

OS MODELOS CIENTÍFICOS NA COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO SOBRE QUÍMICA QUÂNTICA NOS LIVROS DIDÁTICOS PARA O ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM SOBRE A TEORIA DE PLANCK

Edvan Alves Ferreira (1); Anderson Savio de Medeiros Simões(2)

(1) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Sousa;
edvanalves2011@hotmail.com

(2) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus João Pessoa;
anderson.simoes@ifpb.edu.br

1. Introdução

Quando se discute sobre os modelos científicos em sala de aula, podem ocorrer as mais diversas interpretações. Dessa forma, é preciso que o professor procure elaborar uma abordagem que proporcione ao aluno o significado científico de modelo. Monteiro e Justi (2000) realçam em seu discurso que modelo deve ser compreendido no campo da ciência como uma representação de um objeto, evento, sistema ou ideia.

Deve ficar claro para o aluno que modelos são apenas representações da realidade e não a realidade em si. Sendo assim, Pozo e Crespo (2009, p. 20) afirmam que a “ciência não é um discurso sobre ‘o real’, mas um processo socialmente definido de elaboração de modelos para interpretar a realidade”.

Modelos de ensino servem para facilitar o entendimento sobre modelos consensuais. A criação desses modelos de ensino não é um processo fácil, onde deve-se preservar os conceitos dos modelos consensuais e procurar relacionar ao máximo com os conhecimentos prévios dos alunos (JUSTI, 1997), buscando desse modo, uma melhor compreensão dos processos científicos. Nesse sentido, o professor deve ser intermediador desse processo de construção dos modelos individuais que cada aluno cria ao estudar conteúdos abstratos.

Neste trabalho, busca-se uma investigação sobre o modo como os modelos são utilizados nos livros didáticos do ensino médio na abordagem de Química Quântica. Tomou-se como objeto de estudo da Teoria de Planck, sobre a quantização de energia, que apresenta aspectos fundamentais para o estudo de mecânica quântica, desde uma abordagem termodinâmica, passado por deduções estatísticas até chegar ao ponto de grande interesse para a compreensão de vários fenômenos microscópicos, a exemplo do comportamento do átomo, que é exatamente a interpretação da energia quantizada (PLANCK, 1901).

Os estudos realizados por Planck, com base na lei de distribuição de energia de W. Wien chegaram a diferentes conclusões e equações, sendo o entendimento da constante de Planck (h) fundamental ao se estudar quântica. É a chave para o entendimento de conceitos sobre quantização de energia, a qual, atrelada a equações desenvolvidas por cientistas com Albert Einstein e Erwin Schrödinger, explica diversos fenômenos que ocorrem no mundo atômico como, por exemplo, o efeito fotoelétrico. Ainda, está relacionada com os fenômenos da dualidade onda-partícula do elétron e com o indeterminismo (MOURA et al. 2011).

O entendimento sobre tais conceitos, muitas vezes não é contemplado de forma adequada. Nos livros didáticos de química do ensino médio se utilizam de constantes como um “número mágico” que deve ser utilizado para resolver problemas, mas não se aborda os estudos utilizados, as equações que resultaram em tal resultado e a teoria por trás dos modelos estudados, nem o seu real significado científico, relevante para o contexto que está em estudo (MOURA et. al 2011).

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo investigar o modo de abordagem dos livros didáticos de Química do ensino médio sobre o conteúdo relacionado à Teoria de Planck, enfocando-se em dois pontos: está utilizando modelos para abordar o conteúdo? E quais modelos estão sendo usados? Como também investigar a eficácia dos modelos adotados pelos livros analisados, relacionados à Teoria de Planck.

1.1. O uso de modelos no ensino de Química Quântica

Os modelos surgem como um meio de compreender o mundo em que vivemos de forma lógica, buscando associar a ciência a objetos simples, capazes de promover o entendimento de fenômenos de forma prática. Ferreira e Justi (2008, p. 32) exaltam a importância dos modelos científicos ao expor o quão difícil é lidar com aspectos intangíveis aos nossos sentidos, e vão mais além, ao retratar a sensação de “inépcia e vulnerabilidade do que é possível aprender frente à amplitude e complexidade do universo em que estamos inseridos”.

Ideias inadequadas de modelo não são concebidas apenas pelos alunos, mas também por professores, o que reflete na aprendizagem. Os mesmos entendem que o átomo foi descoberto e então estudado, quando a realidade mostra que a ideia de átomo é apenas uma teoria.

Uma forma de o professor buscar atenuar as dificuldades ao se trabalhar com modelos seria realizar discussões com seus alunos sobre o quanto o modelo científico difere dos seus modelos de sentido comum. O modo como os livros didáticos trazem a ordem histórica dos

modelos atômicos também pode influenciar de forma negativa no aprendizado, pelo fato dos mesmos seguirem uma ordem cronológica não problematizada (MELO e LIMA NETO, 2013).

1.2. A Química Quântica nos livros didáticos

A maioria dos professores tem o livro didático como referencial, fazendo com que sejam uma das mais importantes ferramentas de ensino utilizadas nas escolas. Esse fato somado com a forma como os livros didáticos abordam modelos, os torna uma das principais razões para as incompreensões encontradas no ensino do assunto (MELO e LIMA NETO, 2013).

Choppin (2004) faz um breve relato do que seria o papel do livro didático ao dizer que o mesmo desempenha ou deve desempenhar quatro funções: referencial (curricular ou programática), como um suporte privilegiado dos conteúdos, habilidades consideradas importantes a serem transmitidas; instrumental, a partir de exercícios e atividades capazes de facilitar a memorização; ideológica/cultural, onde o livro didático tem tamanha importância para a sociedade que se firmou com um dos principais vetores da língua, da cultura e de valores de classes. O autor ainda exalta que “Essa função, que tende a aculturar — e, em certos casos, a doutrinar — as jovens gerações [...]”; por último, a função documental, a qual acredita que o livro didático pode fornecer um conjunto de documentos capazes de fortalecer o senso crítico dos alunos.

Os livros didáticos de química utilizam de vários modelos para se trabalhar os conteúdos, partindo da premissa de que a química é uma ciência apoiada em modelos, não somente os atômicos, como também os moleculares, os de reações, etc. (MELO e LIMA NETO, 2013). Sendo assim, os livros são divididos em capítulos, cada um trabalhando um assunto (modelo), alguns dos principais modelos abordados em tais livros são: modelo atômico, molecular, de reação, cinético e equilíbrio químico.

O ensino de modelos atômicos exige do estudante uma capacidade de abstração. Por esse motivo, torna-se um assunto de difícil compreensão e levam os estudantes à prática de memorização, porque muitas vezes não é conseguido pelo aluno a conexão com outros assuntos de química. Os professores também têm dificuldades no ensino de modelos atômicos pelo fato da difícil contextualização e as poucas possibilidades de se realizar experimentos que possam facilitar a compreensão e até mesmo reduzir o nível de abstração do conteúdo (SILVA, MACHADO e SILVEIRA, 2015).

1.3. Histórico da Química Quântica

Outro assunto com essas características, que é “temido” por alunos e até por professores, é a Mecânica Quântica, que ao ser associada à Mecânica Estatística, serve como base para vários conceitos fundamentais para a química, conceitos estes que exigem uma grande capacidade de abstração. Dentre estes conceitos, podemos citar: ligação química, estrutura molecular e reatividade química (BARBOSA, 2009).

Duarte (2001) esclarece a importância da Mecânica Quântica em química ao falar sobre as propriedades químicas dos elementos e sua estrutura eletrônica. Ele diz que foi a partir do desenvolvimento dessa nova área da ciência que se pôde compreender esses fenômenos, explicados através da equação de Schrödinger (DUARTE, 2001). Foi também através dos experimentos da mecânica quântica que se tornou possível “explorar o mundo microscópico em sua intimidade”.

Trabalhar com Mecânica Quântica é uma missão desafiadora para qualquer pessoa, seja ela professor, aluno ou até mesmo cientista. Freitas (1998) cita uma histórica frase de Paul A.M. Dirac de 1929 a respeito da mecânica quântica, a qual ele expressou sua opinião quanto a dificuldade de se trabalhar com tal ciência ao dizer:

“As leis necessárias para uma teoria matemática englobando grande parte dos fenômenos físicos e toda a química são agora completamente conhecidas. A dificuldade para a aplicação destas leis é que elas se apoiam em equações matemáticas muito complicadas para serem solúveis.” (FREITAS, 1998, p. 03).

As dificuldades apontadas por Dirac traduzem os poucos avanços na química produzidos pela mecânica quântica, porém, de forma qualitativa, se chegou a resultados significativos, como podemos citar os experimentos de Heitler e London que provaram o modelo proposto por G. N. Lewis em 1916. Esses avanços tornaram possível o nascimento de uma nova ciência, a química quântica (FREITAS, 1998).

Foi através da Mecânica Quântica que se chegou a descobertas importantes para a química como, por exemplo, o comportamento dual do elétron (comportamento de partícula/onda), a ideia de orbitais, propriedades periódicas dos elementos, reatividade química e a quantização de energia (DUARTE, 2001).

Apesar de abstrato, a necessidade do ensino de química quântica é cada vez mais necessária e presente nos estágios fundamentais da química. Apesar de todas as dificuldades matemáticas e interpretativas, não se necessita mais do que conceitos da matemática e física básica para que se possa aplicá-la em sala de aula. Porém, é preciso que o aluno tenha uma base sólida nessas áreas (BARBOSA, 2009).

Iremos tratar do estudo da Teoria de Planck, uma das mais importantes para a mecânica quântica, ao se trabalhar quantização de energia (MOURA et. al, 2011).

Em 1900, o cientista Max Planck estudando a radiação de corpo negro, deu o primeiro passo para o surgimento da mecânica quântica, ao trazer a solução para o problema no seu artigo *A Teoria da Lei de Distribuição de Energia do Espectro Normal*, publicado na revista *Annalen der Physik*, ele considerou, neste artigo, que a energia devia ser quantizada e proporcional ao produto da velocidade da luz por uma constante h , a qual ficou conhecida como a constante de Planck (PLANCK, 1901).

Mas foi em 1905 que o conceito de quantização de energia ganhou um significado mais realista, quando Einstein propôs que a energia radiante fosse quantizada em “pacotes” exatos de energia, ou seja, a energia do pacote está relacionada à sua frequência ν através da equação $E = h \cdot \nu$. Logo em seguida, esse “pacote” de energia passou a ser chamado de fóton, e o conceito da luz como sendo uma radiação não foi, mas o mesmo (ALMEIDA e SANTOS, 2001).

Em 1923, o cientista estadunidense Arthur Holly Compton (COMPTON, 1923) através do seu experimento com raios X, ao incidir-los sobre uma placa de grafite, conseguiu provar de forma experimental a existência dos fótons. Compton percebeu que ao incidir um feixe de raios X com uma frequência de onda λ , os mesmos eram espalhados sobre a placa de grafite, chegando à conclusão de que, o feixe de raios X não eram uma onda e sim um conjunto de fótons, onde cada um possuía uma energia $E = h \cdot \nu$, confirmando experimentalmente a natureza corpuscular da radiação. É importante ressaltar que a radiação possui comportamento dual, ela se comporta como onda em certas ocasiões como, por exemplo, nos fenômenos de difração, e pode apresentar comportamento de partícula em outras ocasiões como a que vimos à cima. Em resumo, a radiação possui o comportamento de onda-partícula, e a ciência usa esses dois modelos para explicar diversos fenômenos (ALMEIDA e SANTOS, 2001).

No ensino de química de nível médio, se explica, muitas vezes, o efeito fotoelétrico conectado ao modelo de Bohr, explicando que a quantização é uma absorção ou emissão de energia pelos elétrons e que se estes absorverem energia irá saltar de uma camada de origem para uma camada mais externa da eletrosfera, e que o contrário ocorre quando eles emitem energia, ao emitir energia eles liberam luz (TOLENTINO e ROCHA-FILHO, 1996). Uma visão bastante simples do efeito fotoelétrico e quantização de energia, a qual não se dá relevância à cronologia das descobertas científicas e ao significado mais amplo da Teoria de Planck.

Todas essas evidências e estudos estão intimamente ligados à Teoria de Planck, a qual está presente em várias equações importantes no mundo científico (equação de Schrödinger, na equação de Einstein sobre quantização de energia $E = h \cdot \nu$, dentre outras), isso faz com seu uso no ensino de química seja indispensável, e uma abordagem mais clara sobre ela deve ser atribuída pelo livro didático, para que o conhecimento acerca do assunto envolvendo a constante de Planck seja significativo.

2. Metodologia

Para análise da problemática apresentada neste trabalho foram analisados quatro livros didáticos de química do ensino médio que são indicados pelo Guia de Livros Didáticos do PNLD 2015: (a) Química vol.1, 2013 – Martha Reis; (b) Ser Protagonista: Química vol.1, 2016; (c) Química Cidadã vol.1, 2013; (d) Química vol.1, Eduardo Fleury Mortimer e Andrea Horta Machado.

Foram observados três pontos principais: (i) se o livro utiliza a Teoria de Planck; (ii) e em caso positivo de que forma ela é utilizada; (iii) que tipo de modelo foi utilizado para explicar o(s) conteúdo(s) envolvendo a constante de Planck.

As observações realizadas nesta pesquisa têm como base a revisão bibliográfica feita pelo autor e aqui apresentadas no tópico anterior.

3. Resultados e Discussão

3.1. Química vol.1, 2013 – Martha Reis

O livro de Martha Reis, aqui analisado, introduz no capítulo 11, conceitos e investigações relacionadas à luz, iniciando com um breve relato histórico das descobertas de algumas de suas propriedades. Ao citar os experimentos realizados por Isaac Newton no século XVII sobre a decomposição da luz, a autora insere a definição dada por Newton sobre o espectro de luz: “O conjunto de cores obtidas pela decomposição da luz em um prisma é denominado espectro” (FONSECA, 2013, p.170).

Esse primeiro contato do estudante com assuntos chaves para os conteúdos de quântica é importante para que ele se adeque à conceitos abstratos. O estudo de ondas eletromagnéticas é posto logo em seguida, expondo um novo estudo da natureza da luz, desta vez pelo físico e

matemático escocês James Clerk Maxwell, que por volta de 1860 propôs o seguinte conceito sobre luz: “Ondas, campos ou radiações eletromagnéticas são formadas por um campo elétrico e um campo magnético perpendicular entre si e à direção de propagação da radiação” (FONSECA, 2013, p.171).

A autora apresenta um tópico específico relacionado à Teoria de Max Planck, o qual relata de forma resumida o experimento e a teoria elaborada por Planck para explicar o aquecimento de corpos negros. O tópico relata que a teoria relacionada à natureza ondulatória da luz não era suficiente para explicar o fenômeno do corpo negro que, com os experimentos realizados por Planck com os espectros eletromagnéticos, chegou-se à teoria da energia descontínua, ou seja, que a energia era emitida em “pacotes” que foram chamados de *quantum*: “Os corpos aquecidos emitem radiação não sob forma de ondas, mas sob forma de pequenos “pacotes” de energia denominados *quantum*, ou seja, a energia é descontínua.” (FONSECA, 2013, p.172).

A teoria de Planck foi utilizada no conteúdo posterior, o modelo atômico de Bohr, para mostrar como o cientista chegou a tal modelo. Para esta demonstração, foi utilizada também o modelo atômico de Rutherford e os espectros de linhas dos elementos. A ordem empregada pela autora faz uma conexão bastante didática entre os conteúdos, trazendo os principais assuntos para a sala de aula. O livro usa as teorias vistas anteriormente (Natureza da luz, Teoria de Max Planck e espectro dos elementos) na construção do modelo atômico de Bohr.

A autora não utilizou de forma completa a teoria de Max Planck, ou seja, não demonstrou a equação e conseqüentemente a chave para o entendimento completo da teoria, a constante de Planck (h). O livro focou-se no modelo de Bohr, mostrando como o mesmo o concebeu, porém, não apresentou os estudos de Planck, que foram de muita importância para o modelo de átomo atual.

O livro vai mais fundo na mecânica quântica ao introduzir o modelo de Sommerfeld, que complementa o modelo atômico de Bohr, o qual não explica o comportamento de átomos com mais de um elétron (os postulados de Bohr só conseguiam explicar de forma satisfatória espécies hidrogenoides, que possuem um elétron), os subníveis de energia são mostrados nesse modelo. A autora mostra claramente apenas o uso da teoria e não da matemática ao dizer: “[...] Arnold Sommerfeld (1868-1951) deduziu algumas equações matemáticas, que indicavam: Cada nível de energia n está dividido em subníveis [...]” (FONSECA, 2013, p. 177).

3.2. Ser Protagonista: Química vol.1, 2016

Para iniciar a abordagem quântica do átomo, o livro faz uma relação entre o arco-íris e a decomposição da luz em um prisma, a partir dessa comparação se introduz o conceito de “Espectro luminoso visível” e em seguida “radiações eletromagnéticas”. De forma bastante resumida, sem explicar a natureza ondulatória, bem como, corpuscular da luz, suas investigações e estudos realizados durante a história, o livro introduz de forma arbitrária o estudo dos espectros atômicos.

A descoberta do espectro descontínuo é dada aos cientistas Robert Bunsen e Gustav Kirchhoff, através dos experimentos do teste da chama, “[...] eles utilizaram um conjunto de lentes para selecionar um feixe de luz emitido pelo elemento aquecido, fazê-lo atravessar um prisma e observar um série de linhas coloridas luminosas separadas por regiões escuras.” (EDIÇÕES SM, 2016, p.89). De uma forma direta e simplista, o livro traz um conteúdo bastante abstrato, não se aprofundando em explicações mais detalhadas e completas.

A teoria de Planck sobre a quantização de energia é citada como base para o surgimento do modelo atômico de Bohr: “Bohr sugeriu que uma teoria sobre a luz, proposta por Max Planck (1858-1947), poderia ser aplicada ao átomo. Segundo Planck, toda a energia do elétron é quantizada...” (EDIÇÕES SM, 2016, p.89). Dessa forma, sem explicar de que teoria se trata nem como Planck a desenvolveu, o livro a insere em poucas palavras. Neste caso nem a teoria, nem a prática foram abordadas de forma significativa.

O livro tratou o modelo atômico de Bohr como o modelo mais completo utilizado atualmente, não comentando que este modelo só explica átomo que possuam apenas um elétron, e que para os demais átomos esse modelo é falho. O complemento proposto por Sommerfeld não foi abordado.

3.3. Química Cidadã, vol.1.

Após abordar os modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Nagaoka (este sendo abordado apenas por este livro dentre os outros analisados neste trabalho), o livro Química Cidadã inicia o tratamento do modelo de Bohr com a introdução do problema encontrado pelos cientistas da época: “Por que os elétrons (partículas negativas) não caem sobre o núcleo (carga positiva) em virtude da atração eletrostática?” (SANTOS e MOL, 2013, p.167). Com essa pergunta o livro explica o surgimento da mecânica quântica e conseqüentemente o modelo quântico proposto por Bohr.

Para tentar explicar de forma didática o modelo de Bohr, introduz-se conceitos simples sobre espectro luminoso e emissão de radiação (essa explicada anteriormente junto com o modelo

de Thomson), utilizando para a primeira o exemplo da decomposição da luz em um prisma e o teste da chama.

Outro ponto importante a ser notado no livro, é a forma como foi trabalhado o conceito de linhas espectrais ou espectros, ao dizer que “as radiações emitidas pelos átomos podem ser detectadas por alguns instrumentos ópticos que separam a radiação, gerando um efeito semelhante ao do arco-íris” (SANTOS e MOL, 2013, p.169). Tal exemplo deixa uma vaga ideia no estudante do que seriam espectros de linha o que pode ser interpretado erroneamente em alguns casos. O estudo desses fenômenos é atribuído aos cientistas alemães Gustav Robert Kirchhoff e Robert Wilhelm Bunsen, semelhante ao livro *Ser Protagonista*, analisado anteriormente.

O passo inicial da concepção do modelo de Bohr é indicado pelo livro como a tentativa de explicar a seguinte pergunta: “Por que diferentes átomos emitem diferentes espectros luminosos?” (SANTOS e MOL, 2013, p.169), é a partir desse questionamento que se atribui o nascimento do modelo de Bohr.

“Os estudos de Bohr com dados experimentais para o átomo de hidrogênio demonstraram que os elétrons podem passar de um nível de energia para outro” (SANTOS e MOL, 2013, p.170), como podemos ver esse fenômeno foi inicialmente atribuído às pesquisas de Bohr, sendo que posteriormente no subtópico intitulado “Modelo Quântico para o átomo” o livro demonstra que as pesquisas iniciais, ou seja, quem deu o passo inicial para o surgimento de tais evidências científicas foi o cientista Max Planck ao afirmar que “Essas explicações de Bohr para o comportamento energético dos elétrons no átomo foram desenvolvidas a partir da teoria dos *quanta*. Essa teoria foi proposta inicialmente pelo físico alemão Max Karl Ludwig Planck...” (SANTOS e MOL, 2013, p.171).

Ao efeito fotoelétrico proposto por Albert Einstein o autor atribui contribuições de Planck no que diz respeito à teoria dos *quanta*, dizendo que foi a partir dela que Einstein conseguiu explicar tal fenômeno.

Neste livro, também é mostrada, assim como nos outros aqui analisados, a falha do modelo de Bohr para átomos que não sejam hidrogenóides, mostrando as adaptações feitas por Sommerfeld ao seu modelo atômico e, por conseguinte, o estudo dos orbitais moleculares e das configurações eletrônicas, finalizando a abordagem da química quântica.

3.4. Química vol. 1, Motimer e Machado

De uma forma bem contextualizada, o livro de Mortimer e Machado apresenta o estudo das teorias atômicas, iniciando o estudo das primeiras teorias e trabalhos da química quântica com

um tópico bastante interessante (comparando-se com os outros livros aqui analisados, os quais trabalharam de forma sistemática e tradicional) intitulado “*A natureza ondulatória da luz e o espectro eletromagnético*”, o qual explica de forma contextualizada e didática o estudo de ondas e do espectro eletromagnético, utilizado a teoria de Planck para explicar esses fenômenos.

Diferente dos outros livros analisados neste trabalho, este trabalha as pesquisas e a teoria de Planck de forma mais completa, se aprofundando no estudo das ondas e mostrando alguns dos pontos que levaram Planck a sua teoria quântica.

Sem analogias pobres, o livro trata o espectro de emissão com mais proximidade da realidade de um laboratório, exemplificando de forma simples o que seria e como seria obtido um espectro, bem como o funcionamento do espectrômetro, isso faz com que o estudante se aproxime mais do que seriam os métodos de pesquisa em química quântica, diminuindo o grau de abstração que essa matéria possui.

4. Conclusões

Todos os livros apresentaram contextos semelhantes ao se referirem à teoria de Planck, se destacando o livro de Machado e Mortimer, que busca um contexto histórico e teórico mais aprofundado em comparação com os demais, essa característica é importante tendo em vista que o assunto de modelos atômicos apresenta um corpo teórico maior em comparação com outras áreas da química.

O livro de Martha Reis, assim como o Machado e Mortimer, deu ênfase nos estudos de Planck e nas descobertas a respeito da luz, trazendo uma abordagem da teoria e um contexto didático muito propício para o estudo de nível médio. Entretanto, não só o livro de Martha Reis como os outros aqui utilizados, não abordaram a parte matemática da teoria, é sabido que as equações desta ciência (quântica) são de nível elevado e até mesmo muito abstratas, porém, como foi citado por Barbosa (2009), apesar de abstrato o ensino mais detalhado de química quântica é cada vez mais necessário, não necessitando mais do que matemática e física básica para que esta ciência possa ser aplicada em sala de aula.

O livro elaborado pelas Edições SM trabalha de forma bastante resumida, apresentando uma teoria em relação ao modelo atômico de Bohr, compacta e escarça, não trabalhando a teoria de Planck e fazendo um breve relato sobre o estudo da luz, de forma pouco significativa do ponto de vista didático, o livro utiliza de conceitos diretos sem a explicação de suas origens científicas.

Quando trabalhado o modelo de Bohr que se fundamenta nas teorias quânticas, inclusive a teoria de Planck (questão central deste trabalho), se percebe mais uma vez uma grande semelhança entre os livros, com exceção do livro de Machado e Mortimer, o qual se destaca dos demais por utilizar uma forma mais contextualizada e completa ao trabalhar as teorias atômicas. Tal livro utiliza, segundo Batista (2004), modelos por hipóteses, pois o livro traça uma sequência entre o fato estabelecido no contexto histórico de sua descoberta e as tentativas ao se interpretá-lo com base nas ideias já existentes. Esse tipo de abordagem é bastante importante, pois fica claro para o aluno como o conhecimento científico é concebido, além de mostrar que o mesmo não é dogmático e sim construído ao longo do tempo.

Através das características de abordagens dos conteúdos analisados, podemos classificar segundo Batista (2004) que os três primeiros livros utilizados neste trabalho, usaram de modelos heurísticos com a característica marcante da representação para abordar o modelo de Bohr, visto que os mesmos tiveram uma linha de trabalho muito semelhante. Representações abstratas, dificuldades em assimilar o conteúdo com os conhecimentos prévios dos estudantes são algumas dificuldades encontradas ao se trabalhar com esse tipo de modelo, o que dificulta o processo ensino/aprendizagem (BATISTA, 2004).

5. Referências

- ALMEIDA, Wagner B. de; SANTOS, Hélio F. dos. Modelos teóricos para a compreensão da estrutura da matéria. **Química Nova na Escola**, n. 4, p.6-13, maio 2001.
- BARBOSA, André Gustavo Horta. The odd and contradictory relationship between chemists and theoretical chemistry. **Revista Virtual de Química**, v. 1, n. 3, p.212-226, 2009. Sociedade Brasileira de Química (SBQ).
- BATISTA, Irinéa de Lourdes; SALVI, Rosana Figueiredo; LUCAS, Lucken Bueno. **Modelos científicos e suas relações com a epistemologia da ciência e a educação científica**. 2011. 09 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Física, Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.
- CHOPPIN, A. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 3, p. 549-566, 2004.
- COMPTON, A.H., **Physical Review**, v. 21, p. 483, 1923.

- DUARTE, Hélio A.. Ligações químicas: Ligação iônica, covalente e metálica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 4, p.14-23, maio 2001.
- EDIÇÕES SM (Brasil). **Química: Ser Protagonista**. 3. ed. São Paulo: Sm, 2016. 448 p. (1 Ano).
- FERREIRA, Poliana Flávia Maia; JUSTI, Rosária da Silva. Modelagem e o “Fazer Ciência”. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 28, p.32-36, maio 2008.
- FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química**. São Paulo: Ártica, 2013. 424 p. (1 Ano).
- FREITAS, Luiz Carlos Gomide. Prêmio Nobel de Química de 1998: Walter Kohn & John A. Pople. **Química Nova na Escola**, [s.1.], n. 8, p.3-6, nov. 1998.
- JUSTI, R.S. (1997) Models in the Teaching of Chemical Kinetics. Unpublished PhD Thesis. Reading: The University of Reading.
- MELO, Marlene Rios; LIMA NETO, Edmilson Gomes de. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 35, n. 2, p.112-122, maio 2013.
- MONTEIRO, Ivone Garcia; JUSTI, Rosária S.. ANALOGIAS EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA BRASILEIROS DESTINADOS AO ENSINO MÉDIO. **Investigações em Ensino de Ciências**, Campus do Vale, v. 5, p.67-91, 2000. Quadrimestral.
- MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta. **Química: ensino médio**. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2013. 436 p.
- MOURA, Sílvia Lima de et al. Constante de Planck: Uma Nova Visão para o Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 33, n. 4, p.246-251, nov. 2011.
- PLANCK, Max. On the Law of the Energy Distribution in the Normal Spectrum. **Annalen Der Physik**, Berlin, n. 4, p.202-237, 1901.
- POZO, J.I. & CRESPO, M.A.G. (2009). A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimentos científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed.
- SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MÓL, Gerson de Souza. **Química cidadã**. 2. ed. São Paulo: Editora Ajs, 2013. 458 p.
- SILVA, Glenda Rodrigues da; MACHADO, Andréa Horta; SILVEIRA, Katia Pedroso. Modelos para o Átomo: Atividades com a Utilização de Recursos Multimídia. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 37, n. 2, p.106-111, maio 2015.
- TOLENTINO, Mario; ROCHA-FILHO, Romeu C.. O átomo e a tecnologia. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 3, p.4-7, maio 1996.