



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA

Hailton Martins Junior

A ABORDAGEM DA QUÍMICA QUÂNTICA NOS LIVROS DE QUÍMICA
DO PNLD

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Brasília – DF

1º/2012



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA

Hailton Martins Junior

A ABORDAGEM DA QUÍMICA QUÂNTICA NOS LIVROS DE QUÍMICA
DO PNL D

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 Licenciada(o) em Química.

Orientador: José Roberto dos Santos Politi

Co-Orientadora: Patrícia Fernandes Lootens Machado

1º/2012

AGRADECIMENTOS

Neste trabalho agradeço principalmente ao meu orientador, José Roberto dos Santos Politi, e minha grande co-orientadora, Patrícia Fernandes Lootens Machado, pela paciência e dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

(O ÍNDICE É ATUALIZADO AUTOMATICAMENTE. BASTA COLOCAR O CURSOR SOBRE O TEXTO E TECLAR F9, A SEGUIR ESCOLHA A OPÇÃO ATUALIZAR ÍNDICE INTEIRO.

Introdução	7
Revisão Bibliográfica	10
Metodologia.....	15
Análise	17
Considerações finais	21
Referências	23
Apêndices	Erro! Indicador não definido.
Anexos.....	Erro! Indicador não definido.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo averiguar os conteúdos de Química Quântica nos livros de Química do guia do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2012, utilizando critérios estabelecidos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Ao mesmo tempo em foi feita uma abordagem histórica sobre o livro didático no Brasil e a estrutura da matéria em livros didáticos a partir da Reforma Francisco Campos. As análises das cinco obras indicadas pelo Guia do PNLD 2012 mostrou que dois livros atendem aos critérios adotados. Um deles se adéqua melhor a proposta deste trabalho por ter dividido a parte quântica em dois volumes, no primeiro e terceiro volumes da coleção. Isso se mostra importante, pois os alunos, que tiverem suas primeiras experiências em apreender sobre Química Quântica no primeiro ano, podem rever conceitos quânticos durante as séries subsequentes e em outras disciplinas como a Física, assim como é proposto nos PCN+ o processo de interdisciplinaridade na parte quântica. Nossa investigação também mostrou que os autores livros didáticos ainda hoje têm certa resistência em avançar na elucidação da estrutura atômica, fato observado ao longo de nossa investigação. Apenas dois livros do PNLD 2012 apresentaram toda a parte criteriosa que supomos essencial para entender a estrutura quântica da matéria e recomendada pelos PCN.

Palavras-chaves: Química Quântica, PNLD, livro didático.

INTRODUÇÃO

A Mecânica Quântica é considerada uma das maiores realizações intelectuais do século XX e tem sido a base conceitual que permitiu o entendimento da Química de uma maneira bem mais profunda do que aquela existente antes dos anos 20, época em que foram lançadas as bases da teoria quântica (ARROIO et alii, 2005). O impacto desse novo entendimento permitiu a criação de alguns equipamentos modernos como o forno de micro-ondas, alguns tipos de controles remotos e identificações de substâncias e suas estruturas através da espectroscopia. Há pouco mais de cem anos, o físico Max Planck realizou estudos para compreender a energia irradiada por meio do espectro da radiação térmica, que é descrito como ondas eletromagnéticas, obtido por qualquer objeto aquecido (emissor de calor). Planck desenvolveu um modelo inovador para descrever esse fenômeno, sugerindo que dois corpos aquecidos eram formados por osciladores, os quais seriam responsáveis pela emissão de radiação térmica. Depois de muitas experiências e cálculos, ele determinou o valor de uma constante presente no seu modelo que subverteu os princípios da Física Clássica, à revolucionária ‘constante de Planck’. Apesar do valor dessa constante ser muito pequeno, sua consequência física foi grandiosa, uma vez que sua existência impôs que a energia irradiada não ocorreria de maneira contínua, mas em certas quantidades ou pacotes de energia, denominados de *quantum*. Até então, não era conhecido qualquer sistema físico que fosse representado dessa forma e que a energia não se comportasse continuamente. Este foi o início da trajetória da **Física** ou **Mecânica Quântica**, que estuda os eventos que transcorrem nas camadas atômicas e subatômicas, ou seja, entre as moléculas, átomos, elétrons, prótons e outras partículas (SANTANA, s/d).

Um importante passo no desenvolvimento sobre a Mecânica Quântica foi dado no estudo de um fenômeno muito interessante observado pela primeira vez por Heinrich Rudolf Hertz em 1887 e aperfeiçoado por outros cientistas. O efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons por um material, geralmente metálico, quando exposto a uma radiação eletromagnética (como a luz). Esse tipo de fenômeno permitiu o nascimento de uma nova

tecnologia: a da transmissão de informações através de ondas eletromagnéticas. Celulares, controles remotos, aparelhos de medição, internet e muitas outras tecnologias são vindas a partir da compreensão do fenômeno fotoelétrico, cuja explicação satisfatória para esse efeito foi dada por Albert Einstein, em 1905, e deu ao cientista alemão o prêmio Nobel de Física em 1921 (GUTMANN; OLIVEIRA, 2002).

Para explicar a Teoria Quântica no ensino médio são utilizados comumente dois tipos de representações: a pictórica e a matemática. Na primeira, tende-se a reproduzir o aspecto visual do objeto, no caso deste trabalho os orbitais atômicos, dando maior ênfase ao processo físico qualitativo, ao passo que a segunda visa uma descrição mais quantitativa, porém mais abstrata (PESSOA JR., 2007). Uma terceira forma, que veio com o avanço das tecnologias computacionais, se desenvolveu mais recentemente na forma de vídeos. Essa terceira representação proporciona as qualidades das duas outras formas, uma vez que permite a observação de experimentos que exigem um aparato sofisticado, portanto, não adequados para o ensino, ou até mesmo impossíveis de serem realizados, porém seguindo o rigor da descrição matemática. Esse tipo de representação dinâmica facilita a compreensão de assuntos abstratos.

Os professores, que apresentam esse conteúdo em sala de aula, geralmente relatam que abordam o tema de maneira simples. Normalmente, trabalha-se a configuração eletrônica, ou seja, “mostrar o endereço do elétron mais energético ou o de valência” através dos números quânticos. Em outras palavras, os professores apenas seguem os livros didáticos que são adotados pelas escolas, os quais, comumente, apresentam as consequências da teoria Quântica na distribuição eletrônica, utilizando um tratamento puramente pictórico. Por sua vez, alguns livros não apresentam esse assunto. E alguns poucos apresentam aplicações da tecnologia advinda deste ramo da Ciência. Consideramos que a maneira de abordar este conteúdo é insuficiente, pois é imprescindível que os estudantes do ensino médio conheçam os fundamentos da Química Quântica, pois várias das tecnologias do cotidiano utilizadas hoje têm sua funcionalidade baseada nessa área da Ciência. Neste trabalho acreditamos que compreender a base de Química Quântica no ensino médio tornará o aluno um cidadão ou um profissional mais crítico e reflexivo.

Outro momento em que a Química Quântica é citada é na explicação de ligações covalentes. Muitas vezes, na abordagem desse conteúdo, o comportamento eletrônico e estrutural das ligações é apresentado fazendo uso pictórico de modelos clássicos, os quais

tratam os elétrons como partículas e as ligações como hastes rígidas. Dessa forma, os aspectos Quânticos são completamente relevados.

O ensino de Química Quântica é um assunto complexo para ser compreendido no ensino médio, em função da necessidade de um maior grau de abstração. É certo que a Mecânica Quântica não é um conteúdo trivial, mas não é preciso realizar todas as demonstrações matemáticas feitas por Bohr, Planck, Einstein e outros para que a Química Quântica seja compreendida. Uma das principais funções de um professor do ensino médio é justamente fazer a transposição do conhecimento científico para o nível de ensino escolar. No caso em particular, acreditamos que um livro didático, com o conteúdo de Química Quântica bem estruturado, pode se tornar uma excelente ferramenta, para docentes e discentes, na transposição de assuntos que é necessário um maior grau de abstração. Isso, aliados com outros recursos como experimentos e utilização de vídeos. Assim, deixaríamos de apresentar apenas os resultados da Química Quântica, o que é comum no que se refere ao ensino de Química (LÔBO, 2007).

A apresentação de vídeos para suportar as aulas expositivas no ensino médio há pouco tempo não era estruturalmente viável. Contudo, hoje em dia, a maioria das escolas públicas do Distrito Federal possui ao menos um aparelho multimídia ou um monitor de tela grande com um computador, disponíveis para uso do professor. Em algumas escolas existe até um monitor por sala, para que o professor possa levar o seu notebook, financiado com a ajuda do Governo do Distrito Federal. Com este equipamento, ele pode apresentar *slides*, áudios, vídeos etc.

De acordo com a perspectiva apresentada, o objetivo desse trabalho será avaliar como os autores, das obras didáticas de Químicas selecionadas pelo Programa Nacional do Livro Didático de 2012 (BRASIL, 2012), abordaram a Química Quântica.

Organizamos este trabalho em três capítulos, sendo que no primeiro apresentamos uma revisão bibliográfica dando ênfase inicialmente à forma como são abordados os modelos atômicos nos livros didáticos. Posteriormente, falamos um pouco do Programa Nacional do Livro Didático, dando ênfase aos aspectos históricos. Já no segundo capítulo discorreremos sobre a metodologia que adotamos para investigar as obras didáticas selecionadas pelo PNLD. Por fim, no capítulo 3 apresentamos e discutimos a análise realizada.

CAPÍTULO 1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os Modelos Atômicos nos Livros Didáticos

Até a década de 1930, as atualizações nos livros didáticos não conseguiam acompanhar a evolução dos novos conhecimentos científicos, o que fazia com que esses materiais, continuamente, publicassem conceitos e teorias já em desuso. Mas com a reforma Francisco Campos, lentas modernizações foram realizadas nas estruturas dos livros didáticos nos posteriores 20 anos após a data de sua vigência (MORTIMER, 1988). Boa parte dos livros didáticos, até esta época, eram traduções de livros europeus usados no ensino de ciência (BARRA; LORENTZ, 1986). Esse fato pode ter levado aos autores de livros didáticos de Química brasileiros, que até a década de 1930 eram compêndios de Química, a uma certa inércia em relação a atualizações de novos conceitos e teorias.

Entre o início da década de 1950 e final da de 1970, estimulado inicialmente por fatores internacionais, houve mudanças significativas na estrutura da educação brasileira. Uma dessas modificações foi a fundação do **Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura** (IBECC), que trabalhava em conjunto com a **Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências** (FUNBEC) para, principalmente, produzir materiais didáticos para o ensino de Ciências e treinar professores dessas áreas, utilizando, em maior parte no início, capital estrangeiro. Essas duas instituições tiveram papel bastante ativo até o início da década de 1970, porém alterações no sistema escolar foram feitas e constatou-se a ausência de material escolar adequado para estas alterações no ensino de Ciências, principalmente no ensino profissionalizante. Então, o Ministério da Educação (MEC), diante deste problema, lançou o **Projeto Nacional para a Melhoria do Ensino de Ciências** que ficou sob a responsabilidade do **Programa de Expansão e Melhoria do Ensino** (PREMEN). As ações do IBECC, FUNBEC e PREMEN diminuíram no campo de apoio à produção de

materiais didáticos no início da década de 1980, e aumentaram no campo voltado à formação de professores de Ciências (BARRA; LORENTZ, 1986).

O conteúdo de Estrutura Atômica era raramente abordado nos livros didáticos antes de 1930, o modelo apresentado como atual, até esta época, era considerado o de Thomson, e as discussões ficavam em torno apenas sobre a divisibilidade do átomo. Havia um único autor que citava o átomo nuclear neste período (FRANCA¹, 1919, citado por MORTIMER, 1988). A estrutura atômica dos elementos começou a aparecer nos índices de alguns livros a partir de 1931, em consequência direta da Reforma Francisco Campos, cuja uma das exigências era que os livros apresentassem tópicos como **noções da teoria da estrutura atômica dos elementos**. A partir desta exigência, os livros começam a utilizar, lentamente, o modelo de átomo nuclear e este modelo passa a ser conhecido como o átomo planetário de Rutherford-Bohr com órbitas quantizadas. Entre o início da década de 1940 e final dos anos 50, os livros começam incorporar alguns tópicos referentes aos números quânticos. Os materiais didáticos apresentaram primeiro os números quânticos principal (n) e azimutal (ℓ), mas o modelo atômico considerado ainda era o átomo planetário quantizado de Rutherford-Bohr. Com mudanças no cenário da educação brasileira, principalmente nos anos posteriores ao da vigência da Lei de Diretrizes e Base da Educação (1961), começou a ser mencionado em alguns livros o Modelo Atômico da Mecânica Ondulatória. Ele trouxe como principal novidade a mudança na descrição do elétron, que passa a ser feita em termos probabilísticos (MORTIMER, 1988).

Atualmente, nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias - PCN+ (BRASIL, 2006) pede-se um especial cuidado na hora de explicar este conteúdo:

As interpretações quânticas da estrutura dos átomos e moléculas, assim com das ligações químicas, são necessárias e constituem uma fundamentação que até mesmo permite a compreensão das propriedades da tabela periódica. Entretanto, por conta de sua complexidade, é preciso especial cuidado para evitar que sua apresentação meramente formal, sem uma preocupação mais conceitual, possa levar à simples memorização de ideias mal compreendidas. Uma forma de se evitar isso seria articular seu aprendizado com os estudos sobre matéria e radiação propostos pela Física. (p. 105).

A sugestão deste documento é que se tenha uma preocupação mais conceitual, o que significa uma abordagem de conteúdo de maneira que o aluno entenda o fenômeno e a sua

¹ FRANCA, Leonel. **Apontamentos de Química geral**. Rio de Janeiro, Drummond, 1919.

possível explicação científica da época, e não apenas a memorização das ideias que caracterizam a Química Quântica.

Nas orientações curriculares da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, a abordagem do Modelo Quântico de Química não é sugerido em nenhuma série. O documento sugere que os conteúdos sobre evolução das teorias atômicas se limitem ao modelo de “Rutherford-Bohr” (BRASÍLIA, 2009). Entretanto, no último parágrafo da apresentação das orientações sobre o conteúdo de Química e Física especifica-se que:

As expectativas de aprendizagem não pretendem reduzir os conhecimentos a serem ensinados/aprendidos, mas, sim, indicar os limites sem os quais o aluno teria dificuldades para prosseguir seus estudos, bem como participar ativamente na vida social. (p. 10).

Essa última observação abre a possibilidade de se apresentar a Química Quântica desde que se justifique claramente a necessidade do aluno do ensino médio em compreender esse tema para que ele possa julgar e se posicionar frente a assuntos relevantes atuais.

Para avaliar o pensamento vigente de autores de livros de Química para o ensino médio a respeito da Química Quântica, adotamos como objetivo desse Trabalho de Conclusão de Curso a análise de alguns livros do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio – PNLD (BRASIL, 2012).

O PNLD é o mais antigo dos programas voltados á distribuição de obras didáticas aos estudantes da rede pública e iniciou-se em 1929, com outras denominações, com a criação de um órgão específico para legislar sobre políticas do livro didático, o Instituto Nacional do Livro (INL). O PNLD, como se conhece hoje, teve início em 1985, substituindo o antigo PLIDEF, Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental, criado durante a ditadura militar. A instituição responsável pelo PNLD na época da sua criação era a FAE (Fundação de Assistência ao Estudante). Em seu início o PNLD foi comprometido por causa de suas limitações orçamentárias, pois nesta nova versão de distribuição de obras didáticas, os estados não contribuía mais com a parte financeira, passando o controle do processo decisório para a FAE, através de recursos financeiros vindo do governo federal. Portanto, a distribuição apenas se limitou ao atendimento até a 4º série do ensino fundamental. Em 1993, O FNDE estabelece um fluxo regular de verbas para a aquisição e distribuição do livro didático e assim o PNLD inicia-se uma lenta e gradativa expansão na distribuição de livros didáticos. Mas somente com a extinção da FAE, em 1997, e com transferência integral da política do

PNLD para o FNDE é que se iniciou uma produção e distribuição contínua e massiva de livros didáticos (FREITAS; RODRIGUES, s/d).

Os primeiros critérios para a escolha do livro didático foram feitas em 1993/1994, com a publicação “Definição de critérios para a avaliação dos livros didáticos” feita pelo MEC, FAE e UNESCO, para livros de 1º a 4º séries. Mas somente em 1996 foi iniciado o processo de avaliação pedagógica dos livros inscritos no PNLD, sendo publicado o primeiro “Guia de livros didáticos”, onde, os livros que apresentavam erros conceituais, indução a erros, desatualizados, preconceitos ou discriminação de qualquer tipo eram excluídos do Guia do livro didático. Essa avaliação, inicialmente, se resumia aos livros das quatro primeiras séries do ensino fundamental. Este procedimento foi aperfeiçoado e expandido para os livros do ensino médio e ainda é aplicado até hoje (BRASIL, 2012).

Então, por meio desse programa, o Governo Federal lança um edital anualmente para que livros de ensino médio e fundamental sejam julgados por meio de critérios pré-estabelecidos por uma comissão constituída por professores de ensino superior e básico. Dos materiais que concorrem, são escolhidas cinco obras. Dentre elas, uma deve ser escolhida pela equipe de professores/coordenadores/direção de cada escola pública para que o Governo compre e envie às escolas de ensino público de todo o Brasil no ano seguinte.

Nos editais do PNLD existem critérios eliminatórios gerais, citados no penúltimo parágrafo, e específicos. No caso dos critérios específicos de Química para o edital do PNLD 2012, estabelece que:

Para o componente curricular Química será observado se a obra:

- (1) apresenta a Química como ciência que se preocupa com a dimensão ambiental dos problemas contemporâneos, levando em conta não somente situações e conceitos que envolvem as transformações da matéria e os artefatos tecnológicos em si, mas também os processos humanos subjacentes aos modos de produção do mundo do trabalho;
- (2) rompe com a possibilidade de construção de discursos maniqueístas a respeito da Química, calcados em crenças de que essa ciência é permanentemente responsável pelas catástrofes ambientais, fenômenos de poluição, bem como pela artificialidade de produtos, principalmente aqueles relacionados com alimentação e remédios;
- (3) traz uma visão de Ciência de Natureza Humana marcada pelo seu caráter provisório, ressaltando as limitações de cada modelo explicativo e apontando as necessidades de alterá-lo, por meio da exposição das diferentes possibilidades de aplicação e de pontos de vista;
- (4) aborda, no rol dos conhecimentos e habilidades, noções e conceitos sobre propriedades das substâncias e dos materiais, sua caracterização, aspectos energéticos e dinâmicos bem como os modelos de constituição da matéria a eles relacionados;

- (5) apresenta o pensamento químico como constituído por uma linguagem marcada por representações e símbolos especificamente significativos para essa ciência e mediados na relação pedagógica;
- (6) procura desenvolver conhecimentos e habilidades para a leitura e compreensão de fórmulas nas suas diferentes formas, equações químicas, gráficos, esquemas e figuras a partir do conteúdo apresentado;
- (7) não apresenta atividades didáticas que enfatizam exclusivamente aprendizagem mecânica, com a mera memorização de fórmulas, nomes e regras, de forma descontextualizada;
- (8) apresenta experimentos adequados à realidade escolar, previamente testados, e com periculosidade controlada, ressaltando a necessidade de alerta acerca dos cuidados específicos para cada procedimento;
- (9) traz uma visão de experimentação que se afina com uma perspectiva investigativa, que leve os jovens a pensar a ciência como campo de construção de conhecimento permeado por teoria e observação, pensamento e linguagem. Nesse sentido, é plenamente necessário que a obra – em seu conteúdo – favoreça a apresentação de situações-problema que fomentem a compreensão dos fenômenos, bem como a construção de argumentações.

E na parte que é direcionada ao professor, o manual do professor, foi avaliado com relação aos seguintes quesitos:

Na avaliação das obras do componente curricular Química, será observado, ainda, se o manual do professor:

- (1) apresenta, em suas orientações pedagógicas para o professor, a disciplina escolar Química, no contexto da área das Ciências da Natureza, ressaltando as relações e congruências com noções, conceitos e situações também abordadas em outras disciplinas escolares do ensino médio;
- (2) apresenta uma proposta pedagógica que compreenda o papel mediador do professor de Química, assumindo sua especificidade e a condução das atividades didáticas numa perspectiva de rompimento com visões de ciência meramente empiristas e indutivistas;
- (3) oferece ao professor diferentes possibilidades de leitura de literatura de ensino de Química, com problematizações a respeito do processo ensino-aprendizagem, bem como sugestões de atividades pedagógicas complementares;
- (4) traz, em relação à experimentação, alertas bem claros sobre a periculosidade dos procedimentos propostos, bem como oferece alternativas na escolha dos materiais para tais experimentos. É necessário também que haja proposta de atividades experimentais complementares.

Esta quantidade de critérios para selecionar os livros didáticos foi decidida ao longo de muitos anos, através de muitos professores, do ensino médio e superior, ligados à pesquisa de ensino de Química. Isso mostra a preocupação em se ter um material de qualidade que ajude no processo de ensino-aprendizagem. Preocupação esta que vem desde a reforma Francisco Campos (1931), a qual já apontava naquele momento, a necessidade de pensar em um ensino de Química que fosse investigativo e articulado com o cotidiano.

CAPÍTULO 2

METODOLOGIA

Este trabalho se fundamenta na convicção de que se pode explicar melhor a Química Quântica no ensino médio, desde a teoria onda-partícula do elétron até a noção de orbital atômico e molecular, através dos livros didáticos do guia do PNL D 2012 da disciplina Química. Com a utilização dos livros, mantêm-se formalismo, mas queremos apresentá-lo na medida adequada para cada ano do ensino médio, para que ele dê significado às conclusões apresentadas e também se torne uma ponte no sentido de promover conexões com outras áreas do conhecimento, a famosa interdisciplinaridade. Essa abordagem proporciona aos alunos a oportunidade de revisar conteúdos que precedem certos tópicos em Química Quântica, como, por exemplo, o conceito de onda, vista na primeira série do ensino médio na disciplina de Física. Nesse caso, a Física poderia tratar fenomenologicamente a teoria onda-partícula do elétron e rever as teorias ondulatórias, ainda na segunda série do ensino médio, e, posteriormente, em física moderna, na terceira série do ensino médio. Em Química, esses aspectos poderiam ser revisados em ligações químicas, na parte de orbitais atômicos e moleculares e no início de Química Orgânica.

Nessa perspectiva, o conteúdo que será abordado nesse trabalho deveria ser apresentado aos alunos a partir da segunda série do ensino médio. A proposta é mostrar os tópicos de maneira interdisciplinar e que permita aprofundar qualitativamente as discussões. Os temas que deverão ser propostos para promover a discussão da Química Quântica são:

- ❑ A radiação do corpo negro e a quantização da energia de Planck
- ❑ A teoria onda-partícula do elétron
- ❑ Modelo Atômico de Bohr
- ❑ Interpretação física\matemática da função de onda, utilizando o átomo de hidrogênio como exemplo

Esses temas foram escolhidos por estarem presentes nos PCN+ e, também pela sua relevância na compreensão de questões da atualidade como funcionamento de sistemas de controle (controles de portões e televisão), optoeletrônicos (displays de cristal líquido, leitoras óticas, impressora a laser, etc.), telecomunicações (fibras óticas) e vários outros exemplos que tornariam este parágrafo imenso.

No presente trabalho foram analisados os capítulos ou tópicos relacionados com Química Quântica constantes nos cinco livros didáticos de Química, que estão no Guia do PNLD 2012 direcionados ao Ensino Médio, avaliando aspectos acima já citados.

Logo abaixo, está a lista das cinco obras didáticas selecionadas pelo PNLD, conforme o Catálogo PNLD/2012 (BRASIL, 2012):

1. Reis, M. Química – Meio Ambiente – Cidadania – Tecnologia. 1ª Ed. São Paulo: FTD. 2010.
2. PERUZZO, F. M.; CANTO E. L. Química na Abordagem do Cotidiano. 4ª Ed. São Paulo: Moderna. 2010.
3. MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Química. 1ª Ed. São Paulo: Scipione. 2011.
4. Lisboa, J. C. F. Ser Protagonista Química. 1ª Ed, São Paulo: Edições SM. 2010.
5. SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. Química cidadã. 1ª Ed. São Paulo: Nova Geração. 2010.

No capítulo seguinte serão apresentadas as análises dos cinco livros selecionados.

CAPÍTULO 3

ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD

No livro Química - Meio Ambiente - Cidadania – Tecnologia, da autora Martha Reis, a parte que podemos considerar introdutória da Química Quântica começa a partir do Capítulo 12, com questionamentos e teorias sobre a natureza da luz, corpuscular ou ondulatória, ao mesmo tempo em que se explica as características físicas das ondas e as diferenças entre elas. Adiante o livro trabalha a teoria dos quanta de Max Planck para explicar a radiação do corpo negro, e então ela entra com o conceito da teoria onda-partícula da luz. Após isso, o livro começa a explicar sobre os espectros dos elementos, diferenciando os espectros de emissão e absorção, para finalmente entrar no modelo atômico de Bohr, falando das contribuições de Planck para este. E para finalizar o capítulo, a autora explica o modelo atômico de Sommerfeld, para ilustrar a existência de subníveis no modelo atômico de Bohr, mas o livro não aborda o conceito de orbital atômico. No Capítulo 14, ela começa a explicar a distribuição eletrônica nos níveis e subníveis com estes modelos.

No livro didático “Química na abordagem do cotidiano” de Canto e Peruzzo (2010), antes de abordar o modelo atômico de Bohr, no Capítulo 5 do volume 1, o livro trás de maneira bem detalhada o conceito de ondas eletromagnéticas e, em sequência, espectros atômicos, com algumas representações pictóricas. Ao apresentar as características do modelo atômico de Bohr, o livro não cita nada a respeito das contribuições de Planck para o modelo de Bohr e, tão pouco, faz referência ao comportamento onda-partícula do elétron. Os autores se restringem a mostrar a distribuição eletrônica como consequência do descobrimento das estruturas finas dos espectros. Não há conceito de orbitais neste volume analisado, apenas as explicações de Bohr sobre as orbitas circulares da eletrosfera. Em minha opinião, o livro começou o capítulo de maneira satisfatória, pois detalhou bem a parte de espectros atômicos, mas ao apresentar o modelo atômico de Bohr os autores desprezaram quase por completo a parte quântica, ficando a penas o conceito de orbitas com energia definida, ferindo o contexto histórico.

No livro *ser Protagonista Química*, do autor Lisboa, a parte quântica começa, no Capítulo 7, com a explicação de espectros magnéticos, detalhando propriedades das ondas, como comprimento de onda e frequência. Logo após isso, o autor entra nos tópicos relacionados com os espectros atômicos e como estes levaram Bohr a criar os seus postulados, citando que Bohr se baseou nas teorias de Planck. Adiante, o autor se mantém apenas na distribuição eletrônica por camada, não abordando os conceitos de orbitais e distribuição eletrônica por subníveis. O autor ressalta no manual do professor, que fica por conta deste o avanço dos tópicos de Química Quântica e sugere a leitura de um livro no final do capítulo.

No livro *Química*, dos autores Mortimer e Machado (2011), é trabalhada a parte quântica de maneira bem explicativa no Capítulo 6, a começar pela parte histórica, em que eles explicitaram a teoria corpuscular da luz, elaborada por Newton, e foram até os fenômenos elétricos e magnéticos de Maxwell, para poderem entrar no tema de espectros atômicos e, conseqüentemente, terminar no modelo atômico de Bohr, ressaltando a contribuição de Planck para explicar o espectro de hidrogênio. A obra não faz uso de analogias. Há representações pictóricas dos orbitais “s” e “p” e definem o seu conceito. Além disso, apresentam a teoria onda-partícula do elétron e explicam que ele é melhor caracterizado por sua energia, o que os remetem a explicação da distribuição eletrônica. Na minha visão, considero essa obra exemplar por causa do nível de detalhamento dos conceitos quânticos.

No livro *Química cidadã*, elaborado por professores que participaram do projeto PEQUIS - Projeto de Ensino de Química e Sociedade - a parte quântica é abordada de maneira bem didática. Em princípio, eles dividem a explicação em dois volumes, no primeiro e no terceiro. No volume 1 encontram-se na Unidade 2 e Capítulo 5, os autores começam sugerindo o experimento do Teste da Chama, associando a experimentação por meio de uma investigação e após isso explicam o que vem a ser o espectro luminoso. Imediatamente, o livro introduz a base teórica para do modelo atômico de Bohr, comentando que esta foi baseada nos espectros de hidrogênio e explicando as características desse modelo. Em um tópico adiante do mesmo capítulo, é introduzida um pouco de Química Quântica, e se fala, resumidamente, a respeito das contribuições de Planck para o modelo atômico de Bohr, com a teoria dos quanta, e sobre o conceito de orbital. Já no volume 3, a parte quântica é bem mais detalhada, tanto na parte histórica como na parte conceitual, o livro descreve a radiação do corpo negro e como Planck elaborou a nova teoria para explicar esta radiação, a teoria dos quanta. O livro também trabalha de maneira detalhada a teoria onda-partícula do elétron,

assim como o modelo atômico de Bohr e o conceito de orbital a partir da equação de Schrödinger.

As abordagens encontradas nos livros didáticos sobre Química Quântica têm os mais variados níveis. Alguns deles deixam a desejar na explicação, se limitando apenas a explicação do Modelo Atômico de Bohr, sem qualquer relação com a Teoria de Planck ou Orbitais Atômicos, o que, na perspectiva deste trabalho, pode ser inadequado para os alunos compreenderem os fenômenos quânticos do cotidiano. Em contra partida, consideramos que dois dos livros analisados apresentam uma estrutura satisfatória para a explicação dos fenômenos quânticos, o que na perspectiva de nosso trabalho seria ideal para o aluno desse nível de ensino ter uma base razoável sobre a quântica.

A dinâmica da proposta que ora apresentamos inicia-se com a abordagem histórica da origem da teoria quântica, conforme formulada por Planck na análise da radiação do corpo negro. Nossa perspectiva é que essa abordagem deve ocorrer de maneira unicamente qualitativa para explorar a proposta da quantização de energia e inserir um contexto ao conteúdo. Em seguida, esses conceitos já seriam inseridos na discussão de átomos, a partir do espectro atômico de hidrogênio seguindo para o Modelo Atômico de Bohr. Nesse momento deve-se explicar as controvérsias do Modelo de Rutherford, explicitando as razões para a busca por um novo modelo. O professor que usar essa proposta deve mencionar que quando o elétron recebe energia para ir para outra camada, essa energia, deve ter um valor apropriado para que esse fenômeno ocorra. Até este ponto, tanto na Química como na Física, os alunos estudaram que a natureza poderia ser descrita por, basicamente, dois grandes modelos, a teoria da física de partículas ou a teoria ondulatória.

Em alguns casos, pode-se até mesmo fazer uma pequena revisão dos pontos centrais desses modelos, aparentemente contraditórios, seja nas aulas de Física ou nas de Química. Nesse instante, o professor pode instigar os alunos a se posicionarem se o elétron é uma partícula ou uma onda. Provavelmente, a suposição de que o elétron é uma partícula deverá ser a resposta mais frequente até esse ponto, pois os alunos devem ter visto apenas o caráter corpuscular da matéria. Para enriquecer a discussão, o professor pode apresentar o experimento da dupla fenda. Entretanto, fazer isso utilizando o quadro negro ou gravuras seria pouco eficiente para uma turma de ensino médio. Sugerimos, então, que seja utilizada uma cena digital do experimento, que pode ser encontrada na internet através de algum site de

busca. Durante a apresentação de algum recurso audiovisual, o professor deve estar sempre atento para falar o que é cientificamente correto ou incorreto no vídeo de sua escolha.

Este vídeo deve ter como objetivo mostrar o comportamento onda-partícula do elétron, salientando que qualquer tentativa de medir a trajetória do elétron interfere no comportamento deste. A partir desse ponto, o professor deve mostrar para o aluno que a posição do elétron no átomo é incerta e que uma forma razoável de determiná-la, seria pegar uma região onde a probabilidade de se encontrar o elétron é maior, colocando assim, o conceito de orbitais atômicos.

Para mostra esses orbitais, o professor pode dispor deve ter selecionado um livro que contenha estas gravuras ou mostrá-las por meio de aparelho multimídia caso o livro não apresente estas gravuras.

O professor tem que ficar atento se as gravuras representando as regiões dos orbitais são aceitáveis para o nível do ensino médio e que as regiões representadas nada mais são do que regiões de maior probabilidade de se encontrar dois elétrons de spins opostos. Além disso, informar que esses elétrons podem ou não estar no orbital. E as representações pictóricas dos orbitais não devem ficar homogêneas, por exemplo, o orbital “s” que deve ter uma cor mais intensa no centro e a medida que o raio aumenta a cor do orbital vai perdendo intensidade para demonstrar uma menor probabilidade de encontrar os elétrons.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sendo a abstração um dos grandes problemas de se ensinar Química Quântica, uma escolha criteriosa de livros didáticos do PNLD que aborde o assunto de maneira que facilite o aprendizado, mostra-se como uma alternativa viável de ajudar os docentes em ministrar esta parte. Esta viabilidade se encontra no fato que o governo federal compra os livros através de recursos do FNDE, e distribuí-los gratuitamente pelas escolas públicas do Brasil, como está relatado no site do FNDE.

Nesse trabalho apresentamos os critérios, na parte metodológica do trabalho, que acreditamos serem os ideais para a apresentação de Química Quântica no ensino médio. Estes critérios também estão presentes nos PCN+ de Química e Física.

As análises das cinco obras indicadas pelo Guia do PNLD 2012 mostrou que dois livros preenchem os critérios analisados por este trabalho. Os livros são o da Química Cidadã, que foi elaborado pelos professores que participaram do projeto PEQUIS, e o livro Química, dos autores Mortimer e Machado. Porém, entre estes dois livros, o Química Cidadã se adequa melhor a proposta deste trabalho por ter dividido a parte quântica em dois volumes, no primeiro e terceiro volumes da coleção. Destacamos isso como importante, pois os alunos que tiverem suas primeiras experiências em apreender sobre Química Quântica no primeiro ano, podem rever conceitos quânticos durante as séries subsequentes e em outras disciplinas como a Física, assim como é proposto nos PCN+ o processo de interdisciplinaridade na parte quântica.

As outras três obras não se adequaram a proposta por não abordarem todos os critérios apresentados neste trabalho, principalmente na hora de explicar os orbitais atômicos. Como Mortimer (1988) relatou, a inserção de conteúdos novos em livros didáticos brasileiros sempre aconteceram de forma lenta e progressiva.

Nosso trabalho também mostrou que, assim como em praticamente todo o século XX, os autores ainda hoje tem resistência em avançar na elucidação da estrutura atômica, fato que

foi corroborado pelos dados deste trabalho, porque apenas dois livros do PNLD 2012 apresentaram toda a parte criteriosa que supomos ser essencial para entender a estrutura quântica da matéria e recomendada pelos PCN.

“A mente que se abre para novas ideias, jamais retorna ao tamanho inicial”

REFERÊNCIAS

ARROIO, A.; HONÓRIO, K. M.; WEBER, K. C.; MELLO, P. H.; SILVA, A. B. F.; **O ENSINO DE QUÍMICA QUÂNTICA E O COMPUTADOR NA PERSPECTIVA DE PROJETOS**, Química Nova. n. 28, p. 360. 2005.

BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, período: 1950 a 1980. **Ciência e Cultura**, v. 38, n. 12, p. 1970-1983. 1986.

BIANCHI, J. C. A.; ALBRECHT, C. H.; MAIA, D. M. **Universo da Química**. 1º Ed. São Paulo: FTD, volume único. 2005.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BRASIL. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), Ministério da Educação (MEC). Disponível em: <http://www.fnde.gov.br> . Acessado em Outubro 2012.

BRASIL. Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio - PNLEM Disponível em:
http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12371&Itemid=582. Acessado em Setembro 2012.

BRASÍLIA. Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal. Orientações Curriculares da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal. Brasília, DF: Maio/2009. Disponível em <www.se.df.gov.br> Acessado em: Setembro 2012.

FELTRE, R. **Química**. 6º Ed. São Paulo: Moderna. v.1. 2004.

GUTMANN, F.; OLIVEIRA, N. Efeito fotoelétrico. Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia, 2002.

LÔBO, S. F. O ensino de Química e a formação do educador químico, sob o olhar bachelardiano. **Ciência e Educação**, v.14, n. 1, p. 89-100, 2007.

MORTIMER, E. F. A evolução dos livros didáticos de Química destinados ao ensino secundário. **Em aberto**, Brasília, ano 7, n.40, Out/Dez 1988.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**. 1ª Ed. São Paulo, Scipione, v.1. 2011.

NÓBREGA, O. S.; SILVA, E. R.; RUTH, S. H. **Química**. 1ª Ed. São Paulo: Ática, v. Único. 2007.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. 3º Ed. São Paulo: Moderna. v.1. 2003.

PESSOA JUNIOR, O. A representação pictórica de entidades quânticas da Química. **Química Nova na Escola**. Cadernos Temáticos. n. 7, p. 25-33. Dez. 2007.

SANTANA, A. L. Física Quântica. Disponível em: <http://www.infoescola.com/fisica/quântica>. Acessado em Junho 2011.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. **Química e Sociedade**. PEQUIS 1ª Ed. São Paulo: Nova Geração. v. Único. 2005.