



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

Vítor da Silva Santos

**ANÁLISE DA ABORDAGEM DA HISTÓRIA DA
CIÊNCIA NOS LIVROS APROVADOS NO PLANO
NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO (PNLD) 2015
A PARTIR DO TRATAMENTO DADO AO CONCEITO
DE ELEMENTO QUÍMICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Brasília – DF

1.º/2015



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

Vítor da Silva Santos

**ANÁLISE DA ABORDAGEM DA HISTÓRIA DA
CIÊNCIA NOS LIVROS APROVADOS NO PLANO
NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO (PNLD) 2015
A PARTIR DO TRATAMENTO DADO AO CONCEITO
DE ELEMENTO QUÍMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso em Ensino de Química apresentada ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Roberto Ribeiro da Silva

1.º/2015

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a toda a minha família. Em especial, é claro, aos meus pais. Ao meu pai por todo o apoio que me foi dado desde a minha decisão de deixá-los em Teresina e vim tentar uma vida nova em Brasília, mesmo muito novo, com apenas treze anos, por toda a compreensão e ajuda que me foi dada, seja ela financeira ou emocional. À minha mãe pelo mesmo apoio dado por meu pai, mas, sobretudo, pelo exemplo que foi para mim, enquanto professora. Com certeza, isso me influenciou bastante na decisão de seguir a carreira do magistério. Afirmo seguramente que minha mãe foi minha fonte inspiradora.

Outros familiares que merecem essa dedicatória são, especialmente, os de Brasília. À minha tia Francisca e a meu primo Marcos principalmente pela acolhida que me proporcionaram em seu lar, tornando-nos minha segunda família. Ganhei uma nova mãe e um irmão. À minha tia Aureline e minha prima Ana Dulce, além da família de minha irmã Adriana, também, pelo apoio incondicional que a mim foi dado. Nós somos nossa família aqui em Brasília. Aos demais familiares pelo apoio e por acreditarem em mim, em especial, às minhas irmãs Juliana e Adriana, à minha avó Elza Joaquina e às minhas primas Amanda e Beatriz.

De uma forma extremamente especial, dedico este trabalho ao Vestibular Cidadão Brasília, aos seus voluntários e, principalmente, aos alunos deste lindo projeto que faço parte com muito orgulho desde 2013 e que pretendo continuar enquanto forças eu tiver para seguir nele. Foi no Vestibular Cidadão que eu reencontrei meu gosto pela sala de aula, pelos alunos e pela educação, que há muito eu tinha perdido e, por conta disso, quase havia desistido da licenciatura. O Vestibular Cidadão me mostrou que, como dizia Paulo Freire, a educação muda as pessoas, as pessoas mudam o mundo. No Vestibular Cidadão coleciono mais do que amigos, carrego comigo uma verdadeira família, da qual tenho certeza de que levarei pessoas para o resto da minha vida.

“Se você quer ser cientista, você deve ser inimigo do que está escrito”.

Autor Desconhecido

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais e aos meus familiares;

Agradeço aos meus amigos do Magister/Colégio Militar, que me receberam muito bem em meu primeiro ano de Brasília e em minha primeira experiência nesta cidade, em especial, aos irmãos Felipe e Bárbara Arreguy.

Agradeço aos meus amigos do Curso de Química Bacharelado pelos grandes momentos em que vivemos nessa trajetória árdua;

Agradeço profundamente a todos meus professores. Todos foram muito especiais para mim e, de alguma forma, incentivaram-me a enveredar por este caminho. Do ensino médio, em especial, aos Ricardo Fujimoto, Mauro Rios e Clemência, que foram as principais figuras que fizeram que eu me apaixonasse pela Química. Da Graduação, tanto os do Bacharel, quanto os da Licenciatura;

Em mais do que especial, à professora Patrícia Lootens pelas maravilhosas aulas de Experimentação e de Evolução dos Conceitos, que me ajudaram em muito a revolucionar meu modo de pensar a Ciência e, particularmente, a Química. Sem contar, é claro, por ter feito a ponte com o meu queridíssimo orientador;

Agradeço ao professor Ricardo Gauche pela valorosa contribuição a este trabalho. E, mais, pela valorosa contribuição dada também na revolução em meu modo de pensar a Química, a Ciência, a Educação e a Vida;

Agradeço ao meu querido orientador Bob por ter acreditado que eu daria conta do recado sem mesmo me conhecer anteriormente a esta experiência. Também ao aprendizado infinito que tive no último ano ao lado de uma das grandes referências em Ensino de Química no Brasil;

Agradeço ao Vestibular Cidadão Brasília, em especial aos amigos que lá formei: Hugo, Kevin, Ana Luísa, Gabriel e Júlia.

SUMÁRIO

Introdução.....	7
Capítulo 1 – A História da Ciência e o Ensino de Ciências	9
Capítulo 2 – O Conceito de Elemento Químico e sua evolução	14
Capítulo 3 – O PNLD e o papel do livro didático no ensino no Brasil	28
Capítulo 4 – Metodologia.....	33
Capítulo 5 – Resultados e Discussão.....	35
Conclusões.....	44
Referências	47

RESUMO

Este trabalho visa a analisar se a forma como a História da Ciência está sendo abordada nas salas de aula contribui com o ensino de Ciências. Para isso, foram analisados os livros didáticos aprovados no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2015 e o tratamento dado por eles ao conceito de elemento químico. A utilização da História da Ciência no ensino de Ciências é defendida desde o início do século passado. Entretanto, o que se observou foi uma abordagem equivocada, que pouco valorizou aspectos humanistas, focando o desenvolvimento de conceitos apenas para dentro da própria Ciência, retirando-a do contexto em que está inserida, seja ele de natureza histórica, social ou tecnológica. Ou seja, esse tipo de uso da História da Ciência teve efeito contrário: acabou por corroborar um caráter de dogmas na Ciência e que ela seria feita por alguns poucos cientistas, que nunca erram. A abordagem que se considera mais recomendada, mais atual, inclusive, sugere que a História da Ciência não é simplesmente um detalhe para a Ciência, mas é por si só a própria natureza de seu processo de elaboração. O conceito escolhido a ser analisado nos livros didáticos foi o de elemento químico. A escolha foi feita levando-se em consideração que ele é classificado como um conceito estruturante para Química, ou seja, permitiu a transformação desta Ciência. Neste trabalho, a busca foi pela correção conceitual baseando-se na definição atual de elemento químico e por confusões conceituais que envolvem, principalmente, os conceitos de elemento químico e substância simples, a qual é decorrente, em parte, pela própria confusão que acompanhou esses conceitos historicamente. Foi feito um apanhado histórico da evolução do conceito de elemento químico e os mais diversos significados que assumiu ao longo do tempo até a atualidade. A conclusão a que chegamos é que, ao mesmo tempo em que a maioria dos livros define elemento químico conforme a definição mais aceita atualmente, apresenta uma grande carga de confusão conceitual e faz um uso indevido da História da Ciência na apresentação do conceito.

Palavras-chaves: História da Ciência, Elemento Químico, Livro Didático.

INTRODUÇÃO

O Ensino de Química baseia-se consideravelmente no estudo de conceitos. Dentre tais conceitos, podemos destacar a classe dos conceitos chamados estruturantes. Segundo Oki, podem-se definir conceitos estruturantes como sendo “aqueles que permitiram e impulsionaram a transformação de uma ciência, a elaboração de novas teorias, a utilização de novos métodos e novos instrumentos conceituais” (OKI, 2002, p. 21).

Um conceito em Química que pode ser considerado como estruturante é o de elemento químico. Trata-se de um conceito que contribuiu consideravelmente para a forma como a Ciência interpretou e interpreta a natureza da matéria. Aliás, pode-se afirmar que foi um conceito que auxiliou no surgimento da Ciência Química, rompendo com suas raízes alquímicas de séculos anteriores.

Embora seja um conceito de extrema relevância, o que se observa é que, por carregar uma grande carga de confusão conceitual, muitas vezes, o conceito é mal interpretado, mal definido e, por conta disso, acaba por atrapalhar o entendimento pelos alunos de outros conceitos e da própria Ciência. Muito dessa confusão conceitual Oki atribui à não existência de um vocábulo em inglês para o que chamamos de substância simples (aquelas que são formadas por constituintes cujos átomos são de apenas um elemento químico). O termo *element* naquela língua é usado para designar tanto elemento químico, quanto substância simples. Ou seja, é bastante propício para que essa confusão conceitual ocorra aqui no Brasil, uma vez que a maioria dos livros, principalmente os de ensino superior, são traduções das versões de língua inglesa.

Além disso, atribui-a a própria confusão que permeou esses conceitos no decorrer da História. Durante muito tempo, o conceito de substância simples estava atrelado ao de elemento químico e vice-versa. Isto é, se uma substância não pudesse ser decomposta em outras, era dita substância simples ou elemento químico. Somente no fim do século XIX, com a descoberta de novas partículas, é que esse modelo começa a ter necessidade de ser reformulado.

Com isso, podemos perceber a importância que a abordagem da História da Ciência no Ensino de Química apresenta. Se tal abordagem não for feita de forma satisfatória, é possível que ela acabe por gerar mais confusão conceitual relacionada a um conceito específico da Química.

Por isso, o objetivo deste trabalho é analisar a forma como a História da Ciência é abordada nos livros didáticos, especificamente os aprovados no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2015.

Para tanto, no Capítulo 1 é feita uma explanação sobre a abordagem mais recomendada atualmente para a História da Ciência no ensino. São mostradas as origens dessas recomendações, que é de aproximadamente do início do século XX, e o porquê de ela não ter vingado no decorrer do século. Além disso, ressaltam-se as dificuldades que são encontradas pelos professores, bem como, possibilidades de incluir esse tipo de estudo em sala de aula. No Capítulo 2, trazemos uma retrospectiva histórica do conceito de elemento químico, mostrando seus mais diversos significados assumidos, expondo um pouco do contexto histórico da época de cada significado. O capítulo termina com a definição que é mais aceita atualmente. No Capítulo 3, explico o porquê de o recurso escolhido a ser analisado ter sido o livro didático e, no Capítulo 4, a Metodologia utilizada no trabalho. No último capítulo, encontram-se os resultados e a discussão desses.

A expectativa com este trabalho é que seja possível evitar nas salas de aula a confusão conceitual entre conceitos tão básicos na química, que são, por exemplo: elemento químico, átomo, substância simples. Além, de evitar o erro na definição, que costuma ser bastante recorrente nos livros didáticos. Assim, espera-se que os professores possam usá-lo para embasar sua escolha pelo livro didático a ser adotado, levando-se em consideração a melhor abordagem da História da Ciência.

CAPÍTULO 1 – A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

A defesa da abordagem da História da Ciência (HC) no ensino das disciplinas desta área não é novidade do século XXI. Data, pelo menos, do final do século XIX, e do início do século XX, quando já se vivia a sensação de que a Educação em Ciências estava em crise. No Brasil, por exemplo, essa recomendação está presente na Reforma Francisco de Campos, de 1931, em que pode ser encontrada uma visão positivista da Ciência, como pode ser observado no trecho abaixo:

Ao professor ainda compete referir, abreviadamente, a propósito das descobertas mais notáveis da Química, a evolução dos conceitos fundamentais através dos tempos, revelando aos alunos os grandes vultos da História, a cuja tenacidade e intuição deve a civilização contemporânea, além da satisfação espiritual de dilatar o conhecimento do mundo objetivo, o concurso dos professores químicos em benefício da saúde, das comodidades da vida, da defesa e do desenvolvimento das nações. (CAMPOS, 1942, citado por PORTO, 2013, p. 160).¹

Embora as recomendações para o uso dessa abordagem existissem, foi observado que no século passado os elementos de caráter humanista foram postos de lado. Uma consequência disso foi a notada presença de uma HC internalista, ou seja, focada na própria Ciência. A forma como a construção da Ciência era entendida nessa época é distinta da concepção atual. Porto destaca a Proposta Curricular para o Ensino de Química (SÃO PAULO, 1988) da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo para exemplificar a diferenciação entre esses dois tipos de visão:

[...] consideramos a história não como uma mera coleção de erros a serem evitados, o que levaria à afirmação de que a ciência é quase que perfeita, um “verdadeiro” espelho da natureza, mas... [consideramo-la] como um referencial onde acertos e erros convivem, permutando seu status, num processo de idas e voltas constantes, ora a caminho do que entende por progresso, ora da dúvida. O estudo de História da Ciência, sugerido para determinados momentos do programa, possibilita a descrição da elaboração do processo científico com os conflitos que o acompanham... Considera-se, entretanto, que não se apresente a sequência histórica como uma sequência linear e progressiva, simples registro de datas, nomes ou fatos históricos, ou mesmo que não se tire a sequência de conteúdos em função da cronologia, em detrimento de seus aspectos didáticos. (SÃO PAULO, 1988, p. 15-16, citado por PORTO, 2013, p. 161).²

¹ CAMPOS, F. Reforma do Ensino Secundário (Decreto 19890, 18 de abril de 1931). In: *O Ensino Secundário no Brasil e sua atual legislação: de 1931 a 1941 inclusive*. São Paulo: Oficinas de José Magalhães, 1942.

² SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação, Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Proposta Curricular para o Ensino de Química: 2º grau*, 2. Ed. São Paulo: SE/Cenp, 1988.

Uma das causas para esse distanciamento entre a abordagem mais atual (considerada mais recomendada) e a mais antiga (do século passado) pode ser entendida se analisarmos o contexto social e tecnológico desse período. O mundo vivia a Guerra Fria, uma dura polarização entre capitalismo (representado, principalmente, pelos Estados Unidos) e socialismo/comunismo (representado, principalmente, pela União Soviética). O lançamento do satélite artificial Sputnik pelos soviéticos deixava mais claro aos estadunidenses a decadência que a educação científica vivia. Assim, os currículos escolares foram alterados de forma a aumentar a ênfase no ensino de Ciências e Matemática. A principal demanda era a da formação de cientistas. Assim, o ensino ficou voltado para a formação de “tecnicistas”, por assim dizer, e o foco passou a ser o ensino dos conceitos científicos “puros”, descolados em muito do contexto histórico em que nasceram e se desenvolveram.

Aliado a isso, pode-se citar a influência advinda do Comportamentalismo sobre a Educação, fundamentada sobre a ideia de condicionamento. Muitos educadores na década de 1970 tinham por filosofia a ideia de que ensinar estaria relacionado a fornecer o estímulo adequado, a fim de se receber determinada resposta. Os materiais didáticos foram elaborados escolhendo conteúdos que pudessem ser transformados em testes de múltipla escolha. Segundo Pereira e Silva (2009, p. 4), isso acarretou uma simplificação excessiva do conhecimento químico em nome de uma pretensa objetividade e afastando, assim, elementos subjetivos.

Dessa forma, conseguimos perceber que os elementos de maior caráter humanista foram pouco privilegiados nesse período. A HC foi, predominantemente, uma história contada de trás pra frente. Era preocupada em mostrar os fatos históricos soltos, que vingaram e que deram origem ao conceito mais aceito atualmente.

O uso dessa abordagem é danoso ao ensino de Ciências, pois acaba por reforçar erroneamente aos alunos a ideia de que a Ciência foi feita por “gênios”. Parece que eles, trancados em seus laboratórios, sempre fazem experimentos que dão certo. E, que pesquisam algum assunto por conta própria, sem nenhuma demanda específica do contexto social e tecnológico em que se inserem. Passa a impressão de que a Ciência é construída de forma linear, com um mero acúmulo de fatos. Ratifica o caráter dogmático do ensino de Ciências, passando a imagem de ser detentora de uma suposta verdade absoluta.

Segundo Pereira e Silva (2009, p. 3), ao usar a HC no ensino de Ciências, o “intuito é o de superar uma expectativa reduzida de ensino, objetivando levar o aluno a compreender a ciência de uma forma mais abrangente, e não como mera técnica pela qual se constrange a natureza em busca de respostas”.

Ainda, segundo Pereira e Silva,

[...] diante dessa nova perspectiva para o ensino médio, e a reboque do que ocorreu em outras reformas educacionais mundo afora, o currículo brasileiro também passou a integrar recomendações diretas ao uso da História da Ciência no seu ensino. Esta tendência é reafirmada nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM+) [...]. (PEREIRA, SILVA, 2009, p. 6).

Embora a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9394/96) – LDB atualmente em vigor tenha apontado caminhos a serem seguidos em todos os níveis educacionais, os aspectos relacionados à compreensão do conhecimento científico como fruto de uma evolução histórica não se encontram explicitamente no corpo da lei. Eles podem ser encontrados em instrumentos posteriores: pareceres, diretrizes, orientações e parâmetros curriculares oficiais.

Essa preocupação com a dimensão histórica do conhecimento pode ser observada, por exemplo, no Parecer 1303/2001, da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação (CNE/CES), que regulamentou as “Diretrizes Nacionais para os Cursos de Química”, tanto para os cursos de Bacharelado como para os de Licenciatura. Segundo Porto (2013, p. 162), “A concepção subjacente ao texto é a de que a História da Ciência não deve ser apenas um ornamento curricular: é a própria natureza do processo de elaboração da Ciência que impõe a presença da sua História”. (p. 162). Embora esse documento defina o perfil do químico, levando-se em consideração um forte compromisso com a abordagem histórica, ainda deixa vago o âmbito em que as competências e habilidades relacionadas a essa abordagem podem ser desenvolvidas, dificultando a concretização do perfil idealizado.

Já a visão da História da Ciência encontrada em dois outros documentos, os Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio (PCNEM) e as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) é bem mais afinada e coerente com a visão mais moderna. Nos PCNEM, nas competências relacionadas à contextualização sociocultural, pode ser encontrada a seguinte:

Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação, continuidade, ou ruptura de paradigmas, relacionando desenvolvimento científico com a transformação da sociedade. (BRASIL, 1999, p. 13).

Segundo Pereira e Silva (2009, p. 6), é possível afirmar que, mesmo indiretamente, os PCNEM dão respaldo ao uso da abordagem externalista da História da Ciência para o ensino. Além disso, pode-se encontrar nos PCNEM um incentivo à proposição de Ciência como construção coletiva, a despeito do que é comum em muitos livros didáticos, que é a tendência de apenas apresentar os “grandes expoentes” da Ciência, construindo dessa forma uma “história

dos vencedores”. Dessa discussão, a respeito da nova forma de como os conhecimentos de Química devem ser encarados, cabe destacar nos PCNEM que

Na interpretação do mundo através das ferramentas da Química, é essencial que se explicita seu caráter dinâmico. Assim, o conhecimento químico não deve ser entendido como um conjunto de conhecimentos isolados, prontos e acabados, mas sim uma construção da mente humana, em contínua mudança. A História da Química, como parte do conhecimento socialmente produzido, deve permear todo o ensino de Química, possibilitando ao aluno a compreensão do processo de elaboração desse conhecimento, com seus avanços, erros e conflitos. (BRASIL, 1999, p. 31).

Essa tendência de historiografia da Ciência está presente também nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, os PCN+, um documento complementar aos PCNEM. O trecho abaixo, por exemplo, mostra mais uma vez a preocupação em não deixar no aluno a impressão de que a Ciência se desenvolve de forma neutra e descolada do contexto em que está inserida:

É fundamental que se mostre através da história, as transformações das ideias sobre a constituição da matéria, contextualizando-as. A simples cronologia sobre essas ideias, como é geralmente apresentada no ensino, é insuficiente, pois pode dar uma ideia equivocada da ciência e da atividade científica, segundo a qual a ciência se desenvolve de maneira neutra, objetiva e sem conflitos, graças a descobertas de cientistas, isoladas do contexto social, econômico ou político da época. (BRASIL, 2002, p. 96).

Outro documento oficial que carrega a proposta de uma abordagem diferenciada da História da Ciência são as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM). Este é um documento bastante recente. É do ano de 2013. Essas ideias são ratificadas neste documento, como podemos perceber do excerto abaixo:

No que tange aos conhecimentos químicos, propõe-se, assim como os PCNEM (2002), que se explicita seu caráter dinâmico, multidimensional e histórico. Nesse sentido, o currículo consolidado e, de forma geral, apresentado nos livros didáticos tradicionais, necessita de uma severa leitura crítica, tanto pelos resultados que tem produzido junto aos jovens em sua formação básica (pouca compreensão) quanto pela limitação com que é concebido, isto é, como acúmulo de conhecimentos isolados e fossilizados, com questionável papel formador. (BRASIL, 2013, p. 107).

Nesse contexto, Pereira e Silva (2009, p. 7) discorrem sobre um artigo de Matthews (1995), no qual ele faz uma profunda revisão sobre a relação existente entre História e a Filosofia da Ciência (HFC) trazendo uma gama de argumentos que justificam as contribuições do uso da abordagem discutida neste trabalho. Eles analisam esses argumentos e os comentam com base em outras pesquisas relacionadas. Destaco alguns desses argumentos: a história promove uma melhor compreensão dos conceitos e métodos científicos; a abordagem histórica conecta o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento das ideias científicas; a história é necessária para entender a natureza da ciência; a história contradiz o cientificismo e o dogmatismo presentes nos textos escolares; a história, pelo exame da vida de

cada cientista, humaniza os objetos de estudo da ciência, tornando-os menos abstratos e mais envolventes; a história favorece a interdisciplinaridade.

Apesar de toda essa importância e eficácia demonstrada da utilização da História da Ciência no ensino de Química, aplicá-la concretamente não é das tarefas mais fáceis. Segundo Porto (2009, p. 166), uma dificuldade a se considerar diz respeito à ausência de discussão das diretrizes oficiais pelos professores. Ou seja, é necessário que os professores estejam devidamente munidos para que possam incorporar em suas práticas de sala de aula a dimensão histórica da ciência.

Outra dificuldade citada por Porto, também relacionada à formação dos professores, refere-se à qualidade das fontes de informação sobre a História da Ciência que estão disponíveis. A quantidade é muito grande e diversa: livros didáticos, Internet, televisão, jornais, revistas etc. É necessário identificar qual concepção de HC é levada em conta na construção desses diversos materiais.

Como se pode perceber, o uso da História da Ciência, de forma ideal, pode ser uma das soluções para os sérios problemas encontrados no ensino de Química. As recomendações para essas inserções são antigas, mas só começaram a ser incorporadas recentemente e ainda esbarram em uma série de dificuldades. Nesse contexto, as pesquisas em Ensino de Ciências desempenham papel crucial em uma abordagem proveitosa.

Para que esse viés seja mais valorizado e que tenda cada vez mais ao ideal, é necessário que consigamos monitorar como ele está sendo abordado na prática. Dessa forma, será possível detectar desvios e corrigi-los. Uma forma de se investigar isso é fazer uma análise de como os livros didáticos o tratam em sua elaboração. Como no Brasil esse é o instrumento mais utilizado pelos professores nas salas de aula, podemos chegar a esse mapa, mesmo que de forma indireta, se conseguirmos analisar neles essa forma de abordagem. Esse é o objetivo deste trabalho: traçar esse diagnóstico a partir da análise de livros didáticos.

Para isso, analisaremos o tratamento dado pelos livros ao conceito de elemento químico, considerado como estruturante na construção do conhecimento de química. No próximo capítulo, faremos uma retrospectiva histórica para entendermos a evolução do significado deste conceito e a definição dada atualmente.

CAPÍTULO 2 – O CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO E SUA EVOLUÇÃO

Em Química, o conceito de elemento químico pode ser considerado um dos mais importante e essencial para o seu desenvolvimento como Ciência. É classificado como um dos “conceitos estruturantes”, que, segundo Oki, “são aqueles que permitiram e impulsionaram a transformação de uma ciência, a elaboração de novas teorias, a utilização de novos métodos e novos instrumentos conceituais” (OKI, 2002, p. 21). Utilizar-se de conceitos estruturantes e de uma análise histórica que levou a esses conceitos pode ser uma maneira de se utilizar a História da Ciência no ensino.

Nesse sentido, analisar como o conceito de Elemento Químico é tratado nos livros didáticos distribuídos aos alunos das escolas públicas do país pode contribuir para compreender como se dá o ensino de Química, mais especificamente desse conceito estruturante, em sala de aula. No próximo capítulo deste trabalho, encontramos um retrospecto histórico que nos mostra o porquê de o livro didático apresentar este papel protagonista na educação no Brasil, em especial em Química.

Embora muito importante, o termo “elemento químico” carrega uma grande carga de confusão conceitual. Oki considera que pode-se atribuir a isso, substancialmente, dois fatores. O primeiro fator dá-se pelo fato de os livros no Brasil, principalmente os de ensino superior, serem traduções de originais da língua inglesa. O vocábulo “*element*” utilizado nessa língua diz respeito tanto ao conceito de elemento químico quanto ao de substância, mais especificamente ao de substância simples. O segundo fator deriva exatamente da relação histórica que esses dois conceitos possuem entre si. Substância simples e elemento químico eram definidos a partir de uma visão macroscópica da matéria. Se uma substância não pudesse ser decomposta em outras, ela era considerada elemento químico ou substância simples. Essa relação se manteve até o final do século XIX, quando a descoberta das partículas atômicas motivou a reestruturação desse modelo.

Nesse capítulo, a retrospectiva feita é baseada, principalmente, na obra de Vidal (1986). Assim, sempre que não houver referência explícita, deve se subentender que essa é a fonte principal.

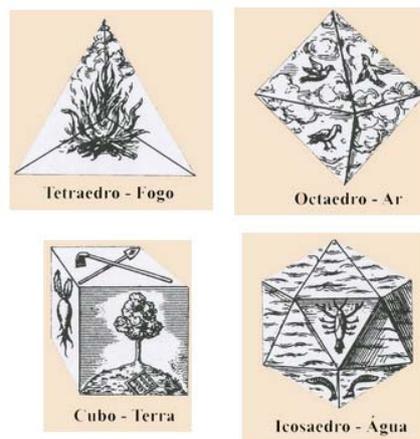
O conceito de elemento surge a partir da necessidade de se explicar fenômenos naturais. Os primeiros a tentar dar explicações sobre o porquê de algumas coisas mudarem, enquanto outras não, foram os filósofos gregos pré-socráticos. Essa explicação se baseava em suas especulações sobre os princípios constituintes da matéria. Os gregos mantinham uma grande exaltação ao conhecimento teórico, especulativo, filosófico, frente ao trabalho manual, prático, experimental. Com isso, produziram uma gama de teorias, baseadas na razão. Muitas dessas teorias, inclusive, podem ser consideradas a origem dos nossos conceitos científicos atuais. Daremos destaque a duas delas: a “teoria dos elementos” e a “teoria atômica”. Esta teoria considera a indivisibilidade infinita da matéria, assumindo a existência de uma partícula indivisível, o átomo, enquanto que aquela propõe para a matéria uma estrutura contínua e que pode ser dividida infinitamente.

Tales de Mileto (624-544 a.C) foi um dos primeiros a teorizar a compreensão do universo sem a necessidade de uma intervenção divina das forças da natureza. Segundo ele, a água seria o princípio formador de todas as coisas. Como este líquido tem um caráter amorfo, ele acreditava que ele poderia dar lugar a quaisquer características e propriedades. Pode ser considerado um primeiro “elemento”. Para Anaximandro (610-545 a.C aproximadamente), o princípio formador seria indefinido, indeterminado e amorfo em todos os planos: o *apeiron*. Anaxímenes (maturidade por volta de 540 a.C) tinha o ar como elemento de base. Heráclito de Éfeso (nascido por volta de 540 a.C) elegeu o fogo como o formador de tudo, já que a chama poderia tomar todas as formas. Já em Parmênides (540-450 a.C), a matéria tem um maior caráter abstrato. O universo estaria para além da mudança. Ele é contínuo, homogêneo, imóvel e tem a simetria esférica. São os nossos sentidos, imperfeitos, que nos dão a falsa imagem da realidade. Dessa forma, não se põe o problema de sua estrutura, uma vez que o Universo é ele mesmo o próprio Ser. Já, para Empédocles (cerca de 485-425 a.C), não existe um só elemento formador. O fogo, o ar, a terra e a água estão combinados em proporções variáveis e sob a influência de duas forças: o amor, uma força de atração e o ódio, uma força de repulsão. Quando predomina o amor, todos os elementos estão unidos e o Universo assume as características parecidas com as do de Parmênides. Quando domina o ódio, há a dissociação. Um pluralismo ainda mais radical está presente em Anaxágoras (480-428 a.C), que admitia quase que infinitos corpos de base (sementes).

Para Platão (427-374 a.C), que tem sua base na Escola Pitagórica, a dos números, “as coisas do nosso mundo são de algum modo sombras, o reflexo de um mundo perfeito em que as ideias são seres metafísicos que constituem o real” (VIDAL, 1986, p. 15). Ele acreditava que

os quatro elementos (fogo, ar, água, terra) não seriam eles os geradores dos corpos, mas, os números que representam a chave das transformações. Platão concebe a matéria como forma geométrica, um volume, ou seja, um espaço limitado por superfícies. Platão escolhe dois tipos de triângulo: o triângulo retângulo isósceles e o triângulo equilátero. Com este, constrói três poliedros: tetraedro (4 triângulos), octaedro (8 triângulos) e icosaedro (20 triângulos). Com aquele, constrói um cubo. O fogo corresponde ao tetraedro, já que o fogo é o mais leve dos elementos e o tetraedro é o menor dos poliedros. O octaedro corresponde ao ar e o icosaedro, à água. O cubo é o poliedro mais estável. Dessa forma, se relaciona com a terra e representa sua massividade.

Figura 1: A estrutura dos elementos, segundo Platão.



Fonte: Adaptada da página na Internet do CMUP (Centro de Matemática Universidade do Porto).³

Segundo ele, os elementos podem sofrer dissociação em seus triângulos de base e dar origem a outras figuras. Como, por exemplo:

$$\begin{array}{ccc}
 1 \text{ Ar} & & 2 \text{ Fogo} \\
 (8 \text{ triângulos equiláteros}) & \rightarrow & (2 \times 4 \text{ triângulos equiláteros})
 \end{array}$$

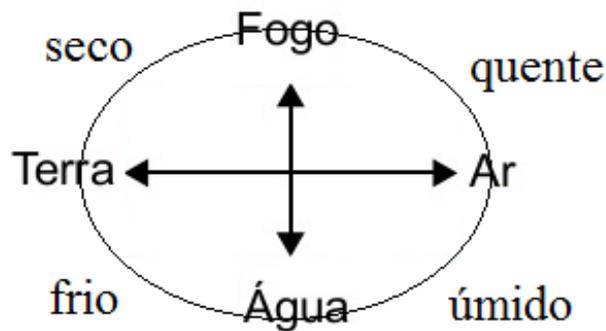
“Aristóteles (384-322 a.C) considera um universo mais tangível que o de Platão, em que a matéria é irreal. Entrega-se a múltiplas e minuciosas observações, sobretudo no domínio das ciências naturais” (VIDAL, 1986, p. 15). Para ele, a modificação da matéria depende da existência de um mesmo substrato como fundamento dos seres. Dessa forma, a matéria-prima dos seres seria amorfa em todos os seus sentidos e que, por isso, poderia assumir todas as “formas possíveis”. Ainda de acordo com essa teoria,

³Disponível em: <<http://cmup.fc.up.pt/cmup/pick/Manhas/SolidosPlatonicosTexto.html>> acessado em 15/11/14.

O substrato torna-se matéria sensível porque a ele se juntam propriedades e qualidades que irão ser a sua “forma”. Estas qualidades são em número de quatro: quente, frio, seco e úmido, e dispõem-se por pares contrários: quente-seco, quente-úmido, frio-úmido, frio-seco. O primeiro destes pares corresponde ao elemento fogo, o segundo ao ar, o terceiro à água e o quarto à terra. (VIDAL, 1986, p. 16).

Assim como Platão, Aristóteles também acreditava que os elementos poderia se transformar uns nos outros. Para isso, seria necessário mudar uma das qualidades do par para a sua contrária. Também seria possível que as duas qualidades do par mudassem, mas seria um processo mais difícil, conforme sugere a figura seguinte.

Figura 2: Transformações dos elementos segundo Aristóteles.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para Aristóteles, todas essas mudanças dependeriam do “Motor primordial perfeito”, que seria quem anima as coisas e as faz evoluir, as faz mudar de “forma”. Essa é uma das causas que contribuíram, na Idade Média, para o sucesso da teoria dos elementos em detrimento do ostracismo da teoria atomista.

As teorias dos elementos nas suas concepções mais elaboradas, tal como as conceberam Platão e Aristóteles, com possibilidades de transmutação de um elemento noutra, deram grandes esperanças aos pensadores da Idade Média, em que será viva a febre da experimentação. Pode-se dizer que Aristóteles, nomeadamente, está parcialmente na origem dos esforços dos posteriores alquimistas. As noções elementais irão encontrar um terreno tão favorável que o atomismo irá ser completamente abandonado na época medieval. (VIDAL, 1986, p. 17).

Segundo Chassot,

A teoria atomista, por seu materialismo total, não deixava espaço para os valores espirituais e não considerava o uso de harmonias preestabelecidas para explicar a ordem natural do universo. Além disso, proporcionava explicações para cada caso, mas sem a possibilidade de se obter conclusões verificadas pela experimentação. (CHASSOT, 2004, p.43).

A origem, obscura, da alquimia ocidental está no encontro entre a cultura grega e a longa tradição sacerdotal do velho império egípcio. Isso ocorreu quando os Ptolomeus chegaram ao poder no Egito, com Alexandre da Macedônia (356-323 a.C). A alquimia é uma técnica que visa a transformação da matéria, baseando-se em teorias relativas à estrutura da matéria. Como

opera por meio de uma “química brutal”, não é comum o trabalho alquímico com compostos frágeis, como os “orgânicos” que denominamos atualmente. Trata-se de uma química predominantemente mineral, voltada para a investigação da pedra filosofal, um sólido que permitiria a transmutação de metais, e na fabricação do elixir da longa vida, um remédio de propriedades miraculosas. Não se pode isolar as teorias da matéria das concepções gerais da alquimia. Elas têm uma ambição mais vasta do que simplesmente desvendar a estrutura da matéria.

Os alquimistas sempre retomavam a ideia de unicidade da matéria. Eles pensavam na transformação da matéria como uma mudança de “forma” (as qualidades ou propriedades da matéria). A matéria seria sempre a mesma, independente da aparência. Ou seja, o manipulador alquímico não pode criar nada. Ele apenas a modifica superficialmente, tentando mudar-lhe a forma.

Citemos como exemplo a transmutação do chumbo em ouro. Cada um destes dois metais tem suas características particulares. Um é cinzento, o outro amarelo. Têm densidades diferentes, maleabilidades diferentes, etc. Toda a arte do manipulador consistirá em apagar as características do chumbo, as qualidades que fazem a sua identidade, para as substituir, após ter passado a etapa do indiferenciado, pelas do ouro. O manipulador era muitas vezes pouco exigente. Deixava-se facilmente induzir em erro pelo simples aspecto corado ou por uma aparência ponderal. (VIDAL, 1986, p. 17).

Para os alquimistas, existiam dois “princípios”: o enxofre e o mercúrio. Eles simbolizam propriedades opostas e não devem ter seus significados reduzidos às espécies químicas correspondentes. O enxofre era o correspondente ao masculino, ativo, quente, fixo e duro, enquanto que o mercúrio era ao feminino, passivo, frio, volátil e maleável. Reduzia-se a um dualismo sexual, um tanto quanto primitivo. Paracelso (1493-1541) tornou mais utilizado um terceiro princípio: o sal. Ele seria o responsável por manter unidos o enxofre e o mercúrio. Dessa forma, o sal seria o princípio diretamente responsável pela vida.

Podemos, assim, fazer uma relação direta entre a teoria dos elementos e a teoria dos princípios.

O enxofre que, na sua forma material adulterada, é sólido no estado ambiente, sublima-se e arde; o enxofre, que é o princípio da combustibilidade, corresponde à terra, sólida, e ao fogo, sutil. A água, líquida no estado normal, e o ar, gasoso, tomam a forma dos recipientes que lhe impomos. Por isso, eles têm um caráter passivo, feminino. Eles correspondem ao mercúrio, princípio feminino, líquido e volátil. (VIDAL, 1986, p. 24).

Platão já fazia menção a um quinto elemento, o éter, que poderia ser associado ao sal, na teoria dos princípios. Mas, na alquimia, esse elemento não teve tanta importância quanto os demais.

A essa altura nos cabe ressaltar o seguinte: para os teóricos da matéria, os “elementos” seriam os princípios formadores de tudo. Ou seja, enxofre, mercúrio, sal, ou mesmo, fogo, terra, ar e água não podem ser confundidos com as substâncias e materiais homônimos que conhecemos atualmente. Eles seriam o substrato base para a formação de tudo.

Uma primeira definição de elemento que discordasse da teoria dos princípios foi dada pelo químico inglês Robert Boyle (1627-1691) por volta de 1666. Essa definição é considerada por muitos historiadores como realmente moderna e serviu à Química por bastante tempo, até a descoberta dos isótopos, no início do século XX. Entretanto, existem algumas divergências quanto a essa abordagem. Para alguns, ele rompeu com o conceito existente. Enquanto que, para outros, ele não substituiu a definição tradicional, apenas questionou sua função na prática.

O conceito de elemento, para Boyle, pode ser observado no trecho seguinte, que foi extraído do apêndice de seu livro “O químico cético” (1661):

Chamo agora elementos certos corpos primitivos e simples perfeitamente puros de qualquer mistura, que não são constituídos por nenhum outro corpo, ou uns pelos outros, que são os ingredientes a partir dos quais todos os corpos que chamamos misturas perfeitas são compostos de modo imediato, e nos quais estes últimos podem ser finalmente resolvidos. (BENSAUDE; VINCENT E STENGERS, 1992, citados por OKI, 2002, p. 21).⁴

Embora não cite em sua obra nenhum exemplo de elementos existentes na natureza, Boyle os trata como o verdadeiro limite da análise química. Atentemos para o fato de que essa definição de corpos simples é similar à de substância simples que utilizamos hoje em dia. Embora as contribuições de Boyle tenham influenciado na química, as concepções antigas resistiram até o século XVIII.

A teoria atômica, assim como tinha sido pensada na Antiguidade, foi divulgada por Pierre Gassendi (1592-1655). O próprio Boyle introduziu ideias corpusculares na Inglaterra. Mas, nenhum desses autores consegue vencer a visão mecanicista de asperezas necessárias aos corpúsculos para que pudessem se agrupar. Um exemplo disso está na obra de Nicolas Lémery (1645-1715). Segundo ele, a neutralização de um ácido por uma base seria devido à introdução das pontas agudas das partículas do ácido (teriam pontas agudas, porque o ácido pica na língua) nos orifícios das partículas de base. Somente na obra de Isaac Newton (1642-1727) é que teremos um salto epistemológico na visão de ligação entre corpúsculos. Segundo eles, os fenômenos químicos seriam o resultado de atrações ou repulsões entre os corpúsculos.

⁴ BENSAUDE-VINCENT, B.B e STENGERS, I. História da Química. Trad. xxx. Lisboa: Editora Piaget, 1992. p. 23, 53-54, 128-129, 198-199.

Com isso, seria de se esperar que a química não se restringisse à imagem ingênua dos átomos. Mas, não foi isso que se observou, conforme Vidal descreve:

Na verdade, a teoria corpuscular do século XVII apenas elaborou as suas premissas. Não se substitui às concepções elementares. Sobrepõe-se-lhes. No séc. XVIII, precisamente, assiste-se a um pequeno desenvolvimento da noção de elemento no âmbito da “teoria do flogístico”. A teoria corpuscular, que será utilizada no modo geral, mas não como teoria dominante, irá impregnar toda a química. Por conseguinte, ela poderá construir de novo um polo de atenção quando Lavoisier tiver demonstrando as insuficiências da teoria do flogístico. De certo modo, encontra-se em posição de espera. (VIDAL, 1986, p. 37).

Antoine Laurent-Lavoisier (1743-1794), no século XVIII, é quem desconstrói sistematicamente e por meios empíricos as definições dadas por Aristóteles e pelos alquimistas. Permeando a teoria da combustão, existia nesse século uma variedade de fatos experimentais para desvendá-la. Entretanto, a não descoberta do oxigênio e da sua importância neste tipo de reação a fizeram falhar. Segundo a teoria de George Ernst Stahl (1659-1734), o flogístico seria como que o fogo fixado na matéria e dele dependia a combustão. Por exemplo, ao se calcinar um metal, o resultado é uma “cal” (hoje, conhecemos por óxido) e a liberação do flogístico. Dessa forma, seria possível restituir o metal desde que se transferisse para a “cal” o flogístico de corpos que nele são ricos (como, por exemplo, o carvão). O esperado seria que a cal resultante tivesse uma massa inferior à do metal inicial, o que não era observado. Assim, atribuiu-se ao flogístico um peso negativo, uma leveza absoluta. Essa ideia reforçava a de Aristóteles, a de que os elementos dirigem-se para o lugar que lhe é próprio. Assim como o fogo, o flogístico tendia para o “limite”, para o alto. Com isso, essa teoria não se opunha a nenhuma das noções admitidas, o que contribuiu para seu sucesso.

Em 1771, Lavoisier, ao realizar reações de combustão, em especial as do enxofre e fósforo, constata um aumento de peso. Este aumento é atribuído à quantidade de ar que reagiu com os gases de partida. Voltando-se para o problema da calcinação dos metais, estuda a redução do óxido de chumbo (litargírio) e observa uma grande liberação de “ar” na passagem da “cal” (o óxido) ao metal. Quando os recipientes eram selados, Lavoisier observava que a massa do conjunto recipiente + conteúdo se mantinha igual. Com isso, Lavoisier consegue derrubar a hipótese de Boyle, segundo a qual o aumento do peso se daria pelo fato de o fogo entrar pelo recipiente e juntar seu peso ao do metal.

Com um histórico experimento, realizado em 1776 e publicado em 1777, marca-se o nascimento da química contemporânea, seja pelos conceitos, seja pelo método de trabalho utilizado. Segundo Vidal, Lavoisier, pela sua sistemática e meticulosidade, não deixa qualquer lugar à ambiguidade. Ele persegue o fato experimental. Esse experimento é a análise do ar por

meio da calcinação do mercúrio. Em meio fechado, e por aquecimento, forma-se o óxido vermelho de mercúrio. É descrita a diminuição da quantidade de ar no recipiente, uma “mofeta” residual (o azoto) e o óxido formado é pesado. Em seguida, decompõe o produto formado por aquecimento e recolhe o mercúrio e o “ar vital” (o oxigênio), que isola em animais e na chama de uma vela. Por último, recria a atmosfera original, misturando a “mofeta residual” e o “ar vital”. Dessa forma, acaba-se com as dúvidas: é o ar vital, presente na constituição atmosférica, que se combina com os metais e aumenta o peso da quantidade que reagiu com ele. Com a adoção da teoria “antiflogística” de Lavoisier, a noção de elemento foi modificada.

Em 1784, Lavoisier realiza outro experimento, este em colaboração com Meusnier. Eles decompõem a água, fazendo-a passar num cano de espingarda aquecido ao rubro. O oxigênio liberado combina-se com o ferro para formar um óxido e o hidrogênio recolhido é utilizado para fazer a síntese da água. A precisão com que a experiência é realizada permite concluir: assim como o ar, a água não pode mais ser considerada como um dos quatro elementos formadores de tudo, uma vez que podem ser decompostos. Além desses, o fogo não pode mais ser considerado como princípio da combustão. Lavoisier provou a inutilidade da noção de flogístico.

Em seu livro o “Tratado Elementar de Química” (1789), Lavoisier traz sua definição de elemento químico, que, embora seja praticamente a mesma de Boyle, ganha uma existência concreta e precisa, conforme o trecho abaixo.

Se [...] associarmos ao nome de elementos ou de princípios dos corpos a ideia do último termo ao qual chega a análise, todas as substâncias que não podemos decompor por meio algum são para nós elementos: não que possamos assegurar que este corpos, que nós considerávamos como simples, não sejam eles mesmos compostos de dois ou mesmo de um maior número de princípios, mas como esses princípios jamais se separam, ou antes, como não temos nenhum meio de separar, eles comportam-se para nós como os corpos simples, e não devemos supô-los compostos senão no momento em que a experiência e a observação nos tenham fornecido a prova. (BENSAUDEE; VINCENT; STENGERS, 1992, citados por OKI, 2002, p. 23).⁵

É possível detectar nessa definição de elemento de Lavoisier a já comentada confusão conceitual existente entre substância simples e elemento. Alguns dos próprios exemplos de elementos que Lavoisier traz em seu livro são substâncias simples ou até mesmo composta. Segundo Oki, “dos trinta e três elementos citados, cinco deles são hoje reconhecidos como óxidos, três são radicais que ainda não haviam sido identificados e dois correspondem à luz e ao calórico” (2002, p. 23).

⁵ BENSUAUDE-VINCENT, B.B e STENGERS, I. História da Química. Trad. xxx. Lisboa: Editora Piaget, 1992. p. 23, 53-54, 128-129, 198-199.

Figura 3: Reprodução da tabela de substâncias simples publicada na página 192 do “*Traité Élémentaire de Chimie*”.

TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
	Lumière.....	Lumière; Chaleur.
	Calorique.....	Principe de la chaleur. Fluide igné. Feu.
Substances simples qui appartiennent aux trois règnes & qu'on peut regarder comme les élémens des corps.	Oxygène.....	Matière du feu & de la chaleur. Air déphlogistiqué. Air empiréal. Air vital.
	Azote.....	Base de l'air vital. Gaz phlogistiqué; Mofete.
	Hydrogène.....	Base de la mofete. Gaz inflammable.
		Base du gaz inflammable.
Substances simples non métalliques oxidables & acidifiables.	Soufre.....	Soufre.
	Phosphore.....	Phosphore.
	Carbone.....	Charbon pur;
	Radical muriatique.	Inconnu.
	Radical fluorique..	Inconnu.
	Radical boracique..	Inconnu.
	Antimoine.....	Antimoine;
Substances simples métalliques oxidables & acidifiables.	Argent.....	Argent.
	Arsenic.....	Arsenic.
	Bismuth.....	Bismuth;
	Cobalt.....	Cobalt.
	Cuivre.....	Cuivre.
	Etain.....	Etain;
	Fer.....	Fer.
	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercuré.....	Mercuré.
	Molybdène.....	Molybdènes;
	Nickel.....	Nickel.
Substances simples salifiables terreuses.	Or.....	Or.
	Platine.....	Platine.
	Plomb.....	Plomb.
	Tungstène.....	Tungstène.
	Zinc.....	Zinc.
	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie.....	Magnésie, base du fel d'Épſom.
Baryte.....	Barote, terre pesante.	
Alumine.....	Argile, terre de l'alun, base de l'alun.	
	Silice.....	Terre siliceuse, terre vitrifiable.

Fonte: TOLENTINO, ROCHA-FILHO, 1997, p. 104

A grande quantidade de conhecimentos e observações acumulados pela Química até aquela altura carecia de uma sistematização. Com o advento da teoria atômica, proposta por John Dalton (1766-1844), surgiu também a necessidade de determinar a massa dos átomos. O próprio Lavoisier, juntamente com os químicos Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816), Claude-Louis Berthollet (1748-1822) e Antonine Fourcroy (1755-1809) publicaram o livro *Méthode de Nomenclature Chimique*, em 1787, em uma tentativa de sistematização de nomenclatura química. De acordo com Tolentino, Rocha-Filho e Chagas, “um terço desse livro de 300 páginas é um dicionário que permite que o leitor relacione os novos nomes propostos com os comumente utilizados até então; por exemplo, ‘óleo de vitriol’ se torna ‘ácido sulfúrico’ e ‘flores de zinco’ se torna ‘óxido de zinco’” (TOLENTINO, ROCHA-FILHO, CHAGAS, 1996, p. 103).

Outra tentativa de sistematização se deu com Lavoisier, Joseph L. Proust (1754-1826), Jeremias B. Richter (1762-1807) e outros. Baseados em observações enunciaram uma série de

leis, empíricas, as quais regem as massas dos reagentes durante uma reação. Essas leis, no entanto, constatavam uma realidade experimental, sem dar-lhes a devida explicação.

A primeira lei ponderal, também conhecida como Lei de Proust, trata das proporções constantes entre os reagentes em uma reação química. Ou seja, os reagentes se combinam em uma proporção fixa e formam sempre a mesma quantidade de produto. Por exemplo, 1g de hidrogênio sempre reage com 8g de oxigênio gerando 9g de água. A segunda lei, a lei de Dalton, era a lei das proporções múltiplas e dizia que se dois elementos (o que conhecemos hoje por substâncias simples) reagissem entre si e formassem mais de um produto, fixando-se a massa de um dos elementos, a relação entre as massas do outro elemento é de números inteiros e pequenos.

Após a formulação da teoria atômica de Dalton, é que surgiram bases teóricas para explicar os fenômenos já sintetizados pelas leis ponderais. Cabe ressaltar algumas afirmações que caracterizavam o átomo de acordo com esta teoria:

[...] 1) durante uma reação química, os átomos conservam a sua individualidade; 2) todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos, principalmente no que se diz respeito ao seu peso, sendo desta forma o peso atômico uma característica de cada elemento químico; 3) as combinações químicas resultam da união dos átomos segundo relações numéricas simples. (TOLENTINO, ROCHA-FILHO, 1993, p. 182).

Sendo o peso atômico uma característica tão diferenciadora assim de cada elemento químico, passa a existir uma grande preocupação em determinar esse peso para cada elemento e que esta seja feita com uma relativa precisão. Dalton já relatou em 1803 alguns valores de pesos atômicos tomando como referência o hidrogênio, a que ele atribuiu o peso unitário.

Concomitantemente à ideia de pesos atômicos, caminhava a de pesos equivalentes, que seria a determinação do peso de um elemento que reagia com o peso de outro elemento. Muito empregado principalmente porque possibilitava calcular os pesos de reação entre ácidos e bases, por exemplo.

Não existia entre esses conceitos consenso por parte dos cientistas. Tratava-se, principalmente, de uma questão ideológica. Segundo Tolentino, Rocha-Filho e Chagas:

Outro lado da questão é que a disputa pesos atômicos x pesos equivalentes tinha como pano de fundo questões ideológicas. Pesos atômicos implicavam, de um certo modo, na realidade dos átomos, o que não ocorria com os equivalentes, mais ao gosto dos positivistas, os quais não consideravam a existência dos átomos. (TOLENTINO, ROCHA-FILHO, CHAGAS, 1996, p. 105).

Após o enunciado das leis que regem as combinações gasosas, um método de determinação do peso atômico foi desenvolvido tendo como base a densidade das substâncias gasosas, o que permitiu com bastante facilidade, o peso atômico daqueles elementos envolvidos

nestas substâncias. O hidrogênio, ao qual se atribuía o peso atômico 1, por exemplo, tinha densidade 0,0695 em relação ao ar. Era difícil utilizar esse método com substâncias sólidas, o que nos leva a aplicação da Lei de Dulong e Petit, que dizia respeito ao calor específico das substâncias para a determinação do peso atômico dos elementos. Segundo esta lei, o produto entre o calor específico da substância e o seu peso atômico seria próximo de 6,4.

O primeiro a reconhecer alguma relação entre certas propriedades e pesos atômicos foi Johann W. Döbereiner (1780-1849), que observou que ao agrupar determinados elementos químicos em grupos de três (tríadas), existia relação numérica entre seus valores de pesos atômicos. A primeira delas reconhecida por Döbereiner foi a tríada: cálcio, estrôncio e bário. Além de propriedades semelhantes, o peso atômico do elemento central (estrôncio – peso atômico 87,62) era aproximadamente igual à média (88,70) dos pesos atômicos dos extremos da tríada (cálcio – peso atômico 40,08 e bário – peso atômico 137,33). (TOLENTINO, ROCHA-FILHO, CHAGAS, 1997, P. 104). Nessa época, não se achou explicação razoável para essa observação. Em 1849, Germain I. Hess (1802-1850) trouxe a ideia de “família” para elementos com propriedades semelhantes, descrevendo quatro grupos de não metais:

- 1) I, Br, Cl, F; 2) Te, Se, S, O; 3) C, B, Si; 4) N, P, As.

Diversos outros cientistas destacaram-se como precursores da classificação periódica.

O fim da discussão entre pesos atômicos e pesos equivalentes veio na primeira metade do século XIX, com a realização do Congresso de Karlsruhe (Alemanha), em 1860, onde participaram 140 químicos de vários países, convocados na tentativa de resolver esse impasse. Baseado nas ideias de seu conterrâneo Amadeo Avogadro (1776-1856), Stanislao Canizzaro (1826-1910) apresentou uma definição clara para os pesos atômicos em seu artigo “*Sunto di um Corso di Filosofia Chimica*”, o qual só foi amplamente aceito após distribuição de separatas por seu amigo e seguidor Angelo Pavesi, da Universidade de Pavia.

Após essa definição de peso atômico, alguns pesquisadores começaram a testar a relação entre este e as propriedades dos elementos. Por exemplo, o francês Alexandre E. B. de Chancourtois (1820-1866), que dispôs os elementos conhecidos ao longo de uma espiral cilíndrica inclinada a 45°, de acordo com a ordem crescente de seus “números característicos” (os próprios pesos atômicos ou estes multiplicados ou divididos por dois). A essa disposição chamou de “Parafuso Telúrico” e mantinha os elementos semelhantes sobre uma mesma geratriz. John A. R. Newlands (1837-1898) observou que agrupando os elementos conhecidos em ordem crescente de seus pesos atômicos, havia repetição de propriedades a cada 8

elementos. Daí surgiu a “Lei das Oitavas”, tal como ocorria com as oitavas musicais. Analogia essa que decorria do fato de Newlands possuir conhecimentos musicais.

Cabe destacar também a classificação proposta por Odling em 1864. Nessa classificação, ele uniu os elementos com propriedades (de seus compostos) análogas em grupos e seguindo a ordem crescente de seus pesos atômicos. Sua tabela foi bastante discutida e pode ser considerada como uma das precursoras da classificação periódica atual.

Por fim, destacaremos o papel de dois cientistas. Primeiramente, o médico de formação Julius Lothar Meyer (1830-1895). Na elaboração de seu livro, utilizou aquelas ideias de relacionar propriedades com os pesos atômicos. Esperava que os fatos químicos fossem estudados baseados em uma classificação satisfatória dos elementos químicos. Com isso, Meyer utilizou como propriedade o volume atômico, que resultava da razão entre o peso específico e o peso atômico da substância simples do elemento no estado sólido. Ele tentou por diversas vezes construir uma tabela que refletisse a periodicidade de algumas propriedades.

Ao mesmo tempo, desenvolviam-se os trabalhos de Dmitri Ivanovitch Mendeleiev (1834-1907), o qual seguiu a linha de classificar os elementos de acordo com propriedades em função dos números atômicos. Essa conclusão foi tomada por Mendeleiev ao estudar os óxidos dos elementos. A tabela, já citada no livro de Nerst, foi organizada com base nos óxidos que se encaixavam nas características semelhantes. A classificação de Mendeleiev atingiu uma precisão científica que talvez as de seus contemporâneos não tenham atingido. Uma segunda versão de sua tabela apresentava alguns avanços científicos, destacando-se por alguns motivos: deixava alguns espaços vazios, prevendo a existência de elementos; levava em consideração várias propriedades físicas e químicas; permitia prever propriedades associadas a alguns desses elementos ainda não descobertos somente com base nas propriedades dos elementos vizinhos.

Mendeleiev já propõe uma diferenciação entre elemento e corpo simples, ajudando a desfazer essa importante confusão conceitual, em seu artigo “A lei periódica dos elementos químicos” (1871):

Um corpo simples é qualquer coisa de material, metal ou metaloide, dotada de propriedades físicas e químicas. A expressão corpo simples corresponde à ideia de molécula [...]. Pelo contrário, deve-se reservar o nome de elemento para caracterizar as partículas materiais que formam os corpos simples e compostos e que determinam o modo como se comportam do ponto de vista físico e químico. A palavra elemento corresponde à ideia de átomo. (BENSAUDE; VINCENT E STENGERS, 1992, citados por Oki, 2002, p. 24)⁶

⁶ BENSAUDE-VINCENT, B.B e STENGERS, I. História da Química. Trad. xxx. Lisboa: Editora Piaget, 1992. p. 23, 53-54, 128-129, 198-199.

A importância, sobretudo epistemológica, da definição de Mendeleiev para elemento químico é destacada por Tolentino, Rocha-Filho e Chagas:

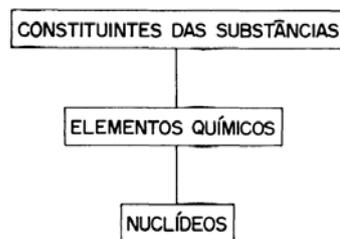
Na construção de sua classificação periódica, Mendeleiev não apenas sistematizou e organizou dados, mas também reformulou. Desdobrou, elaborou conceitos e relações fundamentais na Química. Baseando-se nas noções de Avogadro, Laurent, Gerhardt e Canizaro, Mendeleiev associou elemento a átomo e substância simples a molécula, estendeu o programa lavoisieriano do vai-e-vem entre corpos simples e composto, para elemento e substância simples. O elemento químico deixa de ser uma coisa palpável para ser um ente abstrato. (TOLENTINO, ROCHA-FILHO, CHAGAS, 1996, p. 108).

Cabe ressaltar que ao associar elemento químico a átomo, Mendeleiev trata o elemento químico como constituinte da matéria. Tratamento esse que ainda choca com a definição mais moderna de elemento químico. Ao tratar os dois termos como sinônimos, Mendeleiev nos possibilita afirmar que a substância água é formada pelos elementos químicos hidrogênio e oxigênio.

Segundo Tunes et al., o conceito de elemento químico leva em consideração a estrutura microscópica da matéria, uma vez que é nesse nível que as propriedades químicas se manifestam. Uma vez que essas propriedades se dão na eletrosfera dos átomos, é necessário que a natureza elementar da matéria seja tratada pelos químicos. O elemento químico pode ser entendido como “tipo de átomo caracterizado por um número atômico específico”.

No sistema conceitual apresentado por esses mesmos autores (vide figura 1 abaixo), os nuclídeos representam as entidades químicas elementares da matéria e podem ser definidos como: “tipo de um dado elemento químico caracterizado por um número de massa específico” (TUNES et al., 1988). Ou seja, é nos nuclídeos que ocorre a gênese das propriedades químicas.

Figura 4: Síntese do sistema conceitual para constituinte quanto à natureza de seus átomos.



Fonte: TUNES et al., 1988, p. 200

Uma forma de demonstrar a importância de ter a consciência de que cada elemento químico ocorre por meio de seus nuclídeos é na determinação das massas atômicas, uma vez que se deve levar em consideração o número de nuclídeos e suas abundâncias de forma precisa. Isso significa que “[...] elemento químico não é átomo: na verdade, cada elemento químico diz respeito a uma classe de átomos”. (TUNES et al., 1988). Ou seja,

A expressão elemento químico, na verdade, designa tipos de átomos, definidos pelo atributo crítico número atômico; ou seja, um dado elemento químico (por exemplo, hidrogênio) é um tipo de átomo caracterizado por um número atômico específico (no caso, ^1H , ^2H e ^3H são caracterizados – todos – pelo número atômico 1). (TUNES et al., 1988, p. 200).

Essa proposta de definição difere consideravelmente daquela que pode ser encontrada em alguns livros didáticos, a saber: conjunto de (todos os) átomos de um mesmo número atômico. De acordo com esta definição, o hidrogênio, por exemplo, seria o conjunto de (todos os) átomos com número atômico 1. Mas, todos os átomos de número atômico 1 são o conjunto de átomos do elemento químico hidrogênio; cada átomo do conjunto é um átomo do elemento químico hidrogênio.

Com isso, podemos concluir que a expressão “elemento químico” pode ainda ser tratada equivocadamente em nosso sistema de ensino. O não entendimento das etapas históricas (e de suas importâncias) que levaram ao conceito mais aceito atualmente mostra que ainda existem confusões presentes nesse conceito e que essas se configuram em obstáculos epistemológicos para o entendimento deste. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é verificar se estas confusões se apresentam ou não nos livros didáticos que fazem parte do PNLD 2015, e a consequência que isso acarreta no processo de ensino-aprendizagem de Química pelos alunos do Ensino Médio.

No capítulo seguinte, justificaremos o porquê de o livro didático ser tão recorrente nas salas de aula, por meio de um apanhado de histórico de como se deu a elaboração dos livros didáticos no século passado, principalmente no Brasil. Com isso, e com experiências anteriores, poderemos concluir porque analisar o livro didático nos permite, mesmo que de forma indireta, analisar a Educação no Brasil.

CAPÍTULO 3 – O PNLD E O PAPEL DO LIVRO DIDÁTICO NO ENSINO NO BRASIL

Na Educação brasileira, e em especial na Educação em Química, o livro didático ocupa uma posição de destaque quando se trata de recursos a serem utilizados no processo de ensino-aprendizagem. Segundo Echeverria, Mello e Gauche, esse protagonismo se refere a dois aspectos: “as especificidades do desenvolvimento do sistema educacional e a política de formação de professores no país” (ECHEVERRIA; MELLO; GAUCHE, 2008, p. 64). Essa importância já havia sido notada por Schnetzler, em 1981, quando escreveu um artigo analisando o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros dirigidos ao ensino secundário (atual ensino médio) de 1875 a 1978. Nesse artigo, ela explica a opção de analisar livros didáticos para verificar se o tratamento dado por eles ao conhecimento químico reúne certas características que os alunos do ensino secundário apontavam: ausência de experimentação e de relação com a vida cotidiana, e pela ênfase na memorização. Segundo a autora,

Na medida em que as informações acima permitem inferir que livros didáticos brasileiros de química podem estar sendo consideravelmente utilizados no ensino daquela disciplina, a análise do tratamento dado ao conhecimento químico por eles veiculado possibilita verificar se realmente aquelas três características têm se manifestado, bem como permite refletir algumas tendências do ensino secundário de química. (SCHNETZLER, 1981, p. 6).

Para entender de forma mais clara essa importância que os livros didáticos têm na Educação no Brasil, é importante conhecer melhor o processo que os levou ao modelo atual. Para isso, temos de rever a influência ampla e inevitável que os processos seletivos para o ensino superior exerceram na produção dos livros didáticos no Brasil no último século.

A necessidade de se aliar o estudo de Química com o cotidiano do aluno, com o seu papel de cidadão na sociedade, é recorrente nos documentos oficiais que orientam o processo de ensino-aprendizagem nas escolas brasileiras. Essa necessidade remete às primeiras décadas do século XX, mais precisamente em 1911, quando, na Reforma Rivadávia (então Ministro da Justiça e Negócios Interiores do Presidente Marechal Hermes da Fonseca), já se esperava do ensino médio o papel de formador de cidadãos e não o de simples preparatório para o ensino

superior. Entretanto, esse ensino se modela e se adapta ao contexto social e tecnológico em que está inserido. Conforme já se discutiu no primeiro capítulo deste trabalho, a polarização que o mundo vivenciou entre o capitalismo e o socialismo teve como consequência a valorização da formação de cientistas em detrimento de uma formação mais humanista. Uma consequência disso foi o aumento na demanda de vagas para acesso a cursos dessa natureza.

Na segunda metade do século, a partir da década de 1960, principalmente no governo de Juscelino Kubitschek, o Brasil vivenciou um grande desenvolvimento econômico, gerando novas oportunidades e exigindo uma maior qualificação dos profissionais brasileiros. Por conta disso, ocorreu uma intensificação na demanda pelo ingresso no nível superior. Intensificação essa que se deu sem a respectiva correspondência no aumento do número das vagas. O aumento desproporcional nessa concorrência ocasionou um estouro no sucesso da forma como os cursos “pré-vestibulares” preparavam seus alunos para a prova, o que alimentou a chamada “*indústria dos cursinhos*”, que pode ser entendida como:

[...] a interessada meramente no sucesso comercial oriundo do eficiente adestramento para a realização de provas de vestibular, sem qualquer compromisso com a qualidade do processo educativo, embora influenciasse, desde então, na produção de materiais didáticos e no sistema instrucional utilizado pelo professor em sua atuação no contexto escolar. (GAUCHE, TUNES, 2000, citado por GAUCHE, 2011, p. 151).

Uma consequência dessa influência inevitável, segundo o Guia do Plano Nacional do Livro Didático (PNLD 2012), é que “muitos dos livros didáticos que se tornaram mais conhecidos nas escolas brasileiras eram oriundos de apostilas de cursinhos pré-vestibulares, que se consagraram como o currículo de Química a ser desenvolvido no ensino médio” (BRASIL, 2012).

Essa origem de livros didáticos, nas apostilas dos cursinhos, não só contribuiu no reforço do ensino por meio do adestramento, mas também levou para o contexto escolar a dinâmica típica dos cursos preparatórios e a transformou em referência docente a ser adotada nas escolas. De acordo com Gauche,

Estava materializada a nefasta implantação de abordagem que distanciava, ainda mais, a escola de seus objetivos intrínsecos, com reflexos incontestáveis na qualidade metodológica e conceitual dos processos de ensino-aprendizagem desenvolvidos. (GAUCHE, 2011, p. 152).

Mortimer também fez uma análise dos livros didáticos de Química destinados ao ensino secundário, sob um aspecto mais geral, em um artigo publicado em 1988 intitulado “A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário”. A análise foi feita dividida por períodos, que correspondem à vigência das reformas de ensino que ocorreram a partir de 1930. O autor destaca que a partir do início do século XX os livros passaram a apresentar certa

inércia em relação aos conceitos e às formas como são abordados. Eles passam a oferecer resistência em abandonar teorias ultrapassadas. Com isso, é recorrente encontrar nos livros conceitos que, embora em desuso, são repetidos sem nenhum questionamento quanto a isso. Isso ocorre, principalmente, segundo o autor, porque as editoras responsáveis pelos livros passaram a se preocupar mais com a sua forma de apresentação, visando ao sucesso comercial, do que com o conteúdo didático propriamente. Tornou-se desinteressante a elas rever e atualizar, do ponto de vista do conteúdo, os livros didáticos que já tivessem obtido o sucesso em vendas. De acordo com Mortimer,

Alguns autores já puderam expor, em congressos e reuniões sobre o ensino de química, sua dificuldade em rever a edição de um livro que está vendendo bem, por causa do desinteresse da editora. Esses mesmo autores argumentaram que não adianta tentar mudar. Se não escrevem os livros nos padrões impostos pelas editoras, a obra não é aceita, sob a alegação de que não tem saída. O próprio Ministério da Educação legitima essa política, ao adquirir tais livros para a distribuição às escolas, sem promover o debate e questionar a qualidade dos mesmos. (MORTIMER, 1988, p. 38).

Diante dessa danosa mecanização do ensino de Química, surgiu a necessidade de se questionar esse modelo e o real papel desse ensino na formação de um cidadão. Por conta disso, segundo o Guia de Livros Didáticos de Química do Plano Nacional de Livros Didáticos (PNLD 2015), surgiu, principalmente, a partir da década de 1980

um movimento de resistência a esse tipo de material didático que emergiu no País, protagonizado, principalmente, pela consolidação de grupos de pesquisa em ensino de Química em Universidades. Muitos deles se dedicaram a elaborar materiais didáticos apoiados em fundamentos teórico-metodológicos que articulassem concepções de ensino-aprendizagem, de ciências e de educação. (BRASIL, 2014, p. 7).

Já em 1937, havia sido criada a Comissão Nacional do Livro Didático – CNLD – como primeira tentativa de divulgação e distribuição de obras de interesse educacional, científico e cultural. Em 1939, a Comissão teve sua composição ampliada e houve um aumento do poder do Ministro da Educação sobre ela.

Na década de 1960, já sob o regime militar, foram assinados acordos entre o Brasil e os EUA, quando foram disponibilizados cerca de 51 milhões de livros para serem utilizados por três anos. Em 1971, ocorreu a extinção da Comissão do Livro Técnico e do Livro Didático (Colted) e a criação do Programa do Livro Didático (PLID), que, em 1968 passou a ser responsabilidade da Fename (Fundação Nacional de Material Escolar), recém-criada.

Em 1980, foram lançadas as diretrizes básicas do Programa do Livro Didático – Ensino Fundamental (Plidef). Em 1983, foi instituída a Fundação de Assistência do Estudante (FAE). Ela reunia uma série de programas governamentais, incluindo o Plidef. Em 1996, surgiram mudanças no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD). O governo federal, a partir daí, além

de comprar e distribuir os livros, constituiu uma comissão especial para avaliar a qualidade dos livros didáticos.

Em 2004, foi criado o Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM), por meio da Resolução n.º 38, do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), que previa a distribuição de livros didáticos para alunos de Ensino Médio em todo o Brasil. Segundo o sítio do Ministério da Educação (MEC): “O programa atendeu, de forma experimental, 1,3 milhão de alunos da primeira série do ensino médio de 5392 escolas das Regiões Norte e Nordeste, que receberam, até o início de 2005, 2,7 milhões de livros das disciplinas de português e matemática”.⁷ Em 2008, a disciplina de Química, já incluída no Programa, contou com a distribuição de 9,1 milhões de exemplares a alunos e professores do Ensino Médio de escolas públicas, de acordo com o mesmo sítio. Anos mais tarde, mais precisamente em 2010, por meio do Decreto n.º 7084/2010, o Presidente da República unificou os programas para livros didáticos. O Programa passou a se chamar PNLD – Plano Nacional do Livro Didático – e passou a se realizar de forma intercalada para os seguintes níveis: 1.º ao 5.º ano do Ensino Fundamental, 6.º. ao 9.º. ano do Ensino Fundamental e Ensino Médio.

O objetivo principal do Programa é democratizar o acesso ao livro didático, com a distribuição gratuita a estudantes da rede pública. Isso possibilitou ao professor escolher o livro a ser adotado, não baseado em pressões de mercado, mas orientado por diretrizes político-pedagógicas.

Isso não só possibilita que os alunos de escola pública tenham acesso ao livro didático, mas, indiscutivelmente, impõe ao mercado editorial um padrão mínimo de qualidade. E, uma vez que os livros didáticos no Brasil apresentam uma relação tão tênue com a Educação Básica, o programa acaba por ocasionar, também, uma melhoria na qualidade da Educação.

Na medida em que o livro didático é esse instrumento consideravelmente utilizado na Educação e que guarda com esta uma relação tão íntima, é importante que consigamos analisar o tratamento que é dado por ele ao conhecimento químico. Com isso, é possível mensurar, mesmo que minimamente, as formas como os conceitos em Química estão sendo abordados em sala de aula e a implicação direta que isso tem no processo de aprendizagem dos alunos da Educação Básica, em especial dos do ensino médio.

Assim, este trabalho visa a fazer uma análise do tratamento que é dado ao conceito de elemento químico pelos livros aprovados no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) de

⁷ http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=13608&Itemid=859 acessado em 06/10/2014.

2015, baseado na retrospectiva histórica feita no capítulo anterior para entendermos a evolução do significado deste conceito e a definição dada atualmente.

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA

Conforme já vimos neste trabalho, o conceito de elemento químico está no centro do desenvolvimento da Química como Ciência. É classificado como um dos conceitos estruturantes, ou seja, é um conceito que permite a transformação de uma ciência. Dessa forma, para o aluno, assimilar bem esse conceito mostra-se crucial para que ele entenda a Química como Ciência, bem como as implicações que aquela assume por estar contida no universo desta.

Nesse óbice, entender como os livros didáticos tratam esse conceito tão importante para o Ensino da Química pode funcionar como um indicador de como esse processo funciona nas salas de aula brasileiras, já que ele ainda é um instrumento bastante utilizado pelos professores (já entendemos o porquê disso no capítulo 3 desse trabalho).

Com essa análise, poderemos detectar, por exemplo, se os livros trazem confusão conceitual, muito comum, entre elemento químico e substâncias simples, que se dá, principalmente, por conta da relação histórica estabelecida entre esses dois conceitos. Outro fator passível de detecção é se a História da Ciência está sendo utilizada a favor do esclarecimento conceitual. Em outras palavras, se a abordagem da História da Ciência está em acordo com o que discutimos no Capítulo 1.

Os livros didáticos que serão analisados são aqueles que foram aprovados no Plano Nacional do Livro Didático de 2015 (PNLD 2015). A fim de se facilitar a análise, os livros serão identificados por letras do alfabeto, distribuídas conforme a tabela a seguir.

Tabela 1: Livros Didáticos de Química a serem analisados

Identificação	Nome do Livro	Autoras e autores
A	Química	Martha Reis Marques da Fonseca
B	Química	Eduardo Fleury Mortimer Andréa Horta Machado
C	Química Cidadã	Wildson Luiz Pereira dos Santos
D	Ser Protagonista – Química	Murilo Tissoni Antunes

A análise dará ênfase sempre à correção conceitual apresentada pelos livros, baseada na definição de elemento químico mais aceita atualmente, como vimos no capítulo 2. Ou seja, será analisado se existe uma confusão entre conceitos como: átomo, elemento químico, substância simples e substância composta, por exemplo. Entretanto, ela não se resumirá a isso. Será analisada também a abordagem da História da Ciência utilizada na construção do conceito de Elemento Químico que é apresentado ao aluno, se essa abordagem favorece a aprendizagem do conceito ou se se trata de mero acúmulo de fatos. Para isso, serão analisados, principalmente, os capítulos relativos à tabela periódica, que são aqueles que normalmente abordam o conceito de elemento químico. Identificar como esses capítulos relacionam a tabela periódica com o elemento químico e como o histórico dessa relação é apresentado.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, apresentaremos a discussão sobre a análise realizada nos livros aprovados para o Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015.

LIVRO A:

O livro A está organizado em três volumes. O volume analisado foi o número 1, que é o que contém a maior parte relacionada ao conceito de elemento químico. Esse volume é dividido em cinco unidades: Unidade 1 (Mudanças Climáticas), Unidade 2 (Oxigênio e ozônio), Unidade 3 (Poluição eletromagnética), Unidade 4 (Poluição de interiores) e Unidade 5 (Chuva ácida). Ou seja, é possível perceber que cada unidade apresenta um tema ambiental e/ou social para embasar seu desenvolvimento.

O maior foco dessa análise é dado à Unidade 3 (Poluição eletromagnética), que é a que o conceito de elemento químico é especificamente abordado. Essa abordagem se dá dentro da evolução dos modelos atômicos, que pode ser encontrada nos capítulos 12 e 13 da obra, principalmente.

No Capítulo 12, na página 183 destaco a definição de elemento químico trazida pela obra: “Elemento químico é o conjunto de átomos com o mesmo número atômico.” (p. 183). Essa definição discorda daquela dada por Tunes et al., discutida no Capítulo 2 deste trabalho, segundo a qual, a expressão elemento químico representa uma classe de átomos, definidos pelo atributo crítico número atômico. Ou seja, se levarmos em consideração a definição dada pelo livro, teríamos que considerar a presença dos três isótopos (que é o conjunto), para se ter o elemento químico hidrogênio. Mas, o conjunto de átomos de número atômico 1 são todos os átomos do elemento químico hidrogênio. Ou seja, cada átomo deste conjunto é um átomo do elemento químico hidrogênio.

Nem este capítulo, nem o capítulo seguinte, que trata da Tabela periódica, sugerem uma abordagem da História da Ciência, tal qual discutida no Capítulo 1 deste trabalho. O que se encontra é uma mera acumulação de fatos, um conjunto de fatos históricos soltos, como se pode perceber em uma tabela encontrada na página 200, na qual, simplesmente, são enumerados em

uma coluna alguns cientistas que contribuíram para o desenvolvimento do conceito e, em outra, a classificação periódica proposta por eles. Por exemplo:

Ano e cientista	Proposta de classificação
1829: químico alemão Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849)	Agrupou os elementos com propriedades químicas semelhantes de três em três, chamando-os de tríades ou grupos naturais.
1862: químico e geólogo francês Alexandre Béguyer de Chancourtouis (1820-1886)	Propôs o parafuso telúrico, distribuindo os elementos na forma de uma espiral de 45° que se desenvolvia na superfície de um cilindro. Em cada volta da espiral colocou 16 elementos em ordem crescente de massa atômica, de modo a posicionar os elementos com propriedades semelhantes.

Fonte: Livro A, p. 200

Da mesma forma, o trabalho de Mendeleev na elaboração da tabela periódica é tratado de forma linear. Os aspectos de caráter humanista são postos de lado. Pouco se explora a respeito do contexto histórico e social em que esse trabalho estava inserido. O que se tem é simplesmente uma narrativa das contribuições de Mendeleev que vingaram, que ajudaram a chegar no conceito mais atual. É uma História da Ciência contada de trás para frente, focada na própria Ciência. Como visto anteriormente, no Capítulo 1 deste trabalho, essa abordagem de História da Ciência é danosa ao Ensino de Ciências, uma vez que corrobora o caráter dogmático da Ciência, parece esta ser a detentora de uma verdade absoluta.

Ainda no Capítulo 13, na página 205, o livro traz uma ressalva quanto à diferenciação entre elemento químico e substância simples, uma das principais confusões conceituais presentes nesse contexto. Essa confusão é dada principalmente pela própria confusão histórica entre ambos conceitos, além das traduções equivocadas do termo *element* dos livros em inglês, que foram utilizadas tanto para designar elemento químico, quanto, para substância simples, conforme já discutido no Capítulo 2 deste trabalho. A ressalva é a seguinte:

O conhecimento atual das propriedades dos elementos químicos nos permite reuni-los em cinco grupos diferentes – metais, ametais, semimetais, gases nobres e hidrogênio –, considerando as principais propriedades químicas e as características físicas das substâncias simples que eles formam. (2014, p. 205).

Ou seja, existe a preocupação em esclarecer que as propriedades são atribuídas às substâncias simples formadas por átomos dos elementos químicos e não ao elemento químico propriamente dito. Embora essa ressalva exista, mais adiante ela não é levada em consideração. Encontramos, assim, algumas confusões conceituais: “Os metais alcalinos e alcalinos terrosos

não são como os metais que estamos acostumados a ver em nosso dia a dia. O sódio metálico, por exemplo, é um sólido brando (que cede facilmente à pressão) [...]” (2014, p. 205).

Quando se refere a metais alcalinos e alcalinos terrosos (uma classificação de elementos químicos), a autora associa-os aos metais presentes em nosso cotidiano, ou seja, materiais formados predominantemente por substâncias metálicas e, para isso, dá o exemplo de uma substância simples, que é o sódio metálico e suas principais características.

LIVRO B:

O livro B está dividido em três volumes. É importante ressaltar que nesse trabalho não foi analisada a versão do livro B aprovada no PNLD 2015. Por conta de não ter disponível essa versão, a que analisamos foi a versão aprovada no PNLD 2012. A maior ênfase na análise foi dada ao volume 1, já que este é o volume em que se concentra a maior parte sobre o conteúdo relacionado ao conceito de elemento químico. O volume 1 é dividido em nove capítulos, sendo eles: Capítulo 1 (O que é Química?); Capítulo 2 (Introdução ao estudo das propriedades específicas dos materiais); Capítulo 3 (Materiais: estudo de processos de separação e purificação); Capítulo 4 (Aprendendo sobre o lixo urbano); Capítulo 5 (Um modelo para os estados físicos dos materiais); Capítulo 6 (Modelos para o átomo e uma introdução à tabela periódica); Capítulo 7 (Introdução às transformações químicas); Capítulo 8 (Quantidades nas transformações químicas); Capítulo 9 (Ligações químicas, interações intermoleculares e propriedades dos materiais).

A análise do livro B se deu principalmente no Capítulo 6 (Modelos para o átomo e uma introdução à tabela periódica), que é o capítulo em que podemos encontrar uma abordagem mais expressa do conceito de elemento químico, que pode ser encontrado, principalmente no Texto 7 (Elementos químicos e a tabela periódica) na página 153 da obra.

Nessa página, está presente o seguinte trecho, o qual pode ser considerada a definição trazida pela obra para elemento químico.

Só após a descoberta dos prótons foi possível formular um novo critério para a identificação de elementos químicos, que os relacionava a um modelo do átomo. Segundo esse novo critério, átomos de um mesmo elemento químico possuem o mesmo número de prótons no seu núcleo. Esse número passou a ser designado como número atômico, uma vez que é usado para identificar os elementos químicos. (2011, p. 153)

Baseados na definição dada por Tunes et al, discutida no capítulo 2, podemos afirmar que a definição trazida pela obra concorda com ela. Ou seja, ela discorda daquela que é dada

por alguns livros didáticos, a de que o elemento químico é o conjunto de todos átomos com o mesmo número atômico. Elemento químico não é um conjunto (ou coleção, ou reunião) de átomos, mas, segundo a própria definição trazida pela obra, trata-se de uma classe de átomos, que é caracterizada pelo número de prótons em seus núcleos, que deve ser o mesmo, ou seja devem possuir o mesmo número atômico.

Embora traga uma definição de elemento químico que concorda com a definição mais aceita atualmente, o livro deixa bastante a desejar na abordagem da História da Ciência. A contextualização histórica do conceito é extremamente pobre, limitando-se a contar (de forma bastante superficial, vale ressaltar) a principal contribuição dada por alguns poucos cientistas (Döbereiner, Chancourtois, Newlands, por exemplo) para a construção do conceito tal qual conhecemos hoje.

As contribuições de Mendeleev para a elaboração da tabela periódica atual também é tratada de forma extremamente rasa e, simplesmente, como fatos acumulados, colocando-se de lado os aspectos humanistas e mostrando uma ciência fechada em si, que não guarda relação com o contexto externo a ela, seja ele histórico, cultural, social ou tecnológico. Como discutido no Capítulo 1, esse tipo de abordagem ratifica aos alunos a errônea ideia de que a Ciência é feita por “gênios”, que sempre pensam de forma “correta”.

No livro B, não foi detectada de forma expressa a presença da confusão conceitual existente entre elemento químico e substância simples. Atribuo essa ausência não ao rigor conceitual e linguístico da obra, mas sim ao seguinte fato: é comum os livros trazerem essa confusão conceitual, pois acabam por fazer uma descrição das propriedades das substâncias simples formadas por átomos dos elementos químicos, atribuindo a esses elementos as propriedades daquelas substâncias. Como nessa obra a descrição das “propriedades dos elementos químicos” (quero dizer, as propriedades das substâncias simples comumente atribuída aos elementos químicos) é feita de forma bastante rasa e superficial, deixa-nos sem bases para argumentar decisivamente se existe ou não uma confusão entre os conceitos. Em verdade, um único trecho que poderia nos dar algum indício da presença de confusão conceitual é o seguinte, localizado na página 156 do livro.

Com exceção dos gases nobres (muito pouco reativos), os elementos situados nas extremidades esquerda e direita da tabela são muito reativos, e por isso não são normalmente encontrados na forma elementar, mas combinados, formando compostos. O sódio e o cloro são encontrados, por exemplo, como cloreto de sódio, o principal componente do sal de cozinha. (2011, p. 156)

Ora, nenhum elemento químico é encontrado na natureza na forma elementar. Aliás, como já discutido anteriormente, elemento químico não é átomo, trata-se de uma classe abstrata. O que pode ser encontrado na natureza são materiais, que contenham substâncias formadas por constituintes (átomos, moléculas ou íons-fórmula), que por sua vez sejam formados pela ligação química entre átomos de determinado elemento químico. Esses átomos podem ser do mesmo elemento químico, dando origem às substâncias simples, ou de elementos químicos diferentes, dando origem às substâncias compostas.

LIVRO C:

O livro C está constituído em três volumes. A análise dessa obra se concentrou no primeiro volume, em que estão concentrados os principais tópicos relacionados a elemento químico. O volume 1 é dividido em três unidades: Unidade 1 (Consumo sustentável: Transformações e propriedades das substâncias, Materiais e processos de separação, Constituintes das substâncias, Química e Ciência), Unidade 2 (Poluição atmosférica: Estudo dos gases, Modelos atômicos), Unidade 3 (Agricultura: Classificação periódica, Ligações químicas, Substâncias inorgânicas). Cada unidade tem um tema ambiental e/ou social como núcleo central de desenvolvimento.

O maior foco dessa análise é dado à Unidade 3 (Agricultura), na qual podemos encontrar expressamente o conceito de elemento químico abordado. Essa abordagem se dá, principalmente, no Capítulo 5 (Modelos atômicos) e no Capítulo 6 (Classificação periódica).

No Capítulo 5, em sua página 164, em um tópico intitulado “Elemento químico e isótopos”, está presente a definição de elemento químico trazida pela obra. Segundo ela: “Elemento químico é um tipo de átomo caracterizado por determinado número atômico”. (2014, p. 164). Assim como no livro B, essa definição concorda com a mais atual, conforme discutimos no Capítulo 2, discordando da que é trazida por alguns livros didáticos, tratando elemento químico com um conjunto de todos os átomos que tenham iguais números atômicos.

Enquanto a definição é abordada no Capítulo 5, a história do conceito é tratada basicamente no Capítulo 6. Essa abordagem é um pouco diferenciada em relação às demais. Nota-se no livro o desenvolvimento de uma História da Ciência sem preocupar-se apenas em narrar exclusivamente fatos que contribuíram de forma direta com o conceito como ele é aceito atualmente. A história dos elementos é contada desde a origem do Universo, a partir da página 192, em um tópico chamado “*Big Bang*: uma teoria sobre a origem do Universo”. Outro aspecto interessante a se ressaltar é de que o desenvolvimento da História não se dá descolado do contexto que permeia o conceito. Esse desenvolvimento é feito à luz de discussões da

importância de uma boa definição do conceito e de sua aplicação na tecnologia e na sociedade. Para exemplificar, o tópico citado anteriormente (*Big Bang*: uma teoria sobre a origem do Universo) se encerra com uma colocação sobre o maior acelerador de partículas do mundo, construído pelo Centro Europeu de Pesquisa Nuclear (Cern). Ou seja, mostra-se que o conceito desenvolve-se não apenas voltado para dentro da Ciência, mas está ligado e gera impactos na sociedade e na tecnologia. Exemplo disso, é a citação do grande alvoroço gerado na sociedade pelas conjecturas sobre possíveis consequências de tal Projeto.

A retrospectiva histórica feita pela obra não se limita a nos trazer apenas algumas contribuições dos mesmos principais cientistas que contribuíram com o conceito (Döbereiner, Chancourtois, Newlands), o que é recorrente em livros didáticos. Esse apanhado inclui a contribuição de outros cientistas (Berzelius e Meyer, por exemplo) que também contribuíram com o desenvolvimento do conceito de elemento químico, inclusive descobrindo e sintetizando novos elementos químicos, e que, muitas vezes, são esquecidos. A contribuição dada pelos alquimistas ocidentais na Idade Média também é valorizada pela obra, em que pode se encontrar, inclusive, quadros que mostram a forma como os elementos e substâncias eram representados iconograficamente por eles.

Embora possa ser encontrada essa abordagem diferenciada a História da Ciência, ainda assim é notória a presença de usos equivocados da História da Ciência. Pode-se citar como exemplo a tabela encontrada na página 199, em que podemos detectar o acúmulo de fatos históricos soltos, focados na própria ciência, ou seja, que não privilegiam os aspectos humanistas da Ciência. Na primeira coluna da tabela, existe uma data e na segunda coluna, o nome de um cientista notável e a contribuição dada por ele para o desenvolvimento do conceito. Por exemplo:

Ano	Proposta de classificação
1808	Jöns Jacob Berzelius, um importante químico, entre as suas inúmeras contribuições, apresentou uma das primeiras propostas de classificação dos elementos químicos.
1829	O químico alemão Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849) observou-se que substâncias simples de alguns grupos de três elementos apresentavam propriedades químicas semelhantes e era possível estabelecer uma relação entre as massas dessas substâncias. A esses grupos de três elementos, ele deu o nome de tríade.
1862	O químico francês Alexandre Émile Béguyer de Chancourtouis (1820-1886) propôs uma classificação na forma de cilindro em que os elementos ficavam dispostos em uma linha,

<p>como a rosca de um parafuso, em ordem crescente de peso atômico. Nessa disposição, os átomos dos elementos constituintes de substâncias com propriedades químicas semelhantes encontravam-se verticalmente alinhados. Essa proposta não foi bem aceita por parecer complicada e artificial.</p>
--

Fonte: Livro C, p. 199

Ressalta-se a forma como as contribuições dadas por Mendeleev não são tratadas de forma acumulativa. Aliás, Mendeleev nem é o único a ser citado na elaboração da tabela periódica como a conhecemos atualmente. Também são lembradas e contadas as contribuições de Meyer, assim como discutimos no Capítulo 2 deste trabalho. Foge do que é o mais comum em outros livros didáticos: tratar Mendeleev como se o fosse um “herói” da tabela periódica, dando a entender que ele tenha sido o único que fez estudos relacionados esse conceito e que foi o único a propor uma classificação como essa. Um ponto positivo da abordagem trazida pela obra é de que ajuda a desmistificar a ideia de que a Ciência é feita por “gênios”. É possível perceber a preponderância dos aspectos humanistas na História da Ciência.

No que se refere à confusão conceitual entre elemento químico e substância simples, é importante destacar a diferenciação entre ambos os conceitos, feita pelo livro, como se pode perceber no trecho seguinte.

Os grupos da tabela periódica, também chamados famílias, apresentam propriedades químicas e físicas que distinguem um dos outros. As substâncias simples dos elementos de alguns grupos são muito reativas; outras praticamente não reagem. Algumas são sólidas; outras, gasosas; duas são líquidas. (2014, p. 203).

É feito o devido esclarecimento de que as propriedades consideradas para a classificação dos elementos químicos em grupos na tabela periódica são atribuídas às substâncias simples formadas por átomos do elemento químico e, não, ao elemento químico, entidade abstrata não dotada de propriedades. Os trechos abaixo, retirados das páginas 204 e 205 do livro exemplificam a ausência dessa confusão conceitual.

O hidrogênio, cujos átomos são responsáveis por aproximadamente 70% da massa do Universo, é um caso especial na classificação dos grupos: seus átomos e substâncias possuem algumas propriedades semelhantes às dos elementos do grupo 17 (halogênios) e configuração eletrônica semelhante à dos elementos do grupo 1, apesar de não ser um metal. (2014, p. 204).

Os não metais formam substâncias simples de aparência opaca e quebradiça, geralmente más condutoras de calor e eletricidade e calor. Um exemplo é o telúrio (Te), que hoje é empregado em larga escala industrial na fabricação de espoletas, na vulcanização de borracha, em fios de resistência elétrica, entre outros. (2014, p. 205).

Isto é, para explicar porque o elemento químico hidrogênio não é classificado no mesmo grupo que os elementos do grupo 1 ou 17, por exemplo, refere-se às propriedades das substâncias formados por átomos de hidrogênio e, não, como se as propriedades fossem do próprio elemento químico hidrogênio. Da mesma forma, para explicar o comportamento de não-metais as propriedades referidas são as das substâncias simples formados por átomos desses elementos e, não, como se as propriedades deles o fossem.

LIVRO D:

O livro D está dividido em três volumes. O volume número 1 da obra foi avaliado, uma vez que apresenta um maior conteúdo ligado ao conceito de elemento químico. O volume 1 é dividido em dez unidades, sendo elas: Unidade 1 (Introdução ao estudo da química), Unidade 2 (Propriedades dos materiais), Unidade 3 (Do macro ao micro), Unidade 4 (Tabela periódica), Unidade 5 (Interações atômicas e moleculares), Unidade 6 (Reações químicas), Unidade 7 (Funções da química inorgânica), Unidade 8 (Contando átomos e moléculas), Unidade 9 (Estudo dos Gases) e Unidade 10 (Estequiometria).

A análise do livro D está focada principalmente na Unidade 4 (Tabela Periódica). A escolha foi feita pelo fato de que é nessa unidade que o conceito de elemento químico é trabalhado de forma expressa. Mais especificamente, a abordagem é maior no capítulo 6 (Modelos atômicos e características dos átomos) e no capítulo 7 (A organização dos elementos).

Na página 93 do livro, capítulo 6, é possível encontrar os seguintes excertos em um tópico intitulado “Número atômico”: “Por isso, cada elemento químico é caracterizado em função da quantidade de prótons que contém.” (p. 93); “É o número atômico que identifica um elemento químico: átomos de mesmo número atômico são de um mesmo elemento químico.” (p. 93).

Podemos considerar que essa definição concorda com a que é dada por Tunes et al., conforme discutido no Capítulo 2. De acordo com essa definição, a expressão elemento químico representa uma classe de átomos, definidos pelo atributo crítico número atômico. Ou seja, de acordo com a definição trazida pelo livro, concluímos que elemento químico não é átomo. Essa expressão representa uma classe de átomos, que é definida pelo atributo químico número atômico, ou seja, a quantidade de prótons que existem em seu núcleo.

A abordagem da História da Ciência presente nos capítulos analisados pouco seguem aquela considerada mais indicada, aos moldes da que discutimos no Capítulo 1. A presença da História da Ciência é encontrada principalmente em boxes, nos quais são contadas partes da biografia de algum cientista em destaque. Além disso, é possível perceber que os textos, como

os da página 111 do livro, apontam para um acúmulo de fatos soltos e desconectados do contexto histórico, social e tecnológico em que se desenvolveram. O que se encontra é basicamente uma narrativa sobre a principal contribuição dada por um cientista (Döbereiner, Chancourtois, Newlands) para que o conceito chegasse àquele que é o mais aceito atualmente.

Também de forma cumulativa, é tratada a contribuição de Mendeleev na construção da tabela periódica tal qual a conhecemos atualmente. A exemplo do que acontece no livro A, os aspectos humanistas são pouco levados em consideração, tornando-se uma abordagem da História da Ciência que se preocupa em nos contar os fatos mais relevantes e que levaram ao entendimento atual. Em resumo, uma História da Ciência internalista, voltada para a própria Ciência, escusando-se de contextos externos e que permeiam a Ciência.

É possível notar na obra a presença da confusão conceitual mais recorrente na abordagem do conceito de elemento químico, já citada nesse trabalho, que é a quase não distinção feita pelos livros entre os conceitos de elemento químico e substância simples. Ao caracterizar os elementos químicos, dividindo-os em metais e não metais, por exemplo, a obra apresenta como características do elemento químico mercúrio (Hg), que é um metal, as da substância simples de mesmo nome: “Os metais são sólidos nas condições ambientes, com exceção do mercúrio (Hg), que é líquido. Eles conduzem bem eletricidade e calor.” (2014, p. 116). Da mesma forma, ao citar as características dos não metais, cita as características da substância simples grafita como sendo as do elemento químico carbono: “Os não metais, por sua vez, são maus condutores de corrente elétrica e calor, exceto o carbono na forma de grafita, que é bom condutor de eletricidade e calor.” (2014, p. 116).

CONCLUSÕES

O conceito de elemento químico, conforme vimos neste trabalho, é considerado entre os mais importantes da Química, classificado, inclusive, como conceito estruturante. Com isso, mostra-se a importância de os livros didáticos apresentarem este conceito de forma correta, além de eliminar confusões conceituais para tentar maximizar o esclarecimento dos alunos durante a aprendizagem. Para tanto, é importante que os autores atenham-se a um rigor na linguagem para que não seja admitido, por exemplo, que se trate as propriedades de substâncias simples como se de elementos químicos fossem.

É importante ressaltar que elemento químico não tem propriedades físicas ou químicas, uma vez que se trata de um conceito abstrato. As entidades a que são atribuídas tais propriedades são as substâncias simples, aquelas cujas entidades constituintes (moléculas, por exemplo) são formadas pela ligação química entre átomos de um mesmo elemento químico. Elemento químico não é átomo, tampouco é substância simples. Trata-se da representação de uma classe de átomos, que têm em comum entre si a quantidade de prótons em seu núcleo (número atômico).

Embora essa ressalva esteja presente em alguns dos livros analisados, é possível perceber a dificuldade de isso ser mostrado concretamente ao aluno. Por exemplo, no livro A existe a preocupação de se explicitar essa diferenciação entre elemento químico e substância simples. Mas, logo adiante, o livro traz como características de determinado grupo de elementos químicos da tabela periódica as características das substâncias simples. A mesma confusão pode ser percebida no livro B, com o detalhe de que nem mesmo aquela ressalva é feita. Ou seja, não só não existe preocupação em demonstrar que a confusão conceitual é bastante comum, como ela também está presente na obra. Dentre todos, o livro C é o de maior rigor na linguagem nesse sentido. É possível detectar uma preocupação em esclarecer ao leitor que a confusão conceitual entre elemento químico e substância simples é bastante recorrente. Além disso, o livro desfaz essa confusão, trazendo exemplos de propriedades de substâncias simples que são utilizadas para classificar os elementos químicos nos grupos da tabela periódica. A exemplo do livro B, o livro D apresenta trechos com a confusão conceitual característica, além de não fazer uma ressalva quanto a isso.

Quanto à correção conceitual, ou seja, utilizar a definição de elemento químico mais aceita atualmente, a maioria dos livros analisados não deixa a desejar. Em outros livros didáticos, é bastante comum encontrar a seguinte definição para elemento químico: “conjunto de todos átomos com o mesmo número atômico”. Segundo essa definição, para considerarmos um determinado elemento químico, seria necessária a presença de todos os núclídeos daquele elemento químico. Entretanto, elemento químico não é conjunto de átomos. Cada átomo desse conjunto é um átomo daquele elemento químico.

Dentre os quatro livros analisados, somente o livro A apresenta essa definição equivocada. Os demais livros (B, C e D) concordam com a definição de elemento químico de acordo com a que discutimos no Capítulo 2 deste trabalho, dada por Tunes et al. Os três definem elemento químico não como sendo um conjunto de átomos, mas, como a representação de uma classe de átomos.

Quanto à utilização da História da Ciência na construção do conceito, os livros mostraram-se pouco ou nada satisfatórios. O uso da abordagem como discutimos no Capítulo 1 foi posta de lado em vários momentos em detrimento do uso da forma tradicional de tratar a História da Ciência no Ensino de Ciências. Aquela utilização pode e deve ser encarada como uma solução (embora não seja a única) para alguns dos problemas que permeiam o ensino de Química. Uma vez que essa concepção começou a ser tratada recentemente, ainda enfrenta uma série de dificuldades. Levando-se isso em consideração, podemos afirmar que pesquisas em Ensino de Ciências guardam um papel protagonista no auxílio da busca pelo professor de uma abordagem proveitosa.

Detectamos, principalmente, nos livros A, B e D, a presença ainda de uma História da Ciência internalista, ou seja, aquela que é voltada para dentro da Ciências, que não evidencia a relação que ela guarda com o contexto que a rodeia. Trata-se de uma História contada de trás pra frente, quero dizer, preocupa-se em mostrar os fatos que deram certo, passando a errônea impressão que são somente estes que contribuem para a evolução da Ciência e do conceito. Excessivamente está presente uma História da Ciência cumulativa, linear. Encontramos um mero relato de fatos históricos soltos, quase sempre com as contribuições dos mesmos três cientistas: Döbereiner, Chancourtois, Newlands. As contribuições de outros cientistas são esquecidas. Esse tipo de abordagem confirma uma ideia que envolve a Ciência, que é a de que possui um caráter dogmático e que foi construída com base nas descobertas sempre certas de “gênios”. Parece que a utilização da História da Ciência preocupa-se apenas em construir uma

linha do tempo que leva o aluno a ter impressão de que a única contribuição dos cientistas do passado era dar uma espécie de “protótipo” do conceito como ele é conhecido hoje. Não se leva em consideração os aspectos humanistas de suas contribuições. O livro C, dentre todos, é o que foge um pouco dessa regra. Nele, são mostradas as contribuições de alguns outros cientistas (Berzelius e Meyer, por exemplo), assim como o fizemos no apanhado histórico do Capítulo 2 deste trabalho. Outra diferença entre os livros A, B, D e o livro C é o tratamento dado às contribuições de Mendeleev. Enquanto que naqueles livros despreza-se o contexto histórico, social e tecnológico em que o trabalho desse cientista encontra-se inserido, neste podemos perceber que ele é o único a ser citado como o elaborador da tabela periódica como conhecemos hoje. Também podemos encontrar as contribuições dadas por Meyer, que foram concomitantes com as de Mendeleev e, tão importantes quanto.

Com isso, podemos concluir que analisar livros didáticos mostra-se uma estratégia eficiente para se mensurar a qualidade da abordagem de determinado conceito nas salas de aula. Uma vez que este é o recurso mais utilizado pelos professores, poderemos avaliar isso, mesmo que de forma indireta. A escolha feita pelos livros aprovados no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) embasou-se no pressuposto de que estes livros tiveram sua qualidade aprovada, já que passaram pelo crivo de comissão de avaliadores, instituída para este fim.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Guia de Livros Didáticos PNLD 2015**. Brasília: FNDE, 2014. 60 p.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 1999.

_____. **PCN+ do Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos PCN, Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

_____. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2006.

ECHEVERRIA, A. R.; MELLO, I. C.; GAUCHE, R. O Programa Nacional do Livro Didático de Química no contexto da educação brasileira. In: ROSA, M. I. P.; ROSSI, A. V. (Org). **Educação Química no Brasil: Memórias, políticas e tendências**. Campinas: Editora Átomo, 2008, p. 63-83.

ECHEVERRIA, A. R.; MELLO, I. C.; GAUCHE, R. Livro Didático: Análise e utilização no Ensino de Química. In: SANTOS, W. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Unijuí, 2013, p. 263-286.

FONSECA, M. R. M. **Química**. 1. ed. Cidade: Editora Ática, 2013.

GAUCHE, R. Interdisciplinaridade e processo seletivo para a graduação: da influência inevitável à interação desejável. In: UNILA. **Utopia em busca de possibilidade: abordagens interdisciplinares no ensino de ciências da natureza**. 1ª Edição. Foz do Iguaçu: UNILA, 2011, p. 147-159.

MORTIMER, E. F. A evolução dos livros didáticos de Química destinados ao ensino secundário. **Em aberto**, n. 40. p. 25-41, out./dez. 1988

OKI, M. C. M. O conceito de elemento da antiguidade à modernidade. **Química Nova**. n. 16. p. 21-25, nov. 2002.

PEREIRA, C. L. N.; SILVA, R. R.; A História da Ciência e o Ensino da Ciência. **Revista Virtual de Gestão de Iniciativas Sociais**. fev. 2012.
Disponível em: http://www.ltds.ufrj.br/gis/a_historia.htm acessado em 20/08/2014.

PORTO, P. A.; História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: SANTOS, W. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Unijuí, 2013, p. 159-180.

SCHNELTZER, R. P. Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros dirigidos ao ensino secundário de química de 1875 a 1978. **Química Nova na Escola**. n. 1. p. 6-15, jan. 1981.

TOLENTINO M.; ROCHA-FILHO, R. C. Evolução Histórica dos Pesos Atômicos. **Química Nova na Escola**. v. 17. supl. 2. p. 182-187, 1994.

TOLENTINO M.; ROCHA-FILHO, R. C; CHAGAS, A. P. Alguns aspectos da classificação periódica dos elementos químicos. **Química Nova na Escola**. v. 20. supl. 1. p. 103-117, 1997.

TUNES, E.; TOLENTINO, M.; SILVA, R. R.; ROCHA-FILHO, R. C. Ensino de conceitos em química IV. Sobre a estrutura elementar da matéria. **Química Nova na Escola**. v. 12. supl. 2. p. 199-202, 1989.

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