

# NUMEROS QUÂNTICOS: evolução ou involução do conteúdo nos livros didáticos

**Thiago S. Castro (IC\*), Eduardo Luiz Dias Cavalcante (PQ)**

*\*thiagoquimica1990@hotmail.com*

*Instituto de Química, Universidade de Brasília, CEP 70904-970, Brasília, DF, Brasil*

Palavras Chaves: Números Quânticos no Ensino, Ensino por Memorização, Complexidade dos números quânticos.

**Resumo:** Abordagens no Ensino Médio de conceitos correlacionados a resultados da Química Quântica requerem níveis de abstrações maiores, devido a sua complexidade, e às vezes os alunos demonstram dificuldades na compreensão destes conceitos. É preciso articular estes conceitos com os fenômenos cotidianos de forma a favorecer o aprendizado. Nessa perspectiva, este trabalho tem o objetivo de analisar os aspectos correlacionados ao ensino dos Números Quânticos no Ensino Médio. Analisamos como os Números Quânticos evoluíram nos livros didáticos ao longo dos anos, e se a forma de organização destes nos livros didáticos contribui para o aprendizado, tendo em vista a complexidade destes números, pois abordagens desconexas sem contextualização e problematização contribui para o ensino focado na memorização.

## INTRODUÇÃO

O Ensino de Química deve além de possibilitar a formação científica e cidadã, ser elemento transformador e de ampliação de horizontes. Nesta perspectiva, deve-se possibilitar a aprendizagem dos alunos, permitindo-os conhecer a realidade ao qual estão situados. Assim, o vínculo do ensino com o cotidiano dos alunos é elemento essencial a aprendizagem.

Atualmente, o Ensino de Química é monótono, desconexo e desmotivante. Sendo que deveria motivar o espírito investigativo dos alunos, tendo em vista a grande capacidade da Química de explicar a natureza. Nesta perspectiva, os questionamentos sobre abordagens de determinados conceitos em sala de aula são fundamentais para a melhoria da qualidade do ensino e do aprendizado, pois estas reflexões possibilitam aos professores buscarem alternativas que possam melhorar a qualidade de suas aulas.

Muitos conceitos e conteúdos abordados no Ensino Médio são descontextualizados e desconexos, e essa forma de abordagem contribui para o ensino por memorização, resultando na não aprendizagem destes pelos alunos, a saber, um deles são os Números Quânticos (NQs), que por diversas situações baseia-se praticamente na decoração e memorização por parte dos alunos.

Os Números Quânticos (NQs) surgem naturalmente da resolução da equação de Schrödinger para cada sistema físico específico e servem para caracterizar cada elétron no átomo. Estes conceitos requerem níveis de abstrações maiores por parte dos alunos, e às vezes estes demonstram dificuldades na compreensão de tais conceitos. Assim, defendemos a posição de que, ou os números Quânticos são retirados dos livros didáticos, ou é necessário uma abordagem mais contextualizada que demonstre a correlação destes números com fenômenos cotidianos.

O ensino dos NQs na atualidade não aborda aspectos de construção histórica e nem o que estes números representam na natureza. Os alunos estudam Números Quânticos, mas não sabem de onde vieram e nem para que eles servem, e a

transposição didática destes números, cujo entendimento sucinta conceitos abstratos, para o ensino é bastante difícil e complicado.

Este trabalho, em uma perspectiva mais geral, tem como objetivo analisar como os conceitos de Números Quânticos evoluíram desde a década de 60 até os dias atuais. E analisar se os livros didáticos trazem abordagens fenomenológicas destes NQs, ou seja, associações com fenômenos cotidianos de forma a possibilitar a melhor compreensão dos alunos.

## **METODOLOGIA**

Tendo em vista a importância da escolha de um método para a realização de uma pesquisa que seja válida, optamos pela abordagem do método misto que engloba os métodos de pesquisa qualitativa e quantitativa. Dentro dessas duas abordagens foi escolhido como método de pesquisa o estudo de caso, que segundo Yin (2001) pode ser baseado numa mescla de provas qualitativas e quantitativas. Ventura (2007) citando Goode e Hatt (1979) diz que o estudo de caso é um meio de organizar dados que preserva o caráter unitário do objeto. Para Yin (2001), o estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto social. Desta forma, a escolha do estudo de caso como abordagem de pesquisa incorpora todos os aspectos deste trabalho, desde abordagens específicas até a coleta e análise de dados.

Com o intuito de avaliar, como os Números Quânticos estão estruturados nos livros didáticos do Ensino Médio, realizamos a análise destes livros desde a década de 60 até os livros atuais aprovados no programa nacional do livro didático (PNLD) com o objetivo de compreender como os conceitos foram estruturados e quais as diferenças significativas entre as abordagens nos livros do PNLD e os livros de décadas anteriores.

O foco principal da análise é observar se os livros trazem abordagens fenomenológicas dos Números Quânticos, como por exemplo, fenômenos luminosos e magnéticos. E ainda, se fazem este tipo de abordagem, analisamos se ela é feita de forma que possibilite a compreensão dos alunos, permitindo-os fazer as corretas associações entre modelos e fenômenos.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O Ensino de Química, e principalmente os conteúdos e a organização dos livros didáticos, sofreram grandes transformações ao longo dos anos no Brasil. Contudo, Lopes (2007) citando Schnetzler (1980) e Mortimer (1988) fala que o quadro de avaliação negativa destes livros didáticos parecem não se alterar. Porém, essas discussões sobre os conceitos abordados nos livros didáticos são de extrema importância para incentivar a evolução dos mesmos.

O livro didático ainda é o principal recurso didático utilizado pelos professores, e ainda segundo Lopes (2007) o ensino seria pior se não existissem esses livros didáticos. Tendo em vista essa dependência do ensino com os livros didáticos, decidimos analisar como os conceitos de Números Quânticos evoluíram ao longo dos anos nos livros didáticos no Brasil, e se a evolução (ou não evolução) foi positiva no

sentido de melhorar a aprendizagem dos alunos, já que estes conceitos relacionados a teoria quântica são demasiados complexos.

Segundo Mortimer (1988) os períodos do final das décadas de 50 e 60 são marcados por uma intensa preocupação em atualizar os livros didáticos, porém os conceitos de Números Quânticos não tiveram grande importância nesse período, e só foram incorporados no período após 1970. Segundo o autor, os Números Quânticos já eram tratados em livros anteriores a 60, porém só dois Números Quânticos eram citados.

Ao fazermos uma revisão bibliográfica rápida sobre os livros desde a década 60 e 70 tem-se a ideia, segundo diversos autores, de que os livros didáticos tinham pouco caráter científico. O foco era única e exclusivamente na memorização de conceitos, já que, os aspectos da Química que mais eram tratados nestes livros, eram o da química descritiva.

Tendo em vista a quantidade de trabalhos relacionados à análise e evolução de livros didáticos no Ensino de Química, supõe-se que esses problemas contidos nos livros didáticos anteriores que contribuíam para a não aprendizagem dos alunos foram superadas.

Devido as dificuldades de se encontrar um número considerável de volumes de livros didáticos destinados ao Ensino Médio nessa época, analisamos quantidades pequenas de livros didáticos. Lopes (2007) em seu trabalho, analisando os obstáculos epistemológicos contidos nos livros didáticos, mostra que as diferenças entre os diversos autores de uma mesma década são insignificantes. Assim, adotamos o mesmo critério para este trabalho de que as diferenças entre os livros didáticos de uma mesma época não são tão significativas a ponto de desvalidar as conclusões tiradas.

Ao analisarmos um ou dois livros de uma mesma época podemos ter uma ideia sobre a organização dos conceitos abordados. Escolhemos livros da década de 60, 70, 80, 90, 2013, 2014 e 2015. Os critérios de escolhas destes livros, foram principalmente pela disponibilidade de material. Porém, consideramos suficiente a quantidade livros para termos uma ideia de como os conceitos eram abordados nestes períodos. O quadro 1 abaixo traz a lista de livros utilizados nesta análise:

**Quadro 1: Livros Didáticos Analisados**

Livros	Ano
Chemical Bond Approach Committee vol. 1 (CBAC)	1964
Elementos de Química- Pimenta e Lenza	1966
Química: Geral e Inorgânica - Nabuco e Barros	1978
Química I- Hojda e Ultimura	1983
Química-Marta Reis	1993
Química- Urbesco e Salvador	1997
Química ser protagonista- Antunes	2013
Química vol.1- Marta Reis	2014
Química Cidadã vol. 1 - Santos e Mol	2015

Para Lopes (2007) a metáfora nos livros didáticos de 30, 50 e 60 se sobrepunham a discussão racional, e mesmo autores que discutiam os princípios

quânticos se contentavam somente em apresentá-los. Podemos perceber segundo o autor, que no tratamento de conceitos mais complexos os autores do século passado tinham a tendência ao uso excessivo de metáforas para a explanação desses conceitos abstratos, e acabavam mascarando e dificultando o entendimento e interpretações do conhecimento científico com o uso excessivo dessas analogias.

Para Melo e Lima Neto (2013) o uso exagerado de analogias pode dificultar a aprendizagem do aluno na medida em que ele não consegue distinguir uma construção científica de um conhecimento comum. Nesse sentido tentamos observar se os autores utilizavam metáforas em excesso ou erradas na apresentação dos Números Quânticos.

Ao analisar o livro Elementos de Química (Pimenta e Lenza, cap.11, pg.141) notamos que apesar dos autores não usarem analogias no tratamento dos Números Quânticos, a forma como abordam os quatro Números Quânticos não traz nenhuma significação do que eles representam ou para que servem, somente citam que o grau energético de um átomo é definido por estes quatro Números Quânticos:

Estudos de espectroscopia de um átomo em um campo magnético mostram, entretanto, que o grau energético de um átomo estará definido por 4 números quânticos:

1. Numero quântico principal  $n$
2. Numero quântico azimutal  $l$
3. Numero quântico magnético  $m$
4. Numero quântico de spin  $s$

(Pimenta e Lenza, 1966, 1º série, p.141)

Em seguida os autores começam a falar de cada um dos Números Quânticos, explicitando que  $n$  é o número que representa o nível de energia ao qual o elétron pertence, cujos valores são 1,2,3,4,5,6,7. Citam que os Número Quântico Azimutal corresponde aos subníveis de energia, e que devido ao efeito Zeeman tornou-se necessário um terceiro Número Quântico Magnético  $m$ . O quarto Número Quântico resultou da observação de que um elétron pode girar em torno de si e cujo valores que podem assumir são  $\pm 1/2$ .

Nesta análise percebemos que a forma como é abordado o conteúdo dificulta o entendimento dos alunos. Os autores apenas citam fenômenos e estudos da espectroscopia para justificarem a existência dos quatro Números Quânticos. Essas abordagens geram questionamentos nos alunos, tais como; o porquê do Número Quântico de spin assumir somente esses valores; porque somente 4 números são necessários para a descrição da energia do elétron ou como os Químicos determinaram esses números, ou ainda como é possível observar um elétron girando?

Os autores ao trazerem no livro que o Número Quântico de spin resultou da observação experimental do movimento de rotação do elétron em torno de si perpassa a visão errônea do elétron ser uma partícula que fica girando em torno de si e do núcleo atômico. É necessário deixar claro que a ideia do elétron girar em torno do seu próprio eixo é uma analogia usada na Química para facilitar o entendimento deste. O elétron por ser uma partícula diminuta com características dual de onda e matéria e não pode ser vista a olho nu ou por nenhum equipamento, logo não podemos afirmar que ele está girando.

Tais abordagens meramente ilustrativas contribuem para o processo de ensino focado na memorização de conteúdos, pois estas formas de abordagens não possuem nenhuma função investigativa ou tentativa de explicar fenômenos existentes na natureza. As impressões que são perpassadas nestes tipos de abordagens são que os autores decidiram colocar estes conteúdos nos livros didáticos com a única e exclusiva

função de os livros terem um volume maior de conteúdos, ou seja, os conteúdos relacionados a estrutura atômica fora introduzidos de forma apenas operacional sem a preocupação com a transposição didática dos mesmos.

Segundo Mortimer (1988), a introdução destes conceitos relacionados à estrutura atômica refere-se à atualização em relação às unidades de estrutura atômica, teoria de valência e classificação periódica. Essa atualização foi uma exigência da reforma Francisco Campos que "obriga os livros didáticos a tratarem do assunto, o que não acontecia antes de 1930 com a maioria deles" (Mortimer, 1988).

Neste trabalho, analisamos também dois livros CBA do programa americano de Ensino de Ciências. Segundo Lorenz (2008) este programa teve origem nos Estados Unidos como resposta crítica ao paradigma de como ensinar ciências. Lorenz (2008) citando Barra (1986) diz que com a introdução destes programas norte americanos de ensino a aprendizagem dos alunos foi aquém do esperado devido a problemas associados a inexistência nas escolas de laboratórios e equipamentos para a realização das atividades propostas nos livros.

A partir da análise dos livros CBA, observamos que os conteúdos relacionados à estrutura atômica, a saber, os Números Quânticos, foram bem estruturados nestes livros, apesar de não constarem atividades investigativas ou discussões mais aprofundadas sobre estes. Os autores começam com os estudos dos espectros de emissão e absorção da radiação até culminarem nas discussões sobre a teoria ondulatória da luz. Após discutirem, e com grande êxito, a teoria fotônica da luz introduzem o modelo atômico de Bohr usando discussões sobre transições eletrônicas, aspectos históricos e experimentais que culminaram em algumas ideias sobre a estrutura da matéria.

A ordem cronológica que foi elaborada e a organização das ideias nestes livros CBA tornam o capítulo bem estruturado e entendimento fácil das ideias expostas. Após discutirem o modelo de Bohr os autores começam a discussão dos níveis de energia nos átomos e trazem várias fotos que mostram os espectros da chama do metano queimado em atmosfera de gás oxigênio e hidrogênio queimado na atmosfera de gás oxigênio e cloro. Os autores não abordam discussões detalhadas dos Números Quânticos, mas a forma como são feitas as exposições dos conteúdos tornam seu entendimento bem mais simples. O Numero Quântico principal é trazido da seguinte forma:

A suposição de que os elétrons são ondas estacionárias no modelo da mecânica ondulatória conduz a uma interpretação de  $n$  mais complexa do que no modelo atômico de Bohr. Em essência  $n$  define o tamanho da órbita eletrônica estacionária que envolve o núcleo atômico. (CBA, 1969, v.1, p.153)

No decorrer do texto, o livro deixa claro que através da teoria baseada nas ondas estacionárias tridimensionais, o modelo de Mecânica Quântica fornece o equivalente a três Números Quânticos. Em outra edição do livro CBA os Números Quânticos são tratados como sendo o endereço dos elétrons no orbital.

A análise dos espectros atômicos conduziu a uma nomenclatura sistemática para descrever os níveis de energia dos elétrons.(...) A região do espaço para a localização de um elétron é chamado de orbital. O endereço deste orbital é designado por números quânticos. (Chemical Bond Approach Committee, 1964, p.126)

Em ambos os livros textos percebemos que os conceitos de Números Quânticos evoluíram bastante em relação aos livros anteriores. Isso se deve ao fato de que esses

materiais foram elaborados por uma colaboração entre professores secundários, universitários e cientistas.

Segundo Lorentz (2008) os CBA focalizaram os princípios básicos da Química, a natureza e a relação entre a investigação e a teorização. Essa colaboração entre professores e pesquisadores resultou em livros textos bem elaborados, com conceitos trabalhados de forma que facilitam a compreensão dos alunos.

Apesar das analogias usadas, e do livro texto explicitar as origens e as funções destes Números Quânticos, percebemos que ainda assim perdura o caráter meramente operacional e ilustrativo destes números. Isso se deve ao fato de que no Ensino Médio estes números não têm outra função a não ser caracterizar o átomo na Tabela Periódica. Uma função que não é necessária aos alunos, pois praticamente todos os alunos tem acesso a tabelas periódicas nos livros, provas e exames desta forma muito mais importante que caracterizar o orbital do átomo no Ensino Médio ou caracterizá-lo na tabela periódica é entender as suas propriedades e interpretar fenômenos cotidianos.

Analisando os livros do Nabuco e Barros (1978) e Hojda e Ultimura (1983) observamos que as mesmas estratégias de abordagens utilizadas nos Livros de Pimenta e Lenza (1966) continuam sendo usados. Hodja e Ultimura (1983) trazem os Números Quânticos da seguinte forma:

Com estudos dos espectros de emissão, tornou-se necessária a utilização de grandezas para localizar os elétrons em regiões da eletrosfera. Estas grandezas estão relacionadas com a energia dos elétrons e recebem o nome de números quânticos. (Hodja e Ultimura, 1983, p.14)

Este fato reforça a suposição de que poucas foram as mudanças nos livros de uma mesma década. Percebemos também que mesmo após 10 anos não houve sequer uma mudança na forma de abordagem ou introdução destes conceitos. Os autores simplesmente iniciam falando que da espectroscopia surgem os quatro Números Quânticos.

Analisando livros da década de 90, como os livros da Marta Reis (1993) e Urbesco e Salvador (1997) ambos volumes únicos, mais uma vez observamos que não houve evolução nas abordagens dos mesmos. No livro do Urbesco e Salvador (1997) os Números Quânticos são tratados em uma página na qual os autores utilizam tabelas com os valores destes números. Não há nenhuma abordagem histórica sobre a origem e a função científica destes números.

Os autores numeram os quatro Números Quânticos, dizem que o número principal vale 1, 2,3,4...7, enquanto o secundário vale 0,1,2 e 3 podendo serem associados as letras s,p,d,f. As únicas diferenças destes e dos livros anteriores são que nestes livros os autores trazem imagens que representam os orbitais caracterizados por estes números, talvez até pelos recursos de imagem disponíveis para essa década.

O livro da Marta Reis (1993) segue os mesmos critérios, trazendo os valores que estes números podem assumir e as letras que eles representam. Percebemos que apesar de ter se passado 30 anos de 1963 a 1993, não houve mudanças significativas tanto nas formas de abordagens deste conteúdo, como no que eles representam na natureza.

O caráter meramente expositivo que favorece a memorização ainda prevalece nestes livros. O spin continua sendo introduzido como uma rotação. O livro em questão, por exemplo, diz que denomina-se spin o movimento de rotação do elétron em torno do seu próprio eixo.

Segundo as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (PCN+)(2002).

As interpretações quânticas da estrutura dos átomos e moléculas, assim como 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. (BRASIL, 2002, p.105)

Segundo os PCN+ é necessário evitar a exposição meramente formal de conceitos de extrema complexidade, como é o caso das interpretações oriundas da Mecânica Quântica. Aplicando esta ideia aos Números Quânticos é necessário que os livros didáticos articulem estes conceitos de forma a evitar a memorização de ideias mal compreendidas como citado pelas PCN+.

Com o intuito de observar se nos livros didáticos atuais há mudanças nessa forma de abordagem, analisamos os livros aprovados no PNLD de 2013, 2014 e 2015. Tendo em vista as grandes transformações ocorridas no ensino desde 63 a 2015; as recomendações dos parâmetros curriculares nacionais e as orientações curriculares nacionais, esperamos que tenham ocorrido mudanças significativas na forma como estes conceitos estão estruturados e discutidos nestes livros didáticos.

No livro da Marta Reis (2014) aprovado no PNLD a abordagem dos NQs segue a mesma topologia dos livros analisados da década de 60, 70 e 80. Neste livro, na sessão distribuição eletrônica, a autora coloca em tópicos e citam os dois números quânticos  $n$  e  $l$  da seguinte forma:

(...) O numero quântico  $n$  indica o nível de energia (potencial) do elétron. Para elementos conhecidos (de numero atômico até 112) no estado fundamental  $n$  varia de 1 a 7.(...) A energia cinética de um elétron está relacionada ao seu movimento na eletrosfera e é fornecida por um número inteiro  $l$  que varia, para certo valor de  $n$ , de 0 até  $n-1$  (Modelo de Sommerfeld). ( Fonseca, 2014, p.191)

Observando esse tipo de abordagem, notamos que não houve evolução destes conceitos. Apesar de todos os avanços na ciência e na educação brasileira, os livros didáticos se mantiveram neutros com relação a abordagem dos Números Quânticos. O livro apresenta as mesmas tabelas encontradas nos livros anteriores, com a correlação dos valores de  $n$  e  $l$  com letras que o representam. Nenhum aspecto histórico sobre a origem dos mesmos é abordado, e nenhuma discussão é feita sobre a sua importância na explicação de fenômenos cotidianos.

O livro de Santos e Mol, Química cidadã (2015), aprovado no PNLD não apresenta os 4 Números Quânticos como eram feito nos livros anteriores. Na discussão sobre o modelo atômico de Bohr, ao discutir sobre as diferentes quantidades de energia que os elétrons possuem no átomo, os autores definem essas diferentes quantidades de energia como sendo os níveis de energia e que são representados pela letra  $n$ , em seguida ao discutir sobre o espectro visível os autores citam que para Bohr os valores de  $n$  variam de 1 a 7.

Os outros Números Quânticos,  $l$ ,  $m$  e  $s$  não são tratados neste livro, e ao fazer a discussão sobre os conceitos de orbital oriundos do modelo quântico são tratados os 4 tipos de orbital que são representados pelas letras  $s$ ,  $p$ ,  $d$  e  $f$ . O livro de Antunes (ser

protagonista, 2013) adota o mesmo tipo de abordagem que Santos e Mol (2015), com a diferença de não ser tratado diretamente nenhum dos Números Quânticos.

Percebemos nos livros analisados de 2013 a 2015 que os Números Quânticos foram sendo retirados dos livros didáticos. A eliminação deste conteúdo era esperada, pois por meio das análises percebemos que até os anos 2000 não houve nenhuma alteração evidente na forma como estes conceitos são trabalhados nos livros didáticos.

Os Números Quânticos, que são resultados oriundos da Mecânica Quântica são abstratos para serem trabalhados no Ensino Médio. É extremamente complicado fazer a transposição didática dos mesmos sem evocar conceitos e resultados mais complexos da Mecânica Quântica, o que torna ainda mais complicado correlacionar estes números com fenômenos do cotidiano dos alunos. Para Wartha et al (2013):

[...] adotar o estudo de fenômenos e fatos do cotidiano pode recair numa análise de situações vivenciadas por alunos que, por diversos fatores, não são problematizadas e conseqüentemente não são analisadas numa dimensão mais sistêmica como parte do mundo físico e social. (Wartha et al, 2013, p.85)

Consideramos essencial essa correlação modelo-fenômeno como elemento de ensino e aprendizagem. Desta forma, diante da dificuldade de transposição didática e discussão mais aprofundada sobre fenômenos cotidianos que requerem auxílio dos NQs, é necessário que estes conceitos sejam reformulados ou retirados dos livros didáticos, pois em muitos locais no Brasil, as aulas são ditadas pelos conteúdos contidos nestes livros didáticos, e a forma como estes conceitos estão sendo abordados favorecem o ensino por memorização.

Outro fator que associado à forma desconexa com que estes números são abordados nos livros e que contribui ainda mais para a mera exposição dos NQs é a falta de formação de alguns professores que irão trabalhar estes conceitos relacionados a resultados diretos da Mecânica Quântica. O fato deste conteúdo estar presente nos livros didáticos contribui para que professores sem formação ou compreensão real do significado destes números trabalhem estes conceitos no Ensino Médio, mesmo porque não são todos os cursos de Licenciatura em Química que contemplam em seu currículo a disciplina de Química Quântica como obrigatória.

Percebemos por meio destas análises que os conceitos correlacionados aos Números Quânticos não tiveram uma evolução perceptível ao longo dos anos, e só nos últimos PNLDs que detectamos a retirada destes dos livros didáticos. Este último fato era esperado tendo em vista que o ganho com o ensino destes números é pequeno se comparado a outros conceitos que estão intimamente presente na vida dos alunos.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conceitos abstratos que requerem níveis de abstrações maiores por partes dos alunos devem ter abordagens diferenciadas, tanto nos livros didáticos como em sala de aula, de forma a favorecer a compreensão dos estudantes permitindo-os interpretar os fenômenos a luz das teorias aprendidas. Nesse sentido, no decorrer do trabalho, percebemos que é imprescindível que o tratamento destes conceitos deva estar atrelado a elementos do cotidiano dos alunos de forma a situá-los e facilitar sua compreensão. Para muitos autores a aprendizagem é fomentada quando se faz essa conexão entre situações vivenciadas pelos alunos e os modelos teóricos utilizados para explicar fenômenos e fatos cotidianos.

A partir das pesquisas realizadas e dos livros analisados percebemos que os Números Quânticos cuja inserção nos livros didáticos é anterior a década de 60 teve um caráter meramente operacional e expositivo. A impressão que se tem, é que os autores decidiram colocar estes conceitos nos livros didáticos como uma forma do livro ter mais conteúdo, pois sempre perdurou a ideia de que o volume de conteúdo dos livros didáticos está diretamente relacionado a qualidade dos mesmos.

Percebemos que a escolha de trabalhar diretamente os Números Quânticos nos livros não contribui para a aprendizagem dos alunos, tendo em vista que o seu entendimento ainda é obscuro e os autores não conseguiram a transposição didática com uma linguagem acessível. O resultado disso é que estes conceitos tem caráter meramente operacionais e ilustrativos que favorecem a memorização.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÁCER, L. **Introdução à Química Quântica Computacional**. Instituto Superior Técnico. Portugal: IST Press, 2007.

ALMEIDA, W. B. D.; SANTOS, H. F. D. **Modelos teóricos para a compreensão da estrutura da matéria**. QNEsc, Maio 2001.

ANDRADE NETO, A. S. de.; RAUPP, D.; MOREIRA, A. M. **A evolução histórica da linguagem representacional química: Uma interpretação baseada na teoria dos campos conceituais**. VII ENPEC, Florianópolis, 2009.

ANTUNES, Murilo Tissoni. **Ser Protagonista – Ensino Médio – 1º Ano**. 2-ed. Editora SM, São Paulo, 2013.

AQUINO JUNIOR, J. L. M. **Modelo Atômico Quântico: Uma Alternativa para Introdução no Ensino Médio**. 2013. 99 f.. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais)-Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

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.

ATKINS, P.W.; JONES, Loretta. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 965 p.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias. Ministério da Educação/Secretaria da Educação Média e Tecnológica, Brasília, 2002.

CAVALCANTI, E. L.D. **O Lúdico e a Avaliação da Aprendizagem: possibilidades para o ensino e a aprendizagem de Química**. 2011.171f.Tese (Doutorado em Química do Cerrado e Pantanal)-Pós graduação Multi-Institucional UFG/UFU/UFMS. Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

CAMARGO, A. J. **Química Quântica**. Universidade Estadual do Goiás, Agosto de 2008. Notas de Aula.

**Chemical Bond Approach Project (CBA)**, Traduzido por: GIESBRECHT, E.; GIESBRECHT, Astréa; MENNUCCI, Lélia. São Paulo, v.1, 1969.

CHIBENI, S. S. **Certezas e incertezas sobre as relações de Heisenberg**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.27, n. 2, p. 181-192, 2005.

EISBERG, R. e RESNICK, R. **Física quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1979.

FILGUEIRAS, C. A. L.; BRAGA, J. P. LEMES, N. H. T. **O centenário da molécula de Bohr**. *Quim. Nova*, v. 36, n. 7, pp. 1078-1082, 2013.

FONSECA, Marta Reis Marques. **Química Integral**. Volume Único São Paulo: FTD, 1993.

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química 1** – 1-ed. Editora Ática, São Paulo, 2014.

GOMES, G. G. e PIETROCOLA, M. **O experimento de Stern-Gerlach e o spin do elétron: um exemplo de quasi-história**. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, Jun 2011, vol.33, no.2, p.1-11.

GODOY, A. S. **Introdução a Pesquisa Qualitativa e Suas Possibilidades**. In *Revista de administração de empresas*. Vol. 35, n. 2, Mar./Abr., 1995a, p. 57-63.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A.; HERSCOVITZ, V. E. **Uma proposta para o ensino de mecânica quântica**. *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2001, vol.23, n.4, p. 444-457.

HOJDA, Clara.; ULTIMURA, Teruko Y.; MATSUI, Ana Nemoto. **Química I**. São Paulo. Editora Marcos, 1983.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. - **Fundamentos de Metodologia científica**. 4.ed., São Paulo, Atlas, 2001. 288p.

LEVINE, I. N. **Quantum Chemistry**, Prentice Hall, 1991

LOPES, A. C. **Currículo e Epistemologia**. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

LORENZ, K. M. **Ação de instituições estrangeiras e nacionais no desenvolvimento de materiais didáticos de ciências no Brasil: 1960-1980**. *Revista Educação em Questão, UFRN/Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Natal, RN*, v. 31, n. 17, p. 7-23. jan./abr. 2008

MACHADO, A.; MOURA, A. **Concepções sobre o papel da linguagem no processo de elaboração conceitual em Química**. *Revista Química Nova na Escola*, v.1,n.2, p.27-30, novembro 1995.

MELO, M. R.; LIMA NETO, E. G. de. **Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química**. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p.112-122, maio 2013.

MORTIMER, E. F. **A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário**. Em *Aberto*, Brasília, DF, v. 7, n. 40, p. 24-41, 1988.

NABUCO, João Roberto da Paciência.; BARROS, Roberto Vizeu. **Química: Geral e Inorgânica**. Rio de Janeiro. Editora Livro Técnico, 1978.

SANTOS, Wildson e MOL, Gerson. **Química cidadã**. Vol 1, 2ª ed. Ed AJS, São Paulo, 2013.

F.A.G. Parente, A.C.F. dos Santos e A.C. Tort. **Os 100 anos do átomo de Bohr** *Revista Brasileira de Ensino de Física* v.35, n.4, 4301 (2013).

PAULO, I. J. C. de; MOREIRA, Marco Antonio. **O Problema da Linguagem e o Ensino da Mecânica Quântica no Nível Médio**. *Ciênc. educ. (Bauru)*, vol.17 n°. 2, 2011.

PEDUZZI, L.O.Q. e Basso, A.C., **Para o ensino do átomo de Bohr no nível médio**, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 27, n. 4, p. 545-557, 2005.

PIMENTA, Aluísio e LENZA, Duílio de P. **Elementos de química**; ciclo colegial, São Paulo, Ed. do Brasil, 1966. v.1.

**Química, CBA (Chemical Bond Approach Committee)**, Ed. Univ. Brasília, 1964, Parte II.

SALA, Oswaldo. **Uma introdução à espectroscopia atômica. II - O espectro do sódio**. *Quim. Nova* v.30, n° 8, p. 2057-2061, 2007.

SUBRAMANIAN, N. OLIVEIRA, S. F., **Algumas considerações sobre a energia de Hund e a estrutura eletrônica de átomos no ensino de química.** Química Nova, vol. 20, pp. 313{318}, 1997.

USBERCO, João; Salvador, Edgard. **Química Geral.** Volume Único, 1<sup>a</sup>.ed. São Paulo: Saraiva, 1997.

VENTURA, M. M.. **O estudo de caso como modalidade de pesquisa.** Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, p. 383-386, set./out. 2007.

WARTHA, E.J.; SILVA, E.L.; BEJARANO, N.R.R. **Cotidiano e contextualização no ensino de química.** Química Nova na Escola, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

YIN, R. K. **Estudo de caso – planejamento e métodos.** Porto Alegre Bookman, 2001.