

Concepções químicas dos alunos do Ensino Médio de escolas mineiras sobre modelos atômicos e o ensino de Química

Rosilene S. N. Paganotti^{1*} (PQ), Alícia A. M. Costa¹ (IC), Álvaro A. L. Barbosa¹ (IC), Ana Carolina R. Vasconcelos¹ (IC), Larissa C. I. Melo¹ (IC), Lamara C. R. Maestro¹ (IC), Victor S. R. P. Gonçalves¹ (IC), Vinícius S. R. P. Gonçalves¹ (IC), Arilson Paganotti¹ (PQ).

*rosilene.paganotti@ifmg.edu.br

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Congonhas.
Av. Michael Pereira de Souza, 3007, Campinho, Congonhas, MG. CEP 36415-000

Palavras-Chave: modelos atômicos, concepções.

RESUMO: O PRESENTE TRABALHO TEVE COMO OBJETIVO AVALIAR AS CONCEPÇÕES DOS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO SOBRE MODELOS ATÔMICOS E O ENSINO DE QUÍMICA. PARA ESSA AVALIAÇÃO, FORAM APLICADOS 233 QUESTIONÁRIOS EM 9 ESCOLAS, SENDO 6 ESCOLAS ESTADUAIS MINEIRAS E 3 ESCOLAS FEDERAIS. NAS REPRESENTAÇÕES DOS MODELOS ATÔMICOS, PODE-SE OBSERVAR QUE OS ALUNOS TIVERAM MAIOR DIFICULDADE NA REPRESENTAÇÃO DO MODELO DE RUTHERFORD. EM MUITOS CASOS, PODE-SE OBSERVAR AINDA O GRANDE USO DE CAMADAS ELETRÔNICAS NA FORMA DE ELIPSES NAS REPRESENTAÇÕES DOS MODELOS DE RUTHERFORD E BOHR. O CONHECIMENTO DOS ALUNOS SOBRE O MODELO QUÂNTICO AINDA É INCIPIENTE E AS DESCOBERTAS CIENTÍFICAS, QUE FORAM BASE PARA A ELUCIDAÇÃO DE CADA MODELO ATÔMICO, NÃO SE MOSTRARAM PRESENTES NAS RESPOSTAS DOS ALUNOS REFERENTES À EVOLUÇÃO DOS MODELOS. NESTE TRABALHO, PODE-SE VERIFICAR TAMBÉM QUE O USO INADEQUADO DE ANALOGIAS NO ENSINO DE MODELOS ATÔMICOS PODE SER UM OBSTÁCULO À APRENDIZAGEM.

Introdução

Os desafios encontrados atualmente no ensino de Química têm sido enormes. Salas com superlotação de alunos; professores mal remunerados, despreparados e desmotivados; alunos advindos de sistemas de ensino conteudista; falta de aulas práticas; enfim, o que não faltam são motivos que impedem uma aprendizagem significativa em Química.

Quando são trabalhados tópicos em sala de aula que exigem um alto grau de abstração como, por exemplo, modelos atômicos, as dificuldades aumentam ainda mais. Por ser impossível a visualização do átomo, a compreensão do mesmo é dificultada. Para sanar essas dificuldades, muitos professores adotam recursos e analogias que, se utilizados de forma inadequada, podem favorecer a construção de uma imagem distorcida dos conceitos (França, Marcondes e Carmo, 2009).

Para Ferreira e Justi (2008) modelo é como:

uma representação parcial de um objeto, evento, processo ou ideia, que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização; fundamentar elaboração e teste de novas ideias; e possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado (2008, p.32).

Para Mortimer (1994), os modelos não são cópias do real, mas sim representações. Esta visão sobre a realidade é de extrema importância no entendimento e construção de modelos, os quais os alunos terão contato tanto no cotidiano escolar quanto na vida. Nas habilidades e competências sugeridas pelos

PCNs na área de Ciências da natureza é ressaltado, no item referente à contextualização sócio-cultural, que os alunos devem reconhecer o sentido histórico da ciência e da tecnologia, percebendo seu papel na vida humana em diferentes épocas e na capacidade humana de transformar o meio.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar as concepções que os alunos do Ensino Médio possuem a respeito do conteúdo envolvendo modelos atômicos. Este trabalho visa avaliar quais as maiores dificuldades que os alunos enfrentam ao estudar um tema que muitas vezes é visto de forma superficial sem abordar, muitas vezes, o contexto histórico e a evolução dos modelos a partir das descobertas científicas da época.

Os resultados obtidos através desta pesquisa serão utilizados posteriormente para a construção de páginas em redes sociais, para a divulgação e popularização da ciência focando, prioritariamente, nas descobertas científicas do final do século XIX e início do século XX, que serviram de base para a evolução dos modelos atômicos.

Metodologia

Para a avaliação das concepções dos alunos do Ensino Médio sobre tópicos relacionados aos modelos atômicos e o ensino de Química, foram aplicados 233 questionários em 9 escolas, sendo 6 escolas estaduais de Minas Gerais e 3 escolas federais. Estes questionários foram aplicados em cinco cidades mineiras, sendo elas Divinópolis (2 escolas estaduais e 1 federal), Congonhas (1 escola estadual), Ouro Branco (2 escolas estaduais e 1 federal), Nepomuceno (1 escola federal) e Conselheiro Lafaiete (1 escola estadual). O número de questionários aplicados e as siglas para identificação de cada escola são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Identificação das escolas e número de questionários aplicados.

	Divinópolis		Congonhas	Ouro Branco		Nepomuceno	Conselheiro Lafaiete		
	Estadual	Federal	Estadual	Estadual	Federal	Federal	Estadual		
Identificação da escola	E1	E2	F1	E3	E4	E5	F2	F3	E6
Número de questionários	24	15	28	39	30	30	26	12	29

Os questionários foram aplicados em turmas de terceiro ano do Ensino Médio por estes alunos apresentarem maior contato com as disciplinas da área de Ciências da Natureza, principalmente a Química. Os questionários foram aplicados nos meses de fevereiro e março do ano de 2016. O questionário foi composto por 5 questões, sendo 3 questões discursivas e 2 questões objetivas.

Resultados e discussão

A primeira questão do questionário foi produzida visando obter informações relacionadas às concepções dos alunos em relação aos modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. Restringiu-se somente a esses 4 modelos por estes

serem os mais comumente abordados nos livros didáticos de Química, adotados nas escolas de Ensino Médio avaliadas, sendo todos pertencentes ao PNLD 2014.

Nesta primeira questão, foi pedido que os alunos desenhassem, em cada espaço reservado, os modelos atômicos propostos por cada pesquisador acima citado. Muitos alunos responderam “não sei”, “não lembro” ou deixaram essa questão em branco. Como pode ser observado no Quadro 1, os alunos das escolas federais F1 e F3 foram os que mais dedicaram a responder a questão, no entanto, todos os alunos da escola estadual E5 deixaram a questão em branco ou não souberam responder. Este último fato demonstra a falta de interesse por grande parte de alguns alunos, refletindo a metodologia de ensino utilizada que, possivelmente, foi conteudista, com aulas sem atrativos e motivação.

Quadro 1: Porcentagem dos alunos que responderam “não lembro”, “não sei” ou deixaram em branco a questão 1.

Divinópolis			Congonhas	Ouro Branco			Nepomuceno	Conselheiro Lafaiete
E1	E2	F1	E3	E4	E5	F2	F3	E6
54,2%	40,0%	0%	61,5%	26,7%	100%	34,6%	8,3%	10,3%

Avaliando as respostas da questão 1, pode-se observar que os alunos tiveram maior facilidade para representar corretamente o modelo atômico proposto por Dalton, sendo que as escolas federais apresentaram maior índice de representações corretas do que as escolas estaduais. No entanto, os alunos apresentaram maior dificuldade em representar o modelo proposto por Rutherford em ambas as escolas estaduais e federais (Figura 1). O modelo atômico de Dalton, por ser o mais simples, pode ter contribuído para esse alto índice de representações corretas. Já para o modelo de Rutherford, foi observado que grande maioria dos alunos não conseguiu representar o modelo contendo apenas o núcleo e a eletrosfera. Confusão na representação entre os quatro modelos também foi observada, demonstrando que os alunos não acompanharam a evolução e a contribuição de cada modelo para os que vieram posteriormente.

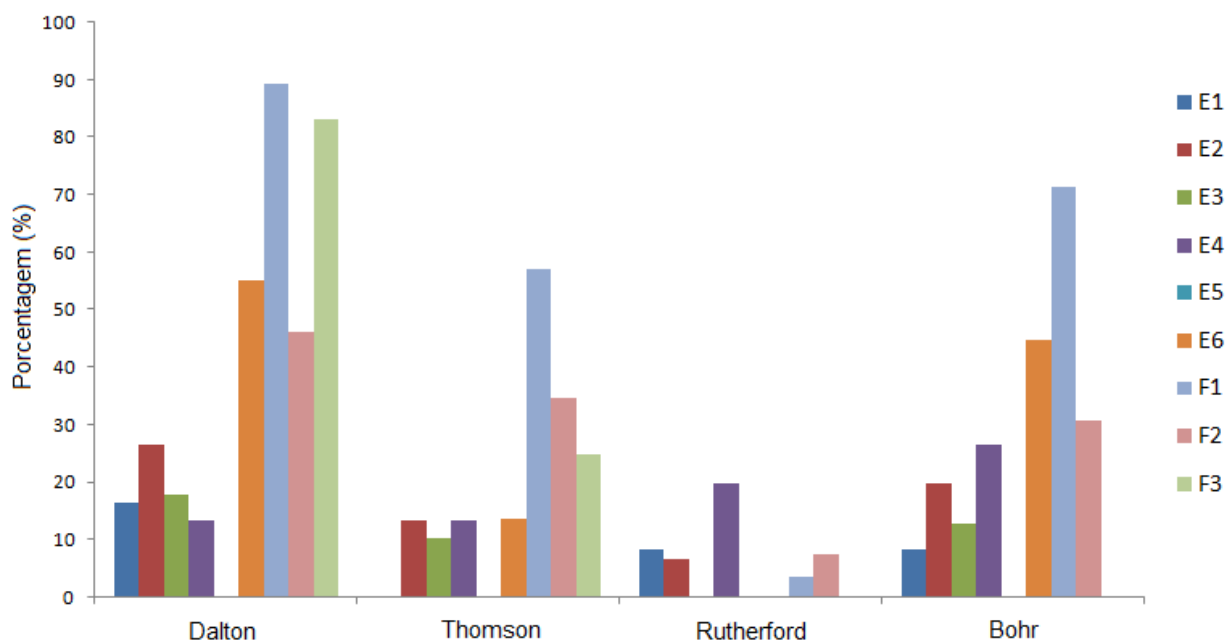


Figura 1. Porcentagem dos alunos que representaram cada modelo atômico corretamente.

Na maioria das vezes, o modelo atômico de Rutherford foi confundido com o modelo de Bohr, representado com as camadas eletrônicas em torno do núcleo (Figura 2(a)), ou com o modelo de Sommerfeld, representado com as camadas eletrônicas na forma de elipses em torno do núcleo (Figura 2(b)). Pelo fato de muitos livros didáticos de Química apresentarem o modelo de Rutherford junto com o de Bohr (Rutherford-Bohr), pode-se justificar, desse modo, o alto índice de alunos que representaram o modelo de Rutherford com o núcleo e as camadas eletrônicas.

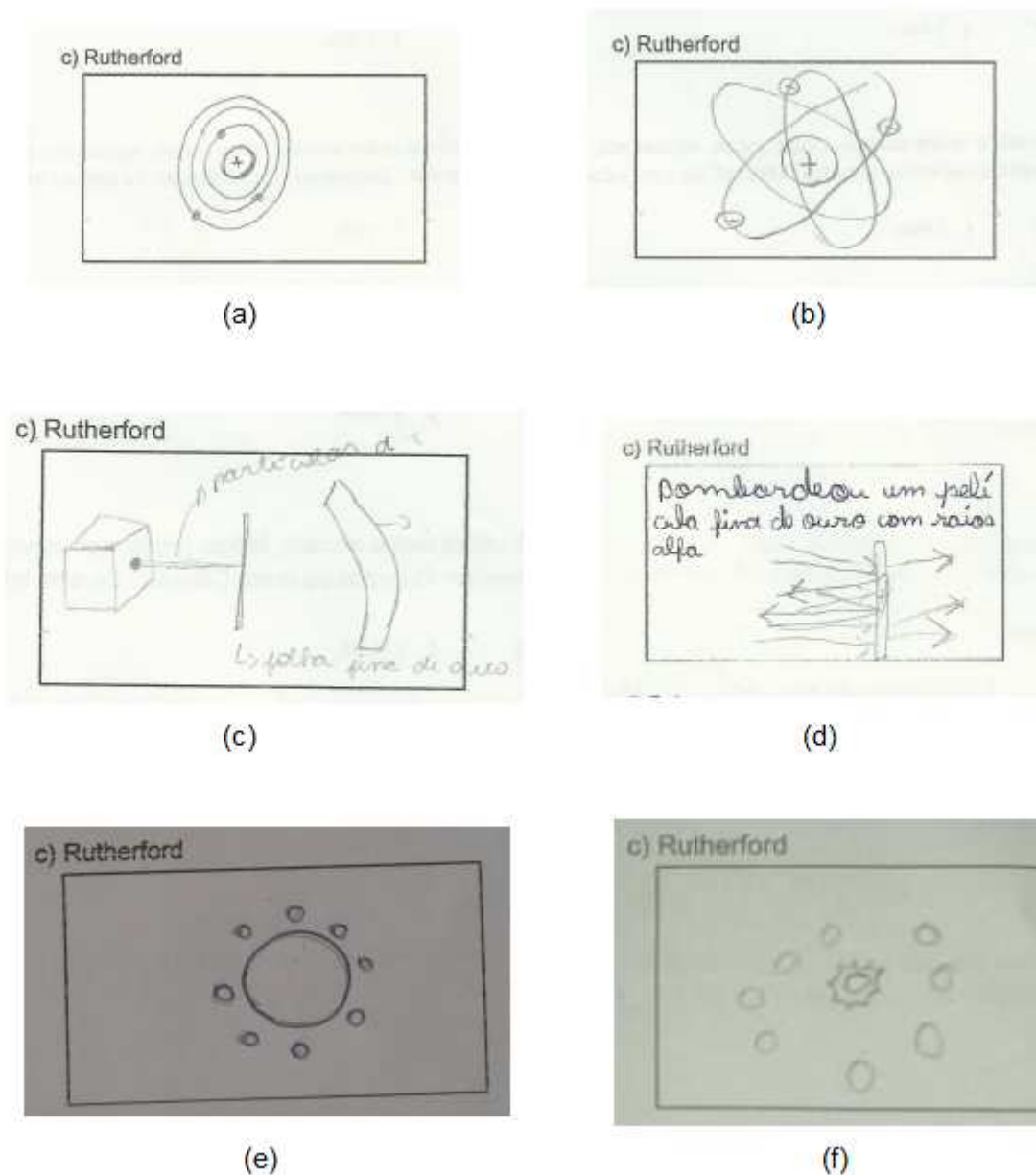


Figura 2. Representações do modelo atômico de Rutherford. (a) Confusão com o modelo de Bohr. (b) Confusão com o modelo de Sommerfeld. (c) e (d) Representações do experimento de Geiger e Marsden. (e) Dimensões das partículas relacionadas com o sistema solar. (f) Representação envolvendo analogia com o sistema solar.

Poucos livros didáticos de Química apresentam o modelo atômico de Sommerfeld. Por este motivo, o modelo de Sommerfeld muitas vezes não é abordado em sala de aula. A grande maioria dos livros apresenta o modelo atômico atual já com as camadas eletrônicas em torno do núcleo do átomo na forma de elipses, sem mencionar a contribuição do modelo de Sommerfeld para esta representação. Alguns, inclusive, apresentam erroneamente as camadas eletrônicas na forma de elipse para representar outros modelos como o de Rutherford (Figura 3) e o de Bohr. Este fato justifica o grande número de alunos que descreveram o modelo atômico de Rutherford e também o de Bohr com camadas elípticas.

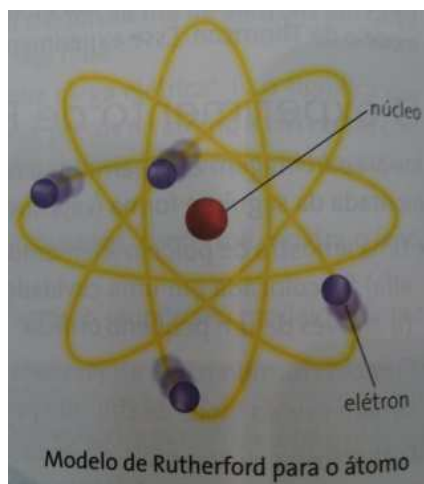


Figura 3. Representação do modelo de Rutherford com as camadas eletrônicas na forma de elipses. Fonte: (FONSECA 2013).

Durante a avaliação das respostas da questão 1, pode ser observado também que alguns alunos não representaram o modelo atômico e sim o experimento realizado pelos assistentes de Rutherford, Geiger e Marsden (Figura 2(c) e 2(d)). A figura do bombardeamento da fina folha de ouro por partículas alfa, experimento que contribuiu para elucidação do modelo atômico de Rutherford, é comumente encontrada nos livros didáticos de Química. No entanto, pode-se verificar que alguns alunos não conseguiram absorver as respostas evidenciadas pelo experimento, para a elucidação da estrutura atômica por Rutherford. A representação do aluno A3, da escola F2, apresentada na Figura 2(d), indica que o mesmo não possui a concepção de que o átomo é constituído na sua maior parte de espaço vazio. O aluno representou a maior parte dos feixes de partículas alfa ricocheteando e pequenos feixes atravessando a fina folha de ouro.

No mesmo sentido, observou-se também que o uso de analogias no ensino de modelos atômicos sem a sua posterior desconstrução, pode ser uma barreira para a aprendizagem. Como pode ser observado na Figura 2(e) e na Figura 2(f), o uso da analogia do sistema solar com o modelo atômico de Rutherford não contribuiu para que o aluno identificasse o núcleo contendo os prótons e a eletrosfera contendo os elétrons. Na Figura 2(e) o aluno utilizou vários tamanhos para representar as partículas com dimensões que não refletem a realidade. O mesmo utilizou as dimensões da analogia do tamanho do Sol em relação aos planetas para representar o tamanho do núcleo em relação aos elétrons. Isso demonstra que o aluno não tem a concepção de que o núcleo ocupa uma pequeníssima parte do átomo, sendo este último constituído na sua maior parte de espaço vazio.

Nos dois casos das Figuras 2(e) e 2(f), pode-se perceber que houve uma transferência de um conceito já conhecido pelo estudante (sistema solar) para o modelo atômico, demonstrando que, possivelmente, o professor não desconstruiu a analogia feita com o sistema solar e o aluno não evoluiu para o processo de abstração. Pode-se perceber que a analogia do sistema solar que foi utilizada pelo professor, para explicação do modelo atômico de Rutherford-Bohr, permaneceu, ao invés de assumir um papel transitório no processo cognitivo do aluno.

Na presente pesquisa, pode-se perceber que outras analogias, além do sistema solar, foram utilizadas e que também não foram desconstruídas pelo professor, como a bola de bilhar para relacionar o modelo de Dalton e o pudim de passas, para relacionar com o modelo de Thomson (Figura 4). Pode-se observar na Figura 4 que o aluno não foi capaz de abstrair as diferenças entre as analogias utilizadas e o novo conceito que foi transmitido. A representação que mais chama a atenção na Figura 4 foi a utilizada para o modelo de Thomson, na qual o aluno apenas desenhou um pudim sem mencionar a presença de prótons e elétrons e as suas distribuições no átomo.

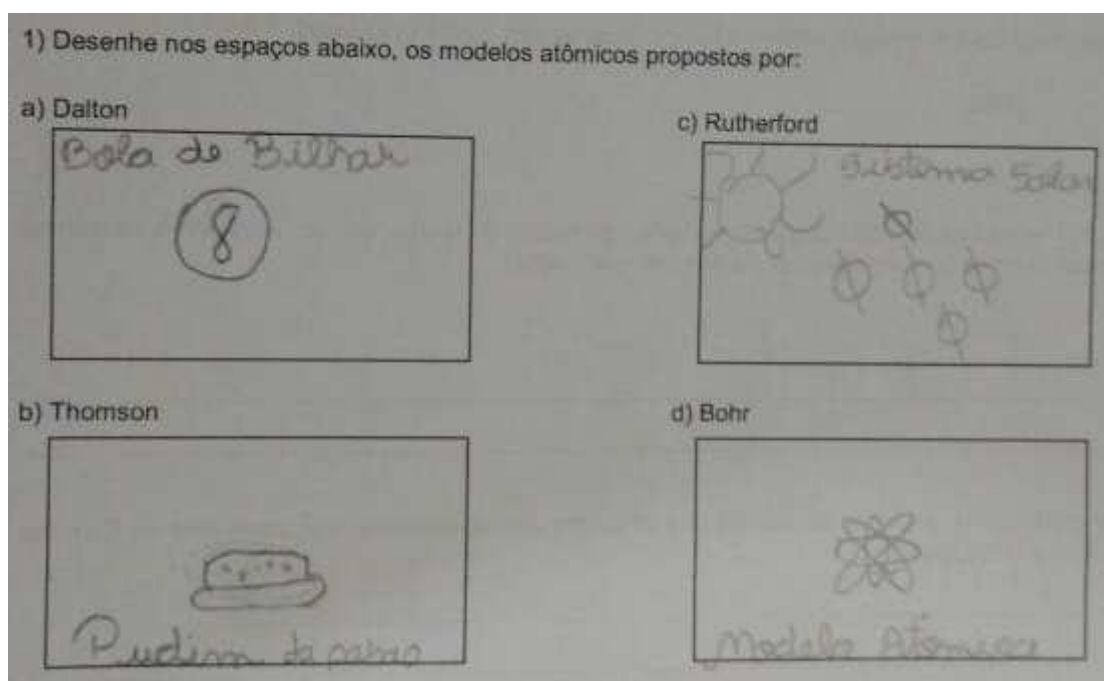


Figura 4. Representações dos modelos atômicos feitas pelo aluno A15, da escola E6.

Nesse sentido, vale ressaltar uma das preocupações de Bachelard com relação ao uso de analogias no ensino de ciências: o saber preconcebido que o aluno traz consigo, aliado erroneamente ao pensamento analógico, pode constituir em um obstáculo ao avanço do conhecimento científico (Ferry e Nagem, 2008). Bachelard é o autor que mais fortemente alertou para os perigos da má utilização de analogias e metáforas no ensino. Para Perelman e colaboradores, as diferenças entre os elementos da analogia e o que se deseja relacionar devem ser explicitadas, para que não ocorram transferências indesejáveis (Perelman, Olbrechts-Tyteca e Galvão, 2005), como as que puderam ser identificadas na presente pesquisa.

Nas representações do modelo atômico de Bohr, pode-se verificar que muitos alunos conseguiram explicitar o núcleo com as camadas eletrônicas. Em alguns casos,

os alunos não identificaram as partículas (Figura 5(a)) ou confundiram com o modelo de Sommerfeld, desenhando as órbitas elípticas em torno do núcleo (Figura 5(b)), assim como ocorrido para as representações do modelo de Rutherford. Em algumas representações, os alunos acrescentaram no desenho do modelo atômico, conceitos relacionados com a absorção e liberação de energia nas transições eletrônicas na forma de fótons (Figura 5(c)) e a perda de elétrons na última camada eletrônica para outro átomo (Figura 5(d)).

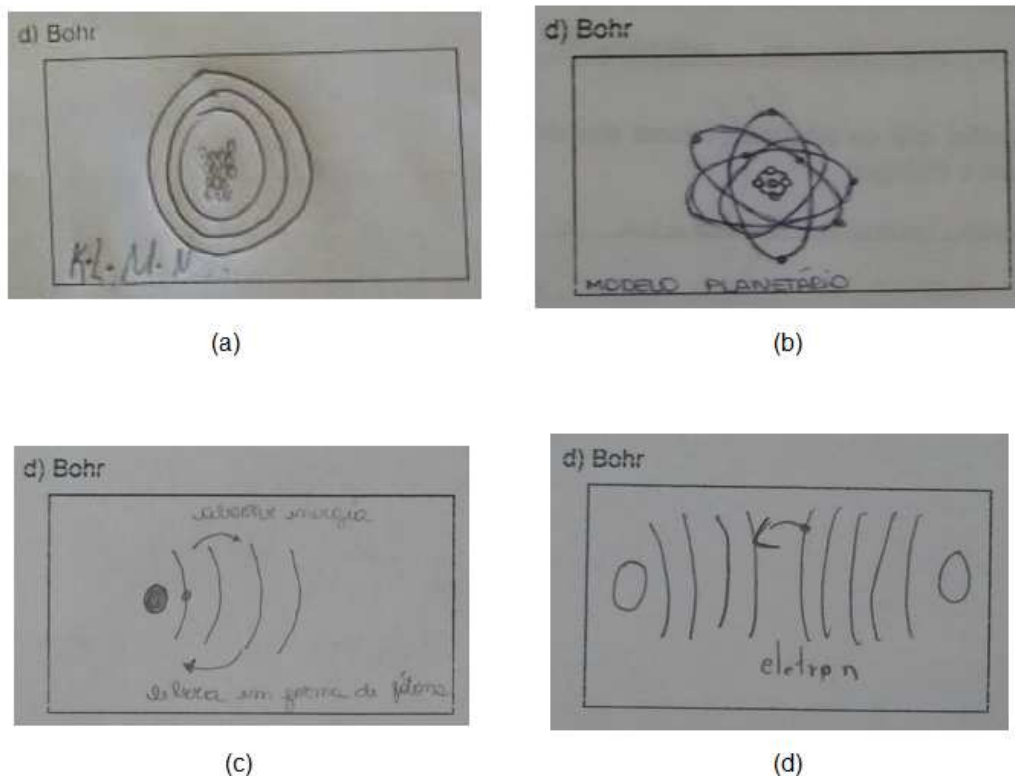


Figura 5. Representações para o modelo atômico de Bohr.

Nesta pesquisa, não foi observada nenhuma representação animista para o átomo, ou seja, nenhum aluno representou o átomo como sendo uma célula, como pode ser observado no trabalho de Gomes e Oliveira (2007). A representação do átomo como célula, segundo Bachelard (1996), pode ser considerada como um obstáculo epistemológico animista à aprendizagem, ou seja, é aquele que atribui vida para dar uma maior relevância a um determinado fenômeno.

A segunda questão do questionário foi composta pela seguinte pergunta: “Você conhece o modelo atômico quântico? Se sim, cite algumas de suas principais características”. Essa questão foi elaborada visando verificar se os alunos possuíam conhecimento a respeito do modelo atômico atual e as suas principais características como o comportamento dual do elétron (partícula e onda); que não é possível calcular a posição e a velocidade de um elétron num mesmo instante (princípio da incerteza); conhecimento sobre a região do espaço ao redor do núcleo onde é máxima a probabilidade de encontrar um determinado elétron (orbital); e sobre os números quânticos (principal, secundário ou azimutal, magnético e spin).

Na segunda questão, grande parte dos alunos (74% em média) respondeu que não conheciam o modelo atômico. Dos alunos que responderam que conheciam o modelo (26% em média), muitos não escreveram as características deixando a questão

em branco. Um fato comum entre os alunos de todas as escolas que responderam que conheciam o modelo quântico foi que muitos alunos relacionaram a palavra “quântico” com níveis “quantizados” de energia. Estes últimos responderam como características do modelo quântico a presença de camadas eletrônicas quantizadas (Figura 6(a)).

No entanto, em torno de 2% dos alunos demonstraram que conheciam as principais características do modelo quântico, sendo estes alunos das escolas F1 e E4. O aluno A6 da escola E4 respondeu que o modelo quântico baseia-se na forma matemática da estrutura atômica (Figura 6(b)). Possivelmente, a informação, baseada no grande enfoque matemático que o seu professor possa ter visto na graduação na disciplina de Físico-Química, possa ter sido repassada para o aluno sem agregar nenhum conhecimento que o aluno pudesse abstrair sobre este modelo. Isso demonstra o próprio despreparo do professor frente a um assunto que não tem nada de trivial. Já outros alunos conseguiram explicitar algumas características do modelo quântico, como pode ser observado nas Figuras 6(c) e 6(d).

2) Você conhece o modelo atômico quântico? Se sim, cite algumas de suas principais características.
 Sim Não
A energia é quantizada em camadas (K, L, M, N, O, P, Q)

(a)

2) Você conhece o modelo atômico quântico? Se sim, cite algumas de suas principais características.
 Sim Não
baseia-se na forma matemática da estrutura atômica.

(b)

2) Você conhece o modelo atômico quântico? Se sim, cite algumas de suas principais características.
 Sim Não
Algumas de suas principais características são o princípio da incerteza e o princípio da dualidade.

(c)

2) Você conhece o modelo atômico quântico? Se sim, cite algumas de suas principais características.
 Sim Não
A teoria quântica afirma que a matéria tem propriedades associadas com ondas, razão pela qual o modelo de átomo foi baseado neste conceito.

(d)

Figura 6. (a) Resposta do aluno A11 da escola F1. (b) Resposta do aluno A6 da escola E4. (c) Resposta do aluno A17 da escola F1. (d) Resposta do aluno A13 da escola E4.

Pelo fato de poucos livros didáticos de Química abordarem o tema sobre o modelo quântico, pode-se observar que muitos alunos apresentaram uma grande defasagem a respeito do conhecimento do modelo que é hoje utilizado e aplicado em

vários tipos de estudos como, por exemplo, a produção de nanomateriais, de novos medicamentos e de materiais eletrônicos.

A terceira questão do questionário foi composta da seguinte pergunta: “*Na sua opinião, por que um modelo foi “substituído” por outro?*”. Essa pergunta foi elaborada objetivando verificar se os alunos possuíam a ideia do quanto as descobertas científicas da época foram importantes para a construção de cada modelo e a adequação deste na explicação de certos fenômenos que, até então, não poderiam ser explicados. Em torno de 15% em média dos alunos deixaram a terceira questão em branco ou não souberam responder. Somente alguns alunos das escolas F1 e F3 se referiram à adequação de um modelo na explicação de um dado fenômeno e a utilização de novas descobertas científicas para auxiliar na construção dos modelos, porém, não foi verificado exemplos de descobertas científicas. As respostas mais presentes nos questionários que justificaram a “substituição” de um modelo por outro foram: o avanço da tecnologia; aprimoramento dos modelos; que um modelo era mais convincente que outro; que um modelo possuía mais informações do que outro; que a linha de pensamento foi alterada e evolução da ciência.

Na quarta questão, foi feita a seguinte pergunta: “*Na sua opinião, a radioatividade foi importante no desenvolvimento dos modelos atômicos?*”. Nesta questão, 86% em média dos alunos responderam que sim, a radioatividade foi importante. No entanto, como dito anteriormente, a descoberta da radioatividade não foi citada na questão anterior em nenhum questionário.

Na quinta e última questão foi realizada a seguinte pergunta: “*O contexto histórico dos modelos atômicos foi abordado no seu cotidiano escolar?*”. Cerca de 79% dos alunos responderam que sim, o contexto histórico foi abordado em sala de aula, 18% responderam que não e outros 3% deixaram em branco. Pode-se perceber que uma quantidade significativa de alunos não tem o conhecimento do contexto científico e social vivido pelos cientistas da época e suas descobertas, que foram tão importantes na evolução dos modelos atômicos.

Conclusão

Nesta pesquisa, pode-se perceber a grande defasagem ainda existente na aprendizagem dos alunos do terceiro ano do Ensino Médio, de escolas estaduais de Minas Gerais e federais, envolvendo o tema de modelos atômicos. O conhecimento da evolução dos modelos atômicos baseada nas descobertas científicas ainda pode ser mais bem trabalhado nas escolas. Grande quantidade de alunos não conseguiu elucidar corretamente os modelos requeridos justamente por não saberem a contribuição de cada descoberta para a proposição dos modelos atômicos por cada cientista.

Pode-se observar ainda que muitos alunos tiveram dificuldade em representar o modelo atômico de Rutherford corretamente, que pode ser explicado pela grande quantidade de livros didáticos de Química que abordam o modelo de Rutherford junto com o modelo de Bohr. Muitos dos modelos de Rutherford e de Bohr, representados pelos alunos, apresentaram órbitas elípticas na eletrosfera, indicando uma possível mistura de conceitos advindos do modelo de Sommerfeld e de alguns livros didáticos que, erroneamente, apresentam os modelos de Rutherford e de Bohr com órbitas elípticas em torno do núcleo.

O uso de analogias, sem a posterior desconstrução dos conceitos que serviram de base para a construção de novos conhecimentos sobre os modelos atômicos, ainda

tem sido um obstáculo na aprendizagem dos alunos. Pode-se notar nesta pesquisa que o conhecimento a respeito do modelo atômico quântico ainda é incipiente no Ensino Médio. O conhecimento das características básicas desse modelo torna-se de grande importância frente às várias aplicações científicas atuais que são baseadas no modelo atômico atual.

Nesse sentido, o presente trabalho contribuiu para obtenção de informações a respeito dos déficits que ainda existem no ensino sobre os modelos atômicos e as maiores dificuldades apresentadas pelos alunos. Os resultados aqui obtidos servirão de base para a elaboração de um projeto voltado para a utilização de materiais didáticos que visam aproximar o aluno da ciência através de redes sociais, que muito têm sido utilizadas atualmente para comunicação entre os jovens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. p. 7-37.
- FERREIRA, Poliana Flávia Maia e JUSTI, Rosária da Silva. **Modelagem e o “fazer ciência”**. Química Nova na Escola, 28, 2008. p. 32-36.
- FERRY, Alexandre da Silva e NAGEM, Ronaldo Luiz. **Analogias & Contra-analogias: uma Proposta para o Ensino de Ciências numa Perspectiva Bachelardiana**. Experiências em Ensino de Ciências, 3 (1), 2008. p. 7-21.
- FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química**. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2013. p. 238.
- FRANÇA, Angella da Cruz Guerra; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro e DO CARMO, Miriam Possar. **Estrutura atômica e formação dos íons: uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do ensino médio**. Química Nova na Escola, 31(4), 2009. p. 275-82.
- GOMES, Henrique José Polato e DE OLIVEIRA, Odisséa Boaventura. **Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo**. Ciências & Cognição, 12, 2007. p. 96-109.
- MORTIMER, Eduardo Fleury. **Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais**. São Paulo, Faculdade de Educação da USP. Tese, Doutorado. 1994.
- PERELMAN, Chaïm; OLBRECHTS-TYTECA, Lucie e GALVÃO, Maria Ermantina de Almeida Prado. **Tratado da argumentação: a nova retórica**. São Paulo: Martins Fontes, 2005.