

O MODELO ATÔMICO QUÂNTICO EM LIVROS APROVADOS NO PNLD 2021

THE QUANTUM ATOMIC MODEL IN BOOKS APPROVED IN PNLD 2021

Flávia Lima e Cima Miranda

Universidade Federal da Bahia
cimaflavia@gmail.com

Maria Bernadete de Melo Cunha

Universidade Federal da Bahia
mbcunha@ufba.br

Resumo

Atualmente, ensinar química é um desafio e a teoria quântica é ainda mais difícil, devido ao nível de abstração. Portanto, a inserção dos estudantes nessa temática poderá ajudar na alteração do conhecimento prévio, preparando os mesmos para entender os fenômenos nos modelos clássicos. Assim, este trabalho teve por objetivo principal investigar conteúdos relativos ao modelo atômico quântico em livros didáticos de química para o ensino médio aprovados pelo PNLD 2021. Inicialmente, foi feito um levantamento dos livros e avaliada toda sequência de conteúdo escolhida pelos autores de cada Obra. Os livros aqui analisados não fugiram das representações clássicas, seguindo uma organização cronológica, em sua maioria, dando a ideia de evolução e ou substituição dos modelos. Com a reforma do ensino médio e o novo modelo proposto para os livros, o ensino do modelo quântico do átomo se torna mais fragmentado.

Palavras chave: modelo atômico quântico; ensino de Química; avaliação dos livros didáticos.

Abstract

Currently, teaching chemistry is a challenge and quantum theory is even more difficult due to the level of abstraction. Therefore, the insertion of students in this theme can help to change previous knowledge, preparing it to understand the phenomena in classical models. Thus, the main objective of this work was to investigate contents related to the quantum atomic model in chemistry textbooks for high school approved by the PNLD 2021. Initially, a survey of the books was carried out and the entire sequence of content chosen by the authors of each Work was evaluated. The books analyzed here did not deviate from the classic representations following a chronological organization, for the most part, giving the idea of evolution

and or replacement of the models. With the reform of high school and the new model proposed for books, the teaching of the quantum model of the atom becomes more fragmented.

Key words: quantum atomic model; chemistry teaching; textbook evaluation.

Introdução

A qualidade do ensino está diretamente relacionada ao envolvimento do aluno com a aprendizagem. Segundo Bordenave e Pereira (2002), para que o aluno tenha diversas formas de interação e construa o conhecimento de acordo com suas experiências individuais para interpretar as informações, experiências subjetivas e conhecimentos prévios, existe a necessidade de boas estratégias de ensino do professor.

No ensino da Química não existe um cuidado em torno de como os modelos científicos são construídos, como são fundamentais para compreensão e construção do conhecimento. Na maioria das vezes, quando são abordados, são com análises superficiais e equivocadas da apresentação dos modelos atômicos (MELO; NETO, 2012).

O modelo atômico quântico faz parte do que Saviani (2005) denominou de conhecimentos clássicos, aqueles que resistiram ao tempo e se tornaram fundamentais para a compreensão do estágio atual da cultura. Entendemos, também, que o modelo atômico quântico deve ser estudado no ensino médio, conforme já indicado pelas Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006).

Segundo Lobato e Greca (2005), o debate sobre o ensino da Teoria quântica é de importância mundial. A inserção dos estudantes nessa temática poderá ajudar na alteração do conhecimento prévio, preparando o mesmo para entender os fenômenos nos modelos clássicos e concomitantemente relacionar esse conhecimento com o seu cotidiano.

O livro didático é uma referência básica, pois representa a principal, se não a única, fonte de consulta do professor na preparação de suas aulas. Nessa perspectiva, O Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) tem uma importância fundamental de apoio à prática educativa das escolas públicas de educação básica do país.

A questão de pesquisa que se procurou responder, através de investigação que resultou no Trabalho de Conclusão de Curso de uma das autoras, Miranda (2020), foi como os conteúdos relativos ao modelo atômico quântico estão sendo apresentados nos livros didáticos de química para o ensino médio aprovados no PNLD 2021? Sendo este o objetivo geral da pesquisa desenvolvida. De forma específica, buscou-se avaliar a sequência dos conteúdos que esses livros seguem para abordar os assuntos relativos ao modelo atômico, realizar um levantamento dos conceitos de *quantum* de grandeza, dualidade onda-partícula, orbital atômico e trajetória dos elétrons e, por fim, discutir se os conceitos abordados nas coleções desses livros didáticos estão de acordo com o que a área de ensino propõe. Essa pesquisa demonstrou grande relevância, devido ao seu caráter avaliativo de como os assuntos referentes ao modelo atômico quântico estão sendo abordados e se estão sendo abordados, buscando trazer uma reflexão aos profissionais da área.

Referencial Teórico



A Reforma do Ensino médio:

Em 16 de fevereiro de 2017, durante o governo Michel Temer, o Ministério da Educação aprovou a Reforma do Ensino Médio Brasileiro, expressa na Lei 13.415 (BRASIL, 2017), decorrente da medida provisória 746/2016, desencadeando mudanças profundas na proposta da Lei de Diretrizes e Bases (LDB), relativa a esta etapa da Educação Básica.

Quanto à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), teve seu início em 2015, atendendo a Constituição de 1988, a LDB/1996 e o Plano Nacional de Educação, de 2014, ainda no Governo Dilma Rousseff. Foi concluída em duas etapas, sendo a primeira em 2017, com a BNCC da Educação Infantil e Fundamental, e a segunda em dezembro de 2018, a BNCC do Ensino Médio, nesse momento já atendendo as alterações da LDB referentes à Reforma do Ensino Médio. O processo de produção e organização que resultou no documento final da BNCC teve como principais influenciadores os setores empresariais, representados pela ONG Movimento pela Base Nacional Comum (SANTOS; MARTINS, 2021).

A reforma curricular, com base na Lei 13. 415, tem como premissa básica tornar o currículo mais flexível, atendendo assim os interesses dos alunos no Ensino Médio. Para isso, apoia-se em duas justificativas principais: A baixa qualidade do Ensino Médio ofertado pelo País e a necessidade de torná-lo atrativo aos alunos, evitando a evasão escolar.

Porém, a segunda justificativa é rasa e equivocada, uma vez, que não se leva em consideração uma série de fatores que contribuem para o abandono e reprovação escolar. Dentre esses fatores é possível mencionar a falta de infraestrutura básica nas escolas, a desvalorização da carreira dos professores, baixos salários, além dos fatores sociais como a necessidade de muitos jovens se afastarem das escolas pela necessidade de contribuir com a renda familiar. O principal objetivo da Lei 13. 415 é a reforma na estrutura escolar do Ensino Médio demandando menos recursos do Poder Público. Entre algumas providências, determinou-se a progressiva ampliação da carga horária dessa etapa da educação básica até tornar-se ensino de tempo integral. No artigo 3º, parágrafo 5º, inclui o artigo 35-A na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), assume um tempo máximo de carga horária que deverá ser destinado para o cumprimento da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o qual não deve ser maior que 1.800 horas, segundo o documento “definirá direitos e objetivos de aprendizagem do Ensino Médio”, (BRASIL, 2017).

Desse modo, a lei diminuirá as atuais 2.400 horas que devem ser dedicadas para a integralização dos conteúdos escolares do Ensino Médio para um máximo de 1.800 horas, à escolha dos sistemas de ensino, escolhendo quantas e quais disciplinas podem ser ofertadas aos estudantes, levando em consideração as obrigatórias: Português, Matemática e Inglês. Para compor o currículo, mostrou uma flexibilização na criação de itinerários formativos, com cinco arranjos curriculares a serem decididos pelos sistemas de ensino, sendo que parte da carga horária deve ser destinada à BNCC, até um máximo de 1.800 horas, e outra parte para itinerários formativos (BRASIL, 2017).

A Importância do ensino do modelo atômico quântico no ensino médio:

O livro didático ainda é visto como a principal ferramenta de apoio e referência dos professores para o processo de ensino e aprendizagem. Com relação ao estudo do Modelo Atômico Quântico (MAQ), os livros didáticos de Química do Ensino Médio utilizados no país já se mostravam limitados ao abordar os elementos inerentes ao processo de entendimento dos fenômenos envolvidos para o ensino deste conteúdo (SILVA; CUNHA, 2009).



A relevância do ensino do modelo quântico do átomo na disciplina Química para o ensino médio, mostra-se necessária dada a variedade de fenômenos que pode prever e descrever, além de que, simultaneamente, vem sendo utilizada nas tecnologias modernas (GRECCA; FREIRE JR, 2003). Ao realizar uma análise preliminar em algumas revistas voltadas ao ensino de ciências, Ramos e Silva (2012) apontam que ainda há poucos trabalhos sendo publicados abordando de maneira mais abrangente o ensino da Mecânica Quântica, tanto na disciplina Química quanto na Física, para o ensino médio.

Modelo atômico quântico:

Ao realizar uma simples busca em fontes bibliográficas, é possível notar que, apesar de uma quantidade significativa de artigos voltados ao ensino da Mecânica Quântica (MQ) na disciplina Física no ensino médio (PINTO; ZANETIC, 1999; GRECA et al., 2001; SOUZA et al., 2013), poucos são os artigos que realmente estão relacionando o ensino de Química e modelo quântico do átomo. Nesse intuito, faz-se necessário investigar como o estudo do modelo atômico quântico está sendo abordado no Ensino médio e qual a importância desse estudo para o estudante.

Consideramos que o ensino do modelo atômico quântico de orbitais passa pelos seguintes conceitos: *quantum* de uma grandeza; natureza dual da matéria e da radiação; átomo como estrutura; indeterminação da trajetória do movimento; orbital atômico. Ou seja, para compreender o modelo atômico quântico é necessário entender o que caracteriza o átomo como um sistema quântico (SILVA; CUNHA, 2008).

Metodologia

Foram analisados os livros das coleções de Ciências da Natureza aprovadas no PNLD 2021 (manual do professor), seguindo algumas etapas. Inicialmente, foi feito um levantamento dos livros aprovados no PNLD 2021. Após esse levantamento, foi efetuada uma busca, através do sumário, por capítulos e toda sequência de conteúdo escolhida pelos autores de cada obra, a fim de selecionar os livros que tinham a presença (ou ausência) do conteúdo do modelo atômico quântico. Verificou-se que apenas cinco das sete coleções abordavam o referido conteúdo, as demais obras se limitavam a apresentar os modelos atômicos até o proposto por Niels Bohr.

As coleções foram identificadas ao longo do trabalho como Obra 1, Obra 2, Obra 3, Obra 4 e Obra 5 como demonstrado no Quadro 1. Em seguida, realizou-se uma análise documental dos livros selecionados (PIMENTEL, 2001; SÁ-SILVA; ALMEIDA; GUIDANI, 2009) considerando os livros didáticos como documentos a serem analisados, como fontes escritas. Para tanto, foram buscadas algumas palavras-chave como: modelo atômico; átomo; orbitais; quantização de energia; dualidade onda-partícula; princípio da incerteza. Posteriormente, ocorreu a leitura dos trechos selecionados a fim de analisar como os conceitos referentes aos assuntos do modelo atômico quântico são abordados. Esses trechos, então, foram analisados por comparação com os conceitos constantes em LIMA et al (2015), SILVA et al (2018) e RAMOS (2018).

Quadro 1: Relação entre autores, capítulos e assuntos abordados em cada obra analisada

Obra	Títulos e ano de publicação	Volumes	Capítulos
------	-----------------------------	---------	-----------



Obra 1	Ciências da natureza, 2021	1 e 2	A formação dos átomos (vol 1); Elementos da Física quântica (vol 2).
Obra 2	Diálogo-Ciências da natureza e suas tecnologias, 2020	1	Como tudo começou... (vol 1)
Obra 3	Ciências da natureza e suas tecnologias, 2020	1 e 6	Modelos atômicos e tabela periódica (vol 1); Física quântica e nuclear (vol 6).
Obra 4	Ser Protagonista, 2020	1	Física quântica (vol 1).
Obra 5	Matéria, energia e vida. Uma abordagem Interdisciplinar, 2020	3	Modelo quântico para os átomos e a tabela periódica moderna (vol 3).

Fonte: MIRANDA (2021, p. 21)

Resultados e Discussão

Obra 1:

Na Obra 1 os assuntos referentes ao modelo atômico quântico são abordados em momentos distintos e capítulos diferentes.

Observamos que o livro traz no volume 1 a formação dos átomos, seguido de Tabela Periódica e configuração eletrônica. Nesse ponto, quando o autor precisa explicar sobre distribuição eletrônica por subníveis de energia, é abordado no livro em um parágrafo relativamente curto e extremamente raso, sobre de Broglie, Erwin Schrödinger, onde coloca que “propôs uma nova descrição matemática para o átomo de hidrogênio, utilizando a mecânica ondulatória para descrever o comportamento dos elétrons por meio de funções de onda (Ψ)”. Werner Heisenberg e Max Born são citados e, logo em seguida, define orbital.

No volume 2, o tema 4 da Obra, intitulado “Elementos da Física Quântica” começa fazendo um breve resumo do desenvolvimento da Física Quântica e como curiosidade trás o Acelerador de partículas Sirius. A sequência de conteúdos (SC) escolhida nessa obra inicia-se com a Catástrofe do Ultravioleta, por meio do assunto sobre Radiação. Refere-se brevemente, como abordagem histórica, sobre o físico alemão Gustav Robert Kirchhoff, o qual foi o primeiro a mencionar corpos negros, o físico inglês John William Strutt, e o também matemático e físico inglês James Hopwood Jeans, responsáveis por derivarem uma equação para explicar os dados experimentais da intensidade de radiação emitida pelo corpo negro, que ficou conhecida como lei de Rayleigh-Jeans. Finaliza o tópico discutindo sobre a proposta de Max Planck para interpretar o corpo negro.

Na sequência, inicia-se um novo tópico sobre “Hipótese quântica de Planck” onde começa abordando o conceito de *quantum* a fim de elucidar a equação de Planck. É importante salientar o papel da contextualização, que segundo Maffi et al (2019), no processo de ensino e aprendizagem, esse valor vai além da contribuição para o entendimento dos fenômenos e conhecimentos científicos. Quando o contexto está relacionado ao entendimento da quântica, se torna essencial devido ao nível de abstração presente no assunto.

Na continuação, a obra introduz o tema do efeito fotoelétrico e introduz a equação de Einstein, mostrando um exemplo de aplicação. Nesse ponto, o livro começa o tópico



“Dualidade onda partícula” a partir de uma imagem de um microscópio eletrônico de varredura. De forma consecutiva, inicia sobre os trabalhos de Louis de Broglie. Nesse momento, faltou deixar claro que foi principalmente a partir dos trabalhos de Einstein que se passou a admitir o comportamento dual da luz (SILVA; CUNHA, 2008).

Nos dois últimos tópicos, temos o Princípio da Incerteza, onde os autores apresentam o trabalho de Werner Heisenberg, bem como a expressão matemática que o princípio pode ser representado. E o Modelo de Bohr, onde se fecha o capítulo com os estados estacionários. Neste ponto o livro é insuficiente, pois não aborda o modelo atômico quântico atual, que o conceito de orbital é derivado da resolução da equação de Schrodinger para átomos hidrogenóides, a contribuição de Robert S. Mulliken e Max Born. Ou tenta fazer uma correlação com o que foi abordado de forma resumida no volume 1. E por fim, mostrar como todos esses estudos levou o termo orbital a assumir o significado de região do espaço onde há probabilidade de se encontrar os elétrons em um átomo qualquer. De acordo com Silva e Cunha (2009), os problemas em torno da discussão desses últimos temas se devem ao nível matemático da teoria, que se encontra além do previsto para o ensino médio, bem como a realização da sua transposição didática.

Obra 2:

A unidade 2, da Obra 2 começa com a formação do universo no capítulo 1. O capítulo 2, introduz a estrutura da matéria aproveitando o enfoque inicial da formação do universo. Seguido por origem e distribuição dos elementos químicos.

A partir dessa temática, começa o tópico sobre as teorias atômicas com uma abordagem histórica com os filósofos antigos bem como a visão atômica da constituição da matéria na antiguidade até a teoria de Bohr. Nesse ponto, diferente da obra analisada anteriormente, é inserido um tópico da “Teoria atômica atual”. Em 3 parágrafos, de forma bem resumida, introduz os avanços que foram importantes para a Física Quântica, como as observações de Broglie e de Erwin Schrödinger.

O ponto positivo observado na Obra 2 foram as representações dos experimentos e modelos atômicos propostos por cada cientista. Os autores se preocupam com a representação visual, para melhor entendimento por parte dos estudantes. Outro ponto, é que a referida SC é abordada na área de Química, fugindo do modelo tradicional dos livros que em sua maioria só abordam em Física Quântica. Porém, ainda assim a obra é insuficiente por tratar o assunto com singularidade, de forma resumida e à medida que o assunto se aproxima do modelo atômico atual são abordados de forma muito simplória. Os conceitos de orbital, quantização de energia, dualidade onda-partícula e princípio da incerteza não são abordados.

Obra 3:

O capítulo 4 do volume 1 da Obra 3 é intitulado Modelos Atômicos e Tabela Periódica. Com uma breve introdução sobre as ciências da natureza, já nos deparamos com o modelo atômico proposto por Thompson, enquanto o modelo de Rutherford é exposto na sequência (o modelo atômico de Dalton é explicado no capítulo anterior, quando abordam a diferença de substância simples e composta). Nesse ponto, ocorre a introdução de elementos químicos, tabela periódica e o livro volta para os modelos atômicos, agora o de Bohr. Aqui, percebemos o enfoque um pouco maior desse modelo quando comparado aos demais modelos, onde é exposto uma representação da montagem experimental utilizada para obter espectro da luz visível. Nesse momento, temos a introdução da palavra *quantum* fazendo correlação com o espectro da luz visível, em que “a radiação eletromagnética era emitida em múltiplos de uma



quantidade elementar, ou seja, em porções descontínuas chamadas de quanta (plural de *quantum*) de energia” (p.55).

O próximo tópico é sobre a distribuição eletrônica das camadas, seguida pela introdução do surgimento da mecânica quântica e os principais cientistas que contribuíram para o avanço são listados. A partir daqui, começam a descrever as mudanças nas teorias, desde o comportamento corpuscular para o ondulatório da luz, como na “escala” dos átomos a incerteza é inerente aos fenômenos quânticos, uma característica expressa pelo princípio da incerteza. O conceito de orbital é o último a ser abordado, e são descritos como “orbitais, funções matemáticas que descrevem a probabilidade de encontrar um elétron com determinada energia a certa distância do núcleo” (p.58).

Até esse ponto, apesar do livro abordar o modelo atômico quântico e abordá-lo com uma visão química, é notório a confusão da sequência de conteúdos escolhida pelos autores. Uma vez que os modelos atômicos abordados em capítulos diferentes do livro dificultam a percepção de ordem cronológica. O conceito de Orbital é um dos últimos a ser abordado e não mostra correlação com os assuntos já discutidos até esse momento, encontra-se solto. O conceito de *quantum*, quantização são dados em momentos distintos sem fazerem uma boa abordagem das suas definições. O comportamento dual da matéria é exposto de forma simplória, sem termos adequados e sem fazer correlações coerentes com a sequência cronológica. Assim também para o princípio da incerteza e as equações matemáticas propostas por Schrödinger, que vale ressaltar, não é citado.

No Volume 6, capítulo 8, é abordado, segundo eles, noções de física quântica e física nuclear. Ao avaliar esse capítulo, é notório a escolha um pouco mais coerente da SC, quando comparado ao volume 1 da mesma obra. No primeiro tópico “o surgimento da física quântica” tem-se o conceito de *quantum* mais destrinchado. No tópico 2 “Efeito fotoelétrico” é realizado com detalhamento nas representações, seguidas de discussão. O tópico 3, em “Dualidade onda-partícula”, segue a mesma linha, com abordagem histórica, explicação da natureza dual, como Louis de Broglie estendeu o conceito de dualidade a partir comprimento de onda (λ_B), e como C. J. Davisson e L. H. Germer, com o propósito de derrubar a hipótese de De Broglie, acabaram por confirmá-la. Terminando o tópico com um exemplo de aplicação para compreender melhor o princípio de De Broglie.

A partir daqui a Obra inicia a física nuclear, e não dá continuidade a uma SC que poderia ser ampla, abordar os outros pontos importantes da quântica até o modelo atômico atual, fazer uma correlação com o volume 1, de forma mais aprofundada. Então, o que parecia ter um desenvolvimento bom e uma sequência didática mais estruturada, do que o que já foi discutido até então, optou pela mesma singularidade e deficiência das demais obras.

Obra 4:

No volume 1, capítulo 2 da obra 4 “Modelos atômicos e características dos átomos” o assunto escolhido para introduzir o capítulo é aplicação do raio X. Os modelos atômicos de Dalton e Thompson são discutidos no mesmo tópico e a representação dos seus modelos também é apresentada na obra. No tópico seguinte é apresentado o esquema simplificado do experimento que deu origem ao modelo atômico de Rutherford.

A representação e discussão dos espectros eletrônicos e atômicos são abordados, e nesse ponto já se introduz a ideia de Niels Bohr a fim de explicar as características dos espectros atômicos. No último momento desse tópico aparece o termo “quantizada”, em que toda



energia do elétron é quantizada, ou seja, segundo os autores, “os elétrons absorvem ou emitem quantidades fixas de energia na forma de pequenos pacotes denominados quanta”.

O Capítulo 3, intitulado “Física quântica”, é iniciado com os fenômenos atômicos. O trabalho de Planck é o primeiro tópico escolhido pelos autores para abordar o mundo quântico. O desenvolvimento da Física quântica, a radiação do corpo negro, a catástrofe do ultravioleta e até constante de Planck são abordados. A partir da Constante de Planck os autores inserem o conceito de “quanta”, e que a energia antes vista como uma grandeza contínua passou a ser vista como uma grandeza discreta.

Seguindo a SC escolhida pelos autores, o efeito fotoelétrico é apresentado como próximo item para discussão, onde é abordado brevemente que a maioria dos cientistas inicialmente não aceitou a ideia de dualidade da luz, seguido pela hipótese de De Broglie, a equação para calcular o comprimento de onda do elétron em movimento. A obra dá ênfase na comprovação experimental da teoria de De Broglie, a partir do experimento da dupla fenda para a radiação eletromagnética, realizado por Thomas Young. O princípio da incerteza inicia-se com uma abordagem histórica de Heisenberg e a importância para física clássica.

No capítulo onde percebe-se que o enfoque é a química, os modelos atômicos são discutidos de forma muito resumida, o conceito de orbital não foi abordado e o termo “quantizada” aparece sem explicação. O modelo atômico atual não é abordado, o que seria bem-casado uma vez que o capítulo de Física quântica viria na sequência. O mesmo começa com uma introdução e sequência didática adequada, mas falha principalmente como aborda o princípio da incerteza e como não faz nem sequer menção da equação de Schrödinger. Vale ressaltar, que ao relatarem a comprovação experimental da teoria de De Broglie, referem-se ao experimento de dupla fenda, o que é um equívoco, uma vez que, a comprovação da hipótese foi por difração de elétrons (MORGON, 2008).

Obra 5:

A unidade 1, capítulo 3 da Obra 5, inicia com o modelo atômico proposto por Dalton, suas hipóteses e uma pequena representação esquemática desse modelo. Na sequência, o tópico discute a representação do modelo atômico de Thompson. A partir daí, tem-se o início sobre a estrutura interna do átomo discutindo o modelo atômico de Rutherford onde, além da abordagem histórica, também é representado o esquema da experiência de Geiger e Marsden.

No tópico 3.2 a obra faz uma grande linha do tempo sobre a ideia do átomo desde a antiguidade até os desenvolvimentos tecnológicos do século XX, com a representação do modelo atômico atual. O capítulo é finalizado com as técnicas de observação de átomos, dentre elas os microscópios até os espectrômetros.

O Capítulo 5 da unidade 2, volta a tratar do tema, a abordagem histórica, seguida da apresentação da teoria corpuscular da luz, a representação e discussão do princípio de Huygens, seguido de outro tópico, onde a abordagem é muito mais física, sobre o comportamento da onda, para introduzir a discussão sobre o espectro visível. O tópico subsequente aborda então, sobre a natureza quântica da luz, onde discorre sobre o corpo negro, a teoria eletromagnética de Maxwell, Lord Rayleigh e James Jeans, a catástrofe do ultravioleta, a constante de Planck até a introdução do tópico sobre o efeito fotoelétrico. O conceito de quanta é descrito e seguido da equação da Planck onde se discute a função trabalho.

O capítulo 6, intitulado “O surgimento da tabela periódica, o modelo atômico de Böhr e níveis de energia”, volta com o assunto dos modelos atômicos só que agora sobre um “olhar



Químico”, para discutir a tabela periódica. Para isso, começa com o modelo proposto por Bohr para discutir sobre os níveis e subníveis de energia, fazendo sempre correlação desse modelo com a discussão da tabela periódica.

No capítulo 7, intitulado: “Modelo quântico para os átomos e a tabela periódica moderna”, começando com o “Mundo quântico”. A dualidade onda-partícula é o primeiro tópico de discussão, desde Bohr até a proposição de De Broglie, seguido do experimento da fenda dupla com elétrons, o experimento de Jönsson é mais uma confirmação da hipótese de De Broglie, e como a mecânica ondulatória (para descrever o comportamento dos elétrons) levou Erwin Schrödinger a propor uma equação de ondas para o elétron, que resultaria no modelo atômico que conseguiu explicar a organização da tabela periódica dos elementos químicos.

O modelo quântico para o átomo agora sobre uma ótica específica (uma visão da Física) é discutido, as ondas mecânicas estacionárias em uma e duas dimensões, seguida da equação de Schrödinger. Os números quânticos e distribuição eletrônica, onde é discutido número quântico principal e o número quântico orbital, a representação dos formatos dos orbitais *s* e *p*, o número quântico magnético, é feita uma descrição quântica do átomo. É feita a Interpretação do caráter ondulatório do elétron, a discussão sobre incerteza de Heisenberg. O capítulo finaliza com distribuição eletrônica da tabela periódica e os elétrons de valência e a interpretação da mecânica quântica (interpretação de Copenhagen).

De todas as obras analisadas até aqui, essa foi a que deu um maior enfoque para o modelo atômico quântico do átomo, correlacionando com temas atuais permitindo os alunos fazerem associações, propostas de atividades para discussões. E principalmente, não deixou de abordar e com uma linguagem acessível e clara sobre a equação de Schrödinger. Porém, igual as outras Obras não fugiram da perspectiva da Física para discutir sobre o modelo quântico, não abordou conceitos de orbital e *quantum*.

Percepção das Obras:

Após o levantamento das sequências de conteúdo dos livros de ensino médio, aprovados no PNLD 2021, alguns pontos foram considerados importantes e necessários para a discussão a seguir.

Todos os livros abordaram e destrincham os aspectos que são considerados necessários para compreensão do modelo atômico quântico, com uma abordagem voltada para a área da Física. É importante frisar a diferença de ensino de Quântica para Física e para Química. Segundo Greca e Freire JR (2014), para a química, o ensino da física quântica acaba atuando como um impedimento de aprendizagem, pois a Física costuma incluir a teoria quântica através dos modelos das duas primeiras décadas do século XX.

De acordo com uma pesquisa realizada com 61 professores de Física e pesquisadores do ensino de Física com relação a inserção da Mecânica Quântica no ensino médio, Ostermann (2000) relata um determinado consenso, por parte desses estudiosos, que determinados assuntos podem ser discutidos, dentre eles: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, entre outros.

A falta de conteúdos complementares, que mostre a aplicabilidade ou importância das teorias de forma mais palpável aos estudantes, é notória em todas as obras. Vasconcellos e Souto (2003) afirma que um livro ter linguagem clara e coerente não é, por si só, suficiente se ele não priorizar o reconhecimento do universo do estudante em suas páginas. Mostrando,



portanto, a necessidade de utilizar exemplos práticos e contextualizados ao discutir os temas propostos.

Foi notório a escolha em que algumas das obras fizeram, em optar por não abordar todos os modelos atômicos até chegar no mais atual. A história da ciência é vista em segundo plano, como algo que não é relevante ou essencial para construção do conhecimento. Porém, a história da ciência possibilita o processo de transformação conceitual, contribuindo com a aquisição dos conceitos científicos. Segundo Sequeira e Leite (1988), ela permite que o discente reflita sobre o seu passado, propicia uma socialização em sala, como forma de entender o presente e se preparar para o futuro, onde existe uma sociedade científica e tecnologicamente avançada como é a que vivemos.

Navarro et al. (2015, p.61), ao se referirem a História da Química dizem que: “em muitas de suas passagens, consta apenas nome do cientista e ano de nascimento e morte, não mostrando aos estudantes que a Ciência não possui esse caráter imediatista [...]”. Nesse ponto, é importante entender que a evolução da Química como ciência se deu a partir do entendimento da estrutura atômica, e para chegarmos ao modelo atômico quântico atual foi preciso entender o pensamento de estudiosos anteriores, que levantaram hipóteses e deram início ao avanço científico.

Outro fato muito importante, o qual foi observado na maioria dos livros, é tratarem o modelo atômico de Bohr como o modelo mais atual e aceito no mundo científico. Sabe-se que o modelo de Bohr é essencial para considerar e caracterizar todas as propriedades atômicas e moleculares. Mas, é o modelo de orbitais que é o pilar das concepções de estrutura molecular (BERRY,1966).

A SC escolhida pelos livros para abordar os modelos atômicos até o atual é insuficiente, pobre, escassa e, por muitas vezes, confusa. Existe também, uma carência em representações mais atualizadas, que permitam transmitir aos estudantes de ensino médio, modelos mais atuais de átomos e moléculas, orientando na construção do conhecimento.

O conceito de orbital foi outro ponto que quase não foi discutido nas obras, como se não fosse importante para o entendimento das teorias quânticas sobre as ligações químicas. Assim como alguns conceitos prévios devem ser ensinados, como: *quantum* de uma grandeza; natureza dual da matéria e da radiação; átomo como estrutura; movimento eletrônico sem trajetórias definidas, devem ser ensinados anteriormente (LIMA, 2018).

Lima e Silva (2016, p.3) demonstram um exemplo de mapa conceitual de átomo, levando em conta um sistema conceitual para o ensino do conceito de orbital. A partir dessa proposta, outro ponto relevante e que não foi abordado de forma coerente nas Obras chama a atenção. Para o entendimento do modelo atômico quântico é necessário antes a compreensão do termo “quântico”, que se refere ao conceito de “*quantum* de uma grandeza”. Segundo Ramos (2018), é fundamental discutir o conceito ao longo do ensino do modelo atômico quântico.

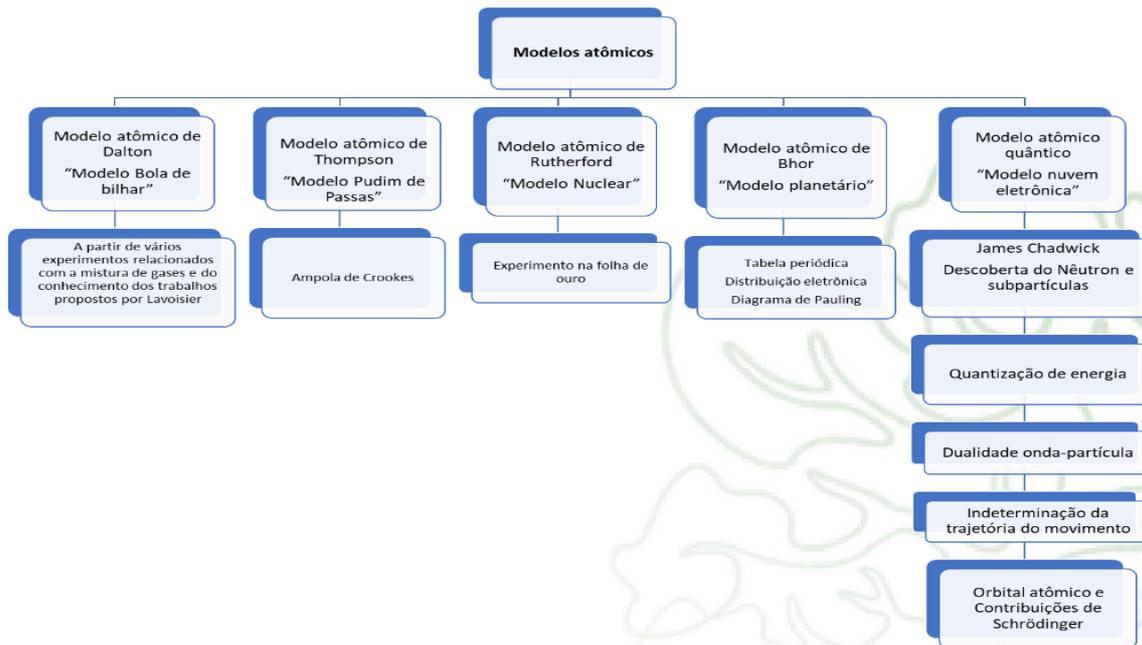
Foi observado também, que nem todas as obras fazem referências ao conceito de números quânticos. Por mais que esses conteúdos não sejam abordados de forma correta nos livros, isso não os torna descartáveis a ponto de alguns autores concordarem com sua retirada como Castro e Cavalcante (2016). Como abordado por Ramos (2018), concordamos com a necessidade de uma reformulação da sequência de conteúdos e dos seus textos, além de uma formação adequada dos professores.

Ramos (2018) observou em sua análise dos livros aprovados no PNLD 2012 como o modelo atômico quântico já era abordado de forma pobre e insuficiente para que os estudantes

conseguissem ter uma construção do conteúdo de forma adequada, e mesmo quando os livros abordavam o referido modelo não o correlacionavam nos demais capítulos, algo que também foi observado na análise desta pesquisa.

A partir das análises realizadas nos livros didáticos (PNLD/2021), pode ser indicada uma sequência de conteúdos para abordagem do modelo atômico quântico, como apresentado na Figura 1 a seguir:

Figura 1: Exemplo de Mapa Conceitual sobre sequência de conteúdo para os modelos atômicos.



Fonte: MIRANDA (2021, p. 42)

Conclusão

Os modelos atômicos, e aqui falamos de todos, são essenciais para o desenvolvimento e construção do conhecimento, permitindo a representação a nível microscópico, da estrutura mais íntima da matéria, o que nos permite entender nosso planeta e nosso universo da forma mais elementar. Perceber que todos os modelos propostos foram importantes para o desenvolvimento do modelo atômico atual, demonstrando o caráter provisório e que novos modelos vão surgindo para descrever os fenômenos são indispensáveis.

Os livros aqui analisados não fugiram das representações clássicas, seguindo uma organização cronológica, em sua maioria, dando a ideia de evolução e ou substituição dos modelos. Boa parte dos autores omitiram a ideia de um modelo atômico contemporâneo, abordando por último, e como se fosse o mais aceito atualmente pela ciência, o modelo atômico de Bohr e não demonstrando que ele, na verdade, foi o precursor da Teoria Quântica.

Com a reforma do ensino médio, e, conseqüentemente, o novo modelo dos livros, é possível inferir que de forma a integralizar as áreas ocorreu uma diluição dos conteúdos. O ensino do modelo quântico do átomo se torna mais fragmentado e, portanto, menos abordado, algo que já vinha sendo observado nos anos anteriores e que tende a aumentar nos anos subsequentes.

Referências

AZEVEDO, M. C. S. Ensino por Investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

BRASIL. **Lei Federal nº 9394/96**. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN). Brasília, 1996.

BRASIL, **Ministério da Educação. Guia de livros didáticos PNLD 2021: Ciências /** Ministério da Educação-Brasília: Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/pnld/index.php?option=com_content&view=article&id=index.php?option=com_content&view=article&id=13658> Acesso em: 09 de nov. 2021.

BRASIL, **Base Nacional Comum Curricular. Ministério da Educação. BNCC 2018:** <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf> Acesso em: 08 de nov. 2021.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 5. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2005.

GRECA, I. M.; FREIRE JR., O. Does the emphases in the concept of quantum states enhance students' understanding of quantum mechanics? **Science & Education**, v. 12, n. 5-6, p. 541-557, 2003.

LIMA, M. C. A. B. **Explique o que tem nessa história**. 2001. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

LIMA, M. M.; SANTOS, E. S.; SILVA, J. L. P. B. Modelo atômico quântico em coleções de química aprovadas no PNLD 2015. Parte II: indeterminação de trajetórias e orbitais. **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências–X ENPEC**, Águas de Lindóia, SP, 2015.

MIRANDA, F.L.C. **Avaliação do modelo atômico quântico em livros aprovados no PNLD 2021**. 49f. il, 2022. Monografia (TCC) –Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2022.

PIMENTEL, Alessandra. **O método da análise documental: seu uso numa pesquisa Historiográfica**. Cadernos de Pesquisa, n. 114, nov./ 2001. Disponível em: <www.scielo.br> Acesso em: fevereiro de 2023.

PINTO, A. C.; ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o Ensino médio? **Cad.Cat.Ens.Fís.**, v. 16, n. 1: p. 7-34,1999.

RAMOS, L. C. **Os conceitos de quantum de uma grandeza e dualidade onda-partícula no ensino do modelo atômico**. 119 f. il. 2018. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-graduação em ensino, Filosofia, e História das ciências. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

SÁ-SILVA, J. R. ALMEIDA, C. D. GUINDANI, Joel Felipe. **Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas**. Revista Brasileira de História & Ciências Sociais Ano I - Número I - Julho de 2009. Disponível em: <www.scielo.br>. Acesso em: fevereiro de 2023.

SILVA, J. L. P. B.; CUNHA, M. B. M. Para compreender o modelo atômico quântico. **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ)**. UFPR, 2008.