



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Centro Acadêmico do Agreste

Núcleo de Formação Docente

Curso de Química - Licenciatura



JOSÉ TATIANO DA SILVA

**ANALOGIAS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO E A
CORRESPONDÊNCIA EM QUAL MODELO ATÔMICO OS ESTUDANTES
CONCEBEM**

CARUARU

2015

JOSÉ TATIANO DA SILVA

**ANALOGIAS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO E A
CORRESPONDÊNCIA EM QUAL MODELO ATÔMICO OS ESTUDANTES
CONCEBEM**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Colegiado de Licenciatura
em Química do Centro Acadêmico do
Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco como requisito parcial para a
obtenção do título de Licenciado em
Química.

Orientador: Roberta Pereira Dias

**CARUARU
2015**

Catálogo na fonte:
Bibliotecária - Simone Xavier CRB/4-1242

S586a Silva, José Tatiano da.
Analogias nos livros didáticos de química do ensino médio e a correspondência em qual modelo atômico os estudantes concebem. / José Tatiano da Silva. - 2015.
63f. il. ; 30 cm.

Orientadora: Roberta Pereira Dias.
Coorientador: Fábio Adriano Santos Silva
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Licenciatura em Química, 2015.
Inclui referências

1. Química – Estudo e ensino. 2. Átomos - Modelos. 3. Ensino médio. I. Dias, Roberta Pereira (Orientadora). II. Silva, Fábio Adriano Santos (Coorientador). Iii. Título.

371.12 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2015-321)

JOSÉ TATIANO DA SILVA

**ANALOGIAS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO E A
CORRESPONDÊNCIA EM QUAL MODELO ATÔMICO OS ESTUDANTES
CONCEBEM**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Colegiado de Licenciatura
em Química do Centro Acadêmico do
Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco como requisito parcial para a
obtenção do título de Licenciado em
Química.

Orientador: Roberta Pereira Dias

Banca Examinadora

Prof. Dr. Roberta Pereira Dias
Orientador / UFPE

Prof. Dr. José Ayrton Lira dos Anjos
Docente / UFPE

Caruaru, 17 de dezembro de 2015

Dedico este trabalho primeiramente ao meu maravilhoso Deus pela oportunidade de viver, e ter condições de enfrentar, lutar e vencer os obstáculos. Obrigado por cada segundo de existência meu Deus.

Agradeço profundamente à minha mãe Maria da Conceição Santos da Silva e ao meu irmão Adriano Júlio da Silva. Vocês sim foram essências durante todo o percurso estudantil, vocês foram os primeiros a acreditar, apoiar, incentivar e fornecer subsídios para vitória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, a minha mãe Maria de Régio, ao próprio Reginaldo meu pai, aos meus irmãos: Adriano, Christiano, Flaviano, Fabiano, Luciano e Claudiano; às minhas irmãs: Edriene, Tatiane e Juliane por estarem sempre acreditando no meu potencial e fornecendo força e apoio.

À minha namorada Wellita, pessoa maravilhosa que mim encanta a cada dia, muito grato pela sua paciência, preocupação e dedicação a minha pessoa. Obrigado por partilhar tantos momentos juntos.

Aos meus padrinhos, Antônio Alexandre, Dona Ana, agradeço pela acolhida, mim aceitaram em suas vidas como se eu fosse um filho.

Aos meus amigos, parceiros de curso, de trabalhos acadêmicos e científicos, Noel Félix, Saulo França, Jefferson David, Bruno Braz e André Antônio.

Aos meus colegas de longas datas, André Melo, Fernando, Lucas e seus pais. A Wanderson, homem das pilhas. E colegas da Universidade como Emmanuel, Renan Estourado e Marcelo Rodrigo, Maciel Ramos, Ewerton e Marcio André.

Ao professor Alberto Félix, e professora Givaneide Sobral pelos incentivos, confiança e contribuição cognitiva. Vocês foram indispensáveis para meu ingresso na universidade.

A minha orientadora Roberta Dias e ao professor e co-orientador Fábio Adriano pelo auxílio, e por ter aceitado orientar meu trabalho.

Por fim, aos professores da própria universidade que foram importantíssimos durante todo o curso de Química - licenciatura, Roberto Sá, José Ayron, Regina Célia, Juliana Angeiras, Ricardo Guimarães, Gilmara Pedrosa, Ana Paula Souza, Jane Laranjeira, Paulo Câmera e Verônica Tavares.

*“Quando a situação for ruim, transforme-a.
Quando a situação não puder ser
transformada, transforme-se”.*

Viktor Emil Frank.

RESUMO

As analogias estão inseridas em diversas situações do cotidiano e configuram-se numa tentativa de explicar algo para outra pessoa, ou até mesmo de entender uma nova ideia associada às informações já conhecidas. A utilização das analogias é comum em livros didáticos de Ciências, sobretudo devido à existência de inúmeros conceitos abstratos. Com efeito, a relevância das analogias no processo de ensino-aprendizagem é realçada por vários autores, embora existam algumas limitações associadas ao seu uso. Este trabalho teve como objetivo investigar como os estudantes do 3º ano do Ensino Médio compreendem simbolicamente o átomo através de analogias, ou seja, averiguar qual modelo atômico os alunos concebem, fazendo uso do processo analógico em suas explicações conceituais. Como instrumentos de coleta de dados, foi utilizado um questionário estruturado, o qual é padronizado e composto por três perguntas subjetivas. Para amostra, foram investigados 120 estudantes de 17 escolas públicas, de 12 cidades situadas na Microrregião de Garanhuns, estado de Pernambuco. Para fundamentar as respostas dos alunos nos questionários, foram selecionados 5 livros-texto, os quais passaram por uma análise documental, como está explicado na metodologia. Os resultados da análise documental mostram que a maioria dos livros-textos do Ensino Médio apresenta a mesma ideia para o átomo, seja em termos descritivo como representativo o que configura a utilização das analogias. Quanto aos resultados coletados com os questionários aplicados aos alunos neste estudo, constatamos que o modelo atômico mais representado foi o de Rutherford, mas mesmo assim, suas representações, na maioria dos casos, não convergem com suas descrições. Nessas condições, inferimos que os alunos têm sérias confusões de ideias, no sentido de que eles explicam um tipo de modelo para átomo e desenha outro, o que sugere uma limitação cognitiva.

Palavras-chave: Analogias, modelos atômicos, ensino de química.

ABSTRACT

Analogies are inserted in several daily situations and set up in an attempt to explain something to someone else, or even to understand a new idea associated with already known information. The use of analogies is common in textbooks of sciences, mainly due to the existence of numerous abstract concepts. Indeed, the relevance of analogies in teaching-learning process is enhanced by several authors, although there are some limitations associated with their use. This study aimed to investigate how the students of the 3rd year of high school symbolically understand the atom through analogies, i.e., find out what atomic model the students conceive, using the analog process in its conceptual explanations. A structured questionnaire was used as data collection instruments, which is standardized and consists of three subjective questions. For sample, were investigated 120 students from 17 public schools in 12 cities located in the micro-region of Garanhuns, Pernambuco. In order to support the answers of the students in the questionnaires, we selected 5 textbooks, which have undergone a documentary analysis, as explained in the methodology. The results of this documental analysis show that the most high school textbooks present the same idea for the atom, either in descriptive as in representative terms, what characterize the use of analogies. Regarding to the results collected from the questionnaires applied to the students in this study, we found that the most represented atomic model was Rutherford's model, nevertheless his representations, in the most cases, do not coincide with their descriptions. Under these conditions, we observed that the students have serious confusion of ideas, in the sense that they explain a type of model for the atom and draws another one, suggesting a cognitive limitation.

Keywords: Analogies, atomic models, chemistry didactics.

LISTA DE FIGURAS OU ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Os três componentes básicos da nova química.....	31
Figura 2: Tetraedro da educação química: nova ênfase no aspecto humano.....	32
Figura 3: Descrição do que é átomo (A1 ₁) – nível de resposta 1.....	42
Figura 4: Descrição do que é átomo (A1 ₂) – nível de resposta 1.....	42
Figura 5: Descrição do que é átomo (A1 ₃) – nível de resposta 1.....	42
Figura 6: Descrição do que é átomo (A1 ₄) – nível de resposta 1.....	42
Figura 7: Descrição do que é átomo (A1 ₅) – nível de resposta 1.....	43
Figura 8: Descrição do que é átomo (A2 ₁) – nível de resposta 2.....	43
Figura 9: Descrição do que é átomo (A2 ₂) – nível de resposta 2.....	43
Figura 10: Descrição do que é átomo (A2 ₃) – nível de resposta 2.....	43
Figura 11: Descrição do que é átomo (A2 ₄) – nível de resposta 2.....	43
Figura 12: Descrição do que é átomo (A2 ₅) – nível de resposta 2.....	43
Figura 13: Descrição do que é átomo (A2 ₆) – nível de resposta 2.....	43
Figura 14: Descrição do que é átomo (A3 ₁) – nível de resposta 3.....	44
Figura 15: Descrição do que é átomo (A4 ₁) – nível de resposta 4.....	44
Figura 16: Descrição do que é átomo (A0 ₁) – nível de resposta 0.....	46
Figura 17: Descrição do que é átomo (A0 ₂) – nível de resposta 0.....	46
Figura 18: Representação do átomo (A0 ₃) – nível de resposta 0.....	48
Figura 19: Representação do átomo (A2 ₇) – nível de resposta 2.....	49
Figura 20: Representação do átomo (A3 ₂) – nível de resposta 3.....	50
Figura 21: Representação do átomo (A3 ₄) – nível de resposta 3.....	50
Figura 22: Representação do átomo (A3 ₅) – nível de resposta 3.....	50
Figura 23: Descrição do que é átomo (A3 ₅) – nível de resposta 3.....	51
Figura 24: Representação do átomo (A3 ₆) – nível de resposta 3.....	51
Figura 25: Descrição do que é átomo (A3 ₆) – nível de resposta 3.....	52
Figura 26: Representação do átomo (A0 ₄) – nível de resposta 0.....	54
Figura 27: Representação do átomo (A3 ₈) – nível de resposta 3.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Questões que foram aplicadas.....	34
Tabela 2 - Livros analisados e os respectivos títulos, autores, editoras, ano de publicação (impressão) do exemplar analisado e edição.....	38
Tabela 3 - Descrição do que é átomo, níveis de adequação com a literatura.....	42
Tabela 4 - Justificativas e percentuais dos alunos para desenho de tal átomo.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Livros analisados e os respectivos modelos do átomo.....	39
Quadro 2: Livros comparados e percentuais de cada modelo de atômico representado pelos alunos.....	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Valores de relação entre descrição e desenho do átomo.....56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EREM	Escola de Referência em Ensino Médio
PREVUPE	Pré-vestibular da Universidade de Pernambuco
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PIBID	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
UPE	Universidade de Pernambuco
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 OBJETIVOS.....	22
2.1 Objetivos gerais.....	22
2.2 Objetivos específicos.....	22
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	23
3.1 Modelos e modelos de ensino.....	23
3.2 Definindo analogias.....	24
3.3 Analogias no ensino de ciências.....	25
3.4 Analogias em livros didáticos de química do ensino médio.....	27
3.5 O átomo.....	28
3.6 Estudando os conceitos de átomo.....	29
3.7 Os níveis de representação do conhecimento químico.....	30
4 METODOLOGIA.....	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1 Análises dos livros-textos.....	37
5.2 Descrição o que é o átomo pelos alunos.....	41
5.3 Representação do átomo pelos alunos.....	46
5.4 Explicação dos alunos sobre a representação do átomo.....	53
5.5 Convergência e divergência entre a descrição e representação do átomo.....	56
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
7 REFERÊNCIAS.....	60

APRESENTAÇÃO

Como a Química é uma Ciência que muitas vezes constrói seus conceitos científicos a partir de uma perspectiva abstrata, norteadora de diferentes níveis de descrição da matéria, gera grandes dificuldades na compreensão de seus conceitos. Considerando essa observação, a utilização das representações simbólicas através das analogias como um auxílio para a explicação desses conceitos, tem se tornado um importante recurso didático. Assim, a relevância das analogias como recurso didático na explicação de conceitos químicos, motivou a pesquisa deste trabalho, que investigou as ocorrências de analogias nas abordagens dos livros didáticos de química do ensino médio. É importante dizer que a maneira como o professor trabalha a teoria e os modelos atômicos, pode ser de extrema relevância para que os estudantes façam uma boa representação do átomo, e com isso, possam dar sentido na construção de seus conhecimentos, podendo ser também um fator determinante para que eles consigam avanços e novas estratégias para a apropriação dos conceitos de química. Cabe ainda dizer que as analogias incorporadas nos livros didáticos têm papel importantíssimo também no que se diz respeito da aprendizagem dos conceitos, pois quanto mais ela aproximar do mundo real, do que se quer representar, mais interessante à mesma se tornará e, com isso, mais fácil será a compreensão pelos estudantes.

Se de fato é interesse das universidades e escolas promover condições para melhorar a prática pedagógica de seus professores e conseqüentemente a qualidade do ensino, é necessário reconhecer, então, que os professores universitários e da Educação Básica precisam refletir sobre suas práticas e construir conhecimentos que permitam melhor compreendê-las e aperfeiçoá-las, produzindo, a partir de suas próprias investigações, transformações no seu pensamento e na sua ação docente. No entanto, mudanças na prática pedagógica não acontecem por imposição ou porque apenas se deseje. É preciso explicitar, desconstruir e reconstruir concepções, e isso demandam tempo e condições que não são determinadas apenas pelo contexto interno.

Segundo Lacerda (2011) nos dias atuais a educação passa por profundas transformações, tendo em vista as mudanças constantes que vêm ocorrendo no mundo. As novas tecnologias evoluem num ritmo cada vez mais acelerado, e o

mundo científico também avança constantemente, com novas descobertas e estudos, apontando diferentes competências para atuar na sociedade e no campo educacional. Diante disso, os novos desafios vêm, instigando os profissionais da educação a buscarem novos saberes, conhecimentos, metodologias e estratégias de ensino. As mudanças no contexto escolar e social requerem profissionais atualizados e competentes, que estejam preparados para atuar com diferentes problemas.

Ser professor atualmente é um desafio, devido à diversidade de fatores que o mesmo tem que enfrentar, e de química em especial, uma vez que é uma disciplina considerada como chata, complicada, com muitas fórmulas, equações e cálculos, precisando em muitas situações de um nível de abstração elevado para seu entendimento.

As escolhas ou os motivos a optar por cursar química/licenciatura são diversos. Primeiramente o desejo, à vontade, ou seja, o sonho de ser professor de química. Atrelado a isso vieram outros pressupostos, o gosto pela química, por ser uma área de conhecimento muito interessante, multidisciplinar, que abrange outras áreas do saber, e principalmente por correlacionar ou fazer parte de várias situações do nosso cotidiano. Outro fator que me motivou foi à carência de profissionais que atuam na área de química, já que são pouquíssimos professores licenciados em química. E com isso, professores de outras áreas do conhecimento assumem as aulas de química, o que não é benéfico para a educação, o que leva a acreditarmos numa aprendizagem química defasada, deficiente, fragmentada, uma educação e ensino que precisa ser repensado ou reestruturado profissionalmente.

1 INTRODUÇÃO

Numa abordagem construtivista, uma maneira de conceber a construção de conhecimentos é através do emprego de ideias familiares aos alunos. Nessa visão, analogias podem ser vistas como potenciais recursos didáticos, pois elas têm como função básica estabelecer um relacionamento entre similaridades de dois domínios, sendo que um dos domínios é familiar ao estudante (domínio da analogia), enquanto o outro não lhe é familiar (domínio do alvo) (CURTIS & REIGELUTH, 1984). As analogias são bastante utilizadas no ensino de ciências. Elas são apresentadas aos alunos pelos professores ou se encontram em livros didáticos apresentando função explicativa, isto é, apresentando uma explicação mais acessível ao aluno para algo de difícil compreensão. Nesse sentido, elas podem ser consideradas como modelos de ensino, uma vez que são representações criadas com o objetivo de ajudar os alunos a aprender aspectos do conteúdo ensinado (GILBERT & BOULTER, 1995).

Apesar das analogias serem modelos de ensino importantes no Ensino de Química, nem todos os professores enfoca tal relevância em suas aulas, ou até mesmo não utilizam como materiais instrucionais. Quando os professores utilizam uma analogia presente nos livros-texto ou elaborada por ele mesmo, ele tem condições de avaliar em que medida os alunos as compreenderam. Caso perceba que eles não compreenderam corretamente a analogia, o professor pode esclarecê-la ou explicá-la de uma forma mais completa. É comum também o professor usar mais de uma analogia para explicar um determinado conceito químico em função da percepção que ele tem das dificuldades que os alunos apresentam durante a aprendizagem (MONTEIRO, 2000).

Conforme Monteiro (2000), se considerarmos a falta de explicação das analogias apresentadas nos livros-texto pelo professor e/ou se o aluno tem livro-texto como único material de estudo, a única referência dos alunos é a descrição feita pelo autor. Assim, diferentemente do professor, os autores não possuem nenhum mecanismo para avaliar a compreensão das analogias pelos alunos. Nesse caso, acredita-se que os autores devem antecipar qualquer dificuldade que os alunos possam ter em relação a elas e acrescentar os elementos necessários para saná-las. É decorrente disso a necessidade de os autores apresentarem analogias

que sejam realmente bons modelos de ensino e a importância de estudos que analisem as analogias propostas em livros-texto.

No Brasil, Monteiro e Justi (2000) investigaram o uso de analogias somente em livros-texto, sendo observado que os autores de tais materiais fazem uso pouco expressivo de analogias, evidenciando o desconhecimento do seu potencial como modelo de ensino para a química. Muitas analogias encontradas em livros-texto do Brasil, não aplicam o domínio análogo e nem discutem suas limitações. Desta forma, é imprescindível estar atento quanto às maneiras de trabalhar com este tipo de modelo de ensino para que ele não distorça o processo de construção de conhecimentos pelo aluno, deixando lacunas que mais tarde possam ser preenchidas de maneira pouco satisfatória, desfigurando todo o planejamento, mas sim que seja um importante instrumento na promoção de modelos daquilo que não pode ser entendido com clareza ou facilidade, além de servir como ferramenta propulsora na assimilação e estruturação do conhecimento científico.

Como os conceitos presente no tema estrutura atômica são abstratos e de difícil compreensão, é viável que os livros-texto tragam as representações das analogias, cabendo no caso aos professores, fazerem uso delas como ferramentas auxiliares no ensino-aprendizagem de conteúdos. Contudo, será que os estudantes da terceira série do Ensino Médio realmente compreendem a representação do átomo através de analogias? Qual é o modelo atômico que os estudantes concebem ou representam a partir dessa abordagem? Estes questionamentos partem da natureza essencialmente abstrata da química, uma vez que é a área de conhecimento grande potencial para o uso de analogias como modelos de ensino. Apesar desse pensamento, como já foi mencionado por Monteiro (2000) existem poucos estudos que enfocam como elas são usadas por professores de Química ou por materiais instrucionais, tais como livros-texto.

Nesse sentido, este estudo se justificou pela utilização muitas vezes fragmentada e ineficaz das analogias na representação do modelo do átomo, e pela necessidade de acompanhar e diagnosticar a subsequente compreensão dos estudantes quanto aos modelos atômicos. Assim, concebem-se as analogias como recurso didático para auxiliar no ensino da química, já que a química é uma ciência que muitas vezes constrói seus conceitos científicos a partir de uma perspectiva abstrata, norteando diferentes níveis de descrição da matéria. Devido as grandes

dificuldades de compreensão dos conceitos químicos, a utilização das mesmas como um recurso para a explicação desses conceitos, pode se tornar um importante recurso didático (HARRISON, 2001; MONTEIRO e JUSTI, 2000).

Como se sabe, as transformações que ocorrem na realidade podem ser representadas por transformações no modelo que, como tal, não é uma cópia do real, mas uma representação parcial do mesmo. Uma realidade inacessível aos sentidos é explicada por meio de ideias e objetos similares àqueles existentes no mundo real. Nesta perspectiva, o modelo, apesar de fazer uso de uma analogia com objetos mecânicos reais, ultrapassa essa simples analogia, pois implica a criação de uma estrutura que não é idêntica ao real (ROMANELLI, 1996).

De acordo com Romanelli (1996), em trabalho desenvolvido com a temática centrada no professor como mediador no processo de ensino-aprendizagem do conceito do átomo, demonstrou a complexidade dessa relação através das dificuldades inerentes aos alunos em representar a abstrata ideia do átomo. Tanto nos desenhos quanto nas falas dos alunos, pode-se constatar, muitas vezes, uma confusão nos conceitos que envolvem o átomo.

Nessa ótica, considerando a importância do uso de analogias no ensino de ciências ou química, os problemas de aprendizagem dos modelos atômicos relatados na literatura em relação a estudos que investiguem como os alunos realmente entendem as analogias que lhes são apresentadas no processo de ensino, serão investigados nessa pesquisa, como os alunos da terceira série do Ensino Médio compreendem os modelos do átomo a partir das analogias usadas para apresentá-los e explicá-los.

Vale ressaltar ainda, que a analogia por se tratar de um modelo simplificado da realidade, também apresenta limitações e, nesse caso, cabe ao docente guiar os estudantes a essas percepções. Por exemplo, J. J. Thomson, ao longo do tempo, apresentou um modelo atômico dinâmico e sofisticado, com anéis vórtices, girostatos e corpúsculos (elétrons) em movimento, em que esses corpúsculos estariam distribuídos uniformemente em anéis concêntricos e coplanares, girando em alta velocidade dentro de uma esfera fluídica, pouco densa e de carga positiva. O modelo de J. J. Thomson foi capaz de explicar simplificadamente as combinações químicas e as propriedades elétricas da matéria, o mecanismo de transferência de carga e as condições em que o átomo apresentava estabilidade (THOMSON 1904a;

1904b; 1907). Tal sofisticação não se encontra implementada no modelo “pudim de passas” uma vez que os corpúsculos não exibem movimento, estando aleatoriamente distribuídos.

Este trabalho é composto por apresentação da introdução, seus objetivos gerais e específicos, os quais são atendidos e discutidos nas análises dos resultados. Revisão de literatura, dividida em seis seções, são elas: modelos e modelos de ensino; definindo analogias; analogias no ensino de ciências; analogias em livros didáticos de química do ensino médio; o átomo; estudando os conceitos de átomo; os níveis de representação do conhecimento químico. A metodologia, parte esta que se programou a sequência que seguiríamos no decorrer das atividades relacionadas. Resultados e discussões, nos quais podem ser observados os dados coletados e discussões das questões analisadas. Por fim, temos as conclusões que o atual trabalho nos proporcionou, onde se observou o alcance dos objetivos gerais e específicos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Investigar qual modelo atômico os estudantes da terceira série do Ensino Médio concebem por meio de representação analógica e, verificar se as analogias representadas estão de acordo ou semelhantes com as que são incorporadas nos livros-textos.

2.2 Objetivos específicos

- Averiguar qual representação do átomo é mais concebido pelos estudantes através de modelo analógico;
- Comparar as analogias representadas pelos alunos com as dos livros-texto;
- Identificar se a definição do que é o átomo condiz com sua representação;
- Observar se os estudantes fazem correlações entre modelos;
- Investigar as dificuldades apresentadas na representação do átomo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Modelos e modelos de ensino

Para Gilbert e Boulter (1995), modelos são os principais recursos ou ferramentas usadas pelos cientistas para produzir conhecimento e um dos principais produtos da ciência. Através de modelos, os cientistas formulam questões acerca do mundo; descrevem, interpretam e explicam fenômenos; elaboram e testam hipóteses; e fazem previsões. O desenvolvimento do conhecimento científico relativo a qualquer fenômeno relaciona-se normalmente com a produção de uma série de modelos com diferentes abrangências e poder de predição. Estas são razões suficientes para justificar a centralidade do papel de modelos no ensino e na aprendizagem de ciências.

Nessa visão, podem-se considerar os modelos como uma ferramenta de extrema relevância para entendimento dos fenômenos e conseqüentemente da Ciência. Um modelo deve ser compreendido como uma representação - de um objeto, processo, evento, sistema ou ideia - que se origina de uma atividade mental. Sendo assim, pode-se dizer que um modelo existe inicialmente como um modelo mental. O resultado de uma atividade mental não pode ser acessado diretamente, mas pode ser expresso através de ações, falas, escrita ou outra forma simbólica. Assim, o que se conhece de um modelo mental é o que se denomina de modelo expresso. No momento em que um modelo expresso é aceito por uma determinada comunidade científica, ou de pessoas, ele se torna um modelo consensual (GILBERT e BOULTER, 1995).

Modelos mentais, expressos e consensuais são ferramentas importantes no ensino e na aprendizagem de ciências. Enquanto tentam entender os conceitos científicos, ou solucionar alguns problemas a eles relacionados, os alunos elaboram seus próprios modelos mentais sobre o fenômeno estudado, que geralmente divergem bastante dos conceitos científicos. Considerando a necessidade de o ensino começar a partir do que o aluno sabe, os alunos devem ser conscientizados de seus modelos mentais. Nesse sentido, o professor deve dar oportunidade e criar situações para que seus alunos expressem de alguma maneira os modelos mentais que eles podem construir durante as aulas de química, e assim, discutir com eles as

ideias expressas em tais modelos. É importante também que o professor destaque as limitações não só em relação à forma de expressão de tais modelos, como ainda das ideias expressas nos mesmos. Dessa forma, os alunos terão melhores condições de entender como modelos são produzidos, utilizados e abandonados em ciência (MONTEIRO, 2000).

Com efeito, a natureza essencialmente abstrata dos modelos consensuais da ciência conduz as dificuldades no ensino e na aprendizagem dos mesmos. Em função dessas dificuldades emerge a importância do desenvolvimento de modelos de ensino com o propósito específico de ajudar os alunos a entenderem os modelos consensuais (MONTEIRO, 2000). De acordo com Justi (1997), um modelo de ensino é um objeto ou situação que é trazido para o contexto de ensino a fim de ajudar os alunos a “visualizarem” o objeto de estudo ou a situação pretendida em suas mentes. Isso significa que um modelo de ensino pode, ou não, existir em uma forma concreta. Com ênfase, a função de um modelo de ensino é fornecer suporte aos alunos a fim de que eles elaborem modelos mentais aceitáveis dos modelos consensuais. Sendo assim, um bom modelo de ensino deve apresentar os principais aspectos do modelo consensual ao qual ele se refere, deve ser desenvolvido a partir da consideração do conhecimento prévio dos alunos e das habilidades que eles possuem de lidar com entidades concretas e abstratas (GILBERT e BOULTER, 1995; JUSTI, 1997). Aqui dentre os modelos de ensino utilizados por professores e autores de livros-texto de Química, destaca-se as analogias.

3.2 Definindo analogias

Na literatura, uma analogia é definida como uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios diferentes (DUI, 1991). Entretanto, para que uma analogia seja um modelo de ensino útil, ela deve possuir um conteúdo que é familiar aos alunos e outro que é desconhecido por eles (REIGELUTH, 1983). Enquanto o aspecto familiar é chamado domínio da analogia, o aspecto desconhecido é chamado de domínio do alvo (CURTIS e REIGELUTH, 1984). Além de o domínio ser familiar, é necessário que o alvo seja suficientemente “difícil” para que os alunos utilizem a analogia como estratégia cognitiva. A função de uma analogia pode ser explicativa ou criativa. No primeiro caso, a analogia apresenta

novos conceitos em termos mais familiares para o indivíduo. No segundo caso, ela "estimula a solução de problemas existentes, a identificação de novos problemas e a elaboração de novas hipóteses" (GLYNN et al, 1989, p. 383).

De fato, a utilização de analogias vem sendo muito empregada no ensino de ciências e outras áreas do conhecimento. Este interesse pode ser explicado pelo fato de que as analogias facilitam na compreensão e construção do conhecimento pelo estudante, pois como já foi dito, ela tem como finalidade básica estabelecer uma ligação entre similaridades de dois domínios, sendo que um dos domínios é usual ao estudante domínio da analogia, enquanto o outro não lhe é familiar (CURTIS e REIGELUTH, 1984).

Conforme Mól (1999) o conceito de analogia é amplo e utilizado por diferentes autores com significado distinto. Para Duarte (2005), a analogia é o resultado da comparação de termos novos com outros já conhecidos; enquanto para Glynn, (1991), uma relação de semelhança ou dependência entre diferentes objetos; para outros ainda, um prolongamento de uma mera comparação, a partir da qual se tenta estabelecer múltiplas relações.

A analogia não pressupõe a existência de uma igualdade simétrica, mas antes uma relação que é assimilada a outra relação, com a finalidade de esclarecer, estruturar e avaliar o desconhecido a partir do que se conhece. Uma analogia pode ser entendida, portanto, como um processo cognitivo que envolve uma comparação explícita entre duas "coisas", ou um processo através do qual se identificam semelhanças entre diferentes conceitos, sendo um deles conhecido, familiar, e o outro desconhecido.

3.3 Analogias no ensino de ciências

Com ênfase, as analogias, os processos de criação, e teste de modelos desempenham um papel central e fundamental no ensino de Ciências (DUIT & TREAGUST, 2003). De acordo com Duit (1991), analogias podem ser valiosas no auxílio da construção do conhecimento, atuando por meio do desencadeamento da tensão cognitiva e do processo de relações entre os conhecimentos prévios e os novos. Dessa forma, práticas baseadas na utilização das analogias implicam em processos de aprendizagem segundo os princípios da perspectiva construtivista da

aprendizagem, ao favorecerem a existência de um “trânsito” entre o estranho e o familiar, as analogias podem levar o indivíduo a reestruturar suas informações e, em certos casos, formar um novo esquema ou acrescentar novas informações àquelas já formadas.

Além de favorecer o estabelecimento de relações entre um domínio que é familiar aos alunos e outro que lhes é desconhecido, a utilização de analogias tende a favorecer o envolvimento do aluno no processo de construção de seu conhecimento e, conseqüentemente, pode contribuir para aumentar a motivação deles em relação ao ensino de ciências (GLYNN, 1989). Segundo Justi e Gilbert (2006), analogias podem também ajudar os estudantes nos processos de produzir modelos e de expressá-los em diferentes formas de representação, seja ela no nível macroscópico, microscópico ou representacional.

Como já destacado, embora seja incompleto e não represente diretamente a realidade, um modelo (analogia) capacita o sujeito que o possui a fazer previsões ou dar explicações, quando trabalha com ele em sua imaginação. Por isso, o envolvimento de alunos em processos de elaboração e revisão de modelos tende a favorecer a ocorrência de aprendizagem significativa.

Cabe destacar também as desvantagens que o uso das analogias pode causar, pois o fato de o aluno, receber uma analogia pronta, pode não aceitá-la ou entendê-la com facilidade, tendo sérias dificuldades para a compreensão, isso pode ocorrer devido às analogias estarem fora do contexto sócio histórico dos alunos; as possíveis más interpretações ou não discernimento dos aspectos que são semelhantes e dos que são diferentes entre os domínios da analogia e do alvo; ao caso em que não haja um bom direcionamento, onde aspectos irrelevantes forem mais enfatizados do principal; e às analogias quando muito parecidas com seus domínios do alvo poder levar a generalizações e, conseqüentemente, a formas de raciocínios equivocadas (GLYNN, 1989).

As analogias por um lado, promove mudanças conceituais, abre novas perspectivas, esclarece o abstrato e motiva, e por outro lado, pode não surtir o efeito esperado, podendo vir se constituir uma “faca de dois gumes” (DUIT, 1991). Além disso, paralelo a Hodson (2003), o envolvimento ou participação de alunos em atividades de criação de modelos pode se transformar em excelentes oportunidades

para que os professores acompanhem o processo de expressão de suas ideias originais e de compreensão dos modelos científicos estabelecidos.

De acordo com Ferraz & Terrazzan (2003), a grande parte dos professores e autores de livros didáticos utilizam analogias de forma inconsciente ou automática. Assim, o presente trabalho induz o leitor a uma reflexão sobre como as analogias têm sido usadas na sua própria prática pedagógica, como também diagnosticar como os estudantes estão compreendendo e representando o átomo e/ou qual o modelo atômico eles concebem em tal representação.

3.4 Analogias em livros didáticos de química do ensino médio

Cada vez mais trabalhos com publicações na área de analogias têm sido relatados pela literatura (CARVALHO e JUSTI, 2008; JUSTI e MENDONÇA, 2008; HARRISON e TREAGUST, 2006; DUARTE, 2005; OLIVA, 2001, 2003 e 2004; KAPRAS, et al. 1997, DUIT 1991) contemplando discussões referente ao seu significado e relevância para o ensino de ciências, e feito uma análise das ideias dos professores em relação as mesmas como estratégia de ensino, incluindo pesquisas em livros didáticos de como elas tem sido empregadas pelos autores desses livros, e de como são utilizadas nas atividades didáticas (HARRISON, 2001).

As analogias existem provavelmente desde o início do desenvolvimento da linguagem, e dificilmente transcorre um dia sem que encontremos alguma, seja na linguagem falada seja em textos escritos (CURTIS & REIGELUTH, 1984), podendo se entendidas como um mecanismo para a comunicação humana (HARRISON & TREAGUST, 1993).

Sabe-se que os livros didáticos são importantes mecanismos de homogeneização de conceitos, conteúdos e abordagens de ensino, e em algumas ocasiões podem ser a única alternativa para a qual o professor recorre. Diante desse pressuposto, é relevante conhecer como as analogias são tratadas em livros de Química.

Para Raviolo e Garriz (2008), o papel do professor ao trabalhar as analogias apresentadas nos livros didáticos é fazer uma avaliação criteriosa dessas analogias para identificar quais aspectos são positivos e negativos das mesmas, para só então ter condições de julgar a conveniência das analogias para o ensino, e a

aprendizagem dos conceitos químicos, uma vez que, as dificuldades geradas pela utilização inadequada das analogias são justamente as barreiras que Bachelard (1996) denomina de obstáculos epistemológicos em seu trabalho.

Monteiro e Justi (2008), ao investigarem as analogias presentes nos livros didáticos de química destinados ao Ensino Médio, afirmaram que “em muitas das analogias apresentadas nos livros, os autores não identificavam a estratégia e não forneciam uma explicação do domínio análogo” (pag. 86). De fato, esse sem dúvidas deve ser um dos cuidados que o professor deve ter ao resolver fazer uso de analogias que já venham prontas em muito desses livros. Além disso, outro cuidado que o professor deve ter nesse sentido, está atrelado ao tipo de analogia que são encontradas nos livros didáticos, onde em muitas vezes a presença delas induzem a erros conceituais ou reforçam concepções alternativas que os alunos possuem em relação a vários conceitos químicos (MONTEIRO e JUSTI, 2008).

3.5 O átomo

Atualmente é consensual que a ideia de átomo surgiu na civilização grega, e de fato, à própria palavra vem do grego e une a partícula “a”, que denota negação, ao termo ‘tomo’, que significa cortar, dividir. Os conceitos de átomo, porém, só começaram a ser aceitos no final do século XVIII e início do século XIX, em função dos trabalhos de cientistas como o francês Antoine Lavoisier (1743-1794), o inglês John Dalton (1766-1844), o russo Dmitri Mendeleiev (1834-1907) e outros. Em 1860, entretanto, a questão ainda era polêmica, como revelam os registros do Congresso de Química realizado em Karlsruhe (Alemanha). A descoberta do elétron (1897) e a ideia de que o átomo podia ser “dividido”, a partir dos estudos do físico inglês Joseph Thomson (1856-1940), aliadas à observação de Ernest Rutherford (1871-1937) dos fenômenos radioativos, consolidaram os conceitos de átomo e molécula.

Desde o início do século XIX, porém, alguns cientistas já especulavam sobre o tamanho de átomos e moléculas. Contudo, a possibilidade de “ver” os átomos só surgiria em meados do século XX, graças às pesquisas do físico Erwin W. Müller. As primeiras imagens em que as fronteiras de átomos individuais podiam ser distinguidas foram obtidas em 1955 com o microscópio iônico de campo. Do ponto

de vista da mecânica quântica, podemos considerar o átomo como uma unidade básica de matéria que consiste num núcleo central de carga elétrica positiva envolto por uma nuvem de elétrons de carga negativa. De fato, o átomo é "a menor partícula da matéria que mantém suas propriedades massa e volume" (CASTILHO, 2003).

3.6 Estudando os conceitos de átomo

O átomo é um dos conteúdos centrais da química, o mesmo vem sendo pesquisado desde a Grécia antiga, o qual foi entendido como partícula indivisível. Desde esse tempo, até nossos dias atuais, o conceito de átomo vem sendo reformulado e aprimorado. As teorias descrevem e explicam a estrutura do átomo de maneira variada, com modelos conceituais distintos. É notável que os conceitos de átomo sejam um dos mais importantes na química, dado seu poder explicativo. O modelo atômico contemporaneamente empregado na pesquisa em química deriva, em grande parte, de conceitos oriundos da teoria quântica (CUNHA, et al, 2008).

Com efeito, ao longo do século XX, esta teoria constituiu-se como uma orientação importante para o estudo da matéria, de modo que, tornou-se um componente indispensável do pensamento químico atual. Temos como pressuposto que o ensino da química no nível médio de escolaridade é relevante como mais um modo de compreender o mundo. Para tanto, é importante que os estudantes se apropriem parcialmente do pensamento químico e estudem conhecimentos químicos atualizados.

Nesse trabalho, ou/e qualquer outra instância do conhecimento se defende que o estudo da composição dos materiais não deve se dar apenas no nível macroscópico, pois estaria se restringindo ao conhecimento do século XVIII. Desse modo, o entendimento da composição química deve incluir a compreensão da natureza particulada da matéria e, especificamente, o estudo dos átomos como constituintes dos materiais. Em outras palavras, consideramos necessário o estudo dos materiais em nível microscópico, o que implica no estudo dos átomos e de seus constituintes (SILVA e CUNHA, 2008).

Entretanto, ao se falar no nível microscópico dos materiais no Ensino Médio, que modelo para o átomo deve ser estudado? Cunha et al, (2008), defendem o estudo da construção histórica do modelo atômico, de partícula indivisível ao modelo

quântico atual. Tal proposição não significa a defesa de um ensino para a memorização dos números quânticos e/ou distribuição eletrônica nos átomos, ou mesmo a pretensão de uma abordagem matemática aprofundada do modelo, demasiada para esse nível de escolaridade.

O discutível é que o modelo atômico quântico explica mais e melhor os dados empíricos que os modelos que o antecederam, o que lhe confere maior relevância cultural na atualidade, tornando-o de singular importância para a discussão dos modelos químicos da matéria. A discussão do ensino do modelo atômico quântico como conteúdo escolar não tem recebido a devida atenção: uma revisão nas principais revistas brasileiras de ensino de química/ciências revelou que, nos últimos anos, apenas um artigo trata da matéria (PESSOA, 2007). Localizou-se outro artigo, anterior a esse período, dirigido a professores do Ensino Médio (ALMEIDA; SANTOS, 2001). Ambos os textos não consideram a questão da transposição didática de conceitos quânticos para o Ensino Médio (PEREIRA; CAVALCANTI; OSTERMANN, 2009).

De fato, percebe-se que o desenvolvimento do conceito átomo em sala de aula demanda um processo de ensino e aprendizagem que envolve noções abstratas - a concepção de modelos, palavras e símbolos. O processo de apropriação do conceito pode adquirir características muito complexas em vista do reconhecimento de que esse conceito é um modelo científico e, como tal, transitório, uma hipótese que contribui para a interpretação da constituição e das propriedades das substâncias.

A aprendizagem do conceito átomo, por escapar à esfera das percepções, passa a demandar da palavra um papel diferenciado. Na experiência intuitiva, no cotidiano, a palavra aparece mediando a relação das pessoas com a experiência empírico-concreta. Não são mais assim a construção de conceitos científicos, em especial conceitos que envolvem modelos, pois em relação a esses, os trabalhos em nível de proposições de linguagem substitui a experimentação sensorial (VYGOTSKY, 1989, p. 71-101).

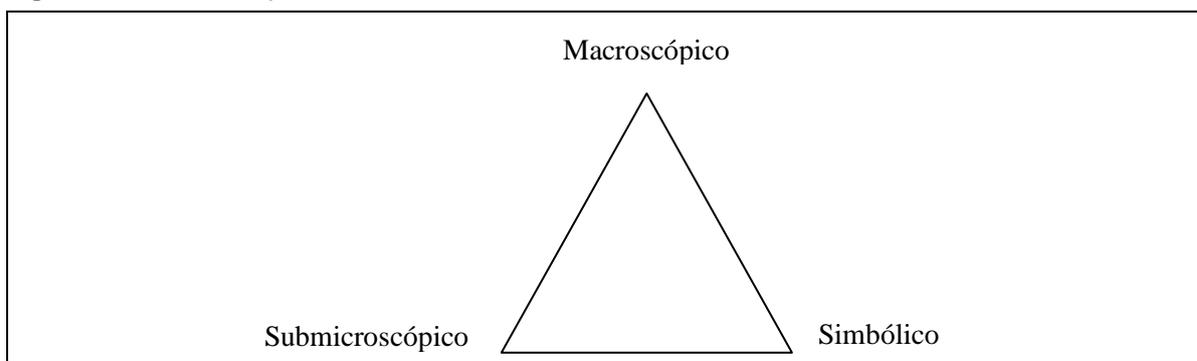
3.7 Os níveis de representação do conhecimento químico

A grandeza educacional dos processos de ensino e aprendizagem de química, que envolve a constante manipulação de fenômenos, símbolos e modelos,

faz com que a habilidade de manejo e compreensão de diferentes sistemas sóicos seja ponto crucial não só no processo de construção do conhecimento químico, mas, também, em seu processo de enculturação pelos alunos.

Em relação aos níveis de representação do conhecimento químico, em diversos artigos Johnstone, (1982, 1993, 2000, 2010), foi um dos primeiros pesquisadores a propor um modelo para a representação do conhecimento químico, o qual subdivide em três diferentes níveis, associados segundo o notório triângulo de Johnstone (Figura 1). Essencialmente, o modelo propõe: um nível perceptivo ou concreto (nível macroscópico), um nível molecular ou atômico (nível submicroscópico), e um terceiro nível, o representacional (nível simbólico), que corresponde aos símbolos, às equações e formulas químicas. No ano de 2000, Johnstone denomina seu modelo como “componentes de uma nova Química”, passando a ser “formas de uma natureza para a Química” (JORGE; REZENDE; WARTHA, 2013).

Figura 1: Os três componentes básicos da “nova Química”.



Fonte: (WARTHA e REZENDE, 2011). Figura adaptada por JOHNSTONE 1993, 2000).

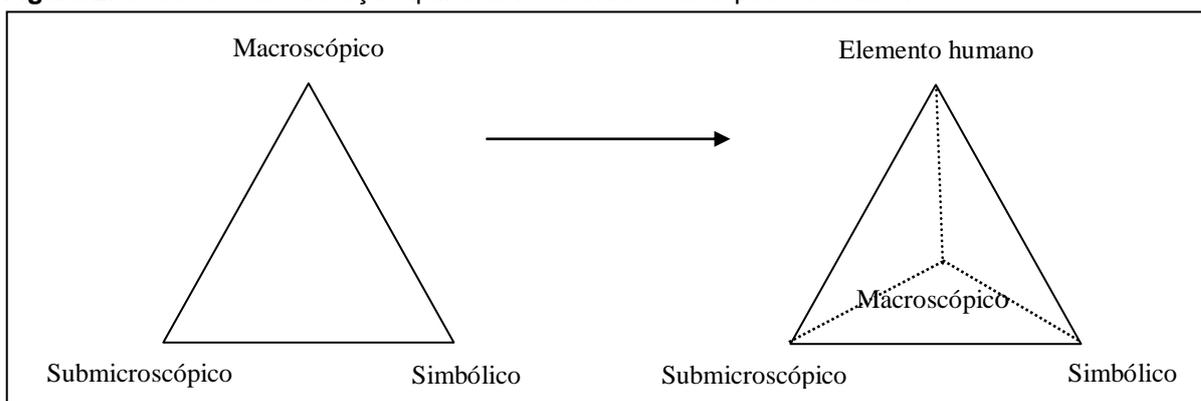
Baseado nesse triângulo, Johnstone ressalta que boa parte das dificuldades da aprendizagem em Química se deve ao fato de que, o processo de ensino e aprendizagem em química, se dá quase que exclusivamente em apenas um dos vértices do triângulo (macroscópico e simbólico), deixando de lado aspectos mais estruturais (correspondente ao vértice do submicroscópico) privando o aluno da sua capacidade de modelagem. De fato, existe uma tendência dos alunos para explicarem os fenômenos químicos no plano macroscópico, uma vez que dificilmente possuem competências ou de recursos simbólicos, no plano mental, para compreensão das transformações químicas num nível que requer uma maior capacidade de abstração como é o caso do nível submicroscópico.

Amparado na psicologia de Ausubel, Johnstone (1982; 1993) defende a ideia de que no processo de ensino e aprendizagem em Química o aluno deverá se mover no interior do triângulo lidando com os três componentes da Química representados nos três vértices do triângulo. De acordo com esse modelo, uma transformação química pode ser explicada em cada um dos três componentes. No nível macroscópico, como descrição da situação empírica, no nível submicroscópico pode explicá-la pelo modelo de partículas e no nível simbólico, representa-se a transformação química por fórmulas e equações.

Treagust et al (2003) relacionam os níveis de representação com tipos de explicações científicas, a saber: analógica, antropomórfica, relacional, baseada em problemas e baseada em modelos. A questão central desse trabalho se concentra no papel que os níveis simbólicos e sub-microscópicos de representação desempenham na compreensão do fenômeno químico e na forma como estas representações fazem sentido no processo de aprendizagem.

Kermena e Méheut (2009), ao analisarem o novo currículo francês para a disciplina de Química, identificaram que os estudantes usam diferentes modelos para interpretar as transformações químicas, e que os estudantes privilegiam um modelo em relação a outros embora empreguem diferentes modelos. No caso específico de cinética química, a maioria dos estudantes praticamente não usa os dois modelos macroscópicos e nenhum estudante recorreu ao modelo cinético microscópico. Ao buscar compreender a razão dos estudantes apresentarem modelos explicativos incompletos, as autoras propõem um novo esquema (Figura 2) para interpretar a relação entre os diferentes níveis do conhecimento químico.

Figura 2: Tetraedro da educação química: nova ênfase no aspecto humano.



Fonte: (WARTHA e REZENDE, 2011). Figura adaptada por KERMEN e MÉHEUT, 2009.

Na Figura 2, observamos que Kermen e Méheut (2009) não usam a figura do triângulo de Johnstone (1982), mas sim a figura de um tetraedro porque distinguem o nível empírico (macro) dos modelos macroscópicos que o interpreta. Por outro lado, afirmam que as representações simbólicas são usadas para nomear e descrever componentes de modelos tanto macroscópico como microscópico (segunda parte do nível empírico). Acreditam que o modelo do tetraedro poderia ser uma ferramenta útil para professores perceberem com que frequência os modelos explicativos dos alunos se movem de um nível a outro e, principalmente identificar as dificuldades que os estudantes apresentam para interpretar fenômenos químicos.

No tetraedro proposto pelas autoras, apresenta-se uma ampliação, que adiciona o “elemento humano” ao triângulo proposto de Johnstone, defendendo nesse caso, a presença de um quarto vértice (Figura 2), objetivando enfatizar a influência ou existência dos processos econômicos, políticos, ambientais, sociais, históricos e filosóficos relacionados à construção do conhecimento químico e de seu ensino, além de destacar o aspecto humano do próprio aprendiz, o que levaria a maior presença de estratégias metodológicas como estudos de caso e projetos investigativos (KERMEN, e MÉHEUT, 2009).

4 METODOLOGIA

De acordo com Bogdan e Biklen (1994) a metodologia de uma pesquisa pode ser considerada qualitativa de caráter descritiva, quando sua investigação está orientada principalmente na coleta descritiva de dados e na conduta observável de um determinado fenômeno, e também quantitativa, a qual considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las.

Baseando-se nas ideias dos autores acima citados, utilizou-se neste trabalho uma metodologia caráter quantitativa e qualitativa descritiva, uma vez que se tem a necessidade de trabalhar com utilização de análise dados com números, tabelas, e investigação apresentada por palavras, e desenhos, no caso, as analogias referentes aos modelos atômicos.

Neste trabalho, os procedimentos foram voltados para análises de estudo de caso, que é um método específico de pesquisa de campo. Estudos de campo são investigações de fenômenos que ocorrem, sem qualquer interferência significativa do investigador (FIDEL, 1992).

Partindo do tema analogias nos livros didáticos do Ensino Médio e os consequentes modelos atômicos os estudantes concebem, elaborou-se um questionário estruturado, o qual está padronizado e, composto por três perguntas subjetivas (Tabela 1).

Tabela 1 - Questões que foram aplicadas.

Q₁ Descreva ou explique o que é o átomo.

Q₂ Represente ou desenhe o átomo.

Q₃ Diga por que você desenhou este átomo.

Fonte: Produção do autor.

Neste caso, como instrumentos de coleta de dados, utilizamos o questionário com uma pergunta descritiva sobre o átomo, uma questão quanto à representação do átomo e, outra sobre o porquê do desenho de tal modelo atômico.

As questões foram direcionadas 120 estudantes da terceira série do Ensino Médio, tendo estes uma faixa etária entre 16 e 22 anos. O questionário foi aplicado

no Pré-vestibular da UPE (PREVUPE). A pesquisa envolveu estudantes de 12 cidades somando um total de 17 escolas públicas situadas na Microrregião de Garanhuns-PE, das quais 12 são Escolas de Referência em Ensino Médio (EREM), enquanto 5 são do Ensino Regular. A escolha do Pré-vestibular para se realizar a pesquisa é devido o elevado número de cidades, escolas e, de discentes, tendo nesse caso, uma amostra significativa para se obter resultados mais confiáveis, o que de fato facilitou na argumentação dos resultados.

Para facilitar o desenvolvimento da pesquisa, as análises foram realizadas ou organizadas em etapas:

Na primeira etapa, fez-se uma seleção de 5 livros-texto de química, selecionados porque são os mais comumente usados na rede pública de ensino, sendo realizado uma breve análise dos livros didáticos selecionados.

Na segunda etapa, averiguamos qual modelo atômico (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, Nuvem Eletrônica) os estudantes representaram em suas analogias.

Na terceira etapa, as analogias representadas foram comparadas ou confrontadas com as incorporados nos livros-textos. Como os alunos investigados foram do Ensino Médio, implicou realizar as pesquisas com livros desta modalidade de ensino, sendo no caso obras do 1º ano, ou seja, Volumes 1. É importante destacar que o material de análise ou comparativo, são obras aprovadas pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), que tem como principal objetivo subsidiar o trabalho pedagógico dos professores por meio da distribuição de coleções de livros didáticos aos alunos da educação básica. Sendo assim, esses livros da rede pública de ensino. Também se considerou livros de anos anteriores, onde todos receberam códigos de identificação, isso para facilitar as discussões. Este momento foi bastante interessante, ao ponto que se identificou se a definição trazida pelos livros sobre como se define o átomo convergiu ou divergiu da representação analógica dos estudantes.

Na quarta etapa, observamos se os estudantes fazem correlações entre modelos, isso no que se diz a respeito da representação e da descrição. Com isso, foram notadas as dificuldades apresentadas pelos mesmos na representação do átomo.

Todos os dados coletados foram tratados à luz de análise de conteúdo, conforme nos ensina Bardin (2010), uma vez que as respostas dos alunos foram analisadas e explicadas a partir de uma fundamentação teórica. Assim, os resultados dos alunos foram analisados a partir de um processo dinâmico através da criação e aplicação de categorias, tendo em vista que a criação de categorias é o ponto crucial da análise de conteúdo e, nesse caso, o conteúdo analisado foram às respostas das três questões do questionário.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises dos livros-textos

Nesta seção, apresentamos uma breve análise dos livros didáticos selecionados. A Tabela 2 apresenta detalhes dos livros, tais como, títulos, autores, editoras, ano de publicação (impressão) do exemplar analisado e edição. Enquanto no Quadro 1, podemos visualizar os próprios livros analisados e os respectivos modelos do átomo incorporados em sua impressão.

É relevante enfatizar que o material de análise ou comparativo, são obras aprovadas pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), que tem como principal objetivo subsidiar o trabalho pedagógico dos professores por meio da distribuição de coleções de livros didáticos aos alunos da educação básica. Implantado em 2004, pela Resolução nº 38 do FNDE, o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) prevê a universalização de livros didáticos para os alunos do ensino médio público de todo o país.

As analogias referentes aos modelos atômicos representadas pelos alunos foram comparadas e confrontadas com as dos livros-textos para se analisar o nível de convergência ou divergência de tais representações. Para isso, fez-se necessário uma seleção de 5 livros-texto de química, os quais são os mais comumente usados na rede pública de ensino, e com isso, realizou-se um bom comparativo sobre as analogias que estão incorporadas nos mesmos. Como os alunos investigados foram do Ensino Médio, implicou realizar as pesquisas com livros desta série de ensino, sendo no caso obras do 1º ano, ou seja, Volumes 1, visto que os modelos atômicos são conteúdos estudados nesse nível de ensino. Para organizar melhor este estudo, os livros receberam códigos de identificação: Livro (A), Livro (B), Livro (C), Livro (D) e Livro (E).

Tabela 2 - Livros analisados e os respectivos títulos, autores, editoras, ano de publicação (impressão) do exemplar analisado e edição.

Livro	Título	Autor (es)	Editora	Ano	Edição
(A)	Química de olho no mundo do trabalho	Geraldo Carvalho e Celso Souza	Editores Scipione	2004	1ª edição
(B)	Química Geral	Ricardo Feltre	Editores Moderna	2004	6ª edição
(C)	Química na abordagem do cotidiano	Francisco Peruzzo e Eduardo Canto	Editores Moderna	2006	4ª edição
(D)	Química Ensino Médio	Martha Reis	Editores Ática	2013	1ª edição
(E)	Química Cidadã	Wildson Santos e Gerson Mól	Editores AJS	2013	2ª edição

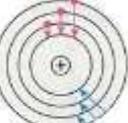
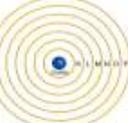
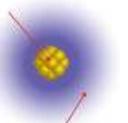
Fonte: Produção do autor.

Como mostra a Tabela 1, este estudo foi desenvolvido através de livros didáticos de autores diferentes, isso para se perceber a existência ou não de diferenciação das analogias ou representações atômicas trazidas pelos mesmos.

Outro fator importante também é a linha do tempo entre as obras analisadas. Isso porque os livros de código (A) e (B) já tem mais de uma década em relação ao nosso ano atual e praticamente uma década em relação aos livros de código (D) e (E).

Mesmo assim, percebemos que esses livros não apresentam diferença significativa entre às representações analógicas para o mesmo tipo de modelo do átomo como mostra o Quadro 1.

Quadro 1: Livros analisados e os respectivos modelos do átomo.

Modelos do átomo	Livro (A)	Livro (B)	Livro (C)	Livro (D)	Livro (E)
Modelo de Dalton					
Modelo de Thomson					
Modelo de Rutherford					
Modelo de Bohr					
Modelo Quântico					

Fonte: Produção do autor.

Ao observarmos o modelo de Dalton, verificamos que todos os livros apresentam o mesmo tipo de representação e abordagem conceitual para o átomo, podendo ser resumido como uma partícula extremamente pequena, maciça, indivisível e eletricamente neutra. Porém, apenas o Livro (A) faz uma analogia para tal representação, como sendo uma bola de bilhar, mas uma bola de dimensões microscópicas.

Em relação ao modelo atômico de Thomson, todos os livros consideram que o átomo é uma esfera de carga elétrica positiva, não maciça, incrustadas de elétrons (negativos) de modo que sua carga elétrica total é nula. Além disso, um modelo análogo para o átomo é comum em todas as obras, no caso, o átomo como um “pudim de passas”. Mesmo assim, apenas o Livro (A) traz uma própria imagem de um pudim, todos destacam essa analogia, como ainda a divisibilidade do átomo ao

considerar as cargas positivas e negativas, e conseqüentemente a natureza elétrica da matéria.

Para o modelo de átomo de Rutherford, os livros textos trazem as mesmas ideias para o átomo, tendo este duas regiões: uma central, denominada núcleo, constituída por partículas carregadas positivamente, chamadas prótons, e por partículas sem carga, denominadas nêutrons, que dariam estabilidade ao acúmulo de cargas positivas; e outra região ao redor da central, a eletrosfera, constituída por partículas carregadas negativamente, denominadas elétrons, e isso podemos observar nitidamente nas imagens do Quadro 1. Em termos de analogia, todos os livros textos representa analogicamente o átomo como sendo semelhante ao sistema solar: o núcleo representaria o Sol; e os elétrons seriam os planetas, girando em órbitas circulares e formando a chamada eletrosfera.

No que se diz a respeito ao modelo atômico de Bohr, as obras analisadas abordam as mesmas concepções de átomo, isso baseado em dados experimentais para átomos de hidrogênio, os quais demonstram que os elétrons podem passar de um nível de energia para outro. Segundo os estudos de Bohr, os elétrons que estão nos níveis energéticos mais baixos ocupam uma região mais próxima do núcleo; os que estão em níveis energéticos mais altos ocupam regiões mais afastadas. De acordo com o trabalho de Bohr, ao receber energia, os elétrons “saltam” para os níveis energéticos mais afastados do núcleo. Com efeito, todos os livros-texto trazem essa ideia para o átomo, as quais ficaram conhecidas como postulados de Bohr. Como pode se observar no Quadro 1, as representações são bem convergentes, mostrando um núcleo e ao seu redor, camadas eletrônicas ou níveis de energias que para este estudo apresentam o mesmo significado. Cabe destacar que este modelo não é conhecido analogicamente.

Enquanto o modelo quântico para o átomo, também conhecido como modelo da nuvem eletrônica, apenas os livros (B) e (E) incorpora em sua impressão concepções da mecânica quântica, nas quais traz a ideia de orbital como sendo a região no espaço em que há maior probabilidade de encontrarmos o elétron. A partir dessa visão se criou o modelo atômico atual, no qual, sabe-se que o elétron não está em uma posição definida, como defendia o modelo atômico de Bohr. O que se tem é uma região (nuvem eletrônica) que indica a probabilidade de onde é possível encontrar o elétron. De fato, tanto o livro (B), como o livro (E) defende essa

concepção de átomo, pois analogicamente, esse modelo representa uma região densa comparada a uma nuvem carregada onde se podem encontrar elétrons, por isso se designou modelo da nuvem eletrônica.

5.2 Descrição do que é o átomo pelos alunos

Essa foi à primeira etapa destinada aos alunos na qual questionamos sobre o que é átomo. Aqui, verificamos como eles se encontravam quanto à compreensão conceitual dos modelos atômicos. Sem sombra de dúvidas os resultados encontrados não divergem dos que esperávamos, uma vez que o conceito de átomo pode ser entendido forma variada, seja através de analogias ou a partir da criação modelos de outros modelos de ensino.

Assim, as respostas dos participantes foram enquadradas quanto ao nível de entendimento sobre o átomo em cinco categorizações. Nas categorias, consideramos desde o nível zero para aquelas resposta totalmente divergente até as respostas mais convergentes possíveis, para as quais atribuímos um nível 4 o que vai de encontro com a literatura.

Nesse sentido, buscamos o máximo possível entender e comparar as respostas dos alunos com a literatura. A abordagem conceitual mencionada sobre o que é átomo para confrontar com os resultados é a de Castilho (2003). Consideramos uma abordagem conceitual crescente de acordo com os níveis das categorias, como também, conforme os avanços dos modelos atômicos, desde a unidade básica da matéria defendida por Jon Dalton, até o modelo quântico da matéria.

A seguir podemos observar na Tabela 4 a abordagem conceitual considerada, como também os percentuais de explicação sobre o que é átomo defendido pelos alunos.

Tabela 3 - Descrição do que é átomo, níveis de adequação com a literatura.

Níveis	Abordagem conceitual	Percentuais de explicação e adequação aos objetivos específicos atingidos
0	Resposta divergente	13,3%
1	Unidade básica de matéria	45,8%
2	Unidade básica de matéria constituída por cargas positivas e negativas	36,6%
3	Unidade básica de matéria constituída um núcleo (prótons, elétrons e nêutrons)	2,5%
4	Unidade básica de matéria que consiste num núcleo central de carga elétrica positiva envolta por uma nuvem de eletrônica de carga negativa	1,6%

Fonte: Abordagem conceitual (CASTILHO, 2003).

Observando a tabela pode-se inferir que a grande parte descreve o átomo como unidade básica da matéria, no caso um total de 45,8%.

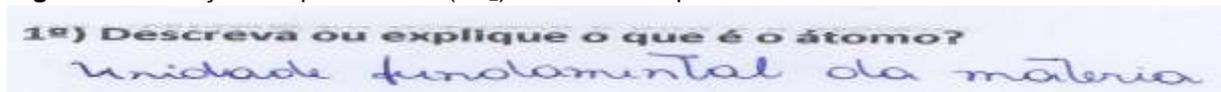
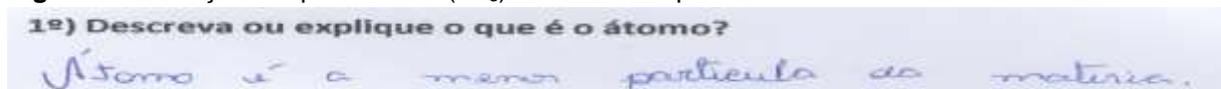
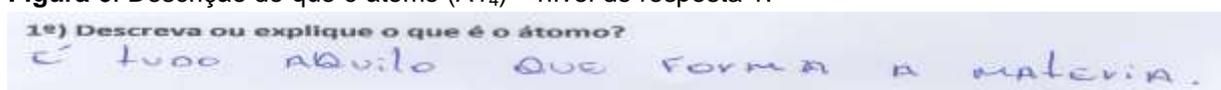
Figura 3: Descrição do que é átomo (A1₁) – nível de resposta 1.**Figura 4:** Descrição do que é átomo (A1₂) – nível de resposta 1.**Figura 5:** Descrição do que é átomo (A1₃) – nível de resposta 1.**Figura 6:** Descrição do que é átomo (A1₄) – nível de resposta 1.

Figura 7: Descrição do que é átomo (A1₅) – nível de resposta 1.

1º) Descreva ou explique o que é o átomo?
 É a menor partícula que compõe a matéria

Enquanto 36,6% vão além da unidade básica, os quais consideram que o átomo constituído por cargas positivas e negativas.

Figura 8: Descrição do que é átomo (A2₁) – nível de resposta 2.

1º) Descreva ou explique o que é o átomo?
 Átomos são partículas que podem ser divididos em elétrons, prótons e nêutros.

Figura 9: Descrição do que é átomo (A2₂) – nível de resposta 2.

1º) Descreva ou explique o que é o átomo?
 É uma partícula pequena, formada de por elétrons e nêutrons. (prótons)

Figura 10: Descrição do que é átomo (A2₃) – nível de resposta 2.

1º) Descreva ou explique o que é o átomo?
 É uma unidade básica onde possui cargas positivas e negativas.

Figura 11: Descrição do que é átomo (A2₄) – nível de resposta 2.

1º) Descreva ou explique o que é o átomo?
 O átomo é uma partícula muito pequena, composta por prótons (+), elétrons (-) e nêutrons.

Figura 12: Descrição do que é átomo (A2₅) – nível de resposta 2.

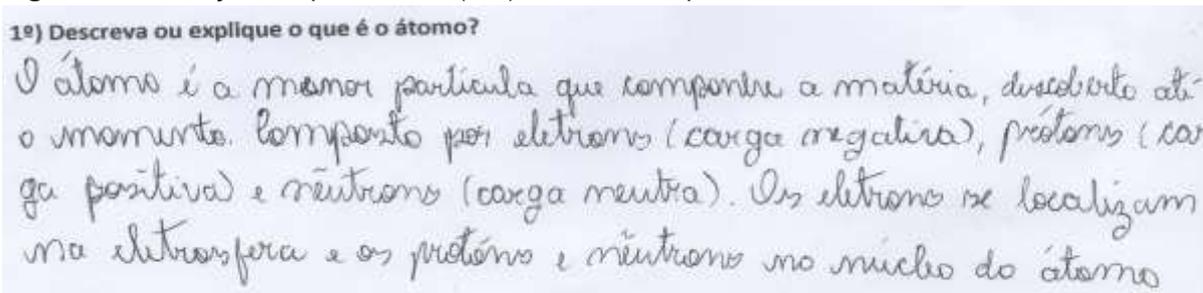
1º) Descreva ou explique o que é o átomo?
 É uma partícula constituída por nêutrons, prótons e elétrons.

Figura 13: Descrição do que é átomo (A2₆) – nível de resposta 2.

1º) Descreva ou explique o que é o átomo?
 Está presente em qualquer tipo de matéria existente, ou seja a partícula principal de toda matéria. Constituído por prótons e nêutrons ou cargas positivas e negativas.

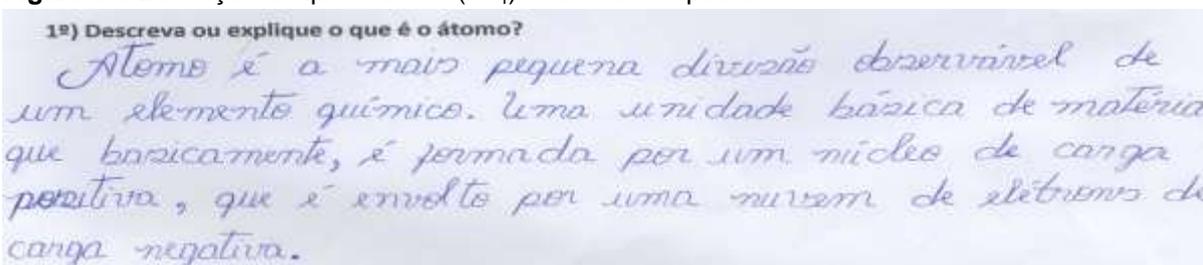
Por outro lado 2,5% levam em conta que o átomo apresenta um núcleo, no qual contém prótons, elétrons e nêutrons. A Figura 14 mostra a descrição do que é átomo por (A3):

Figura 14: Descrição do que é átomo (A3₁) – nível de resposta 3.



Apenas 1,6% descreveram uma ideia completa de átomo, conforme o modelo quântico, os quais definiram que o átomo é uma unidade básica da matéria que contém um núcleo central de carga elétrica positiva envolta por uma nuvem de eletrônica de carga negativa. A seguir pode-se observar a descrição do que é átomo por (A4):

Figura 15: Descrição do que é átomo (A4₁) – nível de resposta 4.



Quanto à resposta divergente, ou seja, à compreensão equivocada do que é átomo, verificou-se que 13,3% dos participantes se enquadraram nessa categoria.

Nota-se que a abordagem conceitual referente ao modelo quântico foi pouquíssimo mencionado pelos alunos. O que está atrelado à falta de conhecimento sobre o mesmo. O que podemos enfatizar a partir dos resultados dos participantes, é que conforme observações realizadas nos estágios supervisionados e no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência - PIBID é percebido que nunca um professor do ensino médio falou no modelo quântico para átomo em sala de aula. Não que os modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford ou Bohr estejam errados, ou até mesmo não sirva para explicar a matéria. O discutível é que o modelo atômico quântico explica mais e melhor os dados empíricos que os modelos que o antecederam, o que lhe confere maior relevância cultural na atualidade, tornando-o de singular importância para a discussão dos modelos químicos da matéria.

A questão é que a discussão do ensino do modelo atômico quântico no ensino de química não tem recebido a devida atenção: uma revisão nas principais revistas brasileiras de ensino de química/ciências revelou que, nos últimos anos, apenas um artigo trata da matéria (PESSOA, 2007). Localizou-se outro artigo, anterior a esse período, dirigido a professores do Ensino Médio (ALMEIDA; SANTOS, 2001). Ambos os textos não consideram a questão da transposição didática de conceitos quânticos para o Ensino Médio (PEREIRA; CAVALCANTI; OSTERMANN, 2009).

Com efeito, percebe-se que o desenvolvimento do conceito átomo em sala de aula demanda um processo de ensino e aprendizagem que envolve noções abstratas - a concepção de modelos, palavras e símbolos. O processo de apropriação do conceito pode adquirir características muito complexas em vista do reconhecimento de que esse conceito é um modelo científico e, como tal, transitório, uma hipótese que contribui para a interpretação da constituição e das propriedades das substâncias (VYGOTSKY, 1989). As respostas dos alunos em relação especial aos níveis ou categorias 2 e 3 nos levam a pensar e acreditar que o ensino é fragmentado quando se refere aos conceitos de átomo. Isso porque são respectivamente 45,8% e 36,6%, totalizando nos dois níveis 84,2% o que mostra uma porcentagem muito alta para um nível de conhecimento elementar.

É indiscutível que o desenvolvimento do conceito átomo em sala de aula demanda um processo de ensino e aprendizagem que envolve noções abstratas, entretanto jamais isenta a professor aprofundar o estudo de tais conceitos. De certa maneira a noção básica do que é átomo pelos alunos sem considerar um núcleo como foi defendido pela maioria pode ser decorrente de um ensino que enfrenta ainda sérias deficiências e que muitas vezes professores tem resistência à mudança e não buscam se aperfeiçoar, se limitando assim, ao básico.

Podemos destacar ainda para essa faceta, a carência de professores formados nessa área de ensino, isso no ponto de vista que professores de outras áreas do conhecimento assumem as aulas de química no ensino médio e se deparam com grandes dificuldades em ministrar e trabalhar conceitos dessa natureza. É percebido que as Escolas de Referências em Ensino Médio - EREM não têm quebrado ou superado ainda essa barreira, visto que o ensino não diverge do tradicional ensino regular.

Ao referirmos ao nível zero, ou seja, a resposta divergente aí sim é mais preocupante, visto que 13,3% apresentaram respostas sem conexão aos conceitos do átomo. A seguir pode-se observar respectivamente a descrição do que é átomo por (A0₁) e (A0₂):

Figura 16: Descrição do que é átomo (A0₁) – nível de resposta 0.

1º) Descreva ou explique o que é o átomo?

Partículas de moléculas e células

Figura 17: Descrição do que é átomo (A0₂) – nível de resposta 0.

1º) Descreva ou explique o que é o átomo?

Átomo é composto por várias substâncias e é também conhecida por átomo de carbono.

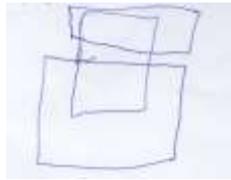
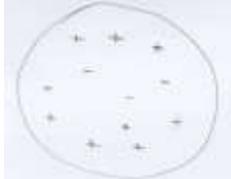
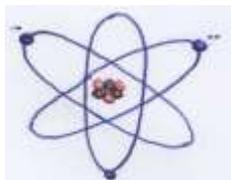
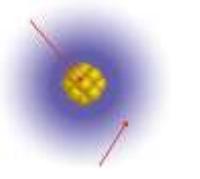
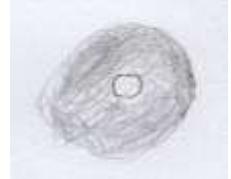
Aqui não podemos dizer que o professor seja culpado por tal desempenho ou resposta. Mesmo o professor trabalhando conceitos básicos, não justifica tremenda ausência de conteúdo pelos alunos. Sendo assim, o problema está no próprio alunado, seja porque esqueceu, ou até mesmo por não ter concedido a mínima atenção à aula referente à atomista.

5.3 Representação do átomo pelos alunos

Nesta etapa foi solicitado para que os alunos desenhassem o átomo. Assim, analisamos quais modelos atômicos foram mais representados: Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr ou Modelo Quântico da matéria. Com isso verificamos como os alunos se encontravam quanto à compreensão representacional dos modelos atômicos.

A seguir no Quadro 2, pode-se observar a comparação entre a literatura e os modelos mais representados pelos alunos.

Quadro 2: Livros comparados e percentuais de cada modelo de atômico representado pelos alunos.

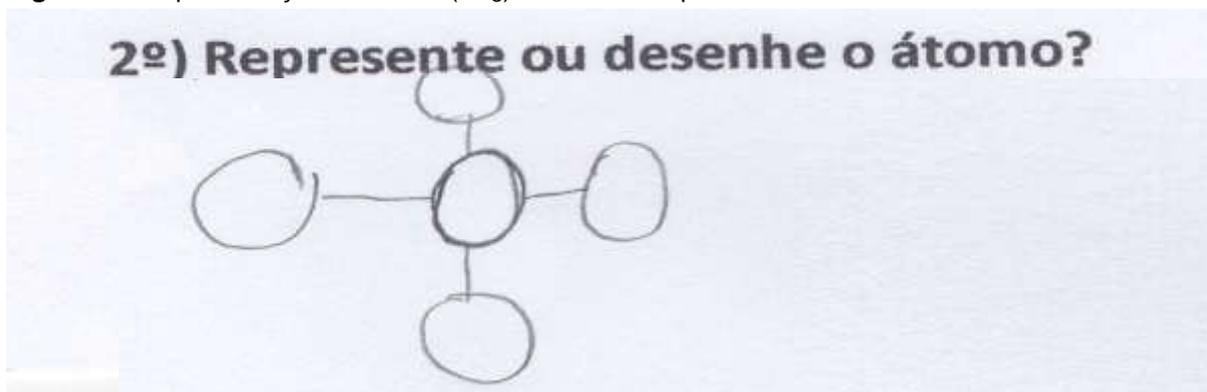
Modelos para átomo	Livro comparado	Representação atômica do livro	Representação atômica dos alunos	(%)
Não Desenhou	---	---	---	5,83%
Modelo Divergente	---	---		20,83%
Modelo de Dalton	Livro (E) (Química Cidadã)			3,33%
Modelo de Thomson	Livro (E) (Química Cidadã)			6,66%
Modelo de Rutherford	Livro (E) (Química Cidadã)			53,33%
Modelo de Bohr	Livro (E) (Química Cidadã)			9,16%
Modelo Quântico	Livro (E) (Química Cidadã)			0,83%

Fonte: Produção do autor.

O Quadro 2 mostra as representações atômicas dos alunos que mais se aproximaram com a literatura. Com efeito, podem-se observar desenhos bem convergentes em comparação com os modelos atômicos dos livros-textos.

Podemos notar que 5,83% dos alunos não desenharam o átomo, e segundo eles em suas justificativas, isso foi devido ao fato de não ter lembrado, e de não ter estudado na escola. Assim, acreditamos que esses alunos apresentam uma deficiência cognitiva enorme, uma vez que o átomo é um dos conceitos centrais da química, e mesmo o professor tendo certas dificuldades de vivenciar os conceitos relativos, ou seja, de trabalhar todos os modelos presentes nos livros didáticos, ele procurará em fazer exposição de conteúdos referente de no mínimo um modelo, seja o de Dalton, Thomson, Rutherford ou Bohr. Ao se observar o Quadro 2, 20,83% dos alunos representaram modelos para o átomo divergente da literatura, sendo nitidamente é um percentual considerado elevado, o que também acreditamos está atrelado à deficiência conceitual dos alunos. A seguir na Figura 18, mostra outro de tipo de modelo para o átomo que diverge da literatura.

Figura 18: Representação do átomo (A0₃) – nível de resposta 0.

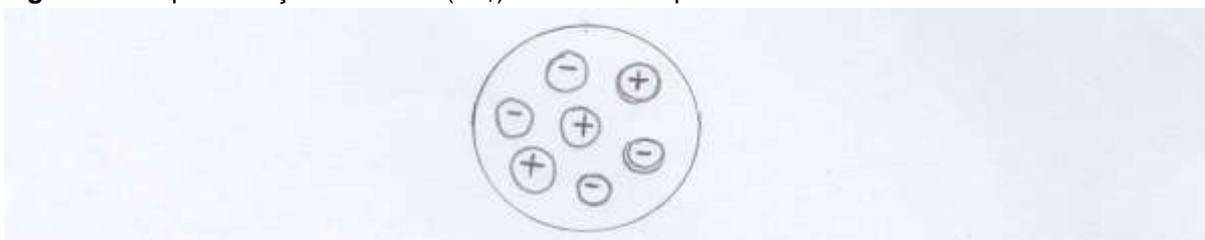


Nesse caso, a confusão de ideias do aluno não deve ser considerada absurda, como visto no Quadro 2, uma vez que sua representação muito provavelmente se refere a um conjunto de moléculas, que de certa forma são formadas por átomos. O que podemos questionar nesse caso é a questão do aluno não saber diferenciar átomo de molécula, e conseqüentemente do seu raciocínio analógico. Questões como estas, são intimamente relacionados a aspectos conceituais ou cognitivos.

Para o modelo de Dalton, apenas 3,33% dos alunos fizeram representações relativas, o que mostra ser um percentual muito baixo, que provavelmente está associado à questão desse modelo ser pouco trabalhado pelos professores, ou até mesmo os alunos considerar mais adequados os outros modelos. Entretanto é interessante destacar que todas as representações para esse modelo foram pertinentes com a descrição, ou seja, o átomo como uma unidade básica da matéria.

Ao falarmos dos resultados nessa abordagem para o modelo atômico de Thomson, 6,66% dos alunos utilizaram representaram seu modelo. Apesar do percentual também considerado baixo, os alunos fizeram desenhos que representavam bem este modelo, considerando as cargas positivas e negativas para o átomo. Abaixo, na Figura 19, podemos ver outra representação para além do quadro 2.

Figura 19: Representação do átomo (A2₇) – nível de resposta 2.



Apesar do modelo atômico de Thomson ser muito conhecido pela analogia feita em relação ao “pudim de passas”, acredita-se que os professores do Ensino Médio pouco trabalha esse modelo fazendo a utilização dessa analogia. Nas descrições e representações sobre o átomo, nenhum aluno fez inferências ao “pudim de passas”, possa ser também que o professor não veja significado em usar a analogia, e nesse caso, não a utilizou, o que pode está atrelado a este tipo de resultado.

Vale destacar que a maioria dos alunos, ou seja, 53,33% representaram o modelo atômico de Rutherford. Entretanto, desse percentual, a maioria não consideraram o átomo constituído por prótons, elétrons, nêutrons e um núcleo. Assim, enquanto alguns alunos em suas representações desenhavam o núcleo, por exemplo, não consideravam os elétrons na eletrosfera. Em outros casos, levavam em conta os elétrons e não desenhava o núcleo contendo prótons e neutros, o que

de fato mostra a confusão descritiva do modelo de Thomson e Rutherford. Na Figura 20, abaixo podemos visualizar tais constatações.

Figura 20: Representação do átomo (A3₂) – nível de resposta 3.



Mesmo assim, os alunos que conseguiram desenhar e mostrar toda a constituição do átomo conforme o modelo de Rutherford foi bem convergente, demonstrando que realmente se apropriaram desse tipo de conhecimento.

A seguir na Figura 21 e 22, podem-se perceber representações mais adequadas para o modelo de Rutherford.

Figura 21: Representação do átomo (A3₄) – nível de resposta 3.

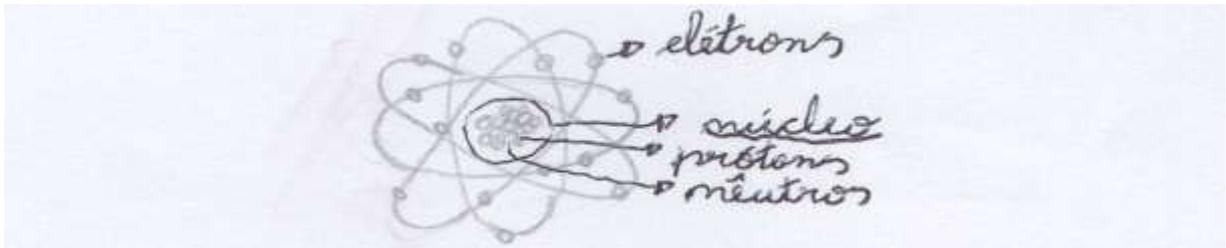
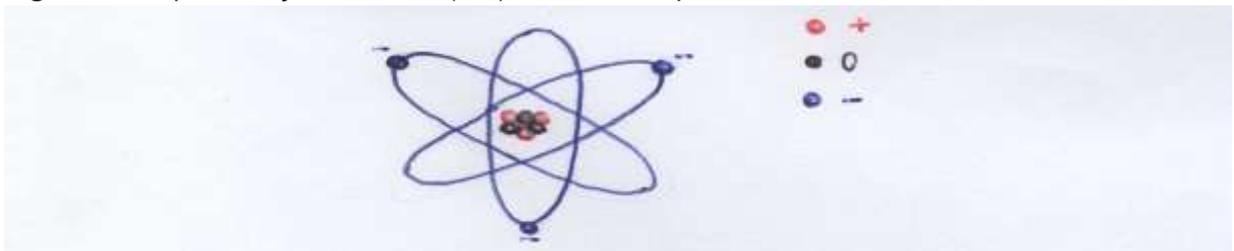


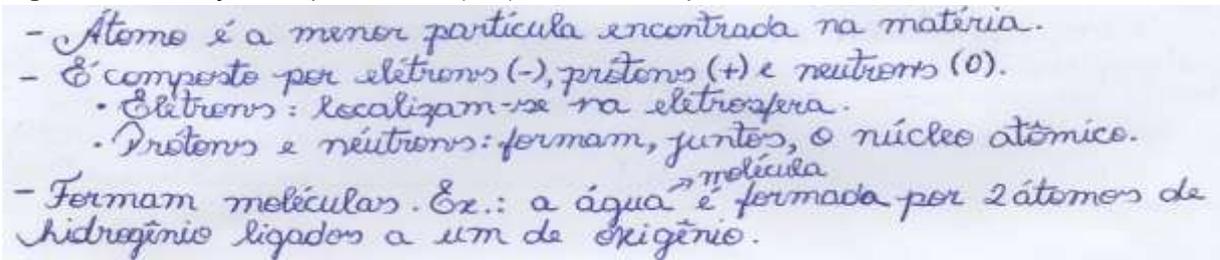
Figura 22: Representação do átomo (A3₅) – nível de resposta 3.



A representação atômica da Figura 22, é a mesma inserida no Quadro 2 para o modelo de Rutherford. De todas as descrições e representações realizadas neste

estudo, percebemos que está é a se mostra mais adequada ou convergente com o átomo mencionado, seja em aspectos descritivos ou representativos. Na Figura 23, pode-se verificar tal constatação.

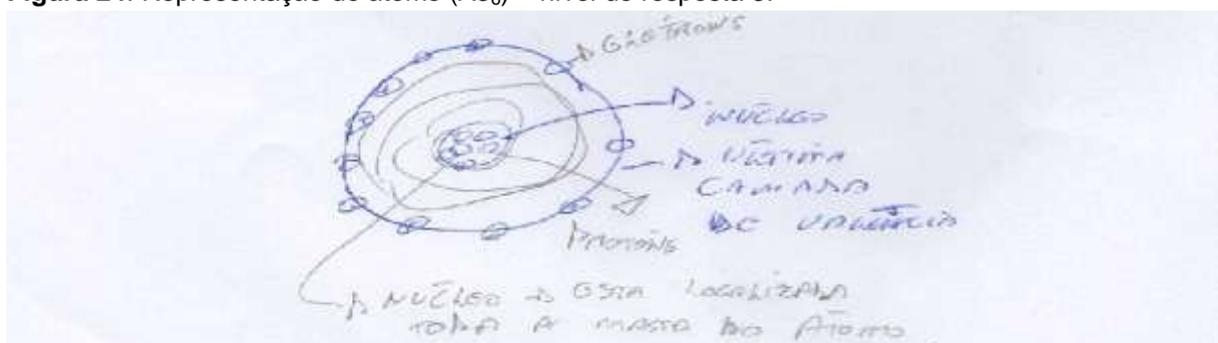
Figura 23: Descrição do que é átomo (A3₅) – nível de resposta 3.



Ao verificarmos a representação do modelo na Figura 22 notamos que apresenta um núcleo contendo prótons e neutros com suas respectivas cargas positivas para os prótons e cargas nulas para os nêutrons, ou seja, zero, uma vez que não possui carga elétrica e cargas negativas para os elétrons localizadas na eletrosfera. Com isso, quando observamos a descrição da Figura 23 e relacionamos com a descrição da Figura 22, notamos a convergência de ideias. Assim, inferimos que o aluno tem um bom conhecimento sobre atomística ao ponto de dizer que as substâncias são constituídas de átomos e moléculas.

Os resultados apontam que 9,16% dos alunos representaram o modelo atômico de Bohr, um percentual não muito esperado ao confrontarmos com os modelos de Dalton e Thomson que tiveram valores menores. Na figura 24, podemos ver mais uma representação atômica de um aluno para o modelo de Bohr.

Figura 24: Representação do átomo (A3₆) – nível de resposta 3.

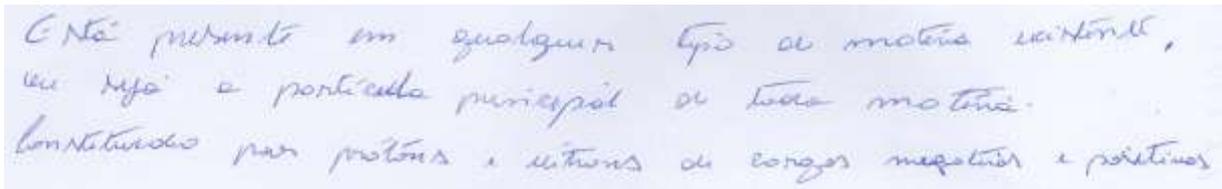


Conforme as reflexões realizadas nos Estágios Supervisionados e Projetos de Ensino, esses resultados estão atrelados ao fato dos professores sempre

trabalharem configuração eletrônica em suas aulas, e conseqüentemente mencionar as camadas eletrônicas contidas no modelo atômico de Bohr, fazendo com que este modelo fique mais reconhecido.

Novamente ao compararmos a representação com a descrição do átomo, ressaltamos a consonância de ideias entre os fenômenos explicados. Para percebermos isso, observe a figura anteriormente citada com a seguinte.

Figura 25: Descrição do que é átomo (A3₆) – nível de resposta 3.



Além de o aluno mencionar o átomo como unidade básica de toda matéria, o mesmo explica claramente sua constituição, no caso de prótons e elétrons, e ao mesmo tempo cargas positivas e negativas. No desenho da Figura 24, note-se explicitamente a localização dessas partículas, como também o núcleo e as camadas eletrônicas.

Por fim, para o modelo quântico, que dificilmente é citado ou trabalhado no Ensino Médio, teve um resultado até esperado, uma vez que apenas 0,83% dos alunos representados esse tipo de modelo. Mesmo assim, a descrição não apresentou explicação detalhada para o átomo, apenas mencionou que é algo importante na matéria. E a representação para essa explicação pode ser conferida no Quadro 2.

Em relação ao modelo quântico, nenhum dos alunos mostrou convergência entre descrição e representação do átomo. Assim, constatamos que quando o átomo foi explicado de forma adequado conforme a literatura, não se mostrou convergência em sua representação, e vice-versa. Esses resultados possivelmente estão atrelados a questão de nem todos os livros-textos disponibilizar conteúdos relativos, o que de fato, foi constatado nesse estudo, em consequência disso, e até mesmo das dificuldades dos próprios professores esses conceitos não são enfatizados em sala de aula.

Assim, em geral, a concepção inadequada de modelo em sala de aula é observada tanto nos alunos como nos professores (MASKILL e JESUS, 1997), pois

eles demonstram a não compreensão do que é modelo atômico, o que foi percebido explicitamente neste estudo. A verdade é que o aluno entende que o átomo foi descoberto e então estudado, quando na verdade o átomo não foi descoberto, mas sua teoria foi construída, e assim, não constrói uma visão convergente entre descrição e representação.

De acordo com Romanelli (1996), em trabalho desenvolvido com a temática centrada no professor como mediador no processo de ensino-aprendizagem do conceito do átomo, demonstrou a complexidade dessa relação através das dificuldades inerentes aos alunos em representar a abstrata ideia do átomo. Tanto nos desenhos quanto nas falas dos alunos, pode-se constatar, muitas vezes, uma confusão nos conceitos que envolvem o átomo.

Para Lopes (1992), uma das razões para as incompreensões de modelos atômicos pode estar relacionada à como os livros didáticos abordam o conceito de modelo, pois esses livros são considerados um dos mais importantes instrumentos didáticos utilizados nas escolas, com conseqüente efeito nas relações de ensino e aprendizagem, já que a maioria dos professores tem no livro didático como um referencial para a elaboração de suas estratégias de ensino.

5.4 Explicação dos alunos sobre a representação do átomo

Nesta etapa foi verificado o porquê do desenho de tal modelo atômico por cada aluno. Para organizar as respostas foram criadas 5 categorias (justificativas) para nortear os argumentos expostos. A seguir na Tabela 4, podem-se observar as justificativas juntamente com os percentuais de respostas dadas pelos alunos.

Tabela 4 - Justificativas e percentuais dos alunos para desenho de tal átomo.

Nº (categoria)	Justificativas	Percentuais
1	Não desenhou porque não lembrava	6%
2	Porque o professor pediu	10%
3	Porque foi o único que eu lembrava	32%
4	Porque foi o único que vi na escola	40%
5	Porque é o modelo mais interessante	12%

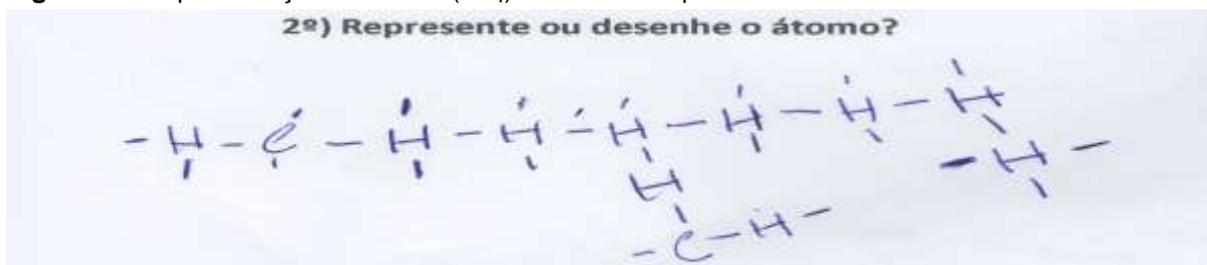
Fonte: Produção do autor.

De fato, as categorias criadas nortearam muito bem esta etapa, uma vez que as respostas dos alunos foram enquadradas pertinentemente ao que se queria verificar.

Inicialmente podemos notar que mesmo sendo um dos assuntos centrais da química, de certa forma até fácil de ser lembrado, isso devido à utilização de modelos e analogias, 6% dos alunos disseram que não lembravam como seria um átomo, e conseqüentemente não fizeram tal representação.

Enquanto 10% apresentaram respostas equivocada em relação ao que se esperava e até mesmo ao que foi pedido, pois fazer uma atividade ou responder um questionário apenas porque o professor solicitou é desconsiderar sua própria função como aluno, ou como agente do processo de apropriação e construção do conhecimento. Para, além disso, as maiorias desses alunos representaram modelo divergente para o átomo, ou seja, modelos que não existem na literatura, o que de fato comprova a falta de conhecimento dos mesmos. Na Figura 26, pode-se observar a representação de um determinado aluno para o átomo.

Figura 26: Representação do átomo (A0₄) – nível de resposta 0.



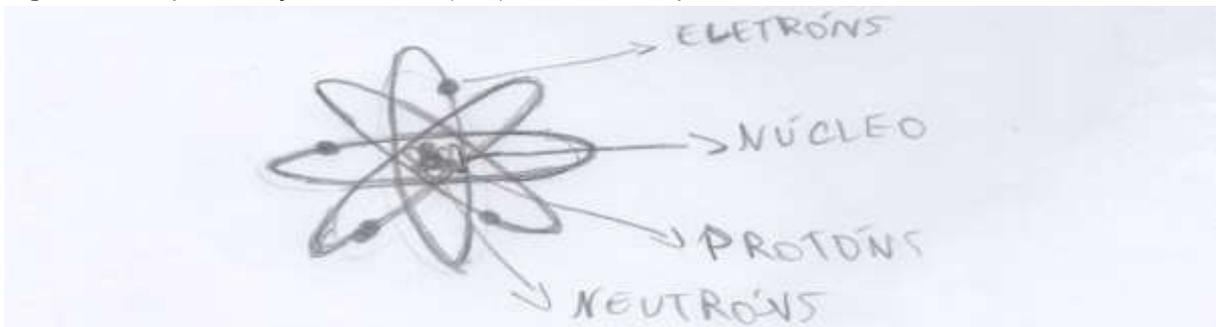
Assim também, esse tipo de resposta mostra a falta de interpretação, entendimento e maturidade dos alunos quanto à compreensão de perguntas para a resolução desse tipo de estudo.

A categoria 3, apresentou o segundo maior percentual de respostas, um total de 32%, das quais se dividiram em justificativas representação para vários modelos atômicos como: Modelo de Dalton, modelo de Rutherford, modelo de Bohr e modelo Divergente. Verificamos também que a maioria dos alunos enquadrados nessa categoria representou atômicamente modelo Divergente, o que indica que mesmo dizendo que era o único lembrava, o aluno não conseguiu mostrar convergência em sua representação em relação aos modelos atômicos presentes nos livros-textos.

Em relação a categorias 4, apresentou 40% das respostas, dividindo-se em justificativas para três modelos atômicos: Thomson, Rutherford e Bohr, sendo este penúltimo o mais representado entre os demais. Para esta categoria 4 “porque foi o único que vi na escola”, foi aceita respostas diferentes, mas que possui o mesmo significado, como por exemplo: “porque foi o único que o professor ensinou”, pois é muito provável que se a justificativa da representação feita pelo aluno é porque foi apenas esse modelo que o professor ensinou, possivelmente foi o único visto na escola.

É importante destacar nessa categoria 4 que boa parte dos alunos fizeram representações para o modelo de Rutherford, o que pode indicar que é o modelo mais trabalhados pelos professores do Ensino Médio. A seguir na Figura 27, pode-se observar uma das representações.

Figura 27: Representação do átomo (A38) – nível de resposta 3.



Por fim, os 12% verificados na categoria 6, demonstram dois tipos de modelos: Rutherford e Bohr, e mais uma vez, a maior parte desse percentual é referente ao modelo de Rutherford.

De acordo com Ferraz & Terrazzan (2003), a grande parte dos professores e autores de livros didáticos utilizam analogias de forma inconsciente ou automática, e nesse trabalho essa visão foi nitidamente percebida nos alunos. Com efeito, eles apresentam sérias dificuldades de migrarem do mundo macroscópico para o microscópico ou imaginário. Com isso, que eles estabelecem relações analógicas incorretas entre descrição e representação do átomo.

Cabe discutir nessa abordagem o papel do professor ao trabalhar as analogias apresentadas nos livros didáticos, não fazendo uso mecânico, e sim fazer uma avaliação criteriosa dessas analogias para identificar quais aspectos são

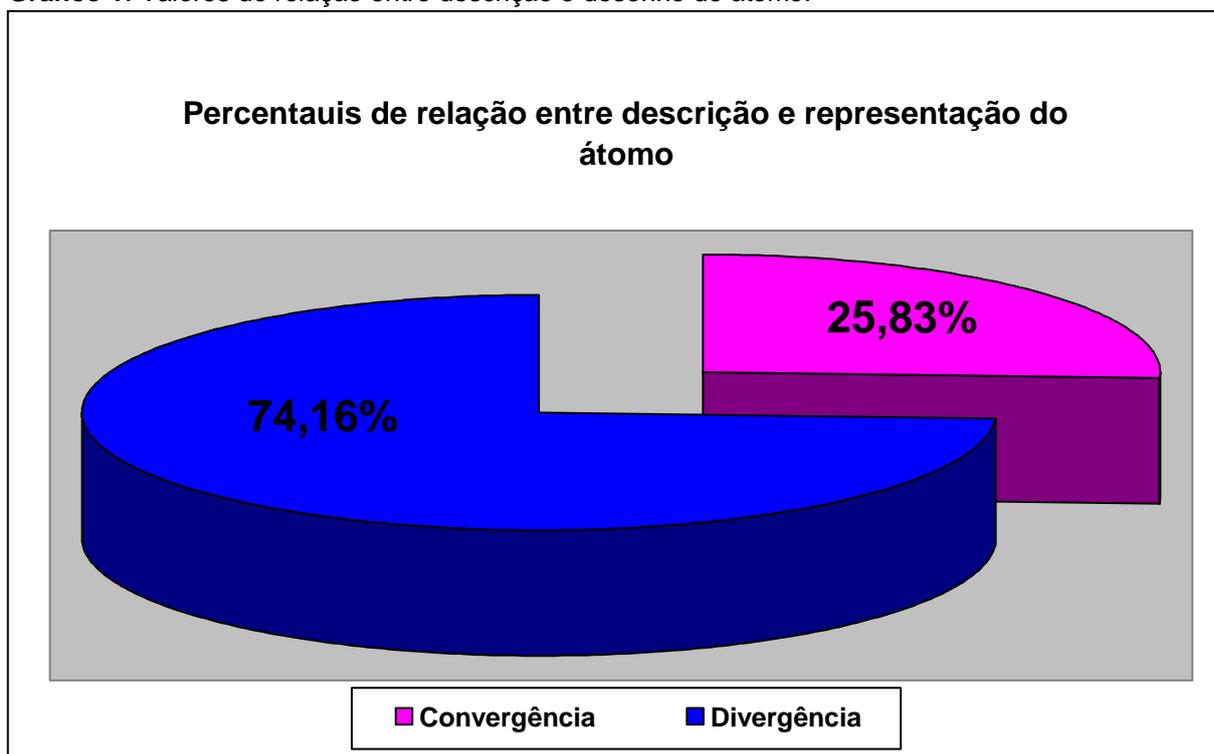
positivos e negativos das mesmas. Nesse sentido, o professor terá então condições de julgar a conveniência das analogias para o ensino, e a aprendizagem dos conceitos químicos, uma vez que, as dificuldades geradas pela utilização inadequada das analogias são justamente as barreiras que Bachelard (1996) denomina de obstáculos epistemológicos em seu trabalho para Raviolo e Garriz (2008).

5.5 Convergência e divergência entre a descrição e representação do átomo

A partir dos resultados coletados, analisamos nesta etapa a capacidade e habilidade do aluno descrever e desenhar sua própria descrição. É de se esperar que mesmo descrevendo um modelo de átomo inadequado é pertinente que o mesmo represente sua descrição, assim como, quando se explica a teoria adequada se desenhar um modelo relativo.

Entretanto, essas considerações para este estudo não se mostrou com essa perspectiva, no sentido de que a maioria dos alunos descreveu um átomo e representou outro. No Gráfico 1, pode-se observar os valores obtidos para tal investigação.

Gráfico 1: Valores de relação entre descrição e desenho do átomo.



Com efeito, observando esses dados podemos notar que apenas 25,83% dos alunos apresentaram consonância entre descrição e representação do átomo, enquanto 74,16% não mostraram relação entre sua explicação e desenho do átomo. É percebido nessas condições que os alunos possuem dificuldades enormes em relacionar suas ideias, tanto do ponto de vista conceitual como representacional.

Dessa maneira, para Ferraz & Terrazzan (2003), a grande parte dos professores e autores de livros didáticos utilizam analogias de forma inconsciente ou automática o que pode indicar essa desarticulação entre o macroscópico e o microscópico. Por isso, que as analogias são utilizadas para aproximar modelos abstratos do mundo real do aluno. Um exemplo comum é o uso da analogia do pudim de passas para aproximar o aluno do modelo atômico de Thomson.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inferimos em relação à análise documental que os livros didáticos apresentam as mesmas seleções de ocorrências históricas sobre os modelos atômicos. A consequência disso é a conclusão de que um modelo substitui o outro, sendo o anterior pior que o posterior, deixando espaço para o aluno questionar o porquê de não se aprender apenas o modelo correto ou modelo padrão. Mesmo assim, percebemos que os alunos investigados não se mostram tão críticos ou até mesmo com condições de indagar tal situação. Uma alternativa seria adotar uma abordagem histórica na qual o estudante percebesse que não há um modelo correto, mas sim leituras diferentes dos mesmos fenômenos macroscópicos, mostrando o caráter dinâmico da química. Necessariamente esse modelo não precisa ser o mais atual nem único, mas sim aquele(s) que permita(m) a aprendizagem de maneira adequada, possibilitando a relação entre o micro e o macro, entre o imaginado e o visível (MELO, 2002).

Concluimos que boa parte dos alunos investigados concebe descritivamente o átomo como uma unidade básica de matéria, o qual é constituído por um (prótons, elétrons e nêutrons), sem levar em consideração o núcleo, o que na maioria divergem dos modelos analisados nos livros-textos.

Identificamos que o modelo atômico de Rutherford foi o mais concebido pelos alunos em suas representações, e ao mesmo tempo averiguamos que as analogias não são enfatizadas pelos alunos, no sentido de que os mesmos poderiam mencionar, por exemplo, que o modelo de Dalton é comparado à “bola de bilhar”, modelo de Thomson a um “pudim de passas” e o próprio no modelo de Rutherford a um “sistema planetário”, o caso, os planetas girando em torno do sol.

Assim, nesse estudo percebemos que as analogias utilizadas para simbolizar os modelos atômicos não se mostraram tão eficaz, seja porque os professores do Ensino médio não as ressaltam em suas aulas de acordo com suas criações e pelo próprio livro didático que é mais usual, ou pelo fato dos alunos não assimilarem um modelo abstrato a partir de uma analogia. Essa visão parte da ideia que eles tendem a raciocinar em termos macroscópicos, e não microscopicamente, podendo levar

essas analogias longe demais ao ponto de considerar, por exemplo, que o orbital é uma região tão bem definida para encontrar o elétron.

Em suma, quando o aluno foi questionado sobre o que é o átomo, o modelo mental descrito é o modelo de Dalton, como sendo a menor partícula que forma a matéria. Quanto à representação a maioria dos alunos se equivoca, desenhando um modelo distinto daquele que descreveu, no caso, prevalece o modelo atômico de Rutherford, o que mostra que o aluno não tenha a concepção de que modelo é uma criação científica e não uma entidade real. De fato, nem todos os alunos conseguem explicar o que é átomo e fazer uma representação através de desenho daquilo que ele mesmo desenhou. Seja por falta de atenção, conhecimento ou habilidade para associar e articular a explicação com a descrição.

Enfim, esperamos que este estudo possa proporcionar reflexões inerentes à prática docente, em especial ao assunto de atomística, e nessas condições contribua para que os professores façam a utilização adequada das analogias como ferramenta didática nas aulas de química. Dessa maneira, acreditamos que o uso da analogia como recurso pode ser muito útil, desde que o professor percebe que exige planejamento e o reconhecimento das vantagens e das desvantagens no tocante à aprendizagem, e assim, encontre sentido na sua própria ação docente.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Trad. Estrela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2010.

BOGDAN, R. C. e BIKLEN, S. K. (1994) **Investigação Qualitativa em Educação**. Portugal: Porto Editora LTDA.

CASTILHO, C. M. C. **Quando e como o homem começou a “ver” os átomos!** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n. 4, p. 364-373, 2003.

CARVALHO, G. C.; SOUZA, C. L. **Química de olho no mundo do trabalho**. Editora scipione, 1ª ed. São Paulo, 2004.

CURTIS, R. V.; REIGELUTH, C. M. **The use of analogies in written text**. *Instructional Sci.* 13 (2), 99-117. 1984.

DUARTE, M. C. **Analogias na educação em ciências: contributos e desafios**. *Investigações em Ensino de Ciências*. v.10, n.1, 2005.

DUIT, R. **On the role of analogies and metaphors in learning science**. *Science Education*, v. 75, n. 6, pag. 649-672, 1991.

FELTRE, R. **Química Geral**. Editora moderna, 6ª ed. São Paulo, 2004.

FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. **Uso espontâneo de analogias e o uso sistematizado de analogias: que relação?** *Ciência & Educação*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 213-227, 2003.

FIDEL, R. **The case study method: a case study**, In: GLAZIER, J. D. & POWELL, R. R. **Qualitative research in information management**. Englewood, CO: Libraries Unlimited, 238p. p.37-50, 1992.

FRANCISCO JUNIOR, W. E. **Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio 2007**. Publicado on line em 31 de março de 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GILBERT, J. K. & BOULTER, C. J. (1995). **Stretching models too far**. Artigo apresentado no Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.

GLYNN, S. **Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model.** 1991.

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. **Teaching with Analogies: A Case Study in Grade-10 Optics.** JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING. Vol. 30, Nº. 10, PP. 1291-1307, 1993.

HODSON, D. **Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratório.** Enseñanza de las Ciências. V. 12, n. 3, pp. 299-313, 1994.

JOHNSTONE, A. H. **Macro and micro-chemistry.** The School Science Review, 1982, 64-377. 1982.

_____. A. H. **The Development of chemistry teaching: A changing response to changing demand.** Journal of Chemical Education n. 70, 701-704. 1993.

_____. A. H. (2000). **Teaching of chemistry: logical or psicological?** Chemistry Education: Research and Practice in Europe, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000.

JORGE, A. M. G.; REZENDE, D. B.; WARTHA, E. J. **Visualização, semiótica e teoria da percepção.** Tríade: comunicação, cultura e mídia, Sorocaba, v. 1, n. 1, p. 149-166, 2013.

JUSTI, R.S. **Models in the Teaching of Chemical Kinetics.** Unpublished PhD Thesis. Reading: The University of Reading, (1997).

KERMEN, I.; MÉHEUT, M. **Different models used to interpret chemical changes: analysis of a curriculum and its impact on French students' reasoning.** Chem. Educ. Res. Pract., 2009, 10, 24-34, 2009.

LACERDA, C. C. **PROBLEMAS DE APRENDIZAGEM NO CONTEXTO ESCOLAR: DÚVIDAS OU DESAFIOS?** Disponível em: <<http://www.psicopedagogia.com.br/artigos/artigo.asp?entrID=1157>> Acesso em 25 mar. 2015.

LOPES, A. C. Livros didáticos: **obstáculos ao aprendizado da ciência química.** Química nova na escola, v. 1, n. 3, p. 254-261, 1992.

MASKILL, R. e JESUS, H.P. **Asking model questions.** Education in Chemistry, v. 32, n. 5, p. 132-134, 1997.

MELO M. R.; NETO, E. G. L. **Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química.** Química nova na escola, Vol. 35, Nº 2, p. 112-122, Maio 2013.

MELO, M. R. **Estrutura atômica e ligações química – uma abordagem para o ensino médio.** 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM). Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/pnlem>>. Acesso em 08 out. 2015.

MÓL, G. S. **O uso de analogias no ensino de Química**. Brasília: Universidade de Brasília-Instituto de Química, 1999. (Tese de Doutorado).

MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. **Analogias em livros didáticos de Química brasileiros destinados ao Ensino Médio**. Investigações em Ensino de Ciências. Porto Alegre: UFRGS, v. 5, n. 2, p. 67-91, 2000.

OLIVEIRA, S. F.; MELO F. M.; SILVA, J. T.; VASCONCELOS, E. A. **Softwares de Simulação no Ensino de Atomística: Experiências Computacionais para Evidenciar Micromundos**. Química Nova na Escola Vol. 35, Nº 3, p. 147-151, AGOSTO 2013.

OLIVEIRA, W. S.; MIRANDA, N. F.; NETO, J. M. M.; **PANORAMA DA PESQUISA EM ENSINO DE QUÍMICA NO BRASIL**. Revista SBQ/2008. Acesso: www.s bq.org.br.

PEREIRA, A. P.; CAVALCANTI, C. J. H.; OSTERMANN, F. **Concepções relativas à dualidade onda-partícula: uma investigação na formação de professores de Física**. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v.8, n.1, p. 72-92, 2009.

PERUZZO, M. F.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. Editora moderna, 4ª ed. São Paulo, 2006.

RAVIOLO, A.; GARRITZ, A. **Analogías em la Enseñanza del equilibrio químico. “Enseñanza de las ciencias: Perspectivas Iberoamericanas”** Revista Educación Química em Línea, 18, 1, 16-29, 2007.

REIS, M. **Química Ensino Médio**. Editora ática, 1ª ed. São Paulo, 2013.

ROMANELLI, L. I. **O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito átomo**. Química nova na escola, 3, 27-31. Nº 3, Maio 1996.

SANTOS, W.; MÓL, G. **Química Cidadã**. Editora AJS, 2ª Ed. São Paulo, 2013.

SILVA, J. L. P. B.; CUNHA, M. B. M. **PARA COMPREENDER O MODELO ATÔMICO QUÂNTICO**. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ). UFPR, 21 a 24 de julho de 2008. Curitiba/PR.

SILVA, J. L. P. B.; CUNHA, M. B. M. **O MODELO ATÔMICO QUÂNTICO EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO**. 1 Instituto de Química da Ufba. 2 Colégio Estadual Luis Viana – SEC/BA, 2008.

SCHNETZLER, R. P.; **A PESQUISA EM ENSINO DE QUÍMICA NO BRASIL: CONQUISTAS E PERSPECTIVAS**. Química nova, Vol. 25, Supl. 1, 14-24, 2002. Piracicaba - SP.

THOMSON, J. J. **Electricity and matter**. Nova Iorque: Charles Scribner's Sons, 1904a.

TREAGUST, D. F.; CHITTLEBOROUGH, G.; MAMIALA, T. L. **The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations**. *International Journal of Science Education*, 25 (11), 1353-1368, 2003.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Livraria Martins Fontes, 1989.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. **A elaboração conceitual em química orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana**. *Ciênc. Educ.*, Bauru, v. 21, n. 1, p. 49-64, 2015.