

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE QUÍMICA

CAMILA CORREA

**A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE MODELOS ATÔMICOS**

Porto Alegre, 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE QUÍMICA

CAMILA CORREA

**A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE MODELOS ATÔMICOS**

Trabalho de conclusão apresentado junto à atividade de ensino “Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Química”, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciada em Química.

Prof. Dr. Cesar Valmor Machado Lopes  
**Orientador**

Porto Alegre, 2017

À memória de minha mãe Catarina Josel Correa, pelo amor, dedicação e valorizar a importância da educação na vida dos seus filhos.

## RESUMO

O conceito de átomo é discutido no início do Ensino Médio, e também é, tradicionalmente, uma das etapas onde mais se utiliza a História da Ciência no ensino de química. Aqui apresentamos e discutimos uma Proposta de Ensino para primeiro ano do Ensino Médio desenvolvida numa escola pública de Porto Alegre, Brasil. A Proposta consistiu na utilização de episódios históricos para apresentar e discutir a evolução do conhecimento que levou a teoria atômica desde o modelo proposto por Dalton até o modelo de Bohr, explorando aspectos da Natureza da Ciência, valorizando a contextualização de cada modelo e as transformações científicas de cada período. A Proposta de Ensino foi planejada de acordo com um estudo historiográfico sobre os modelos atômicos e para a análise e interpretação dos dados da aplicação da proposta foi utilizada Análise Textual Discursiva. A análise iniciou com uma pesquisa exploratória sobre os conhecimentos prévios dos estudantes sobre átomo e durante desenvolvimento da sequência didática foram analisadas as concepções de modelo atômico elaboradas pelos estudantes. A interpretação dos dados mostrou que as concepções para átomo apresentaram semelhança ao modelo de Rutherford-Bohr e foi descrito como o menor constituinte da matéria. Nos dados coletados nas aulas seguintes, no modelo de Dalton, identificou-se dois entendimentos para o átomo, que eram iguais, mas tinham pesos diferentes e átomo que fazia ligação para formar substâncias. No modelo de Thomson, a maioria dos estudantes representaram nos desenhos compreender o conceito de carga elétrica e que o átomo não seria indivisível. Na maioria das representações para o modelo de Rutherford identificou-se o entendimento da carga central no átomo e de partícula ao redor da carga central. Na discussão sobre o modelo de Bohr os estudantes fizeram um relato desde o modelo de Dalton até o de Rutherford-Bohr, e constatou-se dois diferentes entendimentos, estudantes que demonstraram conhecimento pontual de cada modelo atômico e estudantes que relataram as mudanças nos modelos. De acordo com a análise dos dados foi possível identificar que esta abordagem é promissora para o aprendizado sobre os modelos atômicos e sobre a Natureza da Ciência.

**Palavras-chave:** modelos atômicos, ensino de química, história da ciência, ensino médio

## ABSTRACT

The concept of the atom is discussed at the beginning of High School, and is also traditionally one of the stages where the History of Science is most commonly used in chemistry teaching. Here we present and discuss a Teaching Proposal for the first year of High School developed in a public school in Porto Alegre, Brazil. The proposal consisted in the use of historical episodes to present and discuss the evolution of knowledge that took the atomic theory from the model proposed by Dalton to the Bohr model, exploring aspects of the Nature of Science, valuing the contextualisation of each model and the scientific transformations of each period. The Teaching Proposal was planned according to a historiographic study on the atomic models and for analysis and interpretation of the data of the application of proposal was used Discursive Textual Analysis. The analysis began with an exploratory research on students' previous knowledge about atom and during the development of the didactic sequence, the atomic model conceptions elaborated by the students were analyzed. The interpretation of the data showed that the conceptions for atom presented similarity to the model of Rutherford-Bohr and was described as the smaller constituent of the matter. In the data collected in the following classes, in Dalton's model, two understandings for the atom were identified, that they were equal, but had different weights and atom that was connected to form substances. In the Thomson model, most students represented in the drawings understand the concept of electric charge and that the atom would not be indivisible. In most of the representations for Rutherford's model the understanding of the central charge on the atom and particle around the central charge. In the discussion of Bohr's model, students reported from Dalton's model to Rutherford-Bohr's, and two different understandings were found, students who demonstrated knowledge of each atomic model and students who reported changes in the models. According to the analysis of the data it was possible to identify that this approach is promising for the learning about the atomic models and about the Nature of Science.

**Keywords:** atomic models, chemistry teaching, history of science, high school

## **LISTA DE SIGLAS**

HQ - História da Química

HC – História da Ciência

PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Representação de átomo feita pelo estudante 2. ....	25
<b>Figura 2:</b> Representação de átomo feita pelos estudantes 3 e 4. ....	25
<b>Figura 3:</b> Representação de átomo feita pelos estudantes 5, 6 e 7. ....	25
<b>Figura 4:</b> Representação de átomo feita pelos estudantes 8, 9 e 10. ....	25
<b>Figura 5:</b> Representação feita pelo estudante 14. ....	26
<b>Figura 6:</b> Representação feita pelo estudante 19. ....	27
<b>Figura 7:</b> Observações registradas pelo grupo 4. ....	29
<b>Figura 8:</b> Representação dos experimentos de John Mayow (1643-1679). ....	31
<b>Figura 9:</b> Pintura do Pintor Joseph Wright (1734-1797). ....	32
<b>Figura 10:</b> Representação do átomo de Thomson feita pelos estudantes. ....	34
<b>Figura 11:</b> Representação do átomo de Thomson feita pelos estudantes. ....	35
<b>Figura 12:</b> Representação do átomo de Thomson feita pelos estudantes. ....	35
<b>Figura 13:</b> Representação do átomo de Thomson feita pelos estudantes. ....	35
<b>Figura 14:</b> Representação do átomo de Thomson feita pelos estudantes. ....	36
<b>Figura 15:</b> Representação do átomo de Thomson feita pelo estudante. ....	36
<b>Figura 16:</b> Imagem obtida por Röntgen. ....	37
<b>Figura 17:</b> Representação do átomo de Rutherford feita pelos estudantes. ....	38
<b>Figura 18:</b> Representação do átomo de Rutherford feita pelos estudantes. ....	38
<b>Figura 19:</b> Representação do átomo de Rutherford feita pelos estudantes. ....	38
<b>Figura 20:</b> Representação do átomo de Rutherford feita pelos estudantes. ....	39
<b>Figura 21:</b> Evolução de átomo segundo o estudante 40. ....	42

## SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE SIGLAS

LISTA DE FIGURAS

1	INTRODUÇÃO .....	10
2	OBJETIVOS .....	12
	2.1 Objetivos Específicos .....	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO .....	13
4	METODOLOGIA .....	18
	4.1 Análise Textual Discursiva .....	19
5	PROPOSTA .....	20
	5.1 Avaliação Prévia e Atividade Lúdica .....	20
	5.2 Modelo de Dalton .....	21
	5.3 Modelo de Thomson .....	22
	5.4 Modelo de Rutherford.....	22
	5.5 Modelo de Bohr .....	22
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
	6.1 Identificação dos Conceitos Prévios sobre Átomo .....	24
	6.2 Modelo de John Dalton (1766-1844).....	31
	6.3 Modelo de J.J Thomson (1856-1940).....	33
	6.4 Modelo de Ernest Rutherford (1871-1937) .....	36
	6.5 Modelo de Niels Bohr (1885-1962).....	39
7	CONCLUSÃO .....	44
	REFERÊNCIAS .....	46
	APÊNDICE I .....	50
	APÊNDICE II.....	51

APÊNDICE III.....	52
APÊNDICE IV .....	53
APÊNDICE V.....	54

## 1 INTRODUÇÃO

A Educação Básica deveria formar cidadãos capazes de interagir com o meio onde vivem e dar condições para que progridam profissionalmente. Para garantir que todos tenham condições de atuarem dignamente em uma sociedade é preciso um ensino de qualidade que permita aos estudantes terem uma formação para exercer sua cidadania e buscar uma sociedade mais justa.

A Química é uma disciplina que faz parte da formação básica, e no Ensino Médio, muitas vezes, é considerada pelos estudantes como uma das disciplinas mais difíceis. Investigações apontam que eles apresentam dificuldades de compreender os fenômenos químicos associados ao mundo físico, assim como de relacionar os modelos científicos com tais fenômenos.<sup>1</sup> Diante desta realidade a busca por novas alternativas de ensino é fundamental para aproximar os alunos dessa ciência.

Neste contexto, o presente Trabalho de Conclusão de Curso(TCC) apresenta, discute e analisa uma proposta de ensino de Química, para o primeiro ano do Ensino Médio, que aborda os modelos atômicos de John Dalton (1766-1844), Joseph John Thomson (1856-1940), Ernest Rutherford (1871-1937) e Niels Bohr (1885-1962) através de uma perspectiva histórica, valorizando aspectos da Natureza da Ciência, mostrando a contextualização de cada modelo, as transformações científicas de cada período, rompendo com uma compreensão progressiva e linear da construção do conhecimento científico, apontando que existem continuidades, controvérsias e mesmo rupturas com ideias anteriores. E também apresentando a ciência como construída por vários pesquisadores.

Este TCC foi desenvolvido com estudantes do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública de Porto Alegre, e foi dividido em três etapas: construção de uma proposta de ensino para modelos atômicos, aplicação e análise da aplicação da proposta. A construção da proposta envolveu um estudo historiográfico dos Modelos Atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr e o planejamento de uma sequência didática incluindo o contexto histórico de uma forma que possibilitasse discussões e reflexões sobre a prática científica.

Foi utilizada Análise Textual Discursiva como metodologia qualitativa de pesquisa educacional para análise e interpretação dos dados coletados através da produção textos e desenhos feitos pelos estudantes durante as aulas. Buscou-se investigar se uma abordagem histórica contribui para uma melhor compreensão dos conceitos relacionados com o estudo de modelos atômicos e sobre a natureza da ciência, propondo assim uma alternativa de ensino para modelos atômicos. A análise da proposta iniciou com uma pesquisa exploratória sobre os conhecimentos prévios dos estudantes sobre átomo e durante o desenvolvimento da sequência didática foram sendo analisadas as concepções de modelo atômico elaboradas pelos estudantes, bem como suas ideias sobre o desenvolvimento destes modelos.

## 2 OBJETIVOS

Construir e analisar uma proposta de ensino sobre modelos atômicos para estudantes do primeiro ano Ensino Médio utilizando a História da Ciência como facilitadora da aprendizagem em Química, explorando o contexto histórico e a evolução do conhecimento que levou a transformação dos modelos explicativos da natureza da matéria.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

I - Estudo historiográfico sobre modelos atômicos de John Dalton (1766-1844), Joseph John Thomson (1856-1940), Ernest Rutherford (1871-1937) e Niels Bohr (1885-1962);

II - Construção de uma proposta de ensino;

III - Aplicação da proposta com estudantes do primeiro ano do Ensino Médio;

IV – Análise da utilização da história da química como facilitadora no processo de aprendizagem de modelos atômicos;

V - Análise das compreensões sobre a natureza da ciência.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

A Química é uma ciência que estuda o mundo material, suas transformações e propriedades, estando presente no dia-a-dia das pessoas, como por exemplo, no desenvolvimento tecnológico, na produção industrial e na agricultura.<sup>2</sup> Por isso o seu aprendizado deve ser tratado como parte importante na formação dos estudantes no Ensino Médio, permitindo que sejam capazes de compreender e fazer relações entre o conhecimento científico e o seu cotidiano. E segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), a Química no Ensino Médio pode ser:

Instrumento da formação humana que amplia os horizontes culturais e a autonomia no exercício da cidadania, se o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade, se for apresentado como ciência, com seus conceitos, métodos e linguagens próprios, e como construção histórica, relacionada ao desenvolvimento tecnológico e aos muitos aspectos da vida em sociedade.<sup>3</sup>

De acordo com Santos e Schnetzler<sup>4</sup>, os estudantes devem ter um conhecimento mínimo de Química que permita atuarem com maior fundamentação na sociedade atual, assim o ensino de Química tem um papel importante na formação de cidadãos capazes de atuar e tomarem decisões criticamente com base em conhecimento e avaliarem as consequências decorrentes de tais decisões.

Nesse contexto, o estudo da Química deve contribuir para que os estudantes desenvolvam uma visão crítica do mundo, tendo condições de analisar, interpretar, compreender e utilizar este conhecimento para garantir condições adequadas de vida. Rocha e Vasconcelos<sup>5</sup> apontam que a educação em Química, deve priorizar o processo de ensino/aprendizagem de forma contextualizada, problematizadora e dialógica, que estimule o raciocínio e que os estudantes possam perceber a importância socioeconômica da química, numa sociedade tecnológica.

Para tanto a busca por alternativas no ensino desta disciplina é fundamental para aproximar os conhecimentos da Química da realidade dos estudantes, em detrimento de aulas baseadas em simples memorização de nomes e fórmulas.<sup>6</sup> Para isto a sala de aula deve ser um espaço que promova a cidadania e uma aprendizagem que tenha significado, onde o estudante seja capaz de relacionar conhecimento científico com a realidade.

Neste sentido, o ensino de Química aplicado a partir de um conceito de aprendizagem significativa contribuiria para que os estudantes tivessem uma melhor formação no Ensino Médio. O conceito de aprendizagem significativa já é amplamente discutido em diversos trabalhos sobre ensino e aprendizagem.<sup>7,8,9</sup> A aprendizagem significativa ocorre quando o estudante passa a dar um novo significado ou sentido para um conhecimento já existente em sua estrutura cognitiva, ou seja, é um processo em que um conhecimento prévio é modificado e passar a ter um novo significado para ele. Em uma aprendizagem significativa não acontece apenas a retenção da estrutura do conhecimento, mas se desenvolve a capacidade de transferir esse conhecimento para a sua possível utilização em um contexto diferente daquele em que ela se concretizou.<sup>10</sup>

A teoria da aprendizagem significativa foi proposta por Ausubel e tem duas características básicas: a não-arbitrariedade e a substantividade. É um processo no qual um novo conhecimento se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-litera) à estrutura cognitiva do aprendiz. A não-arbitrariedade está relacionada com o material educativo que deve ser organizado de forma lógica e que seja potencialmente significativo e se relacionar de maneira não-arbitrária com o um conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Esse conhecimento pré-existente é chamado de *subsunção*, e deve ser relacionável com o novo conhecimento. E a substantividade ocorre quando o que é incorporado à estrutura cognitiva do aprendiz é a substância do novo conhecimento, das novas ideias, não as palavras precisas usadas para expressá-las.<sup>10</sup>

Nessa perspectiva, o processo de aprendizagem significativa depende de três condições: o material educativo deve ser organizado de forma lógica; a existência na estrutura cognitiva do estudante, de um conhecimento prévio e que seja relacionável com o novo conhecimento; e também a vontade e disposição do estudante de relacionar o novo conhecimento com aquele já existente.<sup>10</sup>

Uma possibilidade para que os estudantes aprendam de uma forma significativa conceitos químicos é através da inserção de História da Química (HQ) no ensino. Esta abordagem permite que os estudantes conheçam como essa ciência foi construída e como foi se modificando com a evolução do conhecimento, contribuindo para que tenham uma visão mais humanista e contextualizada do fazer ciência e sejam capazes de relacionar com os aspectos da vida. E esta abordagem também é um recurso para o professor tornar as aulas mais interessantes, como é apontado por Beltran:

Ao relacionar os conteúdos de Química com a sua História, o professor tem em mãos uma possibilidade de trabalhar suas aulas de modo atrativo, instigante, interessante e, sobretudo, ancorado na busca pela compreensão sobre a construção da própria História da Ciência. Ao utilizar a História da Ciência na prática didática, é possível mostrar aos estudantes que a atividade científica não é neutra, nem solitária, mas social.<sup>11</sup>

A importância da utilização da História da Ciência na Educação Científica é amplamente reconhecida por diversos trabalhos publicados nas últimas décadas.<sup>12,13,14</sup> Os PCNEM também propõem que a história da química faça parte da formação dos estudantes, e que deve permear todo o ensino de química, possibilitando ao aluno a compreensão do processo de elaboração desse conhecimento com seus avanços, erros e conflitos: “o conhecimento químico não deve ser entendido como um conjunto de conhecimentos isolados, prontos e acabados, mas sim uma construção da mente humana, em contínua mudança”.<sup>3</sup>

A inserção de História e Filosofia da Ciência no processo de ensino, é apresentada como uma alternativa que possibilita ter novas atitudes didáticas, criando um ambiente mais propício para o aprendizado, através de diálogos e reflexões em uma interação professor-aluno-conhecimento-comunidade; também é compreendida como uma forma de “humanizar” o processo de ensino, possibilitando aos estudantes momentos de reflexão acerca da Ciência estudada, sobre os cientistas e sobre o papel da sociedade no processo de construção do conhecimento.<sup>15</sup>

Um ensino que considera a evolução da ciência pode auxiliar no desenvolvimento da compreensão da relação entre desenvolvimento científico, tecnologia e sociedade, considerando a natureza da ciência (NdC).<sup>16</sup>

Mathews salienta que a utilização de uma abordagem em História da Ciência (HC), poderia superar a falta de sentido dos conteúdos e conceitos, pois esta tornaria as aulas mais desafiadoras, possibilitando aos estudantes fazerem relações entre este ensino e problemáticas éticas, políticas, sociais, econômicas.<sup>17</sup> Neste contexto, Trindade argumenta que:

A HC é considerada uma ferramenta de apoio ao professor no processo de promoção de ambientes de aprendizagem para que o aluno tenha a possibilidade de refletir tanto sobre o mundo em que vive, como sobre o próprio conhecimento.<sup>18</sup>

Um dos conteúdos em que vem sendo utilizado uma abordagem através da construção histórica é no estudo dos modelos atômicos.<sup>19,20,21</sup> O conceito de átomo é o um dos principais conteúdos de química no início do Ensino Médio, é nesse momento que os alunos começam a estudar as teorias dos modelos atômicos que explicam a natureza da matéria e para isso requer que os alunos desenvolvam capacidades de abstração.<sup>22</sup>

Pesquisas apontam que os estudantes apresentam grandes dificuldades de entenderem o conceito de átomo, modelo atômico e a relação com a natureza da matéria.<sup>22,23</sup> Melo e Neto ressaltam em seu trabalho a dificuldade que os alunos têm para compreender o que são modelos atômicos, associando o átomo a uma entidade real e não a uma criação científica:

Nossa hipótese é de que, como os modelos atômicos são inseridos em uma unidade estanque e não conectada para estabelecer modelos para a matéria e, portanto, para as substâncias, os alunos não conseguiram utilizar os modelos criados para os átomos para fornecer explicações atomistas para um fenômeno cotidiano, ou, ainda, a forma como os conceitos foram abordados não lhes permitiu entender como se constrói ciência e que está em constante modificação.<sup>24</sup>

Diante das dificuldades apresentadas pelos estudantes na compreensão de átomo e modelos atômicos, foi elaborada uma sequência didática com base em HC para o estudo da evolução dos modelos atômicos de John Dalton (1766-1844), Joseph John Thomson (1856-1940), Ernest Rutherford (1871-1937) e Niels Bohr (1885-1962).

Iniciando pela apresentação do átomo da Grécia Antiga, onde foi proposto como partícula indivisível, construindo a distinção com o atomismo científico. Um dos precursores do atomismo científico foi o químico inglês John Dalton. Os estudos realizados por Dalton foram desenvolvidos no contexto da construção das leis ponderais – lei das proporções definidas, lei das proporções equivalentes e lei das proporções múltiplas, dos estudos da atmosfera (estudos de gases) desenvolvido no século XVII e XVIII e tiveram influência dos trabalhos de Newton.<sup>25</sup>

A relação entre o modelo de Thomson e as pesquisas sobre a eletricidade no século XIX, o debate sobre a constituição elétrica da matéria nesse período que envolveu diversos pesquisadores e os estudos de Willian Crookes (1832-1919) que após a realização de uma série de trabalhos relacionados à passagem de descargas elétricas através de tubos de vidro (ampolas de Crookes) contendo gases rarefeitos, sugeriu a existência dos chamados raios catódicos. As experiências realizadas com as ampolas de

Crookes tornaram possível os estudos sobre o elétron por Joseph John Thomson. As investigações realizadas por diversos cientistas contribuíram para que Thomson, em 1904 formulasse um novo modelo para explicar a natureza da matéria.<sup>26</sup>

O modelo de Rutherford e sua construção no âmbito dos estudos da radioatividade desenvolvidos no século XIX, que permitiram que a ciência avançasse na busca de novas explicações para o entendimento da estrutura da matéria com a contribuição dos pesquisadores Henri Becquerel (1852-1908), Pierre Curie (1859- 1906) e Marie Curie (1867-1934), Hans Geiger (1882-1945) e Ernest Marsden (1889-1970).

O modelo de Bohr construído com base na espectroscopia e sustentado nos problemas de estabilidade elétrica do modelo de Rutherford.<sup>26</sup>

Com base nos episódios históricos descritos sobre o desenvolvimento dos modelos atômicos pretende-se mostrar que a ciência não se transforma sempre de uma maneira progressiva e linear e que também não é construída por gênios isolados em seus laboratórios, sendo o resultado do trabalho e da interação de muitos investigadores.

## 4 METODOLOGIA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi desenvolvido durante a atividade de Estágio de Docência em Ensino de Química III-B, realizado junto a uma Escola Estadual de Ensino Médio em Porto Alegre, onde atuei como professora temporária. Os alunos que frequentam essa instituição são principalmente moradores de regiões de periferia e alguns vivem em situação de vulnerabilidade econômica e social. Segundo o censo escolar de 2016 dos alunos matriculados no Ensino Médio, 13,2% abandonaram a escola e o índice de reprovação foi de 31,5%.

Este Trabalho foi dividido em três etapas: construção de uma proposta de ensino para modelos atômicos, aplicação e análise da aplicação da proposta. A construção da proposta envolveu um estudo historiográfico dos Modelos Atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr consultando os trabalhos de Viana<sup>25</sup>, Lobato<sup>27</sup> e Lopes<sup>26</sup> para entender como cada modelo atômico foi proposto, quem foi cada pesquisador, quais recursos (laboratório, equipamentos e experimentos) ou bases teóricas utilizou para propor o modelo, quais foram as contribuições de outros pesquisadores e as ideias que levaram a um novo modelo para explicar a natureza da matéria.

A proposta foi desenvolvida com duas turmas do primeiro ano do Ensino Médio. Uma turma era composta por 30 alunos, com média de idade de 15 anos. Turma participativa, sempre havia um número grande de alunos que questionavam suas dúvidas, pois quando passava algum exercício, aproveitava para circular na sala e acompanhar a resolução. A maioria dos alunos se conhecia há bastante tempo, não havia uma divisão marcada por grupos, sentavam em duplas e iam se alternando nas aulas.

A outra turma era composta por 20 alunos regulares e um grupo de alunos que vinham aleatoriamente, a maioria eram repetentes, com média de idade entre 16 e 18 anos, havia um grupo de alunos que sempre participava e acompanha a aula, outros ficavam conversando, mexendo no celular (sempre com fones de ouvidos). Em ambas as turmas percebi que a relação que tinham comigo, como professora efetiva, contribuiu para a participação em aula e o desenvolvimento das atividades. Sempre tentei abrir espaço para conversas e para que expressassem suas dúvidas e críticas em sala de aula.

Na análise da proposta foi utilizada uma metodologia de pesquisa qualitativa para investigar a utilização da HC como facilitadora no processo de aprendizagem de modelos

atômicos e na compreensão da natureza ciência pelos estudantes. A pesquisa envolveu a observação e a interação com os estudantes e atuação da professora como pesquisadora. Foi utilizada a Análise Textual Discursiva para análise e interpretação dos dados coletados através da produção escrita e desenhos feitos pelos estudantes durante as aulas, em conjunto com gravação de áudio e relatórios de observações das aulas<sup>28</sup>. A análise da proposta iniciou com uma pesquisa exploratória sobre os conhecimentos prévios dos estudantes sobre átomo e nas aulas seguintes os estudantes elaboraram uma descrição textual ou desenho de acordo com a seguinte abordagem:

- a) No modelo de Dalton fizeram uma descrição textual que representasse o átomo proposto por Dalton;
- b) Nos modelos de Thomson e de Rutherford fizeram uma representação através de desenhos dos modelos, nas aulas não foram mostradas imagens que representassem os modelos;
- c) No modelo de Bohr, os estudantes fizeram um relato textual desde o modelo de Dalton até Rutherford-Bohr.

#### 4.1 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA

Análise Textual Discursiva é uma das metodologias que vêm sendo utilizada para analisar, interpretar e compreender a produção escrita ou desenhos, todos considerados textos, de estudantes nas pesquisas qualitativas em educação.<sup>29</sup> De acordo com Moraes<sup>30</sup>, esta abordagem constitui-se em três etapas: Primeiro os textos são examinados em detalhes buscando-se criar unidades de significados que são atribuídos a um determinado conteúdo pelos estudantes, esse processo é chamado de unitarização. A próxima etapa é identificar as relações existentes nessas unidades, agrupando e classificando os significados que são semelhantes criando um conjunto de categorias. E por fim a partir das etapas anteriores é possível uma nova compreensão do fenômeno pesquisado que é comunicado e validado.

A análise textual, realizada na produção escrita e desenhos dos estudantes, obteve resultados que foram separados por unidades e categorias buscando identificar e interpretar os significados que os estudantes elaboraram para os modelos atômicos e a

natureza da ciência. Dentro das categorias identificou-se os significados que os estudantes atribuíram para o átomo e cada modelo de átomo.

Os conhecimentos prévios sobre o conceito de átomo foram utilizados para o planejamento das atividades e também para identificar possíveis mudanças na compreensão do que sejam os modelos atômicos e sobre a natureza da ciência, pelos estudantes.

## **5 PROPOSTA**

A proposta foi dividida em cinco aulas: Avaliação prévia e Atividade Lúdica para o estudo de modelos; Modelo de Dalton; Modelo de Thomson; Modelo de Rutherford; e Modelo de Bohr. Foram feitos recortes sobre o desenvolvimento da teoria atômica buscando não distorcer a natureza da ciência, visto que a construção histórica por completo seria inviável em sala de aula, pois envolve centenas de pesquisadores que contribuíram para a sua construção. Para cada aula foi elaborado um planejamento de sequência didática através de aulas expositivas utilizando imagens, textos e vídeos.

### **5.1 AVALIAÇÃO PRÉVIA E ATIVIDADE LÚDICA**

Essa aula foi dividida em dois momentos, primeiro uma avaliação prévia sobre o conceito de átomo e a definição geral do que são modelos, para que servem e o que representam. A segunda parte foi o desenvolvimento da atividade lúdica “imaginando o invisível”, conforme o Plano de aula I (Apêndice I).

No início da aula pedi que representassem o átomo através de um desenho ou escrevessem, e caso desenhassem solicitei que justificassem a opção por desenho. Através desta atividade busquei identificar as concepções prévias que os estudantes tinham de átomo, quais modelos lembravam e se representariam os diferentes modelos propostos historicamente.

Para a atividade lúdica foram montadas caixas lacradas com objetos (algodão, borracha, argila e uma bolinha de isopor) dentro. Essas caixas foram utilizadas para que os estudantes construíssem modelos sobre quais objetos estavam dentro da caixa com

base em propriedades como: textura da superfície, tipos de material, som, densidade, formas, tamanhos.

O objetivo dessa atividade era que os estudantes compreendessem como através da investigação com base em propriedades observáveis da matéria pode-se elaborar hipóteses e construir um modelo daquilo que não é possível enxergar, além de promover um espaço em que os estudantes sujeitos poderiam estar mais motivados, participando ativamente. Assim essa atividade poderia auxiliar no entendimento de conceitos abstratos, como no caso de átomo.

De acordo com Mortimer<sup>22</sup>, é importante que os estudantes tenham a noção do que é um modelo e este conhecimento pode auxiliar no entendimento de modelos atômicos. Rocha e Cavichioli<sup>31</sup> identificaram que estudantes de Ensino Médio compreendiam melhor os conteúdos quando antes era utilizada uma atividade lúdica específica para aquele conteúdo programático, ressaltando a importância de propor atividades que facilitem os processos de ensino e aprendizagem. Nessa perspectiva, Rocha aplicou a atividade lúdica com um caixa lacrada com estudantes do primeiro ano do Ensino Médio para facilitar o entendimento de como surgem as teorias, as leis, as hipóteses e os modelos e verificou que esta atividade contribui para melhorar o entendimento desses conceitos.<sup>32</sup>

## 5.2 MODELO DE DALTON

A utilização de imagens foi o principal recurso no desenvolvimento da aula sobre o modelo de Dalton, as imagens destacavam pesquisadores, laboratórios da época, mostravam como os experimentos eram realizados, instrumentos de medição e representações de átomos simples e compostos propostos por Dalton, para que os alunos pudessem visualizar um pouco mais sobre o fazer científico. Segundo Martins *et al*<sup>33</sup>, a utilização de imagens pode ser um recurso importante para o entendimento de ideias científicas, como também desempenham um papel importante na contextualização dessas ideias.

Os objetivos dessa aula, conforme o Plano da Aula II (Apêndice II), eram que os estudantes compreendessem a diferença entre a compreensão de átomo na antiguidade grega e o modelo atômico proposto por Dalton; reconhecessem as contribuições de outros

pesquisadores no trabalho de Dalton; reconhecessem através da representação do átomo de oxigênio que um modelo não é definitivo mudando de acordo com novas descobertas.

### 5.3 MODELO DE THOMSON

O tema desta aula foi a eletricidade e sua relação com o modelo de Thomson. Para elaboração da aula foram utilizadas citações de textos consultados no estudo historiográfico, imagens de equipamentos e um vídeo mostrando um experimento realizado por Thomson, e não foi mostrada nenhuma imagem que representasse o modelo de Thomson, conforme o Plano da Aula III (Apêndice III).

Os objetivos estabelecidos foram que os estudantes reconhecessem que os estudos sobre eletricidade proporcionaram o início de uma nova discussão sobre a natureza da matéria e levaram a modelos atômicos carregados eletricamente, como o modelo de Thomson, entre outros, e compreendessem a diferença entre o átomo proposto por Dalton e por Thomson.

### 5.4 MODELO DE RUTHERFORD

O tema desta aula foi radioatividade e sua relação com o modelo proposto por Rutherford. Para a aula foram selecionadas citações de textos consultados no estudo historiográfico e imagens mostrando pesquisadores e o experimento realizado por Ernest Marsden e Hans Geiger, conhecido como experimento de Rutherford, não foi mostrada nenhuma imagem que representasse o modelo proposto por Rutherford, conforme o Plano da Aula IV (Apêndice IV).

Os objetivos estabelecidos foram que os estudantes reconhecessem a radioatividade e sua relação com o Modelo Atômico de Ernest Rutherford; Reconhecessem as investigações de Hans Geiger e Ernest Marsden no trabalho de Rutherford; Compreendessem a diferença entre o átomo proposto por Thomson e Rutherford.

### 5.5 MODELO DE BOHR

O tema desta aula foi espectroscopia e sua relação com o modelo proposto por Bohr. Para a aula foram selecionadas citações de textos consultados no estudo historiográfico e

imagens de experimentos mostrando as emissões luminosas de diferentes substâncias e os espectros de alguns compostos, conforme o Plano da Aula IV (Apêndice IV).

Os objetivos estabelecidos foram que os estudantes reconhecessem que o modelo de Rutherford apresentava problema de estabilidade elétrica; compreendessem qual era a relação entre absorção e emissão de energia com a cor emitida por diferentes compostos; identificassem o Modelo proposto por Bohr e que ficou conhecido como Modelo de Rutherford-Bohr; relacionassem as diferenças entre o átomo proposto por Rutherford e Bohr; discutissem sobre a transformação dos modelos e que a pesquisa e produção de modelos de átomos não acabava no Modelo de Rutherford-Bohr, o conhecimento está sempre evoluindo.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste Trabalho serão apresentados de acordo com a sequência didática adotada no planejamento, na primeira aula foi a análise prévia sobre a ideia de átomo e a atividade lúdica “imaginando o invisível”, e aulas seguintes foram para o estudo dos modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.

Os resultados foram agrupados de acordo com os seguintes conceitos:

- a) Conceito de átomo na análise prévia;
- b) O conceito de átomo indivisível, que eram iguais e pesos diferentes, influência de outros pesquisadores e a relação entre átomo e reação química no modelo de Dalton;
- c) O conceito de carga elétrica no modelo de Thomson;
- d) O conceito de uma carga central e as partículas ao redor da carga central de sinais opostos no modelo de Rutherford;
- e) Conhecimento pontual de cada modelo atômico e aspectos sobre mudanças no conhecimento.

### 6.1 IDENTIFICAÇÃO DOS CONCEITOS PRÉVIOS SOBRE ÁTOMO

Dos estudantes presentes na aula a maioria fez a atividade e teve alguns que disseram não lembrar do que estudaram sobre esse tema no ano anterior. O fato de não lembrarem pode estar relacionado com as metodologias de ensino adotadas em que esse conceito não representou nenhum significado para esses estudantes.

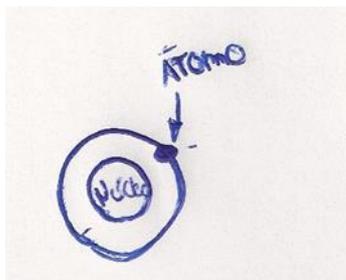
A maior parte dos estudantes preferiu escrever, somente alguns desenharam. Após análise dos dados foi possível dividir as concepções prévias de átomo em quatro categorias: átomo semelhante ao modelo de Rutherford-Bohr; átomo como menor constituinte da matéria; átomo como uma célula; e átomo como responsável pela formação de moléculas.

Na primeira categoria as concepções podem ser associadas ao modelo de Rutherford-Bohr;

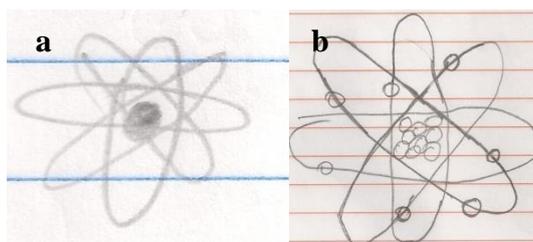
*Estudante 1: O átomo é uma unidade básica que tem um núcleo central de carga elétrica positiva envolvida por uma nuvem de cargas negativas.*

*Estudante 2: Me lembra de + e - que opostos se atraem e os átomos ficam em volta do núcleo e moléculas, Figura 1.*

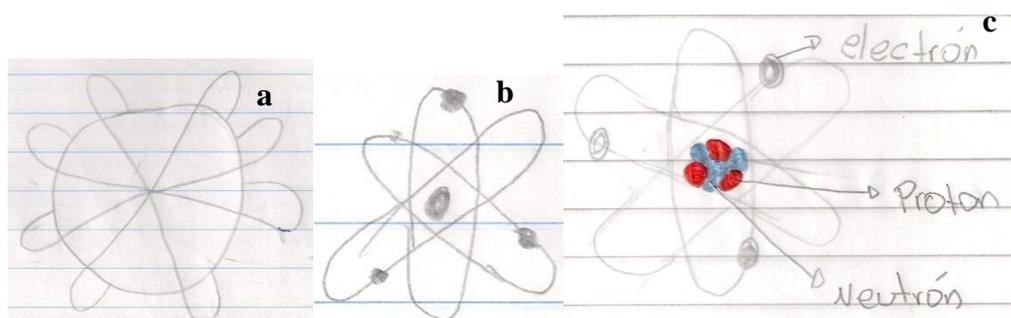
**Figura 1:** Representação de átomo feita pelo estudante 2.



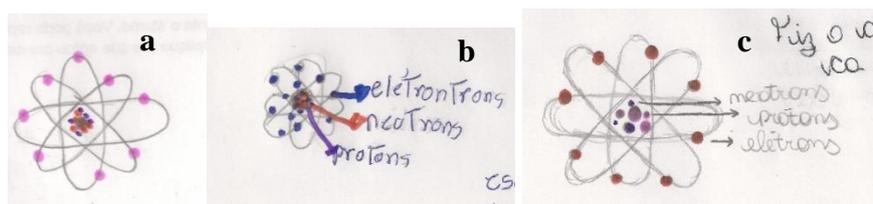
**Figura 2:** Representação de átomo feita pelos estudantes 3 e 4.



**Figura 3:** Representação de átomo feita pelos estudantes 5, 6 e 7.



**Figura 4:** Representação de átomo feita pelos estudantes 8, 9 e 10.



A justificativa dos estudantes pela preferência na produção de desenhos foi terem visto em livros de ciências, um dos principais recursos didáticos das escolas públicas, onde o

modelo de átomo de Rutherford-Bohr é o último a ser estudado, e apresentado como tendo um núcleo central com prótons e nêutrons, e elétrons distribuídos em camadas eletrônicas na forma de elipse.<sup>34</sup>

Percebe-se que os estudantes têm um conhecimento de átomo com uma região central e eletrosfera, Figuras 3a, 3b e 4a, e em algumas representações, Figuras 3c, 4b e 4c atribuem o nome de cada partícula. O núcleo e a eletrosfera estão presentes em todas as representações. Em alguns casos, Figuras 2b, 3a 3b, representaram uma região central uniforme. E em outros casos identificaram que o núcleo era formado por partículas, Figuras 2a, 3c, 4a, 4b e 4c, evidenciando uma ideia de que o núcleo é formado por partículas e isso está em desacordo com o modelo proposto por Rutherford-Bohr.

De acordo com Paganotti *et al* a grande maioria dos livros apresenta o modelo atômico ‘atual’ já com as camadas eletrônicas em torno do núcleo na forma de elipses. Alguns, inclusive, apresentam erroneamente as camadas eletrônicas na forma de elipse para representar outros modelos como o de Rutherford e o de Bohr.<sup>34</sup>

Na segunda categoria o átomo foi associado com célula;

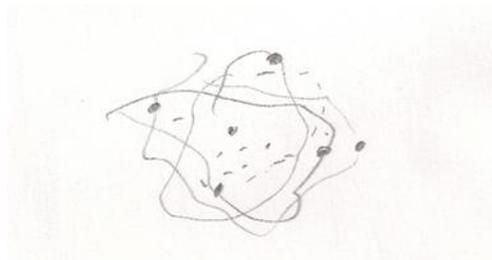
*Estudante 11: Átomos são moléculas que formam as células.*

*Estudante 12: É um conjunto de molécula, formado por íons, elétrons e nêutrons, que formam a célula.*

*Estudante 13: Átomos são pequenas moléculas que formam as células.*

*Estudante 14: Átomo seria uma junção de moléculas e células formando-se, Figura 5.*

**Figura 5:** Representação feita pelo estudante 14.



Os estudantes fazem uma relação da formação de célula por moléculas. O estudante 12 faz uma mistura de conceitos, possivelmente lembrava que algumas substâncias são formadas por íons, que fazem parte do átomo mostrando que esses conhecimentos estão

misturados. Isto pode ser visto também no estudante 14, que faz uma representação, Figura 5, para tentar explicar a mistura de átomos e células.

Essa confusão feita pelos alunos entre átomo e célula já foi relatada em outros trabalhos, pois assim como o átomo é descrito como tendo núcleo e sendo a menor partícula de um corpo, em biologia a célula é considerada como a menor parte de um ser vivo e possui núcleo.<sup>35,36</sup>

Na terceira categoria o átomo foi descrito como responsável pela formação de moléculas;

*Estudante 15: um conjunto de átomos formam uma molécula. Ex:  $H_2O$ , dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio, formam a molécula de água.*

*Estudante 16: 2 átomos formam uma molécula.*

*Estudante 17: Átomos são pequenas moléculas.*

*Estudante 18: Átomos formam moléculas.*

*Estudante 19: Um conjunto de átomos formam uma molécula,*

*Figura 6.*

**Figura 6:** Representação feita pelo estudante 19.



Essas concepções podem estar relacionadas com o conteúdo estudado antes, que foi substâncias simples, substâncias compostas e misturas. O estudante 15, apresenta um exemplo para comprovar seu argumento que os átomos formam uma molécula, parece claro que para formar uma molécula é preciso mais de um átomo, que pode ser observado nos relatos dos estudantes 16, 17, 18 e 19. O estudante 19, faz uma representação de moléculas e os átomos por bolinhas, Figura 6, indicando pela cor que tem átomos diferentes. Essas representações podem ser associadas ao modelo de Dalton.

Na quarta categoria o átomo foi descrito como a menor unidade da matéria;

*Estudante 20: O átomo é uma unidade de matéria.*

*Estudante 21: Um átomo é a partícula mais pequena que é possível obter de um determinado elemento químico, e que ainda caracteriza esse elemento químico.*

*Estudante 22: o átomo é a menor partícula de um elemento.*

*Estudante 23: átomo é tudo que contem matéria.*

De acordo com França, Marcondes e do Carmo<sup>18</sup> a estrutura do átomo não é um tema fácil de ser compreendido pelos alunos, e citam algumas concepções apresentadas por eles: assumem ser a menor parte constituinte da matéria, e em alguns casos, julgam que poderia ser uma célula e que o modelo predominante seria o do orbital.

Da mesma forma em uma pesquisa realizada com estudantes do ensino médio, no trabalho de Melo e Neto, onde foi feita a seguinte questão: “o que você entende por átomo? ”, os estudantes relacionaram o átomo a massa em forma de bolinhas, pequena partícula de um indivíduo, bolinhas de massa muito pequena e menor partícula da matéria.<sup>24</sup>

Considerando a produção escrita e os desenhos, é possível constatar que os alunos têm conhecimentos prévios sobre átomo, e que o modelo de átomo predominante é semelhante ao de Rutherford-Bohr. Não há nenhuma evidência que os estudantes tenham algum conhecimento sobre os diferentes modelos propostos historicamente, pois cada aluno só relatou um tipo de modelo.

Após a análise dos conhecimentos prévios, apresentei o conceito de modelo e alguns exemplos. Durante a discussão uma aluna disse: “*Tipo o modelo das hélices do DNA?*”. Na sequência expliquei a relação de modelos com os modelos atômicos e o objetivo da atividade prática com a caixa lacrada.

As turmas foram divididas em grupos de seis alunos e para cada grupo foi entregue uma caixa. O comportamento das duas turmas frente a atividade foi similar, ficaram agitados, queriam saber como iriam descobrir o que tinha na caixa e se ao final da aula eu diria quais os objetos tinham na caixa. No momento que falei que não iria abrir a caixa e não diria o que tinha dentro, a turma ficou “braba”, disseram que não tinha graça se ao final não soubessem o que tinha dentro, como saberiam se tinham acertado os objetos. Percebi que para eles o objetivo principal era acertar o que tinha na caixa e não o processo de descoberta dos objetos.

Durante o desenvolvimento da aula, a todo o momento vinham falar comigo sobre as hipóteses que tinham sobre o conteúdo da caixa. E como eu não confirmava as suposições que faziam, ficavam mais agitados. Os grupos trocavam informações a todo o momento.

Uma aluna disse que achava que era argila, e outro aluno já entreviu dizendo: “Se fosse argila amassaria quando eu apertei”. Utilizaram a vareta para puxar pedacinhos da argila

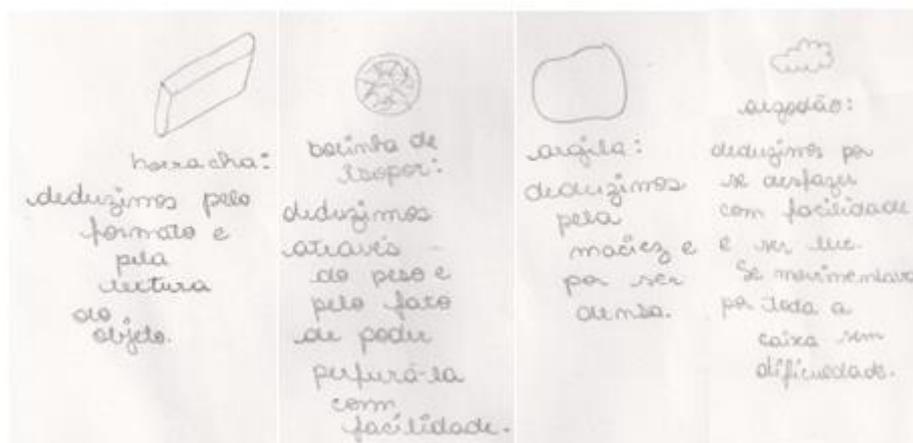
e do algodão. Estavam muito ansiosos em descobrir o conteúdo, mas não rasgaram ou danificaram as caixas.

Em uma das turmas o tempo para o desenvolvimento da atividade foi curto, em razão da redução na duração dos períodos. Com isso, os grupos fizeram a atividade e propuseram o conteúdo das caixas, trocando informações entre eles

- *Supomos que tem uma massinha de modelar, uma bolinha pequena, um algodão, uma bolinha de gude, pelas suas formas e barulho.*

Na outra turma, somente um grupo fez desenhos dos objetos e justificaram as observações, Figura 7, os demais grupos fizeram registro escrito.

**Figura 7:** Observações registradas pelo grupo 4.



Grupo 1:

*Argila – porque gruda e demora pra cair.*

*Bulita – Porque tem algo pequeno, cai primeiro.*

*Borracha – Porque apertamos a caixa e sentimos o formato de uma borracha.*

Grupo 2:

*Argila, borracha, isopor, botão.*

*- É argila por cutucar com o palito e sair a cor de uma argila junto com o palito.*

*- Borracha por causa do formato, mas foi um palpite mesmo.*

*- Isopor outro palpite.*

*- Porque quando apertamos tinha forma de um botão.*

Grupo 3:

*- Argila, porque é mais pesada e é mole.*

*- Borracha, porque é menor e mais dura.*

*- Algodão, porque é macio e não tem peso.*

Todos os grupos justificaram suas hipóteses para o conteúdo da caixa, com base em alguma observação, com exceção do grupo 2 que em dois objetos alegaram palpite. Houve controvérsias, grupo 1 e 2, discordaram dos demais grupos em relação a dois objetos, um seria um botão e o outro uma bolita.

Com base nos relatos, a atividade da caixa lacrada permitiu que os estudantes fizessem hipóteses sobre o conteúdo das caixas com base em alguma propriedade macroscópica e também que pode haver divergências entre hipóteses, como observado na situação entre o grupo 1 e 2 que discordaram dos objetos contidos na caixa. Todos esses aspectos apresentados pelos estudantes na elaboração das hipóteses do conteúdo da caixa podem auxiliar na compreensão de aspectos da natureza da ciência, no estudo dos modelos atômicos.

Outra situação que pode ser observada foi a reação das turmas frente à atividade da caixa lacrada, em que não aceitaram a ideia que não poderiam ver os objetos na caixa, retrata que os estudantes não aceitam a impossibilidade de não saberem se acertaram ou não o que tinha na caixa, o êxito da atividade é descobrir o que tinha na caixa e não os caminhos que levariam a propor o conteúdo da caixa.

Essa dificuldade de abstração apresentada pelos estudantes pode ser um obstáculo para o entendimento da estrutura da matéria e da evolução dos modelos atômicos, devido ao grau de abstração desses conteúdos, que requer dos estudantes a relação entre dois níveis de realidade o macroscópico e o microscópico.<sup>37</sup> Os estudantes apresentam grandes dificuldades em estabelecer relações entre o microscópico e o macroscópico, além de reconhecerem e relacionarem códigos, símbolos e sinais.<sup>38</sup>

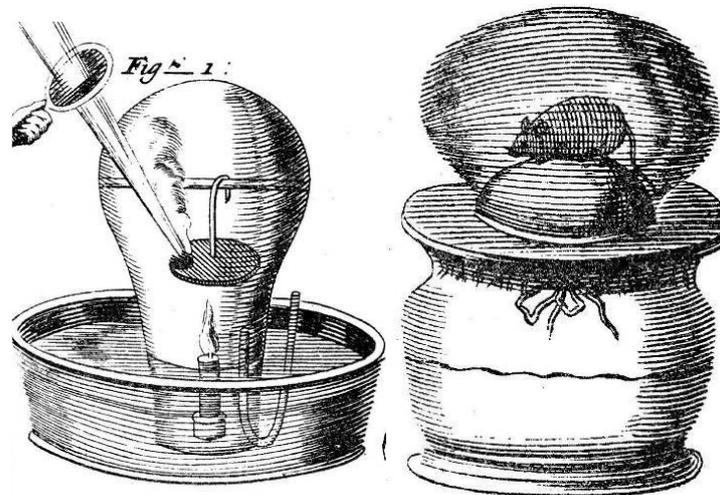
Esta situação evidencia a importância do desenvolvimento de atividades, como a que foi aplicada nesta sequência didática, que permitam aos estudantes um envolvimento ativo no seu processo de aprendizagem, o entendimento que a construção de um modelo envolve dúvidas, hipóteses, incertezas, controvérsias e também o desenvolvimento da capacidade de abstração.

## 6.2 MODELO DE JOHN DALTON (1766-1844)

Foi feita uma abordagem inicial sobre o átomo proposto na Grécia e sua diferenciação do átomo da modernidade, uma breve história e biografia de Dalton, os estudos da atmosfera (estudos de gases) desenvolvido nos séculos XVII e XVIII e como esses estudos influenciaram o modelo proposto por Dalton, a influência de Newton, a primeira teoria das misturas gasosas e a lei das pressões parciais, representação de átomos simples e compostos propostas por Dalton.

Os estudantes ficaram fascinados pelas imagens que retratavam os experimentos da época sobre gases. Gostaram da experiência com a vela de John Mayow (1643-1679), Figura 8, em que ele usou uma lupa para acender uma vela, em seus experimentos para estudar a combustão e queriam saber quantos camundongos tinham morrido nas experiências dele, no estudo da respiração em que analisou um camundongo em um recipiente fechado. Um aluno disse: “Se fazia ciência matando rato”, e outro aluno falou, “mas naquela época podia fazer isso”.

**Figura 8:** Representação dos experimentos de John Mayow (1643-1679).



Fonte: MARTINS, 2009.<sup>39</sup>

Em um dos slides que tinha uma pintura do pintor Joseph Wright (1734-1797), que retratava um “Experimento com um pássaro na bomba de vácuo”, Figura 9, pedi que olhassem e não falei nada. Ficaram bastante tempo olhando e comentando das crianças tristes, do passarinho morrendo. Perguntaram se foi feito isso com pessoas também, mas se foi feito, provavelmente não diriam. A reação dos estudantes nos fornece indícios

promissores da utilização de imagens, em sala de aula, para a contextualização da ciência.<sup>33</sup>

**Figura 9:** Pintura do Pintor Joseph Wright (1734-1797).



Fonte: MARTINS, 2009.<sup>39</sup>

Quando falei sobre Isaac Newton (1643-1727), coloquei uma citação com uma frase escrita por ele: “Parece-me provável que Deus, no início, formou a matéria em partículas sólidas, maciças, duras, impenetráveis e móveis, de tamanhos e formatos tais, e com tais outras propriedades, e em tal proporção, de modo a melhor conduzi-las à finalidade para a qual Ele as formou...”. Esta frase levou uma aluna a perguntar se Newton acreditava naquilo que ele tinha dito sobre o átomo, em relação a Deus ou ele disse daquela maneira para que fosse aceito, pois antes eu tinha falado sobre a relação entre religião e ciência.

Ao final da aula solicitei que fizessem uma descrição escrita do modelo de Dalton. Os resultados foram agrupados em duas categorias: a ideia de que os átomos tinham a mesma forma/tamanho, mas com pesos atômicos diferentes e a ideia de átomo que faz ligação e forma substâncias.

A ideia de que os átomos tinham a mesma forma/tamanho, mas com pesos atômicos diferentes, isso pode ser visto nos relatos dos estudantes 24, 25, 26, 27 e 28.

*Estudante 24: Os átomos de Dalton eram representados por círculos com desenhos dentro, tinham o mesmo tamanho, mas se diferenciavam pelo peso de cada átomo.*

*Estudante 25: Segundo Dalton, o átomo é a partícula única, indivisível, sendo todos do mesmo tamanho e pesos diferentes.*

*Estudante 26: Os átomos têm a mesma forma, mas cada um com pesos diferentes.*

*Estudante 27: O átomo de Dalton eram círculos de mesmo tamanho que em seu centro haviam desenhos diferentes que representavam pesos diferentes.*

*Estudante 28: O átomo de Dalton ele usava um fundamento de Newton que representava várias partículas múltiplas que são chamadas de átomos. Onde ele representava em círculos o mesmo tamanho. Porém de pesos diferentes e juntas formavam reações químicas.*

O estudante 28, relata a influência de Newton, indicando que houve a contribuição de outro pesquisador no trabalho de Dalton.

E uma segunda categoria com a ideia de átomo que faz ligação e formam compostos:

*Estudante 29: Os átomos iam se juntando e formando vários outros compostos, um se uniam com os outros formando diferentes moléculas, aglomerando-se em uma única bolinha.*

*Estudante 30: Um átomo para Dalton significava o princípio, juntando um átomo com mais um formaria um composto.*

*Estudante 31: Os átomos de Dalton eram iguais com mesma forma e tamanho, mas por dentro eram diferentes com massa, sendo o peso a maneira que diferenciava eles. Ele também viu que os átomos diferentes se ligavam e formavam todo o tipo de matéria.*

Na maioria das descrições os alunos falam de bolinhas, que condiz com as representações de átomo propostas por Dalton. A ideia de que os átomos tinham pesos (massas) diferentes ficou clara para os alunos, visto que todos descreveram os desenhos de bolinhas, mas salientaram a diferença no peso.

### 6.3 MODELO DE J.J THOMSON (1856-1940)

Para abordar o modelo de Thomson fiz uma discussão sobre o modelo atômico Dalton e destaquei que a ciência está em constante transformação, e que novos conhecimentos podem provocar a modificação de conceitos aceitos até aquele momento. Perguntei o que era energia elétrica e eletricidade. Um aluno disse “*é a luz da minha casa*”, um outro aluno perguntou por que a borracha não conduzia a eletricidade e o metal conduzia.

Abordei um pouco da história das investigações de M. Faraday (1791-1867) e G. J. Stoney (1826-1911). Perguntei se sabiam do elétron, um aluno disse que tinha estudado

no ano anterior. Quando falei da ampola de raios catódicos e mostrei uma imagem, um aluno queria saber a diferença entre o polo positivo e o negativo.

Contei um pouco da história dos trabalhos de Thomson e sobre o seu modelo atômico. Mostrei um vídeo com os experimentos de Thomson, conforme Plano de Aula (Apêndice III), tive que mostrar duas vezes, pois dois alunos gostaram de ver o experimento, queriam fazer um experimento igual. Fui explicando ao longo do vídeo o que estava acontecendo. Esta observação no comportamento dos estudantes em relação ao vídeo vai ao encontro das estratégias utilizadas na sequência didática com imagens se mostrando também ser um recurso bastante eficiente no sentido de mantê-los atentos e interessados nas aulas.

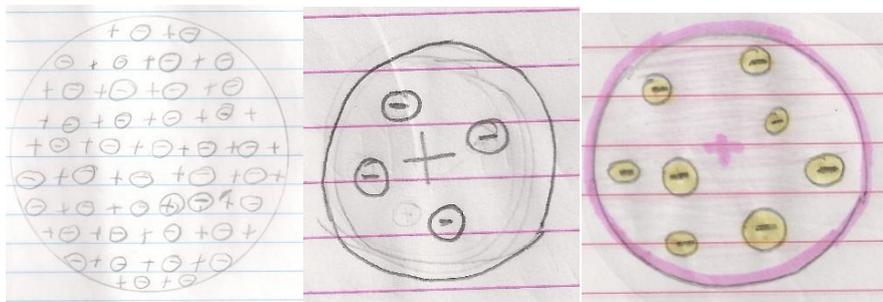
Ao final da aula fiz uma discussão comparando o modelo de Dalton e Thomson. Os alunos participaram e evidenciaram que o átomo de Dalton era uma bolinha maciça, já o de Thomson tinha o elétron. Essa abordagem comparativa permitiu aos estudantes fazerem reflexões sobre a construção do modelo de Dalton e Thomson.

Após solicitei que desenhassem o modelo de Thomson e fiquei observando enquanto faziam os desenhos, a maioria demonstrou dificuldade em representar a carga positiva uniforme e os elétrons em órbitas, perguntavam como fariam esse desenho.

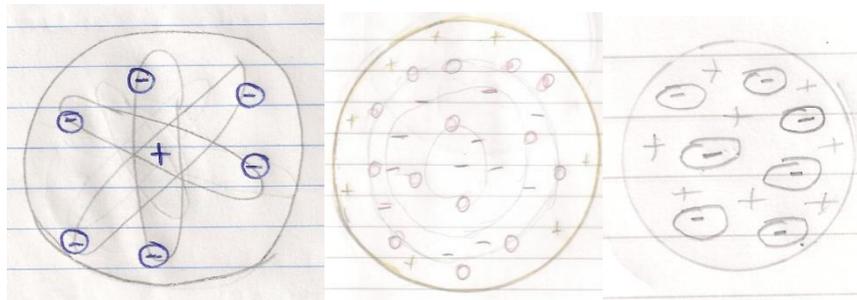
De acordo com o conceito de carga elétrica negativa no modelo de Thomson, as representações foram agrupadas em duas categorias: uma esfera com carga positiva uniforme e carga elétrica negativa espalhadas e uma esfera com carga positiva em que as cargas negativas estavam regiões que formavam anéis.

A ideia de uma esfera com carga positiva uniforme e carga elétrica negativa espalhadas, pode ser observada nas representações das Figuras 10, 11 e 12.

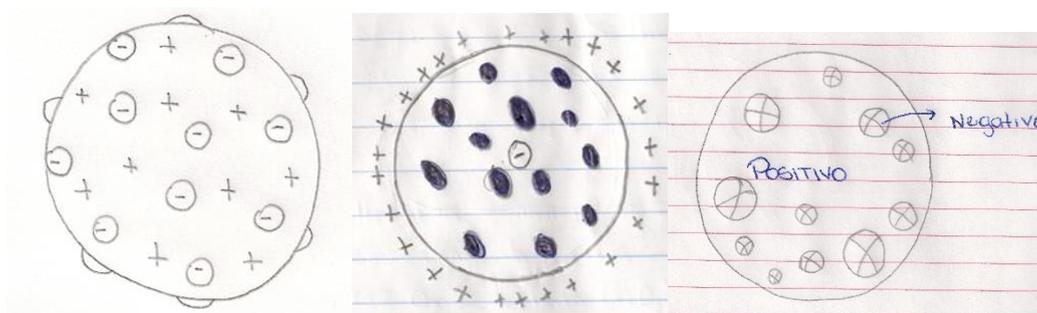
**Figura 10:** Representação do átomo de Thomson feita pelos estudantes.



**Figura 11:** Representação do átomo de Thomson feita pelos estudantes.

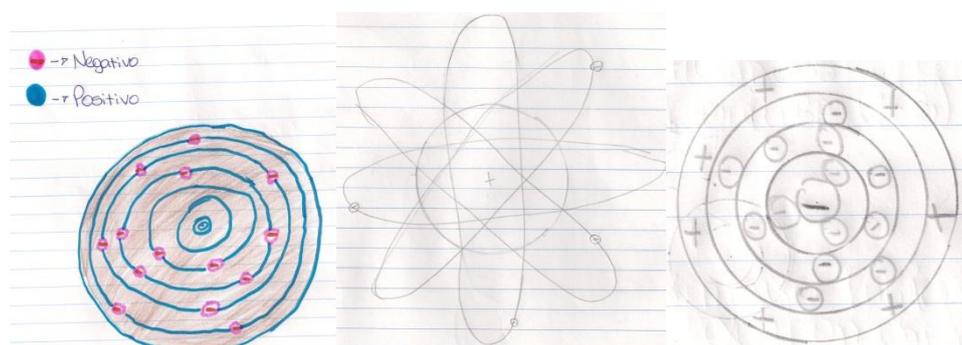


**Figura 12:** Representação do átomo de Thomson feita pelos estudantes.

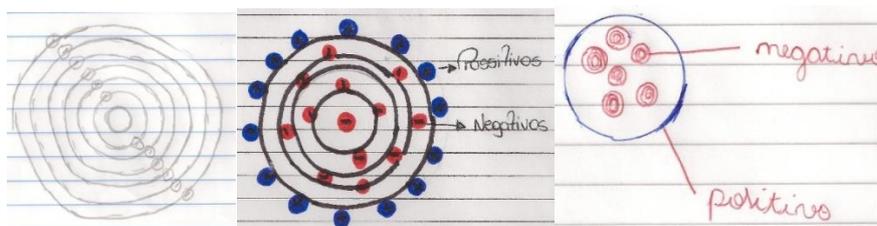


A ideia de uma esfera com carga positiva em que as cargas negativas estavam organizadas em regiões que formavam anéis, pode ser observada nas representações das Figuras 13 e 14.

**Figura 13:** Representação do átomo de Thomson feita pelos estudantes.

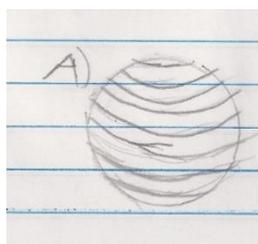


**Figura 14:** Representação do átomo de Thomson feita pelos estudantes.



Verificou-se ainda uma outra categoria, em que não foi atribuído o conceito de carga elétrica no modelo de Thomson, como pode ser visto na representação da Figura 15.

**Figura 15:** Representação do átomo de Thomson feita pelo estudante.



O estudante foi capaz de representar uma esfera e que continha anéis, mas não ficou evidente que esse modelo tinha cargas elétricas.

Com base na maioria das representações é possível verificar que houve um entendimento da carga elétrica no modelo de Thomson e que a maior dificuldade dos estudantes é interpretar e criar uma representação visual com base nas características que foram descritas no modelo proposto por Thomson.

#### 6.4 MODELO DE ERNEST RUTHERFORD (1871-1937)

Sempre utilizei a mesma abordagem, antes de iniciar o ensino de um novo modelo, relembrei o que já havia sido visto sobre os modelos anteriores através de uma discussão com a turma. Então comecei com a história do Raio-X. Perguntei quem já tinha feito esse exame, e alguns já tinham feito e contaram os motivos. A imagem da mão feita por W. C. Röntgen (1845 – 1923), Figura 16, chamou a atenção dos estudantes, queriam saber como ele fez e a parte grossa do dedo. A reação dos estudantes frente a imagem, reforça a relevância da utilização desse recurso em sala de aula.

**Figura 16:** Imagem obtida por Röntgen.



Fonte: OLIVEIRA, 2014.<sup>40</sup>

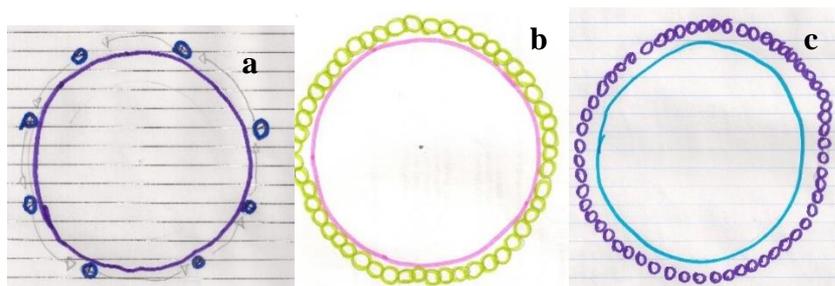
Após falei sobre radioterapia, mas nenhum aluno conhecia esse tratamento ou outros assuntos relacionados à radioatividade, esta abordagem inicial tentava relacionar com um tema que poderia estar presente na realidade de alguns é apontada como uma estratégia fundamental para a construção de conhecimentos significativos.<sup>41</sup>

Quando expliquei o experimento de H. Geiger (1882 – 1945) sobre as partículas alfas, perguntei o que aconteceria se os átomos fossem como Dalton descreveu, um aluno disse que a radiação não passaria, continuei com o modelo de Thomson, ele disse achava que todas iriam passar.

Solicitei que desenhassem o modelo de Rutherford para o átomo e fiquei observando enquanto faziam os desenhos para garantir que não haveriam cópias. De acordo com a interpretação dos estudantes do conceito de carga central e a partículas ao redor da carga central, as representações foram agrupadas em duas categorias: associaram a dimensão das partículas com a massa, a região central por ter massa maior teria uma dimensão maior e uma carga central concentrada em um ponto e rodeada por uma distribuição esférica uniforme. Nas representações do modelo de Rutherford identificou-se as mesmas dificuldades apresentadas para representar o modelo de Thomson.

A relação de tamanho/dimensão com a massa, pode ser observada nas representações da Figura 17.

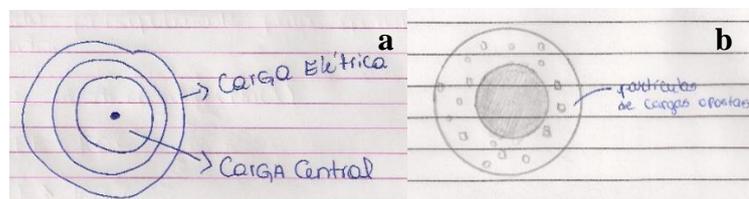
**Figura 17:** Representação do átomo de Rutherford feita pelos estudantes.



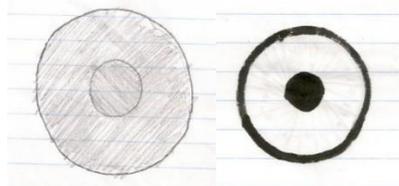
Ao analisar as representações da Figura 17, verifiquei que os desenhos representam a seguinte frase: “Ele fala de partículas de cargas opostas, umas de massa (e tamanho menor), mas em maior número, que orbitam em torno de uma massa maior no centro”. Associaram a dimensão das partículas com a massa, a região central por ter massa maior teria uma dimensão maior. O estudante da Figura 17a representa através de flechas os movimentos das cargas.

A ideia de carga central concentrada em um ponto e rodeada por uma distribuição esférica uniforme, pode ser observada nas representações das Figuras 18, 19 e 20.

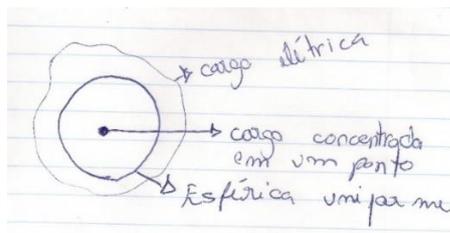
**Figura 18:** Representação do átomo de Rutherford feita pelos estudantes.



**Figura 19:** Representação do átomo de Rutherford feita pelos estudantes.



**Figura 20:** Representação do átomo de Rutherford feita pelos estudantes.



As representações das Figuras 18, 19 e 20 estão baseadas na seguinte frase: “uma carga central concentrada em um ponto e rodeada por uma distribuição esférica uniforme de carga elétrica oposta, de mesmos valores”.

Essas frases foram citações utilizadas para descrever o modelo de Rutherford apresentado no seu artigo em 1911, em que descreve o átomo com um núcleo central e partículas que orbitavam em torno desse núcleo com carga oposta à carga do núcleo, no modelo não foi atribuída carga positiva ao núcleo e nem carga negativa às partículas que orbitavam ao redor.

Em todas as representações é possível identificar que os estudantes compreenderam a ideia de carga central e uma carga ao redor, não atribuíram carga positiva ou negativa e no caso da representação da Figura 18b o estudante identifica as cargas como sendo opostas, a ideia de movimento das cargas ao redor do núcleo foi representada por flechas no desenho da Figura 17a.

## 6.5 MODELO DE NIELS BOHR (1885-1962)

Foi falado sobre a criação do bico de Bunsen e espectroscopia e a relação com o modelo de Bohr. No final da aula solicitei que fizessem um relato que contemplasse a partir do modelo de Dalton até o de Rutherford-Bohr. Ao analisar os resultados buscou-se identificar quais foram as mudanças na concepção de átomo e se a proposta de ensino baseada em HC contribuiu para facilitar a compreensão dos modelos atômicos e que a ciência se transforma através da evolução do conhecimento e novos modelos são construídos.

Ao analisar a produção escrita pelos estudantes, foi possível identificar que houve um entendimento sobre os diferentes modelos atômicos e mudou a concepção inicial que tinham de átomo. E podemos perceber em alguns relatos que tiveram noção que há mudanças na ciência.

A partir dessa leitura dos dados constatou-se três diferentes situações, estudantes que demonstraram conhecimentos somente dos modelos de Dalton e Thomson, estudantes que demonstraram conhecimento pontual de todos os modelos estudados, estudantes que relataram as mudanças nos modelos atômicos.

Os relatos foram agrupados em duas categorias: a primeira quando os estudantes apresentam um conhecimento pontual de cada modelo atômico e a segunda quando os estudantes relatam que há mudanças nos modelos atômicos.

Os estudantes que apresentaram conhecimento sobre cada modelo atômico, pode ser identificado nos relatos dos estudantes 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36 e 37:

*Estudante 29: Dalton dizia que o átomo não era divisível e o de Thomson era divisível.*

*Estudante 30: O átomo de Dalton é sem carga elétrica, e o de Thomson possui carga elétrica.*

*Estudante 31: Thomson fazia suas próprias experiências e Dalton pegou já experimento de outros.*

*Estudante 32: O átomo de Dalton era uma esfera maciça, indivisível e indestrutível que explicava as ligações de elementos químicos na época, o modelo de Thomson seria uma esfera positiva distribuída pela esfera e também nessa esfera tinha partículas de carga negativa (elétrons) em quantidade suficiente para anular a massa positiva da esfera, que explicava a eletricidade.*

*Estudante 33: Dalton descobriu o átomo uniforme e homogêneo. E Thomson que existiam cargas negativas que transitavam dentro do átomo que era positivo. Rutherford concluiu que no átomo continha um núcleo central e sugeriu que os elétrons rodeavam o núcleo até perder força e colidir com o núcleo e explodir. Já Bohr postulou que cada elétron tinha uma quantidade limitada e que conforme seu tamanho rodeavam em volta do núcleo, chamadas camadas ou níveis.*

*Estudante 34: Dalton: conclui que existia um átomo homogêneo e uniforme. Thomson: concluiu que átomo era positivo envolto por anéis negativos. Rutherford: Descobriu que o átomo tinha um núcleo central positivo, e os elétrons rodeavam o núcleo. Bohr: Descobriu que os elétrons rodeavam sobre camadas/níveis e que cada um tinha um valor específico.*

*Estudante 35: Dalton descobriu o átomo e o Thomson o elétron e que no átomo anéis negativos e dentro do átomo cargas positivas. Rutherford descobriu o núcleo central.*

*Estudante 36: Átomo de Dalton era indivisível, era idêntico em massa e propriedades e era representado por bolinhas com símbolos dentro. O átomo de Thomson ainda não tinha núcleo e era composto por corpúsculos de cargas positivas e negativas. O de Rutherford tinha um núcleo positivo rodeado por uma esfera negativa. Bohr otimizou o átomo de Rutherford, fazendo o átomo ficar equilibrado.*

*Estudante 37: Átomo de Dalton possuía massa e bolinhas como símbolos. Átomo de Thomson ainda não possuía núcleo era composto por cargas positivas e negativas. Átomo de Rutherford tinha núcleo positivo rodeado por uma carga positiva. Átomo de Bohr otimizou o átomo de Rutherford e fez ficar equilibrado.*

Em relatos como dos estudantes 29, 30, 31 e 32 demonstraram lembrar os modelos de Dalton e Thomson. Outro fato que pode ser observado através do relato do estudante 31 foi a diferença atribuída aos modelos, Dalton utilizou de outros estudos para elaborar seu modelo, ou seja, teve a influência do trabalho de outros pesquisadores e Thomson realizou experimentos, mostrando que existe diferentes abordagens dentro da ciência. Já os estudantes 29 e 30 somente descreveram o conceito de átomo divisível e indivisível. Relato como do estudante 4 há evidências fortes que compreendeu diferença nos modelos, soube explicar com base em todos os conceitos abordados na aula.

Os estudantes 33, 34 e 35 relatam que átomo foi descoberto, isto revela uma visão distorcida que esses estudantes tiveram sobre a evolução dos modelos atômicos, em nenhum momento nas aulas foi falado sobre descobrimento do átomo, mas da construção de teorias sobre o átomo. No relato dos estudantes 34, 35 e 36 percebe-se que mudaram a ideia que tinham do modelo de Rutherford, atribuíram carga ao núcleo e já falam que elétrons orbitavam ao redor do núcleo, o que era esperado pois foi explicado em aula sobre o problema de falta de estabilidade no modelo atribuindo carga ao núcleo e ao elétron. Os estudantes 36 e 37 relatam a contribuição de Bohr no modelo de Rutherford.

Os estudantes que apresentaram conhecimento sobre mudanças nos modelos atômicos, pode ser identificado nos relatos dos estudantes 38, 39, 40 e 41.

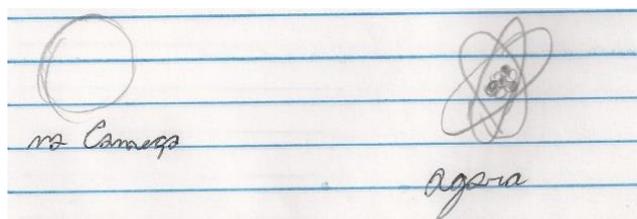
*Estudante 38: O primeiro, o átomo era maciço e indivisível, o segundo átomo com vários elétrons negativos. A diferença entre os átomos é que durante o tempo foi elaborando, para que fique melhor de entender.*

*Estudante 39: A diferença é que cada átomo é mais elaborado que o outro, e ficou mais fácil para nós entendermos, por exemplo, o primeiro era muito simples, era apenas uma bola, o*

*segundo já mostrava os elétrons e assim da para entender melhor, mas o último modelo que é o que a gente usa até hoje é o melhor que teve, pois mostra perfeitamente cada detalhe de como ele é.*

*Estudante 40: A explicação de átomo foi melhorando, começou com uma esfera de massa e indivisível e através dos anos chegou a ter várias explicações sendo uma das coisas que foi estudada e descoberta, e que hoje já tem uma completa visão diferente. Figura 21 acompanhou a explicação do aluno.*

**Figura 21:** Evolução de átomo segundo o estudante 40.



*Estudante 41: Que cada cientista foram modificando os átomos com o tempo, conforme o tempo passava iam estudando e achando mais elementos. Mas cada um deles tentavam identificar de maneiras diferentes como cada um representava com seus desenhos de átomos. E com isso o estudo dos átomos sempre iram mudando.*

Os estudantes 38, 39 e 40 apresentam uma ideia de mudança no sentido de melhora, um modelo é melhor que o outro. Porém, os estudantes 40 e 41 relataram que átomo foi mudando com o tempo e tiveram a percepção que os modelos mudavam de acordo com novos estudos e descobertas.

Com base nos relatos e desenhos elaborados pelos estudantes é possível verificar que a proposta de ensino contribuiu para o aprendizado dos modelos atômicos, pois houve mudanças em relação aos conhecimentos prévios. As explicações que deram para cada modelo estão coerentes com o que foi contextualizado em aula. Assim a utilização de aulas diferenciadas, com abordagens históricas se mostrou uma alternativa promissora para ensinar os modelos atômicos. Porém, evidenciamos que os estudantes ainda trataram o átomo, em alguns casos, como descoberta e não como uma criação científica para explicar a natureza da matéria.

Há evidências sobre a compreensão de aspectos da natureza da ciência, em que alguns estudantes relataram que houve mudanças dos modelos atômicos através de novas pesquisas/estudos. Entretanto, identificamos que os estudantes apresentaram uma ideia

que um modelo é substituído por ser “pior” e não que modelos são provisórios e com base em novos estudos e pesquisas são modificados.

## 7 CONCLUSÃO

A pesquisa de cunho qualitativo realizada neste Trabalho de Conclusão visou analisar como uma abordagem em HC pode auxiliar na aprendizagem sobre teoria atômica em sala de aula, melhorando a compreensão dos estudantes sobre modelos atômicos e sobre a natureza da ciência. Através dessa pesquisa foi possível refletir sobre as dificuldades dos estudantes para compreender os modelos atômicos e também refletir sobre o ensino dos modelos atômicos.

Durante o desenvolvimento do trabalho, que foi dividido em etapas, foi necessário realizar um estudo historiográfico, consultando fontes secundárias e constatou-se que isso é uma etapa muito importante para aqueles que pretendem trabalhar com HC em sala de aula, é preciso que o professor tenha domínio da história que pretende contar e também planejar ações que evitem a construção de ideias distorcidas sobre como foi a elaboração de cada modelo e o desenvolvimento da ciência. Após o estudo historiográfico, o maior desafio foi planejar uma sequência didática com base nesta abordagem, escolher quais assuntos e como levar isso para sala de aula.

Uma etapa importante nesta pesquisa foi a avaliação prévia sobre as ideias de átomo dos estudantes. Foi possível identificar as diferentes concepções sobre o átomo e as ideias misturadas entre átomo e célula. E a partir dessas concepções iniciais identificar as mudanças que podem ter acontecido durante a aplicação da proposta de ensino de modelos atômicos.

O desenvolvimento da atividade da caixa lacrada evidenciou a dificuldade que os estudantes têm de operar no nível abstrato, e isto é considerado um obstáculo epistemológico para a compreensão da natureza da matéria. De acordo com Silva *et al*<sup>38</sup> é fundamental que estudantes conheçam e consigam fazer relações entre três níveis de representação: macroscópico, microscópico e simbólico para que entendam a natureza e interpretem seus fenômenos. Portanto é necessário que o professor(a) utilize recursos didáticos no preparo das aulas que sejam capazes de superar essas dificuldades.

A construção das aulas com esta abordagem é uma tarefa difícil, mas a utilização de imagens, principalmente na aula sobre o modelo de Dalton, se mostrou um recurso promissor para ser utilizado como ferramenta de ensino para contextualizar como é feita

ciência. Já nas aulas seguintes vídeos foram utilizados para mostrar experimentos, isso também facilitou o entendimento de como é feita ciência.

Os relatos textuais e representações através de desenhos dos modelos atômicos apresentados pelos estudantes nas aulas mostraram que a utilização de aspectos históricos é uma alternativa promissora para o entendimento de átomo e estão de acordo com diversos trabalhos que propõem a utilização de HC em sala de aula para melhorar a compreensão e o aprendizado dos estudantes.<sup>42,43</sup> Entretanto esta proposta não pode ser entendida como ‘a’ solução para o ensino de modelos atômicos, mas sim, como uma alternativa que se mostrou válida.

Quando optei em trabalhar com História da Ciência para desenvolver modelos atômicos não tinha noção do preparo que seria necessário para a compreensão de como inserir esta abordagem em uma aula para Ensino Médio, pois a preparação de uma aula é uma tarefa que exige conhecimento e domínio do conteúdo. Pensando assim, para trabalhar com o desenvolvimento de modelos atômicos cursei a cadeira História da Ciência e Ensino, o que possibilitou ter um entendimento sobre os aspectos que devem ser levados em consideração quando descrever a história de um pesquisador ou a época de alguma descoberta. Foi um desafio trabalhar com essa temática, mas não é impossível e a cada aula fui coletando experiência para aperfeiçoar os próximos planejamentos de aulas.

## REFERÊNCIAS

- 1 SANTOS, A. O.; SILVA, R. P.; ANDRADE, D.; LIMA, J. P. M. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). **Revista Ciência Plena**, v. 9, n. 7, p. 1-6, 2013.
- 2 ZUCCO, C. Química para um Mundo Melhor. **Química Nova**, v. 34, n. 5, p. 733, 2011.
- 3 BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2000.
- 4 SANTOS, W. L.P.; SCHNETZLER, R. P. Função Social: O que significa ensino de química para formar o cidadão? **Química Nova na Escola**, v. 4, n. 4, p.29-34, 1996.
- 5 SILVA, R. J.; VASCONCELOS, C. T. Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões. *In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química. Florianópolis/SC, 2016.*
- 6 CARDOSO, S. P.; COLINVAUX, D. Explorando a Motivação para Estudar Química. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 401-404, 2000.
- 7 TAVARES, R. Aprendizagem Significativa e o Ensino de Ciências. **Ciências & Cognição**, v. 13, n. 1, p. 94-100, 2008.
- 8 TAVARES, R. Aprendizagem Significativa, Codificação Dual e Objetos de Aprendizagem. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 18, n. 2, p. 4-16, 2010.
- 9 DE OLIVEIRA, C. J.; CUENCA, E, M. A Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel e a (re) significação de conceitos químicos. *In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, Florianópolis/SC, 2016.*
- 10 MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica. *In: I Encuentro Nacional sobre Enseñanza de la Matemática, 2007, Tandil-Argentina, Atas, Argentina, 2007.*
- 11 BELTRAN, M. H. R. História da Química e Ensino: Estabelecendo Interfaces entre Campos Interdisciplinares. **Abákos**, v.1, n.2, p.67-77, 2013.
- 12 DOS REIS, A. S.; SILVA, M. D.; BUZA, R. G. C. O Uso da História da Ciência como Estratégia Metodológica para a Aprendizagem do Ensino de Química e Biologia na Visão dos Professores do Ensino Médio. **História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, v. 5, p.1-12, 2012.
- 13 PAIXÃO, F.; CACHAPUZ, A. Mudanças na prática de ensino da Química pela formação dos professores em História e Filosofia das Ciências. **Química Nova na Escola** v.18, p.31-35, 2003.

- 14 OKI, M. C. M.; DE MORADILLO, E. F. O Ensino de História da Química: Contribuindo para a Compreensão da Natureza da Ciência. **Ciência & Educação**, v.14, n.1, p. 67-88, 2008.
- 15 HIDALGO, R. M.; LORENCINI, J. A. Reflexões sobre a inserção da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências. **História Da Ciência e Ensino - Construindo Interfaces**. v.14, p. 19-38, 2016.
- 16 MOURA. B. C.; GUERRA. A. Modelos atômicos em livros didáticos de química do PNLEM 2012: uma análise qualitativa à luz da história e filosofia da ciência. *In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Águas de Lindóia/SP, 2013*
- 17 MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência Atual de Reaproximação. **Cadernos Catarinenses Ensino Física.**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- 18 TRINDADE, D.F., História da Ciência: Uma Possibilidade Interdisciplinar para o Ensino de Ciências no Ensino Médio e nos Cursos de Formação de Professores de Ciências. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 4, n. 2, p. 257-272, 2011.
- 19 MARQUES, D. M.; CALUZI, J.J. Ensino de Química e História da Ciência: O Modelo Atômico de Rutherford. *In: 4ª ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIENCIAS, ATAS do IV ENPEC. Bauru/SP, 2003.*
- 20 VIANA, H. E. B.; PORTO, P. A. A Teoria Atômica de John Dalton e suas Implicações para o Ensino de Química. *In: XIII Encontro Nacional de Ensino de Química, Campinas/SP, 2006.*
- 21 REIS, A.; OLIVEIRA, N. S.; SILVA, A. L. Contribuições da Radioatividade para o desenvolvimento das teorias atômica de Thomson a Rutherford: Um debate histórico epistemológico no Ensino de Química. *In: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química, Salvador/BA, 2012.*
- 22 MORTIMER, E.F. Concepções Atomistas dos Estudantes. **Química Nova na Escola**. v.1, n.1, p.23-26, 1995.
- 23 FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, M. E. R.; DO CARMO, M. P. Estrutura Atômica e Formação dos Íons: Uma Análise das Ideias dos Alunos do 3º Ano do Ensino Médio. **Química Nova na Escola**. v.31, n.4, p. 275-282, 2009.
- 24 MELO, M.R.; NETO, E. G. DE LIMA. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos. **Química Nova na Escola**. v. 35, n.2, p.112-122, 2013.
- 25 VIANA, H. E. B. **A Construção da Teoria Atômica de Dalton como Estudo de Caso – e Algumas Reflexões para o Ensino de Química**. 2007. 106f. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Instituto de Química. Departamento de Química Fundamental. São Paulo. São Paulo, 2007.
- 26 LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica à introdução da teoria quântica**. 2009. Tese de Doutorado em História da Ciência da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2009.

- 27 LOBATO, C.B. **Alguns aspectos sobre o calórico e o diâmetro dos átomos no trabalho de John Dalton**. 2011. 144f. Tese de Doutorado em História da Ciência da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2011.
- 28 CHUCKE, G. V.; LIMA, M.C. Pesquisa Qualitativa: Evolução e Critérios. **Revista Espaço Acadêmico**. v.1, n.129, p.64-69, 2012.
- 29 VIOLA DOS SANTOS, J. R. **O que alunos da escola básica mostram saber por meio de sua produção escrita em matemática**. 2007. 108f. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Universidade Estadual de Londrina, Londrina/PR. 2007.
- 30 MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 191-210, 2003.
- 31 ROCHA, J. R. C. da; CAVICHIOILLI, A. Uma Abordagem Alternativa para o Aprendizado dos Conceitos de Átomo, Molécula, Elemento Químico, Substância Simples e Substância Composta, nos Ensinos Fundamental e Médio. **Química Nova na Escola**, v.21, n. 1, p. 29-33, 2005.
- 32 ROCHA, J. R. C. Atividade Lúdica Desenvolvida para Facilitar o Entendimento de como Surgem os Modelos. **HOLOS**, v.6, p.249 -261, 2012.
- 33 MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; PICCININI, C. Aprendendo com Imagens. **Ciência e Cultura**, v.57, n. 4, p. 38-40, 2005.
- 34 PAGANOTTI, S. N. R; COSTA, A. M. A; BARBOSA, A. L. A; VASCONCELOS, R. A. C; MELO, C. I. L; MAESTRO, C. R. L; GONÇALVES, S. R. P. V; GONÇALVES, S. R. P. V; PAGANOTT, A. Concepções químicas dos alunos do Ensino Médio de escolas mineiras sobre modelos atômicos e o ensino de Química. *In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Florianópolis/SC, 2016.
- 35 GALIAZZI, M. C.; OLIVEIRA, L. R.; MONCKS, M. D.; GONÇALVES, M. G. V. Perfis Conceituais Sobre o Átomo. *In: I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*. Águas de Lindóia/SP, 1997.
- 36 GOMES, H. J. P.; DE OLIVEIRA, O. B. Obstáculos Epistemológicos no Ensino de Ciências: Um Estudo sobre suas Influências nas Concepções de Átomos. **Ciência & Cognição**, v.12, p. 96 – 109, 2007.
- 37 CÁSSIO, F. L.; CORDEIRO, D. S.; CORIO, P.; FERNANDEZ, C. O Protagonismo Subestimado dos Íons nas Transformações Químicas em Solução por Livros Didáticos e Estudantes de Química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 11, n. 3, p. 595-619, 2012.
- 38 SILVA, S. G.; BRAIBANTE, M. F. E.; PAZINATO, M. S. Os recursos visuais utilizados na abordagem dos modelos atômicos: uma análise nos livros didáticos de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v.13, n.2, p.159-182, 2013.

39 MARTINS, R. A. Os estudos de Joseph Priestley sobre os diversos tipos de “ares” e os seres vivos. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p.167–208, 2009.

40 OLIVEIRA, F. F. **Controvérsia Histórica: Uma Possibilidade de Problematização acerca de Elementos de Natureza da Ciência no Ensino Médio**. 2014. 78f. Dissertação de Mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro/RJ. 2014.

41 ALMEIDA, E.C.S.; SILVA, M.F.C.; LIMA, J.P.; SILVA, M.L.; BRAGA, C.F. e BRASILINO, M.G.A. Contextualização do ensino de química: motivando alunos de ensino médio. *In: ENCONTRO DE EXTENSÃO*, 10, 2008, João Pessoa. Anais... João Pessoa, 2008.

42 VIDAL, P. H. O; PORTO, P. A. Representações Químicas e a História da ciência em Sala de Aula. **História da Ciência e Ensino - Construindo Interfaces**, v.10, p.70–84, 2014.

43 LINHARES, M. L. DE C.; QUELUZ, G. L. O Estudo da Termodinâmica em Sala de Aula: Uma Perspectiva Crítica a partir da História da Ciência, **História da Ciência e Ensino - Construindo Interfaces**, v. 13, p. 1-14, 2016.

## APÊNDICE I

### Plano da Aula I

#### Tema

Modelos Representativos

#### Objetivos

Avaliar os conhecimentos prévios dos alunos sobre átomos e compreensão do que são modelos e reconhecer o papel de um modelo na representação da realidade.

#### Metodologia

Definição do que são modelos e atividade em grupo “imaginando o invisível” onde serão entregues aos alunos caixas lacradas com objetos dentro para que construam modelos sobre quais os objetos estão dentro da caixa.

#### Procedimentos/ Estratégias

1 – O primeiro momento será a avaliação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre átomo.

**Questão:** Represente o átomo. Você pode representá-lo por desenho ou escrito.

2 – Definição teórica de um modelo.

3 – **Atividade em grupo “Imaginando Invisível”** – Caixa lacrada - Formulário

### Formulário

**Nomes:**

**Data:**

**Atividade em grupo** – Caixa lacrada com objetos: Dentro da caixa contém 4 objetos, o seu papel será supor o que há na caixa sem abri-la. Para isso, procure descrever possíveis propriedades dos objetos contidos nas caixas, como: dureza, textura da superfície, tipos de material, densidade, formas, tamanhos, etc.

#### Questões sobre a atividade:

1 – Você pode supor quais são esses objetos e como chegou a essa hipótese? Com base nas propriedades observadas, faça um desenho (modelo representativo) que melhor represente os objetos que você identificou na caixa.

## APÊNDICE II

### Plano da Aula II

#### Tema

Modelo Atômico de Dalton

#### Objetivos

Compreender a diferença entre o átomo proposto na antiguidade e o modelo atômico proposto por Dalton relacionando com modelo científico; reconhecer as contribuições de outros pesquisadores no trabalho de Dalton; reconhecer através do modelo para o oxigênio (imagens) de Dalton que um modelo não é definitivo e que muda de acordo com novas descobertas.

#### Metodologia

A aula será expositiva usando o projetor multimídia. Serão utilizados recortes da história para elucidar o modelo atômico proposto por Dalton.

#### Procedimentos/ Estratégias

- Uma abordagem inicial sobre o átomo proposto na Grécia;
- Conhecendo um pouco da história e biografia de Dalton - texto;
- Os estudos da atmosfera desenvolvido no século 17 e 18 (estudos de gases) - imagens;
- Trabalhos realizados por Dalton: A primeira teoria das misturas gasosas e a lei das pressões parciais (imagens);
- Influência de Newton (imagens);
- Representação de átomos simples e composto (imagens).

#### Avaliação

Será proposto para os alunos que descrevam o modelo de Dalton em um pequeno texto.

#### Referências: Preparação da aula.

LOBATO, C.B. **Alguns aspectos sobre o calórico e o diâmetro dos átomos no trabalho de John Dalton**. 2011. 144f. Tese de Doutorado em História da Ciência da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2011.

MARTINS, R.A., Os estudos de Joseph Priestley sobre os diversos tipos de “ares” e os seres vivos. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 167-208, 2009.

VIANA, H. E. B. **A Construção da Teoria Atômica de Dalton como Estudo de Caso – e Algumas Reflexões para o Ensino de Química**. 2007. 106f. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Instituto de Química. Departamento de Química Fundamental. São Paulo. São Paulo, 2007.

## APÊNDICE III

### Plano da Aula III

#### Tema

Modelo Atômico de J.J. Thomson

#### Objetivos

Reconhecer que a descoberta da eletricidade proporcionou o início de uma nova discussão sobre a natureza da matéria; reconhecer as contribuições de outros pesquisadores no trabalho de Thomson; Compreender a diferença entre o átomo proposto por Dalton e o Thomson.

#### Metodologia

A aula será expositiva usando o projetor multimídia e vídeo. Serão utilizados recortes da história para elucidar o modelo atômico proposto por J.J. Thomson.

#### Procedimentos/ Estratégias

- Relembrar o Modelo de Dalton e discutir o período entre a divulgação do seu modelo e a proposta de Modelo Atômico de J.J. Thomson;
- Conhecendo um pouco da história e biografia de Thomson - texto;
- Os estudos sobre a eletricidade - Michael Faraday - 1835;
- Debate sobre a eletricidade e a constituição elétrica da matéria era intenso nesse período;
- O tubo de William Crookes;
- Os experimentos de Thomson:  
vídeo ( <http://takhtesefid.org/watch?v=131498824403>)
- A proposta de Thomson para a constituição da matéria – Modelo Atômico.

#### Avaliação

Será proposto para os alunos que desenhem o modelo de Thomson.

#### Referências: Preparação da aula.

LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica à introdução da teoria quântica**. 2009. Tese de Doutorado em História da Ciência da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2009.

## APÊNDICE IV

### Plano da Aula IV

#### Tema

Modelo Atômico de Ernest Rutherford

#### Objetivos

Reconhecer a radioatividade e sua relação com o Modelo Atômico de Ernest Rutherford; Reconhecer as investigações de Hans Geiger e Ernest Marsden no trabalho de Rutherford; Compreender a diferença entre o átomo proposto por Thomson e o de Rutherford.

#### Metodologia

A aula será expositiva usando o projetor multimídia e vídeo. Serão utilizados recortes da história para elucidar o modelo atômico proposto por Rutherford.

#### Procedimentos/ Estratégias

- Relembrar o Modelo de Thomson e discutir o período entre a divulgação do seu modelo e a proposta de Modelo Atômico Rutherford;
- Radioatividade;
- Conhecendo um pouco da história e biografia de Rutherford - texto;
- As investigações de Hans Geiger e Ernest Marsden;
- A proposta de Rutherford para a constituição da matéria – Modelo Atômico.

#### Avaliação

Será proposto para os alunos que desenhem o modelo de Rutherford.

#### Referências: Preparação da aula.

LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica à introdução da teoria quântica**. 2009. Tese de Doutorado em História da Ciência da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2009.

## APÊNDICE V

### Plano da Aula V

#### Tema

Modelo Atômico de Niels Bohr

#### Objetivos

Reconhecer que o modelo de Rutherford apresentava problema de estabilidade; Compreender que espectroscopia está relacionada com absorção e emissão de energia pelos diferentes elementos e é possível reconhecer através das cores; Modelo proposto por Bohr e que ficou conhecido Modelo de Rutherford-Bohr; Compreender a diferença entre o átomo proposto por Rutherford e Bohr; Compreender que o estudo dos átomos não acaba no Modelo de Rutherford-Bohr, o conhecimento está em transformação.

#### Metodologia

A aula será expositiva usando o projetor multimídia. Serão utilizados recortes da história para elucidar o modelo atômico proposto por Bohr.

#### Procedimentos/ Estratégias

- Relembrar o Modelo de Rutherford e discutir a instabilidade da estrutura de átomo proposta;
- Espectroscopia – As cores dos átomos;
- Espectroscopia e Estrutura atômica;
- Conhecendo um pouco da história e biografia de Bohr- texto;
- A proposta de Bohr para a constituição da matéria – Modelo Atômico.

#### Avaliação

Será proposto para os alunos que avaliem a evolução do modelo de Dalton até o modelo Rutherford-Bohr.

#### Referências: Preparação da aula.

LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica à introdução da teoria quântica**. 2009. Tese de Doutorado em História da Ciência da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2009.