

Identificação de analogias no conteúdo de Estrutura Atômica nos livros de Química Geral do ensino superior

Anderson Dias Viana (IC)*, Carlos Neco da Silva Júnior (PQ)

dias_viana@hotmail.com.br

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Instituto de Química, CP 1524, 59078-970 Natal –RN, Brasil

Resumo: Muitas pesquisas relatam a utilização das analogias nos livros didáticos (LD) do ensino médio, porém poucas pesquisas apresentam algum tipo de análise dos livros de química geral (QG) utilizados no ensino superior. Neste trabalho analisamos as analogias presentes no conteúdo de estrutura atômica, em livros de química geral, utilizados em diversas IFES do Brasil. Assim, mostramos a importância do livro como fonte de informação para a construção do conhecimento químico e também levantamos algumas das vantagens e desvantagens do uso de analogias no ensino desse conteúdo. Através da consulta em diferentes ementas de IFES brasileiras detectamos o número de vezes que o livro de QG é referenciado e a partir desta informação analisamos este conteúdo em sete livros. Verificamos que boa parte das analogias apresentadas compara inadequadamente o mundo macroscópico ao microscópico possibilitando ao leitor a formação de erros conceituais e obstáculos epistemológicos já relatadas em LD do ensino médio.

Palavras-Chave: estrutura atômica, livro didático, analogia

ANALOGIAS

Analogia é o processo comparativo no qual se considera uma característica do objeto ou fenômeno e a compara com um elemento conhecido pelo aluno. Esse recurso se torna importante no processo de ensino-aprendizagem uma vez que permite ao professor interligar o conhecimento científico ao conhecimento do aluno para minimizar a dúvida que possa ser gerada pelo aluno ao estudar aquele novo assunto como também contribui gerando curiosidade ao aluno para se traçar dada comparação.

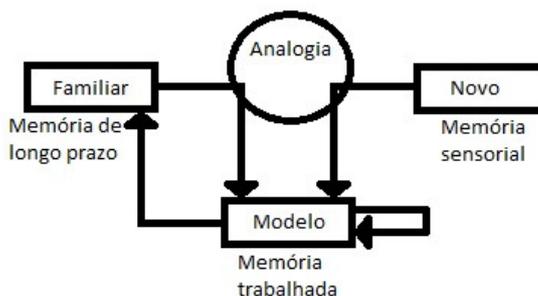


Figura 1: Fluxograma do uso de analogia

A Figura 01 representa o processo em que a analogia se relaciona pelo novo e o conhecimento já formado, se encontrando para criar um dado modelo ao estudado. Nesse processo o modelo se torna algo familiar, pois já tem em sua formação parte deste. Vê-se também que o modelo pode ser reflexivo no qual se altera conforme recebe novos dados e cada um destes se liga a um dado tipo de memória.

Como estratégia didática, o uso de analogias também pode resultar em desvantagens, pois adquirir o status de objeto de estudo simplificando a realidade estudada o qual pode se chegar a características superficiais ou simplesmente pitorescas (GARRITZ; RAVIOLO, 2007). Ocorre-se também atribuição incorreta de atributos do análogo ao objetivo e a não abstração das correspondências entre os

domínios o que na Química poderia resultar, por exemplo, entre confusão das características microscópicas com as macroscópicas.

A todo esse processo da construção estática das analogias, o epistemólogo Gaston Bachelard defende o processo da contra-analogia, no qual se ressalta o processo de construção e reformulação dos conceitos pelo caráter de construção humana, inacabada e propensa a reformulações, no qual submetida ao novo os modelos devem ser repensados e cada vez mais abandonando o aspecto familiar inicial da analogia.

Vemos então que a analogia perdeu seu status de ornamento linguístico para ser considerada uma das estratégias didáticas válidas (MARCELOS, 2006 apud FERRY; NAGEM, 2008a). Diversos são os trabalhos que tratam a utilização deste recurso didático no ensino médio (FERRY; NAGEM, 2008b; GIRALDI; SOUZA, 2006), porém não se possui trabalhos significativos no ensino superior muito menos quando se considera seu material didático. Entretanto a analogia ainda figura como uma das quatro estratégias mais importantes na utilização pelos professores, o qual demonstra sua importância junto ao processo de ensino-aprendizagem em todos os níveis de ensino.

ESTRUTURA ATÔMICA

Entende-se por Estrutura Atômica o conteúdo químico que trabalha com a composição da matéria pela hipótese desta ser formada por átomos. Nesse processo ocorre a construção de modelos atômicos capazes de explicar evidências experimentais surgidas entre os séculos XIX e XX. Para tal abordagem utilizam-se referenciais teóricos tanto da Química como (especialmente) da Física Quântica para os modelos pós-Rutherford.

O conteúdo de estrutura atômica está presente em diversas ementas de disciplinas de química geral ministrado em instituições de ensino superior brasileira. A relevância do estudo deste conteúdo em química é alta, uma vez que fundamenta o entendimento sobre a composição da matéria tanto no que se refere aos princípios do conteúdo da tabela periódica, ligação química, geometria das moléculas, teorias de ligação, dentre outros. Especificamente para alunos de um curso de química esse conteúdo fundamenta os pressupostos teóricos essenciais para o estudo da Química Orgânica e Inorgânica, possibilitando um entendimento microscópico dos diversos modelos utilizados para explicar os fenômenos discutidos nessas disciplinas.

Diversas são as dificuldades advindas com o estudo desse conteúdo no ensino médio já relatados em pesquisas da área de ensino de química (LEITE et al., 2006; SOUZA et al., 2006; MELZER et al., 2007; MENDES et al., 2009). Este tema, também estudado, nas turmas introdutórias dos cursos de graduação da área de exatas e tecnologia continua apresentando dificuldade aos estudantes recém ingresso a universidade, devido ao alto nível de abstração, a dificuldade de se realizar os experimentos que forneceram os dados que fundamentaram suas teorias, o fato de ter referenciais teóricos fora da Química, como a Física, a manipulação matemática de diversas equações de alta complexidade, no qual se utiliza o cálculo diferencial de múltiplas variáveis, a utilização de princípios da Física Quântica, uma área da Física que às vezes vai de contraponto ao o que é observado no mundo macroscópico, aquele que é familiar do aluno. Algumas das dificuldades em livros e artigos de nível superior para esse conteúdo já foram relatadas por Malaver, Pujol e D'Alessandro, (2007).

LIVRO DIDÁTICO

Em qualquer nível de ensino o livro didático se constitui como ferramenta de auxílio na orientação de estudo para os alunos e como fonte de orientação para os professores, sendo que este último não deve utilizar um único livro como fonte de construção de suas aulas. Porém, cabe ressaltar que para um livro ser considerado didático não cabe apenas sua intenção de utilização, mas também à sua forma de utilização, pois segundo Lajolo “o livro [didático] é aquele que deve ser usado de forma sistemática no ensino-aprendizagem de um determinado objeto do conhecimento humano” (LAJOLO, 1996 apud BUNZEN, 2001).

Ocorre que um grande número de pesquisas já foram realizadas sobre a utilização desta ferramenta de ensino no nível médio de ensino na disciplina de Química (LEITE et al., 2006; MELZER et al., 2007), entretanto não há expressivos trabalhos que estudem a utilização destes no ensino superior sejam nos cursos de graduação em Química ou em outras áreas como as ciências exatas, da saúde ou até mesmo na área tecnológica. Tal fato pode estar atrelado a questão da maioria das obras que temos em nosso país não ter sido produzida por autores brasileiros ou mesmo por acreditarem que esses sempre apresentam o conhecimento pleno sobre uma determinada área de estudo e não mais necessita de ser analisado como ocorre com os livros do ensino médio.

A escolha dos livros analisados neste trabalho foi feita a partir da análise de ementas das disciplinas de química geral de diversos cursos de graduação de vinte e cinco instituições federais de ensino superior das cinco regiões brasileiras em que seria ministrado o conteúdo de estrutura atômica da matéria. O Quadro 1 apresenta a listagem dos livros analisados e o número total de vezes em que foi citado.

Quadro 1: Livros didáticos de Química com maior citação nas ementas nas disciplinas de Química Geral

Código	Livro	Ocorrências
Q1	ATKINS, P.; JONES, L. Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente. [Tradução: Ricardo Bicca de Alencastro] 3.ed. São Paulo: Bookman, 2006, p. 965.	13
Q2	BRADY, J. E. et. al. Química: A Matéria e Suas Transformações. [Tradução: J. A. Souza] 3.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002, p.474. Vol.1.	16
Q3	BROWN, T. L. et al. Química: A Ciência Central. [Tradução: Robson Mendes Matos] 9.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005, p.972.	4
Q4	KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M. Jr. Química Geral 1 e Reações Químicas. [Tradução: Flávio Maron Vichi] 5.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2005, p.672. Vol.1.	10
Q5	MAHAN, B. M.; MYERS, R. J. Química: um curso universitário. [Tradução: Henrique Eise Toma] 4.ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1993, p.582.	12
Q6	MASTERTON, W. L. et. al. Princípios de Química. [Tradução: Jossyl de Souza Peixoto] 6.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1990, p.681.	6

Q7	RUSSEL, J. B. Química Geral . [Tradução: Maria Elizabeth Broto] 2.ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2008, p.621. Vol.1.	23
----	---	----

ANÁLISE DOS LIVROS DE QUÍMICA GERAL

Para realizar este trabalho utilizamos como técnica de análise elementos da análise de conteúdo (Bardin, 2004). Assim, elencamos categorias por tópicos, onde em cada um desses tópicos foi verificado quais conteúdos são mais comuns a ocorrência da utilização de analogias e assim foi feito um levantamento de quais problemas poderiam ser gerados pela utilização da analogia em cada caso. O Quadro 2 apresenta as categorias analisadas em cada livro.

Quadro 2: Categorias de análise das analogias

Categorias	Nome
C1	Distribuição eletrônica
C2	Princípio da Incerteza
C3	Modelo Atômico de Rutherford-Bohr
C4	Orbital Atômico
C5	Propriedade das ondas
C6	Quantização da energia
C7	Spin do elétron

Quadro 3: Distribuição das analogias por categoria e por livro analisado

Livro	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Total
Q1		1		1		1	2	5
Q2		1	1	1		3	1	7
Q3					1	3		4
Q4	2			1	1	2	2	8
Q5								0
Q6							1	1
Q7		1		1		1		3
Total	2	3	1	4	2	10	6	28

Categoria 1 – Distribuição eletrônica:

A distribuição eletrônica, em geral, é demonstrada ressaltando seu caráter mecânico de obtenção sendo que pouca ênfase se dá aos significados físicos dos números quânticos. Por mais que esta explicação necessite de um alto nível de abstração, em todos os livros analisados ocorre a apresentação do modelo quântico, o qual fornecerá os subsídios teóricos para a utilização dos números quânticos. O que está em discussão aqui não é nem mesmo a utilização de analogias para explicar o

modelo por inteiro, mas as analogias utilizadas para explicar os números quânticos. O Quadro 4 apresenta duas dessas analogias

Quadro 4: Analogias da categoria de C1

Livro	Analogia
Q4	Os números quânticos são usados para definir os estados de energia, os orbitais disponíveis para o elétron. São análogos a um "código postal atômico", fornecendo a energia relativa e a posição aproximada do elétron.
Q4	Os três números quânticos introduzidos até aqui são, como vimos, uma espécie de código de endereçamento postal (CEP) para os elétrons. Por exemplo, suponha que você more em um prédio de apartamentos. Você pode especificar sua localização como sendo um determinado andar (n), em determinado apartamento daquele andar (l) e em determinado aposento do apartamento (m)

No único livro que apresenta este tipo de analogia ocorre a relação dos números quânticos ao código postal e a um conjunto de edifícios, o qual há a ênfase de relacionar o elétron a uma posição específica do átomo. Esta abordagem se caracteriza como um entrave no qual se procura equivalências do mundo microscópico no mundo macroscópico o que nas palavras de Bachalard este tipo de analogia pode gerar um obstáculo epistemológico do tipo realista (Lopes, 2007).

Categoria 2 – Princípio da Incerteza:

Apresentamos no Quadro 5 algumas analogias encontradas nos livros de química geral quando tentam explicar o princípio da incerteza.

Quadro 5: Analogias da categoria de C2

Livro	Analogia
Q1	Imagine uma onda em uma corda de violão, que se espalha por toda a corda, sem se localizar em um ponto determinado. Uma partícula com um momento linear determinado tem comprimento de onda determinado, mas, como não faz sentido falar da localização de uma onda, não é possível especificar a localização da partícula que tem um momento linear determinado.
Q2	Partícula, por exemplo, é definida como uma entidade que possui massa, mas tem volume nulo. É claro que isto é uma idealização da nossa mente, que não existe a rigor no mundo real. [...] No entanto, quando descrevemos sua [da Terra] órbita em torno do Sol, o raio médio desta órbita é muito maior que o raio da Terra. Por isso, os astrônomos tratam a Terra como uma partícula quando estudam seu movimento.
Q7	Consideremos a seguinte analogia: imagine que você deseje estudar o movimento de uma pequena pena de ave flutuando lentamente para o chão, num quarto isento de correntes de ar. [...] O ato de tocar a pena, porém, modificaria ligeiramente seu movimento, fazendo-a não cair, portanto da maneira como faria se não fosse tocada. A sua tentativa em determinar a posição e o momento da pena causou uma alteração nas muitas quantidades que você deseja determinar.

A primeira analogia é quanto a incapacidade de se determinar a posição e velocidade de um elétron no orbital atômico e numa região de uma corda do violão. O problema dessa analogia é a contradição que ela acarreta, pois essa determinação é

feita matematicamente e em uma região que não pode ser definida como as ondas que se propagam pelas cordas de um violão. Enquanto a incerteza para o elétron é muito grande, este se torna pequeno para corpos macroscópicos, como na corda do violão. Entendemos que existe a necessidade de introduzir conceitos sobre ondas na descrição do comportamento de partículas microscópicas, porém deve-se ficar evidente as limitações da analogia para essa discussão e ainda a introdução de conceitos como ondas de matéria ou função de onda (Almeida e Santos, 2001). O autor não faz as devidas ressalvas levando a crer que a incerteza dos dois é a mesma. Na segunda analogia temos a relação entre o elétron no sistema atômico e a Terra no sistema planetário, a analogia ocorre para a relação do conceito de massa pontual (massa sem volume), o qual é uma das idealizações do sistema. O importante é que o autor deixa bem claro a situação como uma idealização para o sistema. No final temos a comparação do princípio da incerteza no elétron com a análise de uma pena no escuro, pois a medida que se faz análise de sua posição interfere em sua velocidade, dando uma visão de como a própria análise interfere o resultado experimental. Utilizar analogias para discutir o princípio da incerteza pode na maioria das vezes pode construir ideias errôneas sobre o modelo atômico atual, uma vez que descrever o elétron e sua velocidade através de qualquer sistema macroscópico pode gerar a impossibilidade de incompreensão de um modelo que descreve o elétron, no átomo, em termos probabilísticos mas sim pontual.

Categoria 3 – Modelo Atômico de Rutherford-Bohr:

Os livros analisados não podem ser generalizados quanto a apresentação de modelos pré-quântico, alguns apresentam todos os modelos desde o modelo de Dalton enquanto outros só o fazem a partir do de Rutherford-Bohr, alguns outros nem mesmo se preocupam em mostrar alguns desses modelos no capítulo onde é discutido o conteúdo de estrutura atômica da matéria. O que pode ser dito em relação a todos os livros é que mesmo aqueles que apresentam uma evolução histórica dos modelos, eles os fazem de forma breve mostrando as características gerais. Em alguns casos se apresenta os experimentos que os fundamentaram como as limitações recorrentes daquele modelo. Para essa característica de apresentar os modelos de forma resumida, não se permite muito espaço para que o aluno os estude a fundo e sim somente com um caráter ilustrativo para o estudo do modelo atual. Nessa categoria ocorreu somente um caso, no qual o modelo de Rutherford-Bohr é comparado ao modelo planetário, uma analogia proposta durante a própria formulação do modelo e ainda bastante observada em livros didáticos de química do ensino médio. Essa analogia traz à tona os questionamentos sobre as forças que regem o sistema, uma vez que o macroscópico é regido pelas forças mecânicas enquanto o microscópico é regido pelas forças elétricas.

Categoria 4 – Orbital atômico:

As analogias desta categoria tem em sua maioria a característica de discutir a função probabilidade relacionada ao orbital atômico. O Quadro 6 apresenta algumas dessas analogias.

Quadro 6: Analogias da categoria de C4

Livro	Analogia
Q1	A função de distribuição radial da população da terra, por exemplo, é zero até cerca de 6400 km do centro da Terra, cresce muito rapidamente, e, então cai novamente até quase zero.

Q2	Para ajudá-lo a formar uma imagem mental, vamos imaginar um cubo de gelo. A água congelada no cubo dá a este o aspecto de um corpo rígido clássico, com um razoável grau de localização (o centro de massa do cubo). Mas a mesma quantidade de água que está na pedra de gelo pode estar também em uma nuvem que flutua no céu. [...] Assim, a "densidade de neblina" pode variar de um ponto a outro na nuvem, do mesmo modo que a densidade eletrônica pode variar como a localização em torno do núcleo.
Q4	Esse orbital $[d_z^2]$ tem duas superfícies nodais, mas as superfícies não são planas. Pense em um cone de sorvete cuja ponta está no núcleo. Uma das nuvens eletrônicas ao longo do eixo z central fica dentro do cone. Se você tiver um outro cone que aponta no sentido oposto do primeiro cone, também com sua ponta no núcleo, uma outra região de densidade eletrônica encaixa-se no interior desse cone. A região externa a ambos os cones define a região de densidade eletrônica restante, em forma de rosca.
Q7	Cada círculo no diagrama representa a seção transversal de uma superfície-limite, sendo que os círculos maiores incluem, obviamente, mais carga eletrônica do que os menores. A fatia bidimensional da superfície-limite é conhecida como diagrama de contorno, pois cada linha representa um contorno da densidade de probabilidade constante, semelhante à linhas de um mapa topográfico que representam os contornos de altitudes constantes.

As analogias de Q1, Q2 e Q7 guardam em comum a função probabilidade. Isso é importante, pois demonstra que matematicamente não há distinções entre o mundo macroscópico ou microscópico, cabendo somente quando os fornecemos algum aspecto físico/concreto. Assim como o orbital de um átomo, a distribuição da população da Terra são funções de probabilidade, sendo que a segunda é bastante limitada a uma série de valores, enquanto no estudo da primeira devemos até mesmo conceber valores no infinito. A utilização do mapa topográfico é uma analogia que insere o conceito de superfície-limite, porém esta pode ter seu uso prejudicado pelo não conhecimento do aluno das características de um mapa topográfico, além do que analogias tão concretas pode paralisar a formação do pensamento científico (Lopes 2007), tendo em vista que as bases da construção do modelo atômico atual requer dos estudantes do nível superior a capacidade de abstrair sobre o fenômeno em estudo. Temos também o uso da analogia do orbital atômico com a neblina ao redor de um cubo de gelo, esta analogia se reduzida a ótica matemática permite a comparação de duas funções de distribuição que apresentam semelhanças, entretanto a interpretação física já difere bastante, já que uma segue os princípios da equação de Schrödinger enquanto outra segue o princípio do equilíbrio químico do sistema.

Categoria 5 – Propriedades das ondas:

No livro Q3 temos uma analogia entre as ondas na água (mecânica) e a luz (eletromagnética). Esse tipo de analogia por si mesmo não apresenta muitos problemas já que fala da energética comum as duas ondas, o problema é que sem as devidas explicitações, o aluno tende a compreender a luz e a onda na água como de mesma natureza podendo fazer com que ocorra confusão entre os princípios que regem cada, além disso a analogia se faz em dois campos muito próximos os quais se o aluno não tiver o conhecimento prévio das propriedades de transporte de energia nas ondas, acaba por se tornar uma analogia vazia de significado, assim como coloca Figueiredo e Silva, (2007) mais uma vez acreditamos na importância de explicitar os limites da analogia em estudo, nesse sentido esses autores colocam sobre a

importância de certificar que os alunos conheçam o análogo, antes de efetuar a comparação com o alvo em estudo. A analogia apresentada no livro Q4, trata entre a relação do modelo matemático de uma onda eletromagnética e de um engarrafamento de trânsito, na qual grande parte da analogia se fundamenta na relação dimensional do comprimento dos carros e suas frequências no qual passam do observador. Esse tipo de analogia apresenta obstáculo epistemológico tipo realista uma vez que trabalha a luz pelo seu movimento retilíneo enquanto é apresentada originalmente pelo seu movimento ondulatório, fazendo com que ocorra uma confusão entre suas fundamentações. Apresentamos no Quadro 7 os livros Q3 e Q4 e suas respectivas analogias relacionadas à categoria 5.

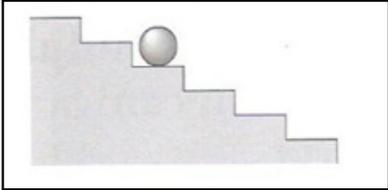
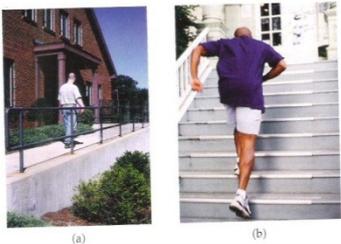
Quadro 7: Analogias da categoria de C5

Livro	Analogia
Q3	Todos os tipos de radiações eletromagnéticas movem-se no vácuo a uma velocidade de $3,00 \times 10^8$ m/s, a velocidade da luz. Além disso, todas têm características ondulatórias semelhantes às das ondas que se movem na água.
Q4	A velocidade de uma onda em movimento é um fator importante. Como uma analogia, considere carros em um congestionamento, trafegando "colados" uns aos outros. Se cada um dos carros possui 5m de comprimento, e se um carro passa por você a cada 4s, então o tráfego está se movendo à velocidade de $(5\text{m}) \times (1/4\text{s}^{-1})$, ou $1,25\text{m s}^{-1}$.

Categoria 6 – Quantização da energia:

Esta é a categoria com maior número de analogias semelhantes, pois dos mais dez livros analisados pelo menos sete deles descrevem o fenômeno de quantização da energia a situações do mundo macroscópico, Quadro 8. Nessa situação analógica o átomo está sendo comparado com uma escada no qual a energia mínima é a necessária para subir um degrau por inteiro e nunca pode ser menor, pois não se pode subir meio degrau, em alguns casos essa analogia é tão trabalhada que discute macroscopicamente que essa escada seria uma rampa, na qual não seria possível identificar os degraus ou "pacotes" mínimos da energia, livro Q3. Equivalente a esta analogia, o livro Q2 apresenta como analogia um grupo de saltadores com vara para especificar o salto dos elétrons entre diferentes níveis de energia dizendo que somente aqueles elétrons que possuem um dado comprimento de vara é que conseguem passar um dado obstáculo, que neste caso representa a energia para a transição eletrônica. Estas analogias ressaltam somente o caráter de quantização da energia, porém dificultam o entendimento de que os valores são específicos para cada átomo, ou que dependendo da ligação química, os valores de transição podem ser modificados, sendo o caso da analogia que pode apresentar vantagens imediatas, mas pode se torna uma dificuldade a longo prazo. A analogia apresentada no livro Q7 não permite a ideia conceitual de quantização de energia nem mesmo o conceito de transição eletrônica, mas somente os valores específicos de cada orbital, pois ao especificar que todos os livros estão empilhados não permite ao estudante o entendimento de que para um elétron saltar de um nível ao outro seja necessário uma dada quantidade de energia. Por fim, no livro Q1 a analogia apresentada tenta relacionar um mesmo fenômeno, o despejo da água em um balde, considerando que podemos trabalhar com partes infinitesimais trabalhando na condição que é possível o transporte de uma única molécula. O Quadro 8 apresenta essas analogias.

Quadro 8: Algumas analogias da categoria de C6

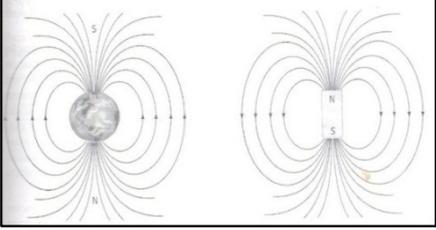
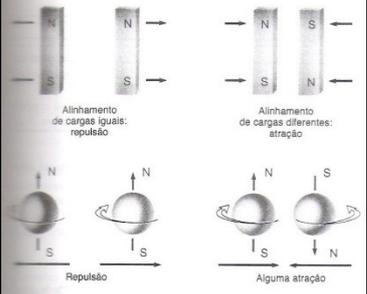
Livro	Analogia
Q1	A quantização é como despejar água em um balde. A água parece ser um fluido contínuo que pode ser transferido em qualquer quantidade, grande ou pequena. Entretanto a menor quantidade que conseguimos transferir é uma molécula de H ₂ O.
Q2	 <p>Uma bola sobre uma escada. A bola, quando em repouso, pode ter somente certas quantidades de energia potencial gravitacional. A energia do elétron em um átomo é, de modo semelhante, restrita a certos valores que correspondem aos vários níveis de energia do átomo.</p>
Q2	Como uma analogia, podemos imaginar um grupo de saltadores com vara tentando ultrapassar um muro. [...] Aqui a vara do saltador é o análogo da frequência dos fótons. Já o número de saltadores é análogo ao número de fótons da radiação eletromagnética, que é proporcional à intensidade da onda.
Q3	 <p>A energia potencial de uma pessoa subindo uma rampa (a) aumenta de maneira uniforme e contínua, ao passo que a de uma pessoa subindo escada (b) aumenta de maneira gradual e quantizada.</p>
Q7	As energias dos elétrons são semelhantes às energias dos livros, em um conjunto de livros empilhados. [...] Desde que um conjunto empilhado atribui a apenas um livro certo nível de energia potencial, podemos então dizer que a energia potencial de um livro no conjunto empilhado é quantizada.

Categoria 7 – Spin do elétron:

Das seis analogias encontradas nesta categoria quatro delas fazem uma relação direta do elétron se comportando como a Terra, na qual devido a seu movimento de rotação surge um campo magnético em volta dela o qual indiretamente leva a analogia da Terra se comportando como um grande ímã, Livro Q4. No caso do livro Q6, não há essa intermediação da utilização do planeta como modelo, mas a comparação direta entre o elétron com um ímã. Na maioria das analogias utilizadas não surge à preocupação do que está sendo comparado entre os dois objetos, mas há uma analogia seca e direta no qual se o aluno não possui conhecimento prévios sobre o comportamento de um ímã, pode levá-lo a dificuldade de aprendizagem, alia-se a isto o fato de que nem sempre está explícito o parâmetro posto em comparação, deixando em aberto isto para o aluno se é a propriedade magnética, a forma ou até mesmo o material constituinte. Um dos problemas de utilizar analogias como essas é que os modelos mentais que os alunos constroem sobre o spin do elétron pode divergir e muito do modelo científico, o que enraizado em seu pensamento já construído de forma errônea no ensino médio e permeando, ainda na leitura de textos de nível universitário pode dificultar a mudança conceitual para a construção do modelo científico.

Dificuldades de estudantes de química, sobre o conteúdo da mecânica quântica, já foi relatado nos estudos de Nuñez. Neves e Ramalho, (2003). Neste estudo os autores observam que tanto os livros didáticos do ensino superior quanto os alunos do curso de química procuram construir representações da realidade para explicar os modelos da ciência reforçando a construção de obstáculos epistemológicos. No último caso, livro Q2, temos a comparação entre um elétron e um pião, uma analogia a qual se destaca somente o caráter rotacional do elétron o que não contribui tanto para explicar os efeitos de atração e repulsão entre os spins. O Quadro 9 exhibe essas analogias.

Quadro 9: Algumas analogias da categoria de C7

Livro	Analogia
Q2	Voltando à analogia clássica (incorreta), poderíamos imaginar que elétron pode, como um pião, girar em dois sentidos, dando ao número quântico magnético de spin seus dois valores possíveis.
Q4	 <p>Os campos magnéticos da Terra e de uma barra de ímã. As linhas de força magnética em torno da Terra vêm de um pólo chamado arbitrariamente de “pólo magnético norte” (N) e enlaçam o planeta em direção do “pólo magnético sul” (S). (O polo norte geográfico da Terra, nomeado antes da introdução do termo “pólo magnético”, é na verdade o pólo sul magnético.)</p>
Q6	 <p>Em alguns casos, o elétron comporta-se como se fosse uma partícula esférica girando em torno do seu eixo. Há uma analogia entre o alinhamento dos spins eletrônicos e o alinhamento dos ímãs (na parte superior da figura). Em um orbital, o arranjo mais estável é aquele no qual dois elétrons possuem spins opostos (em baixo, à direita)</p>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os livros de Química Geral utilizados em diversas instituições públicas de ensino superior do Brasil se caracteriza como uma ferramenta de construção do saber científico, pois os mesmos podem se constituir em um material didático eficiente, articulado a diferentes estratégias de ensino, capaz de promover a mudança conceitual em alunos recém ingressantes em cursos de química geral, uma vez que diferentes pesquisas mostram diferentes erros conceituais e/ou dificuldades de aprendizagens e/ou concepções alternativas em alunos advindos desse nível de ensino (ALMEIDA e SILVA, 2010; FERRY e NAGEN, 2008; FIGUEIREDO e SILVA, 2007; LEITE, SILVEIRA e DIAS, 2006; NUÑEZ, NEVES e RAMALHO, 2003).

Outro problema que se manifesta com esta pesquisa é que ocorre uma dependência do uso de materiais didáticos norte-americanos, uma vez que dos sete livros analisados todos foram publicados em sua versão original nos Estados Unidos e traduzidos para língua portuguesa em nosso país. Isso se traduz como um problema sério uma vez que a venda de livros técnicos vem aumentando a cada ano no Brasil, porém a produção não cresce em mesmo ritmo (CRAVEIRO et al., 2008). Tem-se que pensar em propostas nacionais de caráter editorial para criação de livros textos de

graduação nas quais estas possam ter influência do que se tem por resultado sobre os cursos de graduação daqui, algo parecido com o que está sendo feito com o PNLEM, no qual se tenta melhorar a qualidade geral dos livros e possibilite o surgimento de propostas inovadoras que possam adicionar a possibilidade de materiais didáticos utilizados pelos professores das disciplinas de química geral de instituições de ensino superior em diversas partes do nosso país.

Por fim, esperamos que por objetivo mais imediato façamos com que os professores de graduação assim como aqueles que estão em formação, tenham uma postura mais crítica quanto ao uso de analogias, reconhecendo suas vantagens assim como suas limitações. Pois, em alguns casos, verificou-se que as analogias em vez de facilitar o processo de aprendizagem, contribuíram para a perpetuação de erros epistemológicos especialmente no que tange a relação do mundo macroscópico ao mundo microscópico. Segundo o epistemólogo Gaston Bachelard, essa forma de abordagem do conhecimento se não corretamente construída faz com que diversos problemas na aprendizagem conceitual ocorram, o que ele chamou de obstáculos epistemológicos. Não se está defendendo um ensino livre de analogias, como é o caso dos livros Q5 e Q6 (os quais em geral são conhecidos como livros de difícil compreensão), o que se defende, segundo Bachelard, é que esta é necessária para o processo de construção do conhecimento, no qual se reconheça seu processo de aquisição como seu contínuo processo de reflexão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. A. V.; SILVA, F. C. V. **Análise da teoria atômica de Dalton de um livro didático de Química, período de 1975 a 2005, para o ensino médio à luz da história e filosofia das ciências.** X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, Recife, 2010.

ALMEIDA, W. B. e SANTOS, H. F. **Modelos teóricos para a compreensão da estrutura da matéria.** Cadernos temáticos de química nova na escola, n° 04 – Maio de 2001.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo.** 3. ed. Lisboa: Edições 70, 2004. p.223 .

BUNZEN, C. **O antigo e o novo testamento: livro didático e apostila escolar.** Ao pé da letra, Vol.3, n.1, p.35-46, 2001.

CRAVEIRO, G. et al. **O mercado de livros técnicos e científicos no Brasil: subsídio público e acesso ao conhecimento.** Bauru, SP: Canal 6, 2008. P. 49.

FERRY, A. S.; NAGEM, R. L. **Analogias & Contra-Analogias: Uma proposta para o Ensino de Ciências numa perspectiva Bachelardiana.** Experiências em Ensino de Ciências, Vol. 3, n. 1, p. 7-21, 2008.

_____. **O modelo Atômico de Thomson em Livros Didáticos: Um Estudo sobre o análogo “pudim de passas”.** 1º Seminário Nacional de Educação Profissional e Tecnológica, Belo Horizonte, 2008.

Figueiredo, W.G.; Silva, F.W.O. **Limitações da Analogia entre Sistemas Planetários e Modelos Atômicos.** XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Luís, 2007.

GARRITZ, A.; RAVIOLO, A. **Analogias no ensino de equilíbrio químico**. QNESC, Vol. 27, n.1, p.13-25, 2008.

GIRALDI, P. M.; SOUZA, S. C. **O funcionamento de analogias em textos didáticos de Biologia: questões de Linguagem**. Ciência & Ensino, Vol.1, n.1, p.9-17, 2006.

KHAN, S.; TREY, L. **How Science students can learn about unobservable phenomena using computer-based analogies**. Computers & Education, Vol. 51, p. 519-529, 2008.

LEITE, V. M.; SILVEIRA, H. E.; DIAS, S. S. **Obstáculos epistemológicos em livros didáticos: Um estudo das imagens de átomos**. Candombá, Vol.2, n.2, p. 72-79, 2006.

LIMA, A. A; NUÑEZ, I. B. Aprendizagem por modelos : utilizando modelos e analogias. In: NUÑEZ, I. B; RAMALHO, B. L. **Fundamentos do Ensino - Aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática**. 1.ed. São Paulo: Sulina. 2004. p. 245-264.

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

MALAVAR, M. et al. **La clidad cuenctifica Del contenido sobre El tema de La estructura de La matéria em textos universitários de química general**. Enseñanza de lãs ciências, Vol.25, n.2, p 229-240, 2007.

MELZER, E. E. M. et al. **Modelos atômicos nos livros didáticos de Química: obstáculos à aprendizagem?** VII Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências, Florianópolis, 2009.

MENDES, J. N. M. et al. **Matéria e suas manifestações: análise crítica da transposição didática sobre temas de Estrutura da Matéria em livros didáticos de Física e Química do Ensino Médio**. VII Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências, Florianópolis, 2009.

NÚÑEZ, I. B.; NEVES, L. S.; RAMALHO, B. L. **Uma reflexão em relação ao estudo da mecânica quântica: o caso do princípio da incerteza**. Revista Iberoamericana de Educación, Espanha, 2003.

SANTOS, A. O. **Como são formadas as concepções de modelos dos alunos a partir da visão dos professores de Ciências**. V Colóquio Internacional "Educação e Contemporaneidade", São Cristovão, 2011.

SOUZA, V. C. A. et al. **Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas**. Investigações em Ensino de Ciências, Vol.11, n.1, p. 7-28, 2006.