



Abordagem histórica da lei periódica nas coleções do PNLD 2012

Arcenira R. L. Targino e José O. Baldinato

A lei periódica é uma ideia central na química porque permite explicar e prever diversas propriedades da matéria. A história da ciência pode ser uma boa ferramenta no ensino desse tema, pois além de auxiliar na construção de conceitos, possibilita discutir questões referentes à natureza da ciência. Reconhecendo os livros didáticos (LD) como um recurso que norteia a prática de muitos professores, o objetivo deste trabalho é verificar como a história da lei periódica é abordada nesses materiais. Para isso, adotamos as categorias propostas por Leite (2002) e Vidal (2009) na análise das coleções de química aprovadas pelo Programa Nacional do Livro Didático – PNLD/2012. Nossos resultados destacam que a abordagem dos LD não favorece a percepção da química como um empreendimento humano de caráter coletivo, histórico e contextual. Deste modo, sugerimos que o professor interessado nessa questão se aproxime da produção de historiadores modernos.

► ensino de química, lei periódica, livros didáticos ◀

Recebido em 07/10/2015, aceito em 05/05/2016

324

A lei periódica pode ser considerada como uma das ideias fundamentais da química e está entre os tópicos que merecem ser abordados na educação científica, pois permite explicar e prever diversas propriedades da matéria. Nas palavras de Eric Scerri (2007, p. XIII), a tabela periódica, que consiste na representação gráfica da lei periódica, é um dos ícones da ciência e “captura a essência da química de forma elegante”.

Nessa perspectiva, a história da ciência pode ser útil, pois além de auxiliar na construção de conceitos, ela contribui para que aspectos recomendados na formação de alunos sejam alcançados, como a formação de uma concepção crítica sobre a ciência e a compreensão dessa prática imersa em contextos culturais, sendo historicamente construída (Forato et al., 2011; Porto 2010).

Para o ensino desse tema, há de se considerar o que dizem os livros didáticos (LD), uma vez que, além de terem a finalidade de apresentar uma proposta pedagógica, são

os principais norteadores da prática de muitos professores (Echeverria et al., 2010; Wartha e Faljoni-Alário, 2005). Esses materiais possuem relevância em relação às concepções de ciência de um determinado período, uma vez que reproduzem visões de ciência vigentes em uma sociedade (Wartha e Faljoni-Alário, 2005, p. 43). No entanto, as informações presentes em LD usualmente mostram de forma equivocada o conhecimento científico como produto acabado, verdade absoluta, desprovido de

interesses políticos, econômicos e ideológicos, desvinculado de um contexto sociocultural e histórico (Megid Neto e Fracalanza, 2003).

Considerando esses aspectos, o objetivo deste trabalho é analisar a abordagem histórica da lei periódica nas coleções de Química aprovadas na edição de 2012 do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) (Brasil, 2011). Analisaremos os LD seguindo a metodologia proposta por Leite (2002) e adaptada por Vidal (2009), para, com base neste estudo, evidenciar eventuais fragilidades que podem ajudar o professor a complementar a abordagem histórico-didática do tema.

[...] o objetivo deste trabalho é analisar a abordagem histórica da lei periódica nas coleções de Química aprovadas na edição de 2012 do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) (Brasil, 2011).

A seção “Conceitos científicos em destaque” tem por objetivo abordar, de maneira crítica e/ou inovadora, conceitos científicos de interesse dos professores de Química.

Metodologia

Além da abrangência do uso destes livros no território nacional, a escolha das coleções a serem analisadas se deve aos critérios de avaliação propostos pelo Guia de Livros Didáticos do PNL D 2012. Em particular, nos interessa o questionamento se o livro didático:

traz uma visão de ciência de natureza humana marcada pelo seu caráter provisório, ressaltando as limitações de cada modelo explicativo e apontando as necessidades de alterá-lo, por meio da exposição das diferentes possibilidades de aplicação e de pontos de vista (Brasil, 2011, p.9).

O procedimento de análise incluiu uma primeira leitura das coleções visando a identificação dos capítulos ou trechos que fazem menção a aspectos históricos da concepção da lei periódica. Numa segunda leitura, foram marcadas nos textos as ocorrências relativas a cada uma das categorias e critérios de análise adotados, seguindo com a quantificação dessas ocorrências mediante registro em tabelas. Para validação desse aspecto quantitativo do instrumento, a etapa de marcação e contagem das ocorrências foi realizada em duas análises piloto, independentemente, por dois pesquisadores. O contraste dos resultados iniciais permitiu lapidar as arestas da ferramenta, motivando o detalhamento de algumas categorias, que se tornaram mais específicas, e a criação de outras, com aspectos não contemplados nas referências originais. Os livros analisados estão descritos no Quadro 1.

A metodologia de análise utilizada foi a apresentada por Leite (2002) e adaptada por Vidal (2009), uma vez que os critérios propostos fornecem um instrumento já consolidado para uma apreciação crítica da informação histórica existente em livros didáticos.

Nossa análise contemplou todas as categorias da versão do instrumento adaptada por Vidal (2009), à exceção da última, que remete à homogeneidade da abordagem histórica ao longo de toda a coleção e não se aplica à sondagem

Nossa análise contemplou todas as categorias da versão do instrumento adaptada por Vidal (2009), à exceção da última, que remete à homogeneidade da abordagem histórica ao longo de toda a coleção e não se aplica à sondagem sobre um único tema (Targino, 2014).

sobre apenas um tema (Targino, 2014). Devido à limitação de espaço, neste trabalho detalharemos apenas quatro categorias cujos resultados sugerem reflexões mais gerais sobre a natureza da ciência, de modo a não restringir as implicações deste estudo a aspectos particulares dos personagens históricos envolvidos neste caso. As categorias selecionadas são: 1) Abordagem das ideias/descobertas; 2) Evolução da Ciência; 3) Quem faz ciência; e 4) Contextos aos quais a informação histórica está relacionada. As demais categorias que compõem o instrumento original são: 5) Vida e Obra dos Personagens; 6) Características dos personagens; 7) Materiais utilizados para apresentar a informação histórica; e 8) Consistência interna do livro em relação à informação histórica (Vidal, 2009). No Quadro 2, a seguir, apresentamos as categorias que utilizamos para análise dos LD.

Em relação aos critérios propostos por Vidal (2009) realizamos modificações nas categorias “Abordagem das ideias / descobertas” e “Quem faz ciência”. Na primeira dessas categorias, acrescentamos os critérios “Menção a um experimento histórico” e “Descrição de um experimento histórico”, uma vez que entendemos que os experimentos merecem particular atenção no estudo das ciências, dada a sua interdependência para com o desenvolvimento de teorias (Hodson, 1988). Já na categoria “Quem faz ciência” acrescentamos o critério de “Cientistas anônimos”.

No instrumento proposto por Vidal (2009, p. 49), o critério “comunidade científica” é descrito da seguinte forma: “cientistas, filósofos ou pensadores de um período são responsáveis pela ideia ou descoberta, sem que haja especificação de nomes”.

Entendemos que essa descrição pode ser aprimorada, pois, como apresentaremos nos exemplos à frente, nos LD foram identificadas ocorrências que remetem a algum desses coletivos de pessoas, mas que não necessariamente implicam a ideia de que o conhecimento, para se tornar científico, necessita passar por uma etapa de avaliação pelos pares. Nessas ocorrências, entendemos que a comunidade científica é retratada de maneira distorcida, como um coletivo de pesquisadores anônimos. Obscurecem-se os mecanismos pelos quais essa comunidade contribui para o abandono ou

Quadro 1. Livros analisados.

Código de Identificação	Referências
LD1	LISBOA, J. C. F. (Org.). Química, 1º ano: ensino médio . 1 ed. São Paulo: Edições SM, 2010.
LD2	MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; Química 1: ensino médio . 1 ed. São Paulo: Scipione, 2010.
LD3	PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. Química: na abordagem do cotidiano . Vol 1. 4 ed. Editora Moderna: São Paulo, 2010.
LD4	REIS, M. Química: meio ambiente, cidadania e tecnologia . Vol 1. 1 ed. São Paulo: FTD, 2010.
LD5	SANTOS, W. L. P.; MOL, G. S. (Org.). Química cidadã: materiais, substâncias, constituintes, química ambiental e suas implicações sociais . 1 ed. São Paulo: Nova Geração, 2010.

Quadro 2. Critérios de análise adotados.

1. Abordagem das ideias / descobertas	1.1 Menção a uma ideia científica: a ideia é apenas mencionada. 1.2 Descrição de uma ideia científica: há ao menos uma relação causal ou uma linha argumentativa que ilustre a racionalização do personagem até chegar à ideia defendida. 1.3 Menção a um experimento histórico: o experimento histórico é apenas citado. 1.4 Descrição de um experimento histórico: há dados que permitam a reprodução (ainda que mental) do experimento.
2. Evolução da ciência	2.1 Menção a períodos discretos: dois ou mais períodos são mencionados sem serem relacionados entre si. 2.2 Evolução linear e direta: um período ou evento é relacionado ao seguinte mantendo uma relação de dependência. 2.3 Evolução real: descreve controvérsias e idas e vindas da ciência, incluindo o abandono e a retomada de ideias. Acentua-se o caráter contextual das ideias científicas.
3. Quem faz ciência	3.1 Personagens individuais: um cientista, químico, filósofo ou pensador é apresentado como o único responsável pela descoberta científica. 3.2 Grupos de personagens: dois ou mais personagens trabalharam juntos para um mesmo propósito; 3.3 Cientistas anônimos: usam-se termos como cientistas, químicos, filósofos ou pensadores de forma genérica, sem deixar clara a ideia da necessidade de discussão, de apreciação e crítica para aceitação de uma ideia científica pelos pares. 3.4 Comunidade científica: quando há indicação no texto de que uma ideia científica precisa ser apreciada pelos pares, ressaltando o papel da publicação e da discussão das ideias.
4. Contextos aos quais a informação histórica está relacionada	4.1 Científico: a informação está relacionada ao conhecimento científico ou matemático existente ou inexistente na época; 4.2 Tecnológico: a informação está relacionada a tecnologia disponível ou indisponível na época; 4.3 Social: informação está relacionada às condições de vida e aos valores da época. 4.4 Político: informação relacionada à política da época; 4.5 Religioso: informação relacionada às crenças religiosas do período.

aceitação de uma ideia científica, deixando a impressão de que esta apenas acolhe, de maneira passiva, as novas teorias e saberes produzidos por algum pesquisador individual (este devidamente identificado, mas em caráter isolado).

Resultados e discussão

De início, julgamos importante frisar que tabela e lei periódica não são sinônimos. A tabela periódica representa um produto estilístico cujo desenvolvimento pressupõe a existência de uma lei periódica, que observa regularidades na variação de propriedades físicas e químicas dos diferentes elementos. Dentre as coleções analisadas, constatamos que LD1 e LD2 não realizam claramente essa distinção.

Em linhas gerais, a história da lei periódica apresentada nos livros didáticos primeiramente menciona que no final do século XIX havia diversos elementos sendo descobertos. Não há descrição para os processos dessas descobertas e também não se esclarece qual era o conceito de elemento que se tinha na época.

Apenas o LD2 explicita que o conceito de elemento mudou ao longo do tempo, apontando que a concepção expressa nos quatro elementos aristotélicos é diferente daquela adotada por Lavoisier no século XVIII.

Todos os LD apresentam tentativas modernas de

classificação dos elementos e as narrativas centram-se nos episódios da Lei das oitavas de Newlands, parafuso telúrico de De Chancourtois, tríades de Dobereiner e a tabela de Mendeleev. Embora apresentem essas tentativas, não há dados nos livros que permitam caracterizar porque essa classificação compunha um problema relevante à ciência do século XIX. A explicação dada no LD5 é que o número crescente de elementos químicos sendo descobertos requeria, meio que naturalmente, uma classificação para o estudo mais eficiente dos elementos.

Os LD1 e LD5 utilizam analogias para introdução da Tabela Periódica. A organização dos elementos na Tabela

é comparada, no LD1, com a de produtos em um supermercado, e no LD5 com roupas em gavetas. Embora essas analogias pareçam um tanto arbitrarias, as classificações apresentam papel relevante na química. De acordo com Scerri (2011) as classificações podem ser úteis para fornecer explicações do tipo não-dedutivas, pois propiciam a acomodação de novos

dados em um sistema de dados já conhecidos. Em relação ao sistema periódico, o autor destaca que a aceitação da lei periódica pela comunidade científica ocorreu principalmente devido às acomodações que esse sistema permitia.

Todos os LD relacionam os seguintes personagens à história da classificação dos elementos: Johann W. Dobereiner (1780-1849); Alexandre-Emile B. de Chancourtois

Em linhas gerais, a história da lei periódica apresentada nos livros didáticos primeiramente menciona que no final do século XIX havia diversos elementos sendo descobertos. Não há descrição para os processos dessas descobertas e também não se esclarece qual era o conceito de elemento que se tinha na época.

(1820-1886); John A. R. Newlands (1837-1898) e Dimitri I. Mendeleev (1834-1907). Além desses, poucos outros nomes são elencados na narrativa de modo pontual e em apenas algumas das coleções. A Tabela 1 apresenta essa correlação.

Em geral, todos os livros apresentam os cientistas por meio de informações biográficas que se limitam à menção de nome, data de nascimento e morte, e, em alguns casos, nacionalidade. Ainda assim, alguns pesquisadores que participaram ativamente dos debates sobre a natureza elementar da matéria e a classificação dos elementos são apagados dessa história. Este é o caso, por exemplo, de William Prout (1785-1850), Leopold Gmelin (1788-1853), Jean Baptiste A. Dumas (1800-1884) e Max Pettenkofer (1818-1901). Todos eles exploraram relações numéricas e semelhanças químicas entre os elementos (Scerri, 2007), todavia não aparecem em nenhum dos LD que analisamos, o que indica que, de certa forma, os LD ainda transmitem uma visão da ciência positivista, pois buscam apresentar apenas os trabalhos de cientistas cujas ideias permitam fazer uma relação direta com conceitos da ciência atual. Além disso, quando as informações históricas são apresentadas, isso é feito de forma superficial, conforme ilustram os resultados da Tabela 2.

O trecho a seguir ilustra o que consideramos como simples menção a uma ideia científica.

Moseley percebeu que átomos de um mesmo elemento apresentavam sempre a mesma carga nuclear. Sendo assim, átomos de elementos distintos, possuíam, necessariamente, cargas nucleares diferentes (LD1, p. 119, grifo no original).

Observa-se que não é possível seguir uma linha de raciocínio que conduza às conclusões do cientista. Já o exemplo

abaixo, pelo maior detalhamento, consideramos como descrição de uma ideia científica:

Em 1869, Mendeleev pôde organizar os elementos em uma tabela, na qual aqueles com propriedades semelhantes apareciam numa mesma coluna. Elaborando melhor sua descoberta, ele percebeu que pareciam estar faltando alguns elementos para que ela fosse completa. Mendeleev resolveu, então, deixar alguns locais em branco nessa tabela julgando que algum dia alguém descobriria novos elementos químicos que pudessem ser encaixados nesses locais, com base em suas propriedades. Ele chegou, até, a prever algumas das propriedades que esses elementos teriam (LD3, p. 91)

Embora neste trecho também não fiquem claramente explicitados os detalhes que teriam ajudado na percepção de Mendeleev e nem como ele teria previsto as propriedades de elementos desconhecidos, no parágrafo anterior a esta ocorrência são exemplificadas propriedades semelhantes de alguns elementos, como sódio (Na), potássio (K) e rubídio (Rb). Os autores se referem às suas massas, que diferem segundo intervalos regulares, além da violenta reatividade frente à água e das combinações com cloro e oxigênio seguindo a fórmula geral ECl e E_2O ("E" representando o elemento sódio, potássio ou rubídio) (LD3, p. 90).

Os demais LD também mencionam as predições de Mendeleev, o que indica que todos os autores atribuem grande importância a esse episódio para proposição da tabela periódica. No entanto, poderia ser útil no ensino discutir que Mendeleev não foi o primeiro a fazer predições sobre a existência de elementos ainda não descobertos em sua

Tabela 1. Personagens citados

Personagens	Mencionados em:
Henry G. J. Moseley (1887-1915)	LD1, LD2, LD4 e LD5
Julius Lothar Meyer (1830-1895)	LD1, LD2, LD5
Niels H. D. Bohr (1885-1962)	LD2 e LD5
Aristóteles de Estágira (384 – 321 a.C.), Antoine L. Lavoisier (1743–1794)	LD2
Gilbert N. Lewis (1875-1946)	LD3
Clemens A. Wincklern (1838-1904); James Chadwick (1891-1974); Lars F. Nilson (1840-1899); Antonius van den Broek (1870-1926); Paul E. L. de Boisbaudran (1838-1912)	LD4
Jöns J. Berzelius (1779-1848); William Odling (1829-1921); William Ramsay (1852-1916)	LD5

Tabela 2. Abordagem das ideias / descobertas

Critérios	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5
2.1 Menção a uma ideia científica	4	9	6	8	7
2.2 Descrição de uma ideia científica	3	4	2	4	2
2.3 Menção a um experimento histórico	1	-	-	2	-
2.4 Descrição de um experimento histórico	-	-	-	-	-
Totais	8	13	8	14	9

época e também que nem todas as suas predições foram bem sucedidas (Scerri, 2007, p. 52, 126).

Com relação à proposição da lei periódica, encontramos em LD1 e LD3 a indicação de que Mendeleev organizou os elementos em fichas contendo propriedades físicas e químicas, além das massas atômicas dos elementos, conforme pode ser observado no excerto a seguir:

Dimitri Mendeleev foi professor universitário na Rússia e fez uma importante descoberta na história da Ciência, enquanto estava escrevendo um livro de Química. Ele registrou as propriedades de cada um dos elementos químicos conhecidos (na época eram 63; hoje são mais de 100) em fichas de papel, cada ficha para um elemento. Manipulando as fichas, na tentativa de encadear as ideias antes de escrever determinada parte da obra, Mendeleev percebeu algo extraordinário (LD3, p. 89).

O fato do autor do livro relacionar a proposição da lei periódica com a escrita de um livro universitário é de relevância no ensino, pois pode propiciar uma reflexão sobre a atividade de um cientista. No entanto, mencionar a manipulação das fichas como a atividade determinante, que fez com que o pesquisador percebesse algo de extraordinário, é uma explicação muito simplista sobre o processo de proposição da ideia científica.

Nessa mesma direção, na legenda de uma tabela que os autores do LD5 identificam como o esboço da Tabela Periódica de Mendeleev, reforça-se uma informação mitológica, de que o arranjo original da Tabela teria ocorrido a Mendeleev num sonho, o que também propicia uma visão simplista e ingênua da ciência.

Em nossa revisão da literatura, encontramos relatos de que Mendeleev teria feito o rascunho de sua tabela apenas um dia, 17 de fevereiro de 1869, e que ao longo do processo de elaboração, utilizou cartões para organização de todos os elementos químicos conhecidos na época (Kaji, 2002; Brooks, 2002). Os autores que narram essa versão da história, normalmente, citam como referência uma publicação de Kedrov, datada de 1958. Entretanto, outros estudos históricos foram feitos desde então, e essa nova historiografia tem enfatizado que tanto Mendeleev como Lothar Meyer propuseram seus sistemas periódicos enquanto escreviam livros didáticos de química. De acordo com Gordin (2002), o livro de Mendeleev foi escrito não somente para suprir demandas educacionais, mas também financeiras. Segundo essa versão mais ponderada da história, admite-se que Mendeleev elaborou sua primeira versão da tabela em fevereiro de 1869, mas levou semanas para publicar um artigo com essa comunicação inicial junto à Sociedade Russa de Química, e

mais alguns anos para alcançar um refinamento da lei que lhe permitiria obter aceitação junto à comunidade química europeia. Além disso, esses historiadores ressaltam que a ideia sobre a proposição da lei periódica levou anos para amadurecer, possivelmente desde o Congresso de Karlsruhe, que ocorreu em 1860 (Gordin, 2002; Scerri, 2007).

Entendemos que essa nova historiografia sobre o processo que levou à proposição da lei periódica é mais adequada ao ensino, pois apresenta elementos que propiciam uma reflexão em relação ao fazer científico, como a necessidade de refinamento de uma teoria científica e de publicação dos dados de uma pesquisa para que sejam reconhecidos pela comunidade científica. Esse exemplo reforça a necessidade de análise criteriosa dos textos históricos que se pretende levar para a sala de aula (Porto, 2010, p. 168).

Versões simplistas do episódio não contribuem para que os estudantes formem visões mais críticas sobre ciências. Ao contrário, narrativas como essas contribuem para perpetuar a visão distorcida de que o conhecimento científico é produzido através de *insights*, como produto do acaso e através de observações corriqueiras (Forato *et al.*, 2011).

Com relação aos experimentos históricos, registrou-se a ocorrência de menções em apenas duas coleções. O LD1 cita um experimento realizado por Moseley para determinação da carga nuclear através da interação de raios X com a amostra, e o LD4 menciona esse mesmo experimento, além de outro, realizado por Chadwick, utilizando raios canais.

Nenhum dos LD descreve algum experimento científico relacionado ao desenvolvimento da lei periódica, o que, tendo em vista o papel que os experimentos apresentam na construção da ciência, poderia trazer ganhos ao ensino.

O próprio Mendeleev em sua Palestra Faraday sobre a lei periódica, realizada em 1889, fez algumas considerações sobre o papel da experimentação na ciência. Para o autor, os experimentos teriam um papel fundamental no fortalecimento e na lapidação de qualquer nova teoria. Eles seriam capazes de separar as ideias que se sustentam na realidade mensurável daquelas que são fruto de noções preconcebidas. Para o cientista, portanto, deveria haver um acordo entre teoria e experimento (Mendeleev, 1889, p. 635).

Esse discurso de apego aos fatos experimentais pode até soar contraditório no trabalho de Mendeleev, uma vez que o seu reconhecimento nos textos didáticos costuma se dar justamente em

função da antecipação teórica das propriedades de elementos desconhecidos, além da recusa, por parte do autor, em relação a alguns pesos atômicos conhecidos à época e que não se encaixavam em seu sistema periódico (Scerri, 2013, p. 281). No entanto, essa aparente contradição apenas ressalta a complexidade do fazer científico e do próprio pensamento do pesquisador. Mendeleev admite que a proposição inicial da lei periódica se colocava imediatamente em risco por

Esse discurso de apego aos fatos experimentais pode até soar contraditório no trabalho de Mendeleev, uma vez que o seu reconhecimento nos textos didáticos costuma se dar justamente em função da antecipação teórica das propriedades de elementos desconhecidos...

Tabela 3. Evolução da ciência

Critérios	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5
3.1 Menção a períodos discretos	2	1	2	2	5
3.2 Evolução linear e direta	4	4	4	5	6
3.3 Evolução real	1	1	-	1	1
Totais	7	6	6	8	12

demandar a revisão de vários dados experimentais tidos como certos no final da década de 1860. Contudo, a confirmação experimental desses requisitos teóricos ao longo das duas décadas seguintes teria conferido à lei o seu status em meio à comunidade química (Mendeleev, 1889).

Para a formulação da lei periódica, Mendeleev destaca a relevância do trabalho de Stanislao Cannizzaro (1826-1910), sobre o qual tomou conhecimento durante o Congresso de Karlsruhe. Cannizzaro, considerando a hipótese de Lorenzo Romano Amadeo Carlo Avogadro (1776-1856), de que volumes iguais de todos os gases, nas mesmas condições de temperatura e pressão possuem o mesmo número de partículas, propôs um método para determinação das massas atômicas por meio da obtenção da densidade relativa dos gases (Scerri, 2007, p.64). Diferente do que ocorria com os usuais pesos equivalentes dos elementos químicos, as novas massas atômicas, determinadas por este método, amparavam a leitura de Mendeleev de que as propriedades dos elementos se repetiam em intervalos periódicos respeitando a ordem crescente das massas atômicas (Mendeleev, 1889)¹.

A Tabela 3 apresenta os resultados da categoria Evolução da Ciência. O maior número de ocorrências se deu no critério evolução linear, em segundo lugar aparecem as menções a períodos discretos e o menor número de ocorrências foi no critério evolução real.

Como períodos discretos, consideramos quando não há a relacionamento explícito no texto entre um período e outro, tendo-se apenas uma sequência de datas, nomes e descobertas isoladas. O recorte a seguir ilustra uma das ocorrências que consideramos como evolução linear e direta:

Seis anos mais tarde, as previsões de Mendeleev começaram a ser confirmadas: em 1875, o químico e espectroscopista francês Paul Émile Lecoq de Boisbaudran (1838-1912) isolou um novo elemento a partir de um mineral encontrado nos Pireneus. (LD4, p. 238).

No trecho acima está implícita a ideia que o elemento isolado por De Boisbaudran, o gálio, teria sua descoberta influenciada, de algum modo, pelas previsões de Mendeleev, em uma relação de dependência. Em versão bem diferente desta, Scerri (2007) relata que houve uma disputa entre Mendeleev e De Boisbaudran pelos créditos na descoberta desse elemento, pois De Boisbaudran trabalhou com evidências empíricas para a descoberta do elemento e desconhecia a predição de Mendeleev.

Como exemplo do critério evolução real, apresentamos o seguinte trecho:

Durante o século XIX, ocorreram várias tentativas de agrupar os elementos de acordo com as propriedades em comum. A questão-chave para essa organização era o critério a ser utilizado (LD2, p. 155).

No exemplo acima, nota-se que não havia consenso sobre como organizar os elementos, o que dá a conotação de controvérsia. Ainda que esta não se coloque de forma incisiva, consideramos como uma ocorrência mais próxima do critério de evolução real.

Em relação a quem faz ciência, a Tabela 4 indica que nos livros analisados o número de ocorrências mais expressivo aponta para personagens individuais e cientistas anônimos, o que indica que o aspecto coletivo da prática científica não é adequadamente evidenciado.

Extraímos do LD1 um trecho que permite alguma reflexão sobre comunidade científica:

O químico russo Dimitri Ivanovich Mendeleev é considerado o “Pai da Tabela Periódica”. Em 1869, ele apresentou à comunidade científica correlações mais detalhadas entre a massa atômica dos elementos e suas propriedades, permitindo um melhor entendimento da periodicidade dos elementos químicos (LD1, p. 144).

¹Mendeleev cita as séries compostas pelos elementos K/Rb/Cs e Ca/Sr/Ba para ilustrar a vantagem trazida pela adoção das massas atômicas. Pelo método defendido por Cannizzaro, essas massas seriam:

K=39 Rb=85 Cs=133

Ca=40 Sr=87 Ba=137

Enquanto que pelos pesos equivalentes então adotados, os valores seriam:

K=39 Rb=85 Cs=133

Ca=20 Sr=43,5 Ba=68,5

Nota-se que a nova organização sustenta uma relação entre as séries que obedece à ordem crescente das massas atômicas, e que isso não ocorre quando se consideram os pesos equivalentes (Mendeleev, 1889, p. 637).

Tabela 4. Quem faz ciência

Critérios	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5
6.1 Personagens individuais	3	7	5	6	10
6.2 Grupos de personagens	1	-	1	1	-
6.3 Cientistas anônimos	5	-	2	1	2
6.4 Comunidade científica	1	1	3	1	1
Totais	10	8	11	9	13

Nesse recorte, notam-se ocorrências de personagem individual, ao caracterizar Mendeleev como “Pai da Tabela Periódica” e de cientistas anônimos, pois mesmo o autor utilizando o termo “comunidade científica”, acreditamos que este trecho não evidencia o papel que essa comunidade apresenta na construção do conhecimento científico. No recorte, nota-se que a comunidade científica é tratada como um agente passivo, que apenas aceita as ideias propostas por Mendeleev.

O recorte abaixo ilustra um exemplo mais complexo de comunidade científica, que seria o tipo de ocorrência que entendemos que pode trazer melhores contribuições para o ensino, já que permite discutir aspectos sobre a natureza da ciência. Os autores do LD4 apresentam o seguinte trecho, extraído de uma fonte secundária:

Embora a lei das oitavas fosse um passo importante em direção à classificação periódica moderna dos elementos, ela inicialmente não foi levada a sério pelos cientistas. [...] O relatório da conferência da Sociedade Química de Londres, onde ele comunicou os resultados de seu trabalho, produziu a seguinte nota: ‘O Sr. John A. R. Newlands apresentou uma comunicação intitulada ‘A Lei das Oitavas e as causas das relações entre as massas atômicas’. O autor diz ter descoberto uma lei segundo a qual os elementos com propriedades semelhantes apresentam relações especiais, análogas às que existem na música, entre uma nota e sua oitava. [...]. O Dr. Gladstone levantou objeções na base de que no quadro não há mais elementos a descobrir. [...]. O Prof. G. F. F. Foster, humoristicamente, perguntou se o Sr. Newlands não havia tentado dispor os elementos por ordem alfabética e se teria descoberto, nesse caso, alguma regularidade [...] (LD4, p. 236)

... acreditamos que caberia algum detalhamento em relação à disputa entre Meyer e Mendeleev sobre os méritos da proposição da lei periódica, pois este caso, potencialmente, permitiria ressaltar o papel da comunidade científica. Além disso, em nenhum dos livros há menção ao congresso de Karlsruhe...

de Newlands. Embora esse trecho seja tão enriquecedor, deve-se notar que ele não faz parte do texto principal da página, aparecendo num box com letras de tamanho menor, de modo que é possível ler o capítulo sem necessariamente ler o texto mencionado.

Todos os LD apresentam Mendeleev como pioneiro na organização dos elementos que resultou na proposição da tabela periódica, pois embora verifiquem-se menções a tentativas anteriores ou paralelas de sistematização, estas são abordadas como ideias marginais, sem relevância para o entendimento da versão clássica da tabela.

Na página 145 do LD1, há um tópico denominado “Química tem história” em que se aborda como Mendeleev desenvolveu sua classificação. Há ali uma citação sobre Meyer, que teria chegado às mesmas conclusões que Mendeleev de forma independente. Embora essa menção já introduza a questão, acreditamos que caberia algum detalhamento em relação à disputa entre Meyer e Mendeleev sobre os méritos da proposição da lei periódica, pois este caso, potencialmente, permitiria ressaltar o papel da comunidade científica.

Além disso, em nenhum dos livros há menção ao congresso de Karlsruhe, em que ocorreram discussões de ideias e se avançou no consenso sobre termos como elemento e molécula, que foram essenciais para que Mendeleev e Meyer apresentassem seus sistemas de classificação dos elementos. Os textos que indicamos na seção “Para saber mais” podem fornecer subsídios ao leitor sobre esses episódios.

Por fim, a Tabela 5 apresenta os dados numéricos referentes aos contextos associados à informação histórica apresentada nos LD.

Observa-se que o número de ocorrências é mais expressivo no critério contexto científico. No entanto, como apresentaremos nos exemplos a seguir, as ocorrências limitam-se a simples menções, pois não há detalhamento dos contextos considerados.

Na época de Mendeleev, não era possível explicar a razão da periodicidade das propriedades físicas e químicas dos elementos. Os primeiros modelos propostos para a estrutura dos átomos – o modelo

Nota-se que a comunidade científica em questão não é neutra ou passiva. Há um julgamento das informações apresentadas por Newlands. Esse aspecto poderia gerar interessantes discussões no ensino, como por exemplo, procurar entender os motivos das objeções dos químicos às ideias

Tabela 5. Contextos aos quais a informação histórica está relacionada

Critérios	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5
5.1 Científico	1	3	3	1	2
5.2 Tecnológico	-	1	1	-	-
5.3 Social	-	-	-	-	-
5.4 Político	-	-	-	1	-
5.5 Religioso	-	-	-	-	-
Totais	1	4	4	2	2

de Thomson e o modelo de Rutherford - também não preenchem esta lacuna (LD2, p. 17)

O recorte acima trata de uma menção ao contexto científico, pois indica que o conhecimento científico disponível na época não era suficiente para explicar a periodicidade das propriedades químicas e físicas dos elementos.

A ocorrência a seguir representa outro um recorte de contexto científico:

Até o final do século XVIII, apenas 33 elementos tinham sido descobertos. Entretanto, durante o século XIX, acompanhando o grande desenvolvimento tecnológico e industrial, o número de elementos químicos conhecidos praticamente triplicou... (LD1, p. 143).

Apesar de o autor utilizar a expressão “desenvolvimento tecnológico”, não consideramos este recorte como de contexto tecnológico, pois não há qualquer detalhe sobre técnicas ou aplicações específicas às quais os autores queiram se referir. Consideramos como contexto científico devido à menção do conhecimento da existência de determinado número de elementos no período.

Como contexto tecnológico encontramos as seguintes passagens:

Alguns dos “elementos”, no sistema de Lavoisier, como a soda cáustica, foram decompostos posteriormente, quando os químicos começaram a usar a eletrólise (LD2, p. 153).

Em 1913 e 1914, o inglês Henry Moseley fez importantes descobertas trabalhando com uma complexa técnica envolvendo raios X. Ele descobriu uma característica numérica dos átomos de cada elemento que ficou conhecida como número atômico e que posteriormente ficou associada ao número de prótons (LD3, p. 91).

Nota-se nas ocorrências anteriores, que não há um

detalhamento sobre as técnicas empregadas, como suas aplicações e limitações dentro do contexto da época considerada. A impressão que se tem é que os LD apenas dão as dicas sobre esses condicionantes históricos e que caberia ao professor aprofundá-los em sala de aula. Todavia, tendo em vista a importância que a contextualização apresenta no ensino e a dependência que muitos professores possuem em relação aos LD, acreditamos que estes deveriam propiciar mais subsídios ao professor nesse quesito.

O recorte a seguir apresenta a única ocorrência que encontramos de contexto político.

Apesar da consagração mundial, a Academia Russa recusou-se a admiti-lo [Mendeleev] entre seus membros em virtude de sua posição política ser considerada liberal (LD4, p. 239).

Além de não trazer um esclarecimento mínimo sobre qual seria a situação política da Rússia ou o que se entendia por uma

postura liberal naquele contexto, essa frase sequer faz parte do texto principal da coleção, aparecendo apenas na legenda de uma imagem de Mendeleev. Alguma profundidade nessa abordagem poderia enriquecer, por exemplo, uma discussão sobre como fatores sociais influenciam a ciência.

A falta de contextualização encontrada nos LD em relação a informação histórica é um tanto quanto contraditória, pois de acordo com Martins (2006), um dos motivos pelos quais se defende a inserção da história da ciência no ensino é justamente para contextualizar os conhecimentos científicos, de modo que o estudante aprenda ciência e sobre a sua natureza. Além disso, Allchin (2004) ressalta que relatos fragmentários de eventos reais, que omitem o contexto, podem propiciar visões distorcidas de ciências, mesmo quando o objetivo é mostrar como a ciência funciona.

Os resultados que encontramos na análise dos livros estão de acordo com os apresentados nos estudos de Fernandes e Porto (2012) e de Vidal e Porto (2012). Esses trabalhos também foram realizados utilizando uma adaptação do instrumento de Leite (2002), sendo o primeiro referente

A falta de contextualização encontrada nos LD em relação à informação histórica é um tanto quanto contraditória, pois de acordo com Martins (2006), um dos motivos pelos quais se defende a inserção da história da ciência no ensino é justamente para contextualizar os conhecimentos científicos, de modo que o estudante aprenda ciência e sobre a sua natureza.

à análise da história da ciência em LD de química geral para Ensino Superior e o segundo sobre os LD de química aprovados pelo PNLEM 2007. Uma versão desse referencial metodológico também foi aplicada sobre livros didáticos de Biologia (Bittencourt, 2013), com resultados semelhantes e que lançam um alerta aos professores no que concerne à qualidade da informação histórica veiculada nesses materiais.

Em consonância com nossos achados, os principais resultados dos estudos de Vidal e Porto (2012) e Fernandes e Porto (2012) apontam que: simples menções às ideias científicas são mais frequentes do que descrições, indicando uma superficialidade na abordagem das ideias; concepções de evolução linear da ciência são predominantes; e com relação a quem faz ciência a maior quantidade de ocorrências refere-se a cientistas individuais.

Com relação à contextualização, Fernandes e Porto (2012) encontraram maior frequência de ocorrências do que nosso estudo. No entanto, estas referem-se em sua maioria apenas ao contexto científico, e, em alguns casos, ao contexto tecnológico. Vidal (2009) e Bittencourt (2013) também encontraram poucas ocorrências em relação à contextualização e a maior frequência foi para o critério contexto científico. Aliados aos nossos, esses resultados indicam uma maior carência de contextualização histórica nos livros de Ensino Médio.

Em resumo, dentre as fragilidades encontradas na abordagem histórica dos LD sobre a lei periódica, podemos destacar: 1) ausência de discussões acerca do conceito de elemento químico; 2) não valorização das contribuições do trabalho de contemporâneos e predecessores de Mendeleev na formulação da lei periódica; 3) caracterização deficiente das atividades ligadas à atuação de um cientista (refletida na ausência de menções ao trabalho como professor e ao papel das comunicações científicas, além da participação em congressos como o de Karlsruhe); 4) pouco detalhamento sobre a dinâmica de proposição e aceitação da lei periódica; 5) pouca ou nenhuma informação sobre aspectos contextuais do período.

Considerações finais

De acordo com Vidal (2009), a tabela periódica é um dos temas nos quais há maior concentração de informações

históricas nos LD. De fato, a história da ciência aparece como estratégia de abordagem do capítulo sobre a classificação de elementos em todos os LD que analisamos. Apesar desse resultado, verificamos que nenhuma das coleções analisadas apresenta dados históricos que permitam uma boa problematização para discutir a relevância da lei periódica na química.

A aplicação do instrumento de análise adotado revela que, preponderantemente, as coleções apresentam a ciência como algo feito por personagens individuais e que se desenvolve em períodos discretos ou de modo linear e cumulativo. As ideias científicas são apenas mencionadas assim como os contextos sociais em que essas ideias estão inseridas não são considerados. Há poucos vínculos de contextualização da ciência, e esta, quando ocorre, se restringe quase que exclusivamente ao contexto científico. Todos esses dados apontam para uma historiografia problemática, que não apresenta subsídios para que o professor possa discutir de forma eficiente questões referentes à natureza da ciência.

De forma geral, a história presente nos LD não contribui para compreensão dos fatores que propiciaram o desenvolvimento da lei periódica, o que permitiria uma visão mais crítica da ciência química como um empreendimento humano de caráter histórico e contextual.

Neste trabalho nos limitamos a colocar em evidência e comentar algumas fragilidades encontradas na abordagem histórica sobre a lei periódica constante nas coleções aprovadas pelo PNLD 2012. Com isso, sugerimos que o LD não é suficiente ao professor como fonte sobre aspectos históricos do conteúdo de ciências que se pretende desenvolver na Educação Básica. Sugerimos que o docente interessado nessas questões se aproxime da produção de historiadores modernos.

Arcenira Resende Lopes Targino (artargino@usp.br), graduada em Farmácia pela Universidade São Francisco (USF) e licenciada em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP). Atualmente é mestranda do Programa de Pós Graduação em Educação da Faculdade de Educação da USP. São Paulo, SP – BR. **José Otávio Baldinato** (baldinato@ifsp.edu.br), bacharel e licenciado em química pela USP, mestre e doutor em Ensino de Ciências pela USP. É professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP). São Paulo, SP – BR.

Referências

- ALLCHIN, D. *Pseudohistory and pseudoscience*. *Science & Education*, v.13, p. 179-195, 2004.
- BITTENCOURT, F. B. O tratamento dado à história da biologia nos livros didáticos brasileiros recomendados pelo PNLEM 2007: análise das contribuições de Gregor Mendel. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2013.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Guia de Livros Didáticos. PNLD 2012: Química. Brasília, 2011.
- BROOKS, N. M. *Developing the periodic law: Mendeleev's*

work during 1869-1871. Foundations of Chemistry, v. 4, n. 2, p. 127-147, 2002.

ECHVERRIA, A. R.; MELLO, I. C.; GAUCHE, R. Livro Didático: Análise e utilização no Ensino de Química. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Orgs). *Ensino de Química em Foco*. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 265-286.

FERNANDES, M. A. M.; PORTO, P. A. Investigando a presença da história da ciência em livros didáticos de química geral para o ensino superior. *Química Nova*, v.35, p. 420-429, 2012.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. *Historiografia e natureza da ciência na sala de aula*. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

GORDIN, M. D. *The Organic roots of Mendeleev's periodic Law. Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, v. 32, n. 2, p. 263-290, 2002.

HODSON, D. *Experiments in science and science teaching. Educational Philosophy and Theory*, v. 20, n. 2, p. 53-66, 1988.

KAJI, M. *Mendeleev's concept of chemical elements and the Principles of Chemistry. Bulletin for the History of Chemistry*, v. 27, n. 1, p. 4-16, 2002.

LEITE, L. *History of science in science education: development and validation of a checklist for analyzing the historical content of science textbooks. Science & Education*, v. 11, n. 4, p. 333-359, 2002.

MARTINS, R. A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Org) *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006, p. XVII- XXVIII.

MENDELEEV, D. *The Periodic law of the Chemicals Elements. Journal of the Chemical Society*, v. 55, p. 634-656, 1889.

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

PORTO, P. A. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: em busca de objetivos educacionais da atualidade. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Orgs). *Ensino de Química em Foco*. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 159-180.

SCERRI, E. R. *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*. New York: Oxford, 2007.

SCERRI, E. R. *Who is a theorist? Revista Eureka sobre En-*

señanza y Divulgación de las Ciencias, v. 8, n. 03, p. 231-239-, 2011.

SCERRI, E. R. *Some comments on the views of Niaz, Rodriguez and Brito on Mendeleev's periodic system. Educación Química*, v. 23, n. 3, p. 278-284, 2013.

TARGINO, A. R. L. História da Lei Periódica no Ensino de Química: Lacunas na Abordagem nos Livros Didáticos. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Química). São Paulo: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, 2014.

VIDAL, P. H. O. A História da Ciência nos Livros Didáticos de Química do PNLEM 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

VIDAL, P. H. O.; PORTO, P. A. A História da Ciência nos Livros Didáticos de Química do PNLEM 2007. *Ciência & Educação*, v. 18, n. 2, p. 291-308, 2012.

WARTHA, E. J.; FALJONI-ALÁRIO, A. A contextualização no Ensino de Química Através do Livro Didático. *Química Nova na Escola*, n. 22, p. 42-47, 2005.

Para saber mais

LEITE, H. S. A.; PORTO, P. A. Análise da abordagem histórica para a tabela periódica em livros de química geral para o ensino superior usados no Brasil no século XX. *Química Nova*, v. 38, n.4, p. 580-587, 2015.

OKI, M. C. M. O congresso de Karlsruhe e a busca de consenso sobre a realidade atômica no século XIX. *Química Nova na Escola*, n. 26, p. 24-28, 2007.

Abstract: *PNLD 2012 textbooks' historical approach to the periodic law.* The periodic law is a key idea in chemistry since it allows one to explain and to predict various properties of matter. Historical approaches might be effective to teach this topic as they assist the development of concepts while making easier to introduce topics related to the nature of science. Recognizing textbooks as a resource that guides the practice of many teachers, this paper's objective is to check how the history of periodic law appears in these books. We have adopted the categories proposed by Leite (2002) and Vidal (2009) in the analysis of the collections approved by the 2012 Brazilian National Textbook Program (PNLD). Following such criteria, the textbooks' approach does not help the perception of chemistry as a collective, historical and contextual human endeavor. Thus, we suggest the teacher who is interested in these questions to be aware of the production of modern historians.

Keywords: chemistry teaching, periodic law, textbooks.