-
24					X	X
25					-	X
26					X	X
27					-	Total LD6 = 26 capítulos
28					X	
29					-	
30					X	
31					-	
32					X	
33					-	
					Total LD5 = 33 capítulos	

Em relação a esse aspecto, o LD5 parece se diferenciar, pois nele observamos 14 capítulos (do total de 33) em que não há qualquer referência de caráter histórico. Nos demais livros, observa-se que os conteúdos históricos estão razoavelmente distribuídos ao longo de todo o volume. Essa distribuição mais homogênea parece estar de acordo com a concepção proposta pela historiadora da ciência, Márcia Ferraz, a respeito de como se deveria introduzir a história da ciência no ensino médio de química:

> A História da Ciência deve aparecer em várias etapas do programa, não como tópicos estanques, porém misturada, confundida de modo a fluir com o próprio conhecimento químico; num momento mostrando as várias explicações para um mesmo fato, numa mesma época, para que o aluno possa compreender a elaboração do conhecimento químico e para facilitar a compreensão de determinados conceitos e teoria em diferentes épocas, de modo que o aluno perceba as explicações sendo abandonadas, alteradas ou mesmo retomadas, evidenciando-se assim, o dinamismo do processo de elaboração da ciência (FERRAZ, 1989, p. 78).

O que se observa, porém, é que embora a história da ciência seja citada ao longo de muitos capítulos, a desejada integração com o desenvolvimento do conteúdo químico é exceção, prevalecendo uma separação entre a informação histórica e o conteúdo químico.

9) Outros aspectos analisados

Além das dimensões de análise desenvolvidas a partir do instrumento proposto por Leite, foram investigados também outros aspectos. Um deles surgiu da observação de que alguns períodos históricos eram mais frequentemente citados nos relatos presentes nos livros, enquanto outros raramente eram mencionados. A partir dessa constatação, buscou-se quantificar a ocorrência dos diferentes períodos históricos na amostra analisada. Esse levantamento é apresentado na tabela a seguir, na qual o sinal "-" indica ausência de citação ao período correspondente.

Tabela 11 – Relação de períodos correspondentes às informações históricas. Incidências e porcentagem.

Séculos citados nas informações históricas	**LD1**		**LD2**		**LD3**		**LD4**		**LD5**		**LD6**	
XX a.C.	-	-	1	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-
XV a.C.	-	-	2	3,3	-	-	-	-	-	-	-	-
X a.C.	-	-	-	-	1	1,8	-	-	-	-	-	-
VI a.C.	1	0,9	-	-	-	-	-	-	2	3	1	0,8
V a.C.	-	-	1	1,6	1	1,8	1	2	2	3	1	0,8

IV a.C.	-	-	2	3,3	2	3,7	3	6	1	1,5	1	0,8
II a.C.	1	0,9	-	-	-	-	1	2	1	1,5	1	0,8
III d.C.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,5	-	-
IV d.C.	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-
VIII d.C.	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-
X d.C.	-	-	-	-	1	1,8	-	-	-	-	-	-
XIII d.C.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,8
XIV d.C.	-	-	1	1,6	-	-	-	-	1	1,5	-	-
XV d.C.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,5	-	-
XVI d.C.	2	1,8	3	5	3	5,6	1	2	3	4,5	2	1,6
XVII d.C.	7	6	5	8,3	10	18,5	1	2	5	7,5	7	5,6
XVIII d.C.	13	11,6	10	16,7	7	13	8	16	13	19	10	8
XIX d.C.	55	48,8	25	41,7	16	29,6	20	40	29	43	46	36,8
XX d.C.	34	30	10	16,7	13	24	13	26	8	11,9	55	44
Totais	113	100	60	100	54	100	50	100	67	100	125	100

Observa-se, em todos os livros, pequeno número de referências a episódios históricos anteriores ao século XV da Era Cristã. O número de ocorrências vai aumentando à medida que se aproximam os séculos XVI e XVII. Como tendência geral, o período que apresenta maior número de ocorrências é o século XIX (aproximadamente de 30 a 49% de episódios do século XIX sobre o total de ocorrências) Apenas no LD6 o século XX aparece com maior número de citações (44% do total) do que o século precedente. O número de ocorrências relativas ao século XVIII também é significativo em todos os livros analisados. Esse resultado já era esperado, em função dos conteúdos que habitualmente são trabalhados no ensino de química em nível médio. Uma questão que se abre para discussão seria a conveniência de se trazer para o ensino médio os temas que caracterizam a química no século XX e início do século XXI (vide, por exemplo, TOMA, 2004). Não entraremos, porém, nessa discussão, que fugiria ao escopo desta dissertação. Outro aspecto que pode ser mencionado, em relação aos episódios históricos presentes nos livros didáticos, é a predominância da abordagem centrada na Europa e EUA. A preocupação em destacar o desenvolvimento da ciência no Brasil, ou no contexto latino-americano, é ainda muito incipiente.[1]

Chama a atenção, igualmente, o fato de que, embora presentes na maioria dos capítulos, as informações históricas concentram-se em torno de determinados assuntos, e são bastante exíguas em relação a outros temas. Os

[1] Exemplo de livro didático de química (ainda que voltado a disciplinas introdutórias em nível superior) que dá destaque a cientistas latino-americanos, e brasileiros em particular, é: Garritz, A.; Chamizo, J. A. *Química*. São Paulo: Pearson, 2002.

assuntos que reúnem maior quantidade de informações históricas, em todos os livros analisados, são: modelos atômicos / estrutura do átomo, e tabela periódica. Considerando esse destaque, fizemos um levantamento do número de páginas dedicadas a informações históricas sobre esses dois assuntos, nos cinco livros didáticos analisados. Os resultados encontram-se na tabela a seguir.

Tabela 12 – Assuntos com maior quantidade de páginas dedicadas a informações históricas.

Assuntos	**Número de páginas reservadas ao assunto**					
	LD1	**LD2**	**LD3**	**LD4**	**LD5**	**LD6**
Modelos atômicos / estrutura do átomo	17	12	5	17	4	25
Tabela periódica	5	4	7	4	4	4

Os livros LD1, LD2, LD4 e LD6 possuem uma grande quantidade de páginas destinadas a informar aspectos históricos da ciência referentes a modelos ou estrutura do átomo, enquanto LD3 e LD5 trazem um número significativamente menor. No que se refere à história da classificação periódica dos elementos químicos, embora o número de páginas seja menor que aquele dedicado aos modelos atômicos, todos os livros analisados dedicam pelo menos quatro páginas a esse assunto. A exceção é o LD3, em que as sete páginas sobre a história da tabela periódica superam até mesmo as cinco páginas que dedica às transformações históricas dos modelos atômicos.

Existem ainda capítulos que não possuem nenhuma referência à história da ciência. Em geral, a ausência de informações históricas se encontra em capítulos que abordam os seguintes tópicos: transformações químicas (etapas, cinética), funções inorgânicas (ácidos, bases, sais e óxidos), e propriedades dos materiais (densidade, ponto de ebulição, ponto de fusão, etc.).

A análise qualitativa revela que, mesmo em relação aos temas que são discutidos em maior número de páginas, os autores se preocupam mais em destacar como os conceitos atuais foram surgindo ao longo do tempo, transparecendo concepções empírico-indutivistas, do que em apresentar uma visão um pouco mais elaborada a respeito do processo de construção da ciência. Para exemplificar o que acreditamos ser uma abordagem para a

história da ciência mais sintonizada com os objetivos atuais do ensino de ciências, apresentamos no próximo capítulo um estudo de caso, mostrando como a história da química poderia auxiliar na discussão de conceitos e no desenvolvimento de uma visão mais complexa da atividade científica.

6. Propondo um estudo de caso: o Lavoisier que está nos livros didáticos – e o que poderia estar

A abordagem de estudos de casos permite mostrar que o desenvolvimento da ciência é mais complexo do que pode parecer a primeira vista. Para exemplificar isso, escolhemos um personagem cujo nome é bastante conhecido dos químicos, e que aparece em todos os livros didáticos analisados: Antoine Laurent Lavoisier. Recente levantamento feito por Costa e colaboradores (2006), apresentado no *XIII Encontro Nacional de Ensino de Química*, mostrou que os estudantes dos períodos iniciais do curso de química da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) têm poucos conhecimentos sobre Lavoisier e suas contribuições para a química. Outro levantamento, feito por Cheloni e colaboradores (2006) entre alunos de licenciatura em química do IQ–USP, revelou situação semelhante. Assim, observa-se que as informações que chegam aos alunos de ensino médio sobre Lavoisier permanecem em nível superficial, evidenciando a necessidade de um estudo mais aprofundado que justifique a importância das contribuições de Lavoisier.

Nesse sentido, foi investigado inicialmente como os livros didáticos descrevem Lavoisier e sua obra científica. Em seguida, esses relatos foram confrontados com as próprias palavras de Lavoisier expressas em seu *Traité élémentaire de chimie*, de 1789 (para esta investigação foi utilizada a tradução inglesa, *Elements of Chemistry*, de 1790). A partir do confronto das ideias presentes nos dois tipos de textos, dos conteúdos didáticos e fragmentos extraídos da fonte primária, o presente estudo de caso se propõe a esclarecer alguns equívocos e omissões relevantes, bem como destacar também aspectos positivos presentes nos relatos dos livros recomendados pelo PNLEM.

Inicialmente, voltamos nossa atenção à questão da conservação das massas, que é abordada nos seis livros analisados. O fragmento a seguir, extraído do LD2, é representativo:

> No final do século XVIII, o cientista Antoine Lavoisier realizou uma série de experiências em recipientes fechados (para que não entrasse nem escapasse nada do sistema em estudo) e efetuando pesagens com balanças mais precisas do que as [balanças] dos cientistas anteriores [*em referência a Paracelso e Boyle*], concluiu: no interior de um recipiente fechado, a massa total não varia, quaisquer que sejam as transformações que venham a ocorrer nesse espaço. Tal afirmativa ficou conhecida como lei de Lavoisier (ou lei da conservação da massa ou lei da conservação da matéria) (LD2, p. 52).

Nessa descrição, observamos a valorização do trabalho experimental de Lavoisier como parte de um processo de indução da lei da conservação da massa. O trecho seguinte foi extraído do LD3:

> Entre esses cientistas, um dos mais importantes foi o francês Antoine Laurent Lavoisier. Seus trabalhos, realizados no século XVIII, foram tão importantes que alguns o consideram o "pai da química". Entre suas contribuições, a mais conhecida e relevante é a Lei da Conservação da Massa, enunciada por ele após realizar inúmeras reações químicas dentro de recipientes fechados (LD3, p. 46).

A ideia de um método empírico-indutivista continua presente. Entretanto, o autor não citou a questão da precisão das balanças. O LD4, por sua vez, não descreve como teria sido a elaboração da lei da conservação da massa, mas destaca uma célebre frase atribuída a Lavoisier:

> A conservação da massa é uma forte evidência a favor da ideia de que nas reações químicas a matéria não é criada nem destruída, mas apenas se transforma por meio do rearranjo dos átomos que a constituem. Lavoisier (1743 – 1794), ao enunciar esse princípio, teria dito que "**na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma**" (LD4, p. 144, grifo nosso).

Além disso, o LD4 cita outras ideias associadas a Lavoisier, como uma breve menção ao calórico:

> Um corpo a maior temperatura possuía mais calórico do que um corpo a menor temperatura. Lavoisier (1743 – 1794), por exemplo, listava o calórico como uma das substâncias simples elementares. Hoje sabemos que uma substância pode conter energia, mas não calor (LD4, p. 242).

e também cita o desenvolvimento de uma nova nomenclatura:

> Uma das principais contribuições de Lavoisier à química, que ajudou a incorporar definitivamente seu sistema de pensamento a essa ciência e a superar a teoria do flogístico, foi a elaboração de uma nomenclatura sistemática, baseada em critérios racionais (LD4, p. 285).

O LD5 se diferencia por apresentar um texto mais longo a respeito de Lavoisier e seu trabalho, que é transcrito a seguir:

> Intrigado com essas questões [*relativas ao aumento da massa quando se queimavam metais*], Lavoisier começou a realizar, em 1772, uma série de experiências utilizando balanças mais precisas. Em uma delas, colocou estanho em um recipiente e, depois de lacrá-lo, determinou sua massa. Em seguida, aqueceu o recipiente até que todo o estanho se transformasse em pó calcinado.
>
> Após a reação, ao medir novamente a massa do recipiente, Lavoisier verificou que a massa não se alterara. Rompendo o lacre, percebeu o ruído do ar penetrando no recipiente. Tornou a medir a massa e, desta vez, verificou que ela aumentara.
>
> Com essas observações, Lavoisier concluiu que o aumento da massa só poderia ser atribuído ao ar que penetrara no recipiente quando o abrira. Essa massa de ar, portanto, teria substituído o ar originalmente contido no recipiente fechado e que deveria ter sido consumido na calcinação.
>
> Lavoisier realizou outras experiências e, com a análise dos dados experimentais, supôs que em toda combustão há união da substância com um tipo de gás, que ele chamou inicialmente ar vital. Ele observou que o ar vital era melhor que o gás atmosférico para a respiração dos animais e para a manutenção da combustão. Posteriormente deu-lhe o nome de gás oxigênio.
>
> Suas meticulosas experiências lhe permitiram concluir também que a massa total dos produtos de uma reação é exatamente igual à dos reagentes que o formaram. Ou seja, a transformação química sofrida pelas substâncias não provoca nenhuma alteração de massa do sistema. Assim, estabeleceu a Lei da Conservação da Massa, dizendo: nada se cria nas operações técnicas ou naturais e pode-se admitir como um axioma que em toda operação existe a mesma quantidade de matéria antes e depois da operação. Hoje, isso parece muito evidente. Mas naquela época foi algo complicado e sujeito a várias interpretações discordantes.

> Essas e outras descobertas assinalaram o fim da teoria do flogístico, que foi descartada definitivamente com a apresentação feita por Lavoisier em 1783, *Réflexions sur le phlogistique*, um dos mais notáveis documentos da história da química (LD5, pp. 104 – 105, itálico do autor).
>
> Uma das razões da permanência do Tratado elementar é a nomenclatura química moderna que Lavoisier criara em 1787 em colaboração com os químicos Claude Berthollet, Louis-Bernard Guyton de Morveau e Antoine de Fourcroy (LD5, p. 106).

Nesse trecho, verifica-se uma descrição histórica mais detalhada. Há, por exemplo, a descrição de experimentos da época, ausentes dos três livros anteriores. Também se informa a respeito do "ar vital" ou "oxigênio", bem como de uma obra de Lavoisier a respeito do flogístico. Finalmente, na página 106, valoriza-se a nomenclatura química, mencionando que ela foi elaborada em conjunto com outros pesquisadores contemporâneos, ou seja, como um empreendimento coletivo.

No LD6, há várias menções às contribuições de Lavoisier:

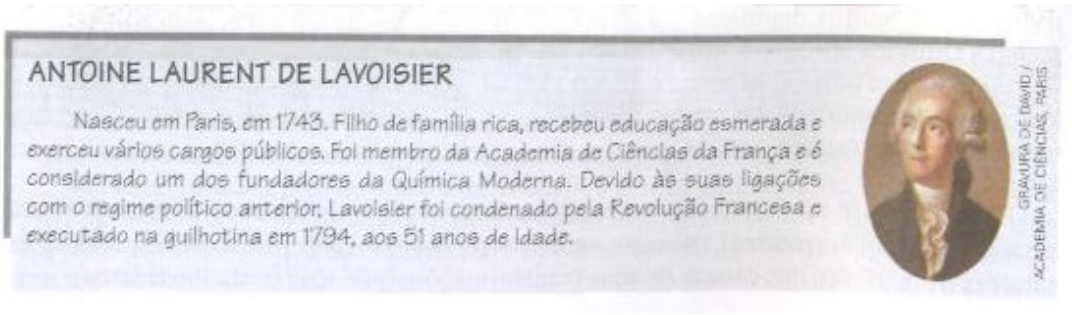
> A partir de experiências bem elaboradas e controladas, utilizando balanças de alta precisão (cuja sensibilidade e precisão poderiam rivalizar com algumas balanças modernas), ele mediu a variação da massa durante a combustão de diversas substâncias. Os resultados de seus experimentos demonstraram que havia conservação da massa durante as reações e permitiram que ele demonstrasse que a queima é uma reação com o oxigênio e que a cal metálica da teoria do flogístico era, na verdade, uma nova substância.
> Lavoisier contribuiu de maneira significativa não só para **derrubar** a teoria do flogístico, mas para estabelecer um novo método de investigação que caracterizou o nascimento da Química como ciência experimental (pp.15-16, grifo nosso).
>
> Os historiadores divergem quanto ao período e aos fatos que marcaram a Revolução Química. Porém, muitos concordam que essa revolução culminou com a publicação do trabalho de Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie* (Tratado elementar de química), em 1789.
> Podemos destacar vários fatores que caracterizaram a revolução no conhecimento químico:

-aumento no uso preciso de métodos quantitativos (baseados em medidas quantitativas e não simplesmente em qualidade);
-substituição da teoria do flogístico pela teoria da reação com o oxigênio;
-definição de elemento químico, substância e mistura;
-estabelecimento de um novo sistema de nomenclatura química;
-abandono da ideia ar como elemento.
As explicações que tinham certo caráter "mágico" foram cedendo lugar às explicações científicas, baseadas em experiências. Se considerarmos o trabalho de Lavoisier como marco dessa revolução, a química tem pouco mais de duzentos anos. É uma ciência nova (p. 16).

O químico francês Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), com colaboração de sua esposa Marie Anne, realizou muitas experiências que levaram à seguinte conclusão: a massa antes e depois de qualquer reação é sempre a mesma. Por ter verificado que esse fato se repetia invariavelmente na natureza, concluiu então que se tratava de uma lei (p. 277).

O livro LD6 também fornece alguns detalhes do trabalho de Lavoisier. Além de citar a influência do trabalho de Lavoisier sobre a teoria do flogístico (embora o uso da expressão "derrubar" possa sugerir ao aluno uma versão ingênua do "falseamento" popperiano), o uso cuidadoso de balanças, e a nova nomenclatura, encontram-se também informações relacionadas à nova definição de elemento químico. Outro aspecto que merece destaque é a referência ao importante papel da esposa de Lavoisier, valorizando a participação da mulher na ciência.

A falta de contextualização em alguns dos livros pode ser observada também pela escassez de dados biográficos. Em LD2, por exemplo, todas as informações biográficas sobre Lavoisier estão contidas na seguinte caixa:


ANTOINE LAURENT DE LAVOISIER

Nasceu em Paris, em 1743. Filho de família rica, recebeu educação esmerada e exerceu vários cargos públicos. Foi membro da Academia de Ciências da França e é considerado um dos fundadores da Química Moderna. Devido às suas ligações com o regime político anterior, Lavoisier foi condenado pela Revolução Francesa e executado na guilhotina em 1794, aos 51 anos de idade.

GRAVURA DE DAVID / ACADEMIA DE CIÊNCIAS, PARIS

Ilustração 1 – Dados da vida de Lavoisier apresentados no livro LD2 (p. 52).

Observam-se alguns aspectos de sua vida profissional e a descrição de sua trágica morte.

O LD6 também usa o recurso da caixa para apresentar dados biográficos sobre Lavoisier:

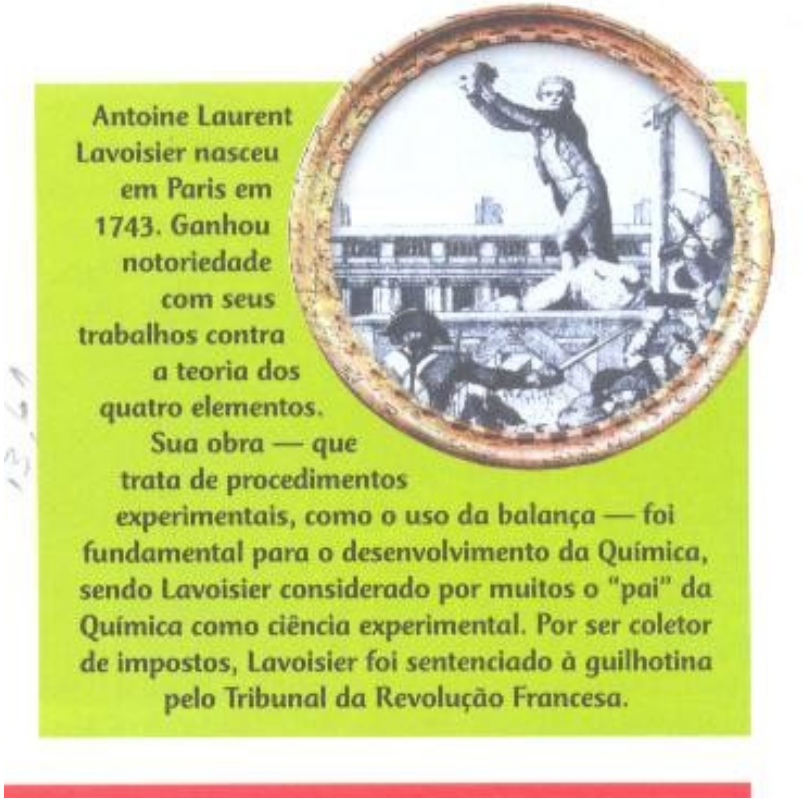

Antoine Laurent Lavoisier nasceu em Paris em 1743. Ganhou notoriedade com seus trabalhos contra a teoria dos quatro elementos. Sua obra — que trata de procedimentos experimentais, como o uso da balança — foi fundamental para o desenvolvimento da Química, sendo Lavoisier considerado por muitos o "pai" da Química como ciência experimental. Por ser coletor de impostos, Lavoisier foi sentenciado à guilhotina pelo Tribunal da Revolução Francesa.

Ilustração 2 – Dados biográficos de Lavoisier presentes no livro LD6 (p. 17).

Neste relato está presente o principal motivo da decapitação de Lavoisier: a sua relação com a coleta de impostos da França. Observa-se, ainda, a menção ao epíteto de "pai da química", que remete a uma concepção historiográfica hoje considerada superada.

A apresentação de alguns aspectos da vida do químico francês pode, de fato, contribuir para que os alunos desenvolvam uma visão que contemple sua dimensão humana – ou seja, como uma pessoa real, e não como um "gênio" idealizado.

6.1. Esboço biográfico de Lavoisier

Antoine Laurent Lavoisier era o filho mais velho do advogado Jean Antoine Lavoisier, casado em 1742 com Emilie Punctis, filha de um também advogado parisiense. Antes de Lavoisier completar cinco anos de idade, sua mãe falece. Assim, Jean, Lavoisier e sua irmã Marie Marguerite, que nascera em 1745, vão para a casa de Madame Punctis, avó materna de Lavoisier. Muito bem educado pela avó, Lavoisier despertou seu interesse pelo estudo aos onze anos de idade, quando foi estudar em um colégio bastante reconhecido e extremamente exigente, que englobava estudos humanísticos, matemáticos e científicos. Em 1761, após concluir o colégio, Lavoisier se dedicou ao Direito. Todavia, não deixou de cultivar seu interesse pelas ciências da Natureza. Conforme narra Filgueiras (2002), Lavoisier:

> Estudou botânica com Bernard de Jussieu (1699 -1777), eletricidade com Jean Antoine Nollet (1700 -1770), matemática e astronomia com Nicolas Louis de La Caille (1713 -1762), mineralogia e geologia com Jean Etienne Guetard (1715 -1786), química com Guillaume François Rouelle (1703 -1770) e anatomia na Escola de Medicina. Também foi importante em sua formação o filósofo Etienne Bonnot de Marly de Condillac (1715 -1780); cuja lógica teve profunda influência na construção de suas teorias (FILGUEIRAS, 2002, p. 33).

Pode-se perceber que Lavoisier teve acesso a uma excelente educação formal, estando a par dos principais desenvolvimentos teóricos de sua época. Seu trabalho, evidentemente, não foi desenvolvido em um “vácuo teórico” baseado apenas em indução e experimentação.

Em 1765, Lavoisier participou de um concurso promovido pela Academia de Ciências de Paris, destinado a premiar a melhor proposta para a iluminação pública de uma grande cidade. Lavoisier dedicou-se com afinco à elaboração de sua proposta, que ao final foi premiada com a medalha de ouro pela Academia. Com a morte da avó materna, Lavoisier tornou-se herdeiro de grande fortuna. Associou-se em seguida à *Ferme Générale*, entidade privada encarregada pelo governo francês de coletar determinados impostos – que, com o passar do tempo, tornou-se temida e odiada pela população. Em 1769, Lavoisier tornou-se membro pleno da Academia de Ciências, após algumas

tentativas frustradas de ascender a esse posto. Dois anos depois, casou-se com Marie Anne Pierrette Paulze, que viria a tornar-se colaboradora em seus trabalhos de pesquisa. Mme. Lavoisier foi responsável pelas ilustrações dos equipamentos de laboratório publicadas no *Tratado Elementar de Química*, e também traduzia os trabalhos dos químicos ingleses, pois "Lavoisier não era versado nesse idioma" (FILGUEIRAS, 2002, p. 39).

Alguns importantes feitos de Lavoisier incluem trabalhos relacionados aos reservatórios de água de Paris, investigações nas áreas de geologia, pneumática e até explosivos (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ, 1993). Inglaterra e França estiveram envolvidas, desde o final do século XVII e ao longo do XVIII, em uma série de guerras relacionadas a suas políticas colonialistas. Por volta de 1763, a Inglaterra havia conquistado vitórias importantes na Índia e no Canadá; entretanto, sucesso parecido não ocorreu nos Estados Unidos da América (MCNEILL, 1972). Com a ascensão de Luís XVI, que reinou na França de 1774 a 1792, seu ministro Jacques Turgot (1727 - 1781) investiu em uma ampla reforma na administração pública. Criou-se uma comissão com o objetivo de desenvolver a fabricação da pólvora, que até então, na França, era de qualidade inferior a de outras potências. Turgot escolheu Lavoisier para ser um dos quatro encarregados dessa empreitada. O talento do químico francês rendeu bons frutos, melhorando a qualidade da pólvora e diminuindo seu preço. A pólvora francesa auxiliou o exército de George Washington na guerra de independência dos EUA contra a Inglaterra, e Lavoisier, de maneira pouco modesta, diria, em 1789, que a liberdade dos EUA se devia a sua pólvora. Mesmo com tão relevantes serviços prestados à França, Lavoisier ficou marcado por sua associação à *Ferme Générale*. Em maio de 1794, em meio às reviravoltas políticas da Revolução Francesa, Lavoisier foi guilhotinado juntamente com outros coletores de impostos (FILGUEIRAS, 2002).

Dentro da rica obra científica de Lavoisier, foram destacados três aspectos que, apropriadamente discutidos, podem ser úteis ainda hoje no contexto do ensino da química em nível médio: (1) conservação da massa; (2) definição operacional de elemento químico; e (3) nova nomenclatura química. Essas ideias serão discutidas a partir do que Lavoisier expressou em seu *Tratado Elementar de Química*.

6.2. Elaboração da ideia de conservação da massa

Os fragmentos extraídos dos livros didáticos fornecem não apenas aspectos do trabalho de Lavoisier, mas também indicações a respeito de concepções sobre a natureza da ciência. Em todos os livros identificamos uma contribuição atribuída a Lavoisier: a lei da conservação da massa. Existe uma menção à definição de elemento químico apenas no livro LD6, enquanto que a elaboração de uma nova nomenclatura é mencionada nos livros LD4, LD5 e LD6. No caso do LD5, o autor cita que a nova nomenclatura foi desenvolvida conjuntamente com outros cientistas que colaboraram com Lavoisier. Todavia, todos os livros sugerem que a lei da conservação da massa teria sido induzida a partir de uma série de observações experimentais. A leitura da obra de Lavoisier, entretanto, nos mostra um panorama bem diferente.

Lavoisier, seguindo tendências filosóficas da época, atribuía grande importância ao que podia ser observado e medido, para a construção do conhecimento científico. A seguinte passagem do *Tratado Elementar* é ilustrativa a esse respeito:

> Quando iniciamos a estudo de qualquer ciência, estamos em uma situação, em relação a essa ciência, semelhante à de uma criança; e o curso pela qual devemos avançar é precisamente o mesmo que a Natureza segue na formação de suas ideias. Na criança, a ideia é meramente um efeito produzido por uma sensação; e, da mesma maneira, ao iniciar o estudo de uma ciência física, *não devemos formar nenhuma ideia que não seja uma consequência necessária, e um efeito imediato, de um experimento ou observação* (LAVOISIER, 1790, p. xvi; grifo nosso).

Para Lavoisier, seria mais importante partir do que já é conhecido para o que é desconhecido, e não da causa aos efeitos. Nesses termos criticou determinadas teorias desenvolvidas por filósofos naturais anteriores: “na ciência da física em geral, os homens têm frequentemente feito suposições, em vez de formar conclusões” (LAVOISIER, 1790, p. xvii). O químico francês foi além, sugerindo o que acreditava ser o método correto de se chegar ao conhecimento:

> Não devemos confiar em nada além dos fatos: estes nos são apresentados pela Natureza, e não podem iludir. Devemos, em todas as instâncias, submeter nosso raciocínio à prova do experimento, e nunca buscar a verdade senão pelo caminho natural do experimento e da observação. Assim os matemáticos obtêm a solução de um problema pela mera combinação de dados, e reduzindo seu raciocínio a passos tão simples, a conclusões tão óbvias, de forma a nunca perder de vista a evidência que os guia (LAVOISIER, 1790, p. xviii).

Essa valorização da observação e da experimentação, porém, não significa que Lavoisier tenha induzido a lei da conservação das massas a partir de um grande número de experimentos. O trecho transcrito a seguir mostra como Lavoisier assumiu a conservação das massas através de um postulado:

> Podemos afirmar, como um *axioma* incontestável, que, em todas as operações da arte e da natureza, nada é criado; uma quantidade igual de matéria existe antes e depois do experimento; a qualidade e a quantidade dos elementos permanecem precisamente as mesmas; e nada ocorre além de mudanças e modificações na combinação desses elementos. Desse *princípio* depende toda a arte de realizar experimentos químicos. Devemos sempre *supor* uma exata igualdade entre os elementos do corpo examinado e aqueles dos produtos de sua análise (LAVOISIER, 1790, pp. 130 – 131; grifos nossos.)

Pode-se observar que Lavoisier claramente apresenta a conservação da massa afirmando-a como um princípio fundamental, o qual deve orientar todos os trabalhos em química. Esse princípio foi postulado *a priori* – contrariando a visão simplista baseada na existência de um método científico indutivo e único como vimos nos relatos presentes nos livros didáticos.

Como curiosidade, vale notar que não é de autoria de Lavoisier o enunciado tantas vezes repetido de que “Na Natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma”. Segundo Vanin (1994), esse seria um resumo do Livro I do poema *De rerum natura*, do filósofo latino Tito Lucrécio Caro (96 – 55 a. C.), que por sua vez seguia as ideias do filósofo atomista grego Epicuro (341 – 270 a. C.). Também é importante salientar que Lavoisier não foi o primeiro a trabalhar com a ideia de que a massa se conserva, pois outros filósofos naturais já haviam admitido isso implicitamente. Entretanto, Lavoisier foi o

primeiro a expressar a conservação das massas explicitamente como um princípio, e a tomar essa ideia como fundamental para o estabelecimento dos estudos em química.

Observa-se também a importância do conceito de elemento que aparece no fragmento citado acima: a conservação da massa é entendida também como conservação dos elementos químicos. A ideia de elemento era discutida desde a Antiguidade; Lavoisier, porém, desenvolveu uma nova definição para o termo, que iria influenciar de maneira importante o desenvolvimento posterior da química.

6.3. A definição operacional de elemento químico

Durante o século XVIII a química tornou-se o centro das discussões da filosofia natural européia. Havia uma quantidade maior de químicos trabalhando, e sua reputação aumentava entre os filósofos. Não havia, porém, um consenso estabelecido em torno de quais seriam os elementos químicos: havia uma variedade de sistemas inspirados nos antigos sistemas dos quatro elementos da tradição aristotélica e dos três princípios paracelsistas, com inúmeras variações (DUNCAN, 1988). Lavoisier era um crítico feroz dessas concepções, pois, como vimos anteriormente, para ele essas ideias estavam mais relacionadas com suposições do que com conclusões:

> É muito notável que, apesar do número de filósofos químicos que apoiaram a doutrina dos quatro elementos, não há quem não tenha sido conduzido pela evidência dos fatos a admitir um número maior de elementos em suas teorias. Os primeiros químicos que escreveram após o renascer das letras, consideraram o enxofre e o sal como substâncias elementares que entrariam na composição de um grande número de substâncias. Daí, em vez de quatro, admitiram a existência de seis elementos. Beccher admite a existência de três tipos de terras – cuja combinação em diferentes proporções ele supôs produzir todas as variedades de substâncias metálicas. Stahl deu uma nova modificação a esse sistema; e os químicos que o sucederam tomaram a liberdade de fazer ou imaginar mudanças e acréscimos de natureza similar. Todos esses químicos foram conduzidos pela influência do gênio da época em

> que viveram, que se contentava com assertivas sem provas; ou, pelo menos, com frequência admitiram como provas os mais ligeiros graus de probabilidade, não apoiados pelas análises estritamente rigorosas que são requeridas pela moderna filosofia (LAVOISIER, 1790, p. xxiii).

Em seguida, Lavoisier afirma que a discussão acerca do número e da natureza dos elementos seria de caráter metafísico, e não poderia ser decidida dentro dos limites da química. Sendo assim, Lavoisier propõe uma definição baseada nos procedimentos realizados pelos químicos:

> Se, pelo termo *elementos* quisermos expressar aqueles átomos simples e indivisíveis dos quais a matéria é composta, é extremamente provável que nada saibamos sobre eles. Entretanto, se aplicarmos o termo elementos [...] para expressar nossa ideia do último ponto que a análise é capaz de alcançar, devemos admitir, como elementos, todas as substâncias nas quais somos capazes, por quaisquer meios, de reduzir os corpos por decomposição [...] E nunca devemos supô-las como compostas, até que o experimento e a observação provem que são (LAVOISIER, 1790, p. xxiv).

Segundo Bensaude-Vincent e Stengers (1992), a novidade dessa definição é que Lavoisier a apresenta como uma alternativa à tradicional definição, considerada metafísica, dos elementos ou princípios como constituintes últimos da matéria: sua nova definição é estritamente operacional, e torna o elemento uma entidade relativa e provisória.

O caminho percorrido por Lavoisier para a construção de uma "nova química" foi longo e complexo, e abrange muitos outros aspectos inter-relacionados que não seria possível aprofundar aqui. Assim, no contexto de suas considerações teóricas e de suas observações experimentais, água e ar deixam de ser considerados elementos – conforme dizia uma tradição secular, e uma nova explicação para a combustão também emergiu. Ao longo do século XVIII, havia se desenvolvido a teoria do flogístico, segundo a qual a combustão consistiria no desprendimento do "princípio da inflamabilidade" (chamado de flogístico) pelos corpos inflamáveis. Dentro desse panorama conceitual se desenvolveram, por exemplo, os trabalhos de importantes químicos pneumaticistas, como Joseph Priestley, Henry Cavendish, e muitos outros. A partir de suas novas ideias, e de experimentos próprios, Lavoisier reinterpretou,

por exemplo, alguns experimentos de Priestley – e identificou o “ar desflogisticado”, descrito por Priestley, com o componente do ar que se combina com os corpos inflamáveis por ocasião da combustão. Surgia, assim, o que poderíamos chamar de “teoria do oxigênio” para a combustão. Além disso, Lavoisier pôde dar novo significado à combinação de “ar inflamável” com “ar desflogisticado”, na qual Cavendish observara a formação de água: para o químico francês, tratava-se da combinação entre dois elementos químicos, o gás hidrogênio e o gás oxigênio. Lavoisier, além de dar novo significado a esse experimento de síntese da água, também realizou sua decomposição: fazendo passar vapor de água pelo interior de um tubo de ferro aquecido ao rubro, ele logrou a obtenção de gás hidrogênio, ficando o oxigênio combinado na forma de óxido de ferro. Esses são alguns dos exemplos que ilustram como a química emergiu, ao final do século XVIII, com uma face bem diferente daquela de meados do setecentos (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ, 1993).

Como vimos, a definição operacional de elemento químico constituiu-se em um dos fundamentos de seu sistema químico, e se manifesta, de maneira evidente, na nova nomenclatura proposta pelo grupo de Lavoisier.

6.4. A nova nomenclatura

A nomenclatura química é outro ponto de fundamental importância no trabalho de Lavoisier. Logo no início do prefácio de seu *Tratado Elementar*, existe uma preocupação em relação à forma com que a química era ensinada:

> [...] tenho imposto para mim, como uma lei, nunca avançar senão do conhecido para o desconhecido; nunca formar uma conclusão que não seja consequência imediata que necessariamente flua de observação e experimento; e sempre organizar os fatos, e as conclusões que derivam deles, de maneira tal a torná-los o mais fácil para que os iniciantes no estudo da química os compreendam completamente. Assim, fui obrigado a abandonar a ordem usual dos cursos, palestras e tratados de química, que sempre admitem como conhecidos os primeiros princípios da ciência – quando nunca se deveria supor que o aluno ou leitor os soubessem, antes que tenham sido explicados em lições subsequentes. Em quase todas as instâncias, eles começam tratando dos

> elementos da matéria, e explicando a tabela de afinidades, sem considerar que, em assim fazendo, devem exibir os principais fenômenos da química logo de início. Fazem uso de termos que ainda não foram definidos, e supõem que a ciência seja compreendida pelas próprias pessoas para quem estão começando a ensinar. Também se deve considerar que se pode aprender muito pouca química em um primeiro curso [...]. É quase impossível tornar-se um químico em menos do que três ou quatro anos de constante dedicação (LAVOISIER, 1790, pp. xviii – xix).

Como se vê, Lavoisier criticava o ensino de química principalmente devido à maneira como era ministrado. Além disso, Lavoisier preocupava-se com o prejuízo provocado pela nomenclatura então utilizada na química:

> A impossibilidade de separar a nomenclatura de uma ciência da própria ciência é devida ao fato de que todo ramo da ciência física deve consistir de três coisas: a série de fatos que são os objetos da ciência, as ideias que representam esses fatos, e as palavras pelas quais essas ideias são expressas. Como três impressões de um mesmo selo, a palavra deve produzir a ideia, e a ideia deve ser uma imagem do fato (LAVOISIER, 1790, p. xiv).

Antes da adoção da nova nomenclatura, cada substância descoberta recebia um nome que poderia se relacionar com seu processo de obtenção, propriedade característica, sua origem ou o nome de pessoas. Diversos nomes eram oriundos de antigas tradições, como da alquimia. Desse modo, não havia uma nomenclatura sistemática e padronizada, o que dificultava o aprendizado da química pelos iniciantes. Alguns exemplos de nomes antigos são citados na Tabela 13.

Tabela 13 – Relação entre nomes antigos de algumas substâncias e a origem dos mesmos.

Nome antigo	Origem do nome	Nome atual
cáustico lunar	Propriedade (cáustico – que queima); origem e composição (analogia entre a prata e a Lua).	nitrato de prata
açúcar de Saturno	Propriedade (sabor adocicado); origem e composição (analogia entre o chumbo e o planeta Saturno).	acetato de chumbo
ar fixo	Propriedade (constituinte de corpos fixos, isto é, não voláteis).	gás carbônico
régulo de antimônio	Ideia de metal como um composto.	antimônio elementar
sal de Glauber	Pessoa e método de obtenção (preparado pelo químico germânico Johann R. Glauber).	sulfato de sódio

Diante dessas dificuldades, um grupo de químicos franceses se dedicou a desenvolver uma metodologia de nomenclatura, constituída por regras que facilitassem sua compreensão. Assim, em 1787, Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1810), Antoine François de Fourcroy (1755-1809), Claude Louis Berthollet (1748-1822) e Lavoisier publicaram o *Méthode de Nomenclature Chimique*, cujo objetivo era sistematizar a nomenclatura química, tomando por base a composição das substâncias. Para isso, os autores se voltaram aos conceitos de classes e de espécies, comumente usados na nomenclatura botânica desde a metade do século XVIII. A esse respeito, Lavoisier escreveu:

> Na ordem natural das ideias, o nome da classe ou *genus* é o que expressa uma qualidade comum a um grande número de indivíduos. O nome da espécie, ao contrário, expressa uma qualidade peculiar a certos indivíduos somente (LAVOISIER, 1790, p. xxvi).

A partir dessas ideias, são definidas as classes de substâncias, baseadas em suas composições elementares. Vejamos, por exemplo, como Lavoisier descreve o método pelo qual ele e os demais autores da nova nomenclatura atribuíram nomes aos óxidos:

> Substâncias metálicas, que foram expostas à ação conjunta do ar e do fogo, perdem seu brilho metálico, aumentam seu peso, e assumem uma aparência terrosa. Nesse estado... são compostos de um princípio que é comum a todos eles, e por um que é peculiar a cada um. Do mesmo modo, portanto, julgamos apropriado classificá-los sob um nome genérico, derivado de um princípio comum; para esse propósito adotamos o termo óxido; e nós os distinguimos pelo nome particular do metal que cada um possui (LAVOISIER, 1790, p. xxviii).

Neste excerto, pode-se perceber que a nomenclatura que atribuímos atualmente aos óxidos metálicos é, essencialmente, a mesma atribuída por esses autores em 1787. Isso não significa que a nova nomenclatura tenha sido universalmente aceita de imediato: “durante ao menos vinte anos a proposta foi objeto de viva controvérsia, especialmente pelas mudanças teóricas e metodológicas que lhe eram subjacentes” (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992, pp. 130 – 131.)

Em suma, há vários aspectos da atividade científica que poderiam ser discutidos com os estudantes a partir desse estudo de caso. Nem sempre a ciência, e particularmente a química, se desenvolve a partir da experimentação (método empírico-indutivo): vimos que Lavoisier parte de um postulado – *a priori* – para estabelecer as bases de uma nova abordagem para a química, centrada na quantificação das massas. Segue-se também a proposição de uma nova definição, de natureza operacional, para o conceito de elemento químico. Percebe-se, nesse ponto, que um termo que vinha sendo utilizado havia muito tempo pelos químicos adquire um novo significado. É preciso ficar atento para compreender como as palavras utilizadas na ciência podem ter seus significados modificados ao longo do tempo, pois, caso contrário, corre-se o risco de interpretações anacrônicas para ideias do passado. Outro ponto importante é o fato de que um conjunto de pesquisadores, do qual Lavoisier fazia parte, elaborou uma nova nomenclatura para as substâncias químicas. Ou seja, observa-se a existência de um esforço conjunto (e não individual, baseado na "genialidade") para a solução de problemas na ciência. Apresentar a dimensão humana dos personagens da ciência pode ajudar os alunos a se identificar com eles, e perceber que também poderão ser capazes de compreender a ciência. Lavoisier, por exemplo, não possuía conhecimento suficiente da língua inglesa, o que o manteve afastado, por um certo período, de alguns desenvolvimentos da química feitos por estudiosos ingleses – até contornar essa dificuldade com a valiosa colaboração de sua esposa. Lavoisier também se frustrou algumas vezes, ao fracassar em suas primeiras tentativas de ingressar na Academia de Ciências francesa. Finalmente, mas não menos importante, podemos apontar que algumas das investigações feitas por Lavoisier – como a melhoria da pólvora francesa, encomendada pelo governo da França – constituem-se em exemplos das interações mútuas entre a ciência e a sociedade na qual se insere.

7. Considerações finais

As informações a respeito da história da ciência, presentes nos livros didáticos, irão influenciar as visões de ciência que serão construídas pelos alunos em seu processo de aprendizagem em ciências – dado a importância do livro didático como referência do saber escolar. Levando em consideração a vida e características dos personagens que fizeram a ciência – analisadas nas duas primeiras dimensões do instrumento utilizado neste trabalho – observamos que a maior parte dos relatos históricos contidos nos livros didáticos estão relacionados a cientistas individuais. Tal abordagem não colabora para o desenvolvimento da concepção de que a ciência é, essencialmente, um empreendimento coletivo. Conforme ressalta Russel (2000):

> A cultura do individualismo na ciência tem conduzido a consistente negligência do fundamental papel da colaboração e trabalho em equipe no convívio dos laboratórios de pesquisa. Infelizmente há uma tendência que sublinha somente o sucesso dos cientistas em detrimento do desempenho de seus colaboradores (RUSSEL, 2000, p. 237).

Consequentemente, a partir somente das informações contidas nos livros didáticos, pode-se construir uma imagem equivocada da atividade científica. Allchin (2004) chama a atenção para o risco representado pela distorção da história da ciência:

> Pseudo-história, assim como pseudo-ciência, utiliza fatos escolhidos que reforçam imagens equivocadas – nesse caso, a respeito da natureza da ciência. Refiro-me, em particular, a histórias que romantizam os cientistas, que exageram o drama de suas descobertas, e que super-simplificam o processo da ciência (ALLCHIN, 2004, p. 179).

Quando Allchin se refere a “pseudo-história”, aponta para problemas cuja natureza é historiográfica. O desconhecimento das profundas

modificações experimentadas pela historiografia da ciência no século XX faz com que educadores em química, em geral, e autores de livros didáticos, em particular, adotem abordagens que não favorecem o alcance dos objetivos educacionais da atualidade. Nas palavras de Martins:

> Assim como existem os professores improvisados de história da ciência, que não tem formação adequada, há os escritores improvisados de história da ciência. São pessoas sem um treino na área, que se baseiam em obras não especializadas (livros escritos por outros autores improvisados), juntam com informações que obtiveram em jornais, enciclopédias e na Internet, misturam tudo no liquidificador (ou no computador) e servem ao leitor desavisado (MARTINS, 2006, p. xxiv).

A simplificação dos episódios históricos – provenientes de fontes com problemas – como a simples enumeração de ideias ou descobertas selecionadas, podem até atrapalhar a compreensão de determinados conceitos científicos, por não propiciarem a compreensão da natureza do conhecimento científico. Martins acrescenta:

> As obras que resultam desse "esforço" transmitem não apenas informações históricas erradas, mas deturpam totalmente a própria natureza da ciência, em vez de ajudar a corrigir a visão popular equivocada a respeito de como se dá o desenvolvimento científico, esses livros e artigos contribuem para reforçar e perpetuar mitos daninhos a respeito dos "grandes gênios", sobre as descobertas repentinas que ocorrem por acaso, e outros erros graves a respeito da natureza da ciência. Os equívocos se propagam através de revistas científicas populares, dos jornais da televisão, da Internet, penetram nas salas de aula, são apreendidos e repetidos por outras pessoas (MARTINS, 2006, p.xxiv).

Não se trata aqui de promover uma "caça às bruxas", ou reivindicar uma "reserva de mercado" para que somente historiadores da ciência escrevam sobre a história da ciência. Aponta-se, isto sim, para a necessidade de incluir, na formação inicial e continuada dos educadores em ciências, de discussões explícitas a respeito da historiografia da ciência. Pode ser que esse processo

demore muito tempo até que se reflita em modificações substanciais nos livros didáticos, mas é um ideal a ser buscado.

Os relatos que retratam a natureza da ciência de forma equivocada contribuem também para outros problemas relacionados ao ensino. Por exemplo, ao caracterizar os cientistas como pessoas geniais, os livros didáticos sugerem aos estudantes que para caminhar nos campos da ciência é necessário possuir uma inteligência superior. Essa concepção, além de trazer implicações para o ensino, pode influenciar na vida dos discentes, conforme sugere Allchin:

> Um estudante com vivo interesse em ciência (mas talvez com habilidade não demonstrada) pode inferir que ela ou ele não pode fazer uma contribuição significativa à ciência – então, por que tentar? Tenho de fato encontrado estudantes que se queixam de que "a ciência é somente para gênios" (ALLCHIN, 2003, p. 343).

Embora Allchin esteja se referindo a estudantes norte-americanos, esse estado de coisas é certamente válido também para o caso brasileiro, onde muitos professores já devem ter ouvido de seus alunos frases como "professor, só faz um curso de química quem é muito inteligente". Essa auto-exclusão contribui para diminuir o interesse em seguir uma carreira em áreas de ciências, como mostram os números apresentados por Echeverria, Mello e Gauche (2008):

> A universidade brasileira entrou no século XXI com uma má distribuição entre os diversos tipos de profissões. Segundo dados do INEP do ano de 2004, dos 4.163.733 estudantes do ensino superior do Brasil, 34,6% estavam matriculados nos cursos de direito e administração. Para as ciências naturais, biológicas e engenharias, as porcentagens eram bem menores: 1,3%, 2,3% e 6,1%, respectivamente (ECHEVERRIA; MELLO; GAUCHE, 2008, p. 69).

Quando se atenta para o fato de que as ciências naturais abrangem química, física e matemática, observa-se como a porcentagem indicada é preocupante.

Levando em consideração os relatos contidos nos livros didáticos a respeito das origens das ideias científicas, observou-se que na maioria dos casos a ideia ou a descoberta é apenas citada. Essa maneira simplista de

abordar a história da ciência tampouco contribui, de maneira satisfatória, para um entendimento de como a ciência se desenvolve. Outra característica que aponta para uma abordagem simplista é o predomínio da concepção de evolução linear da ciência. Como foi visto, são escassos os casos que descrevem divergências de pontos de vista, ou de metodologias, que estiveram em disputa em episódios da história da ciência. As controvérsias desempenham papel muito importante na evolução da ciência, mas os autores de livros didáticos fazem escassas referências a elas. Para incorporá-las de maneira efetiva aos materiais didáticos, seria necessário superar a superficialidade na abordagem, recorrendo a estudos de caso mais aprofundados. Estes poderiam ser desenvolvidos pelos próprios autores dos livros didáticos ou, então, poderiam ser buscados em fontes secundárias em história da ciência que estejam atualizadas em termos historiográficos. Esse tipo de abordagem propiciaria não apenas a construção de ideias mais adequadas a respeito da natureza do conhecimento científico, ou mesmo a construção dos próprios conceitos científicos, mas também poderia auxiliar os estudantes a entenderem melhor como a ciência resulta do contexto social em que ela é produzida, e como influi sobre a sociedade.

Estudos de caso em história da ciência podem ajudar o educador na construção de conceitos, e na construção de uma visão da ciência como atividade complexa. Foi visto, no estudo de caso sobre o trabalho de Lavoisier, que a proposição do princípio da conservação da massa demonstra que a ciência nem sempre se faz de maneira indutiva – pois, neste caso, Lavoisier se fundamentou em uma hipótese que se mostrou muito importante para o desenvolvimento posterior da química. Além disso, o estudo de seu trabalho, com um pouco mais detalhe, justifica que o seu nome seja lembrado – não apenas em associação com o princípio da conservação da massa, mas também por haver participado da sistematização do conhecimento químico de sua época sobre novas bases. A definição operacional de elemento químico e a nova nomenclatura são dois aspectos dessa sistematização que não têm sido trabalhados pelos autores de livros didáticos – embora pudessem ser úteis para a iniciação nos estudos da química nos dias de hoje. Um estudo de caso abordando Lavoisier, se realizado de forma historiograficamente atualizada, permitiria mostrar que o trabalho desse químico não foi importante por uma

suposta indução da “lei da conservação da massa” – mas sim porque estruturou as bases de uma nova abordagem para a química, abrangendo tanto aspectos teóricos (como a proposição de novos conceitos e novas explicações para os experimentos) como aspectos metodológicos.

Ao investigar, nesta dissertação, qual a abordagem utilizada pelos autores dos livros didáticos indicados pelo PNLEM 2007, observou-se, nos seis livros analisados, que a história da ciência não está sendo apresentada da maneira sugerida pela nova historiografia da ciência. Se o que se pretende no ensino médio é desenvolver entre os alunos a ideia de que a ciência é um empreendimento humano, coletivo, caracterizada por processos que prevêem a contínua crítica ao próprio conhecimento científico estabelecido, e que interage com o meio social em que é produzida, então os livros didáticos precisam incorporar formas de se abordar a história da ciência que favoreçam a construção dessas concepções. Considerando os resultados desta investigação, se o professor desejar desenvolver em seus alunos as habilidades relacionadas à reflexão sobre aspectos históricos e culturais do conhecimento científico, preconizadas nas diretrizes curriculares nacionais para o ensino de química, deverá buscar outros materiais, complementares ao livro didático. É claro que, para selecionar criticamente seus materiais didáticos, o professor necessita estar adequadamente capacitado. Echeverria, Mello e Gauche (2008) apontam para o problema da formação de professores de química:

> Os reflexos dessa falta de produção teórica relacionada à profissão docente se fazem sentir até os dias de hoje: a profissão docente é culturalmente desvalorizada, o que permite que profissionais de outras áreas, sem qualificação para o ensino, assumam a função pedagógica. O professor leigo não sabe por que ensina os conteúdos que ensina nem por que “é adotado” por esse ou aquele livro didático. Mais ainda, não tem condições de avaliar o livro didático que está usando. Por outro lado, mesmo aqueles professores que são formados em cursos específicos de formação de professores nem sempre fizeram, ao longo da formação inicial, um estudo sobre livros didáticos. Argumentamos que esses são alguns dos motivos que fazem do livro didático “o material didático” dos cursos de química do ensino médio (ECHEVERRIA; MELLO; GAUCHE, 2008, p.75).

Assim, acreditamos que esse trabalho possa contribuir para a discussão que envolve a pesquisa relacionada com o livro didático e ensino de química, particularmente a reflexão sobre seu conteúdo. Entretanto, não podemos perder de vista outra questão: como os professores e professoras de química do ensino médio efetivamente trabalham em sala de aula com os relatos históricos presentes nos livros didáticos? Essa questão se coloca como possibilidade para futuras investigações.

8. Referências bibliográficas

ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. **Science and Education**, v.13, p.179-195, 2004.

ALLCHIN, D. Scientific myth-conceptions. **Science Education**, v.87, p.329-351, 2003.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **O que é História da Ciência**. São Paulo: Brasiliense, 1994.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTRAN, M. H. R. A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços. Pp. 49-73 *in*: ALFONSO-GOLDFARB, A. M. e BELTRAN, M. H. R. (orgs.). **Escrevendo a história da ciência**: tendências, propostas e discussões historiográficas. São Paulo: EDUC/Livraria da Física/Fapesp, 2004.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. e FERRAZ, M. H. M. As possíveis origens da química moderna. **Química Nova**, v. 16, p. 63 – 68, 1993.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. História e filosofia da ciência: a teia de conhecimentos que devolverá o poder reflexivo aos estudantes ou "de como Édipo enfrentou a esfinge". **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 3, p. 79-80, 1989.

AULER, D; BAZZO, W. A. B. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação** , v. 7, n. 1, p. 01-13, 2001.

AULER, D; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Ensaio** – Pesquisa em Educação em Ciências, v.3, n. 1, p.01-13, 2001.

BALDINATO, J. O.; PORTO P. A. Variações da história da ciência no ensino de ciências, em MORTIMER, E. F. (org) **Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte: ABRAPEC. 2007. CD-ROM.

BASSALO, J. M. F. A importância do estudo da história da ciência. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 8, p. 57-66, 1992.

BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. **História da Química**. Lisboa: Instituto Piaget, 1992.

BIANCHI, J. C. A.; ALBRECHT, C. H.; MAIA, D. J. **Universo da química**: ensino médio. São Paulo: FTD, 2005.

BIZZO, N. M. V. História da ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis? **Em Aberto**, Brasília, ano 11, v. 55, jul./set., p. 29-35, 1992.

BRASIL. MEC/ FNDE. **Programa Nacional do Livro do Ensino Médio para o ano de 2007**- PNLEM/ 2007. Brasília: FAE, 2005.

BRUSH, S. G. Should the history of science be rated X? **Science**, v. 183, p. 1164 – 1172, 1974.

CABRAL, R. Se a ciência é inventada, podemos escrever outra história que não seja a história social da ciência? **Episteme**, Porto Alegre, v. 3, n. 6, p. 195-207, 1998.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A Necessária Renovação do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez Editora, 2005.

CAGLIARD, R. La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 4, n. 3, p. 253-258, 1986.

CHANG, H. History and philosophy of science as continuation of science by other means. **Science and Education**, v. 8, p. 413 – 425, 1999.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica**: questões e desafios para a educação. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003a.

CHASSOT, A. **Educação consciência**. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2003b.

CHELONI, F.; LEME, M. A. A.; PORTO, P. A.. "Concepções de licenciandos em química da USP – São Paulo sobre a história da ciência a partir de uma abordagem biográfica", **29ª. Reunião Anual da SBQ**, Águas de Lindóia, SP, 2006, ED-035. Disponível em: <http://sec.sbq.org.br/resumos/29RA/T0680-2.pdf> Acesso em 15/06/2009.

CONANT, J. B. **Science and Common Sense**. New Haven: Yale University Press, 1951.

COSTA, V.C.; URZEDO, A. P. F. M.; VIEIRA, F. T.; RIBEIRO, M. V.; ARAUJO, M.; CARVALHO, M. E. M. D.; SILVA, G. F. "Lavoisier: novamente alvo de uma avaliação diagnóstica", **XIII Encontro Nacional de Ensino de Química**, UNICAMP, Campinas, SP, 24 a 27 de julho de 2006, HC-006.

CUPANI, A. A ciência como conhecimento situado. Pp. 12-22 *in*: MARTINS, R. A.; MARTINS, L. A. C. P.; SILVA, C. C.; FERREIRA, J. M. H. (eds.). **Filosofia e História da Ciência no Cone Sul**: 3º Encontro. Campinas: AFHIC, 2004.

DEBUS, A. G. A ciência e as humanidades: a função renovadora da indagação histórica. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 5, p. 3-13, 1991.

DEBUS, A. G. The relationship of science-history to the history of science. **Journal of Chemical Education**, v. 48, n. 12, p. 804 – 805, 1971.

DIAZ, M. J. M. Enseñanza de las Ciencias? Para qué?, **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, España, v. 1, n. 2, 2002. Disponível em: <www.saum.uvigo.es/reec/volumenes.htm>. Acesso em 02/10/2006.

DUNCAN, A. Particles and eighteenth century concepts of chemical combination. **The British Journal for the History of Science**, v. 21, p. 447-453, 1988.

ECHEVERRIA, A., MELLO, I. C., GAUCHE, R. O programa nacional do livro didático de química no contexto da educação brasileira. Pp. 63 - 83 *in*: ROSA, M. I. P., ROSSI, A. V. (org). **Educação química no Brasil**: memórias, políticas e tendências. Campinas: Editora Átomo, 2008.

FELTRE, R. **Química Geral**. São Paulo: Editora Moderna, 2000.

FERRAZ, M. H. M. A História da Ciência no Ensino de Química no 2º Grau: Uma Proposta em Elaboração. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 3, p. 78-79, 1989.

FILGUEIRAS, C. A. L. **Lavoisier** – o estabelecimento da química moderna. São Paulo: Editora Odysseus, 2002.

FOUREZ, G. **A construção das ciências**: introdução à filosofia e a ética das ciências. Tr. Luiz Paulo Rouanet. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências?, **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 2, 2004. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol8/n2/#[26]>. Acesso em 06/04/2007.

FRACALANZA, H.; AMARAL, I. A.; GOUVEIA, M. S. F. **O ensino de ciências no primeiro grau**. São Paulo: Editora Atual, 1987.

FRACALANZA, H. A pesquisa sobre o livro didático de ciências no Brasil. Pp. 41-80 *in*: ROSA, M. I. P. **Formar**: encontros e trajetórias com professores de ciências (organizadora). São Paulo: Editora Escrituras, 2005.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREITAG, B.; COSTA, W. F.; MOTTA, V. R. **O livro didático em questão**. São Paulo: Cortez, 1989.

GAMA, R. **A tecnologia e o trabalho na história**. São Paulo: Nobel/ EDUSP, 1986.

GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. **Formação de Professores de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2003.

HARDT, M.; NEGRI, A. **Império**. Rio de Janeiro: Record, 2001.

HOFFLING, E. M. **A FAE e a execução da política educacional**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, UNICAMP, Campinas, 1993.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. Tr. B. V. Boeira e N. Boeira. São Paulo: Editora Perspectiva, 1998.

LAKATOS, I. **História da ciência e suas reconstruções racionais**. Tr. E. P. T. Marinho Mendes. Lisboa: Edições 70, 1998.

LAVOISIER, A. L. **Elements of Chemistry**. Tr. R. Kerr. Edinburgh: William Creech, 1790.

LEITE, L. History of science in science education: development and validation of a checklist for analyzing the historical content of science textbooks. **Science and Education** , v. 11, p. 333-359, 2002.

LEMKE, J. L. Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. **Enseñanza de las Ciencias**. v. 24, n.1, p. 5-12, 2006.

LOPES, A. R. C. Livros Didáticos: obstáculos ao aprendizado ao aprendizado da ciência química I – obstáculos animistas e realistas, **Química Nova**, v. 15, n.3, p. 254-261, 1992.

LOGUERCIO, R. Q. A dinâmica de analisar livros didáticos com professores de química. **Química Nova**, v. 24, n. 4, p. 557-562, 2001.

MACHADO, N. J. **Conhecimento e valor**. São Paulo: Moderna, 2004.

MACHADO, N. J. **Ensaios Transversais**: Cidadania e Educação. São Paulo: Escrituras, 1997.

MARTINS, R. A. Abordagens, métodos e historiografia na história da ciência. Pp. 73 -78 *in*: MARTINS, A. M. (ed.). **O tempo e o cotidiano na história**. São Paulo: Fundação para o Desenvolvimento da Educação, 1993.

MARTINS, R. A. Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. Pp. 115-145 *in*: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (orgs.). **Escrevendo a história da ciência**: tendências, propostas e discussões historiográficas. São Paulo: EDUC/Livraria da Física/Fapesp, 2004.

MARTINS, R. A. Como **não** escrever sobre história da física: um manifesto historiográfico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n.1, p. 113-129, 2001.

MARTINS, R. A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. Pp 17-30 *in*: SILVA, C. C. (org.). **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para a aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MARTINS, R. A. Sobre o papel da história da ciência no ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v.9, p. 3-5, 1990.

MCNEILL, W. **História Universal**: um estudo comparado das civilizações. Tr. Leonel Vallandro. São Paulo: Editora Globo/EDUSP, 1972.

MATTHEWS, M. R. Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 2, p. 255-277, 1994.

MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. **O livro didático de ciências**: problemas e soluções. **Ciência e Educação**, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

MORTIMER, E. F. A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário. **Em Aberto**, v. 7, n. 40, 1988.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**. 1ª ed. São Paulo: Scipione, 2005.

NOBREGA, O. S.; SILVA, E. R.; SILVA, R. H. **Química**. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2005.

PAGLIARINI, C. R. **Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio**. 2007. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. São Paulo: Editora Moderna, 2003.

PETERS, J. R. **História da matemática no ensino fundamental**: uma análise de livros didáticos e artigos sobre história. 2005. 146 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

RAMBERG, P. J. The death of vitalism and the birth of organic chemistry: Wöhler's urea synthesis and the disciplinary identity of organic chemistry. **Ambix**, v. 47, n. 3, p. 170 – 195, 2000.

REID, D. V.; HODSON, D. **Ciencia para todos en secundaria**. Madrid: Narcea, 1993.

ROSA, M. I. P.; MOURA, J. H. C. O currículo da escola básica na área das ciências da natureza – práticas constituídas pelo imaginário presente nos livros didáticos. **Anais do XIV ENEQ** – Encontro Nacional de Ensino de Química. Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2008.

RUSSEL, N. C. Missing links in the history and practice of science: teams, technicians and technical work. **History of Science**, n. 38, p. 237-241, 2000.

RUSSEL, T. L. What history of science, how much, and why? **Science Education**, v. 65, n. 1, p. 51-64, 1981.

SÁ-CHAVES, I. Informação, formação e globalização: novos ou velhos paradigmas. Pp. 83-95 *in*: ALARCÃO, I. (org.). **Escola reflexiva e nova racionalidade**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

SANTOS, B. S. Para um novo senso comum: a ciência, o direito e a política na transição paradigmática. Volume 1: **A critica da razão indolente**: contra o desperdício da experiência. São Paulo: Cortez, 2002.

SANTOS, W. L. P., MOL, G. S. **Química e sociedade**, 1ª ed. São Paulo: Nova Geração, 2005.

SANTOS, W. L. P. Letramento em química, educação planetária e inclusão social. **Química Nova**, v. 29, n. 3, p. 611-620, 2006.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência e Ensino**, v. 1, número especial, p. 01-12, 2007.

SOLOMON , J. Social influences on the construction of pupil´s understanding of science. **Studies in Science Education**, v. 14, p. 63-82, 1987.

TOMA, H. E. **O Mundo Nanométrico**: a dimensão do novo século. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

VANIN, J. A. **Alquimistas e Químicos** – o passado, o presente e o futuro. São Paulo: Moderna, 1994.