

O modelo atômico de elementos radioativos – discussão histórica com interface com o ensino de Química.

Gustavo Maximiano Ferreira^{1(FM)}; Deividi Marcio Marques^{2(PQ)}

1-Professor da Educação Básica – gustavoferreira.quimica@gmail.com

2 – Instituto de Química – Universidade Federal de Uberlândia

Palavras-Chave: modelo atômico, partícula alfa, história da química.

Resumo

As aulas de química estão marcadas cada vez mais pelo desinteresse por parte dos estudantes, aulas descontextualizadas, material de apoio escasso e alto índice de reprovação. Em contrapartida, é cada vez maior também o número de pesquisas, que revelam propostas didáticas que buscam minimizar este cenário por meio do uso da História da Ciência. É fato que a História da Ciência, por meio de seus episódios, pode contribuir para o processo de ensino aprendizagem, uma vez que a mesma possibilita uma maior contextualização e desmistificação da ciência. De que maneira então, uma fonte primária pode ser utilizada para incorporar a História da Ciência no Ensino de Química? Portanto, apresentamos uma proposta didática baseada na tradução do artigo “*The nature of the α Particle from Radioactive Substances*” escrito pelos cientistas Ernest Rutherford e Thomas Royds, em 1909, sobre a identidade das partículas alfa, propondo uma discussão acerca dos modelos na ciência.

1 - Introdução

É cada vez maior o número de pesquisas que revelam a crescente busca por metodologias que consigam contextualizar o Ensino de Química por meio da incorporação de aspectos de sua história de modo a facilitar e promover melhor entendimento de alguns conceitos, sem ter que passar pela famosa regra do “decorar fórmulas”.

Concordamos com Trindade (2011) acerca do cenário em que se encontra o Ensino de Química:

Embora passadas centenas de anos, desde a implantação do processo educacional no Brasil, o ensino das ciências, nas escolas, ainda não passa de uma transposição didática, repleta de fórmulas e regras, sem significado para os estudantes porque, geralmente, não são estabelecidas articulações para os contextos que lhes são próximos e significativos. (p. 258)

No entanto, dado a sua singularidade de explicar “o invisível”, ou seja, atrelar a explicação do fenômeno ao comportamento e as interações da matéria, faz-se necessário o uso de modelos, ou ideias, atômicas de modo a justificar o fenômeno. Muitas vezes esses modelos não são os elaborados pelos estudantes ou pelos professores, mas sim, são os modelos já presentes nos livros didáticos como, por exemplo, os modelos atômicos de Bohr, Rutherford e outros.

A essência fundamental da ciência e de sua construção ao longo dos tempos está na elaboração, construção e aplicação de modelos. Segundo afirmam Pozo e Crespo (2006), a ciência não é um discurso sobre o “real”, mas um processo socialmente definido de elaboração de modelos para interpretar a realidade. Nesse sentido, compreende-se que a construção e elaboração de conceitos e seu consequente aprendizado em nível escolar, deve passar invariavelmente pelo processo de elaboração e construção de modelos.

Para a ciência os modelos são representações parciais de eventos, objetos, ideias ou processos com objetivos específicos de facilitar o entendimento, possibilitar a elaboração de explicações ou previsões, entre outros (GILBERT, BOULTER; ELMER, 2000).

Os modelos são proposições centrais a qualquer teoria, constituindo-se como ferramentas essenciais da construção e produção de conhecimento, tornando-se principais produtos da ciência (NERSESIAN, 1999). No entanto, a utilização de modelos atômicos prontos encontrados em livros didáticos de química não contribui para a compreensão de questões inerentes do fazer científico levando alunos e professores a acreditarem que houve apenas aqueles modelos atômicos e que, de certa forma, são fieis a realidade.

Acreditamos que por meio dos conhecimentos históricos, sobretudo pela visão de uma historiografia da ciência atualizada que considera os aspectos epistemológicos e contextuais de uma época, possa nos mostrar que, na realidade, os modelos elaborados para explicação de determinados fenômenos ou processos são baseados em estudos, observações, cálculos, experimentos realizados dentro de determinados parâmetros que possa, de alguma maneira, se aproximar da realidade observada. Neste sentido, os modelos são meramente representações, não a realidade.

Deste modo, os estudos historiográficos da ciência de suas possibilidades de incorporação no ensino de química possa nos permitir conhecer e discutir com alunos e professores sobre a elaboração de modelos e entender aspectos epistemológico do conhecimento de uma determinada época. Além disso, e sobretudo no ensino de química, não são apenas aqueles modelos elaborados e presentes nos livros didáticos, mas houve outros modelos que apresentavam justificativa para responder a uma realidade dos fatos.

Assim, esse trabalho, tem como objetivo discutir, numa vertente historiográfica atualizada, a ideia de um modelo atômico que foi proposto em meados de 1908 por Ernest Rutherford e Thomas Royds baseado em seus trabalhos sobre a natureza das partículas alfa de substâncias radioativas e a proposta de um modelo atômico para explicar tais fatos. Deste modo, esperamos contribuir para uma discussão sobre a elaboração de modelos na ciência.

2 – Contextualização histórica – Como tudo começou.

As partículas alfa foram nomeadas pela primeira vez pelo físico neozelandês Ernest Rutherford (1871 - 1937), por volta de 1899, cuja contribuição permitiu grandes estudos acerca a estrutura da matéria numa época em que a ideia de átomos ainda era motivos de controversas. Tais verificações ocorreram quando Rutherford era professor da Universidade McGill, em Montreal, no Canadá e tinha como assistente Frederick Soddy (1877 – 1956).

Juntos escreveram o famoso artigo “*A causa e a natureza da radioatividade*” (*The cause and Nature of Radioactivity*). Nessa publicação, eles relatam a radioatividade do elemento tório que, por meio de análises químicas, eles identificaram que a maior parte da sua radioatividade (em torno de 54%) é devida a outro tipo de elemento presente naquele composto, que o chamaram de tório X (ThX). Esse novo elemento possuía propriedades químicas distintas do tório (Rutherford & Soddy, 1902, p. 492) e uma radioatividade temporária. Foi com esses estudos que propuseram as séries de decaimento dos elementos radioativos e também elucidaram que as

mudanças só ocorriam quando tais elementos emitiam um tipo de radiação (alfa ou beta).

Em 1903, Soddy voltou para a Inglaterra para trabalhar com o escocês William Ramsay (1852 – 1937). Segundo Rutherford (1903, p. 609) em nota para a revista *Nature*, Ramsay e Soddy observaram que gás hélio estavam presentes nas emissões de brometo de rádio e também na emanção (vapor) de rádio (futuramente identificada com o gás nobre radônio). A presença de hélio nos processos radioativos gerou várias especulações: 1) a partícula alfa poderia ser um átomo de hélio?; 2) o hélio era um produto final do rádio? e 3) o hélio surgia em qual fase das emissões? Investigações neste sentido eram necessária.

2. A partícula alfa é um átomo de hélio

No ano de 1909, Rutherford e Thomas Royds (1881 – 1955), já estabelecidos em Manchester, publicaram um artigo com dados obtidos em um experimento realizado por eles em 1908, para determinar a origem do hélio nos processos radioativos. Naquele período, havia várias evidências experimentais de que a partícula alfa era um átomo de hélio. Houve uma tendência em assumir que o hélio seria um produto final da desintegração radioativa, mas estava difícil de obter uma evidência nessa direção. É interessante notar que Rutherford acreditou que o aparecimento de hélio nesses processos ocorria por meio de uma transmutação:

A produção de hélio é de extrema importância, como sendo o primeiro e bem autenticado caso de transmutação de um elemento em outro. Esse processo de transmutação é de caráter muito especial, por ser espontâneo, e a uma razão que independe do nosso controle. Para explicar a produção de hélio pelo rádio, em termos químicos, **foi sugerido que o hélio não é um elemento verdadeiro, mas é um estado de combinação instável de hélio com algum elemento conhecido ou desconhecido**, e que esta combinação está continuamente se separando, com a liberação do hélio. (RUTHERFORD, 1904, p. 655)

Os valores de várias quantidades radioativas, segundo Rutherford e Royds, calculados na suposição de que a partícula é um átomo de hélio, que leva duas unidades de carga, corroboraram essas evidências experimentais. Eles também utilizaram os dados obtidos por James Dewar (1842 – 1923) no artigo *A taxa de produção de hélio a partir do rádio*, publicado em 1908.

O artigo “*A natureza das partículas α de substância radioativa*” (*The Nature of the α Particle from Radioactive Substance*), publicado na *Philosophical Magazine* em novembro de 1909, além daquele publicado por James Dewar, forneceram as evidências da identidade da partícula alfa com o átomo de hélio. Neste artigo, Rutherford e Royds fazem uma crítica aos métodos até então empregados para esse tipo de investigação. Eles afirmam que os métodos foram indiretos, pois levava em consideração apenas a carga carregada pelo átomo de hélio e o valor da razão carga/massa da partícula. Segundo eles, só seria possível provar a identidade da partícula alfa se elas fossem armazenadas separadamente na medida que iam sendo expelidas de compostos radioativos.

Para conseguir determinar o que de fato era a partícula alfa, ou em outras palavras, se eram na realidade átomos de hélio, Rutherford e Royds construíram um

aparato experimental (Figura 01) em que as partículas alfa expelidas de um material radioativo, depositado dentro de um tubo extremamente fino, permitia apenas a passagem delas e não de outras substâncias como hélio ou outros produtos radioativos.

Aproximadamente 140 miligramas de rádio em equilíbrio com sua emanção foram comprimidos por meio de uma coluna de mercúrio, dentro de um fino tubo de vidro A, de aproximadamente 1,5 cm de comprimento. Este tubo foi selado em outro tubo capilar maior B, que era suficientemente fino para permitir que as partículas alfa da emanção e seus produtos escapassem, mas suficientemente forte para resistir à pressão atmosférica. A espessura da parede do tubo empregada na maioria das experiências era menor que 0,01 mm.

O tubo de vidro A e B eram envolvidos por um tubo de vidro T, de 7,5 cm de comprimento e 1,5 cm de diâmetro, ligado a outro tubo de vidro C. Um pequeno tubo de vácuo V foi também acoplado na parte superior do tubo T. O interior do tubo T foi evacuado por meio de uma válvula D, e a exaustão completa foi feita com o auxílio de um tubo de carvão esfriado com ar líquido. Foi utilizada uma coluna de mercúrio H ligada em um reservatório, o mercúrio foi impelido no tubo T até atingir o fundo do tubo A.

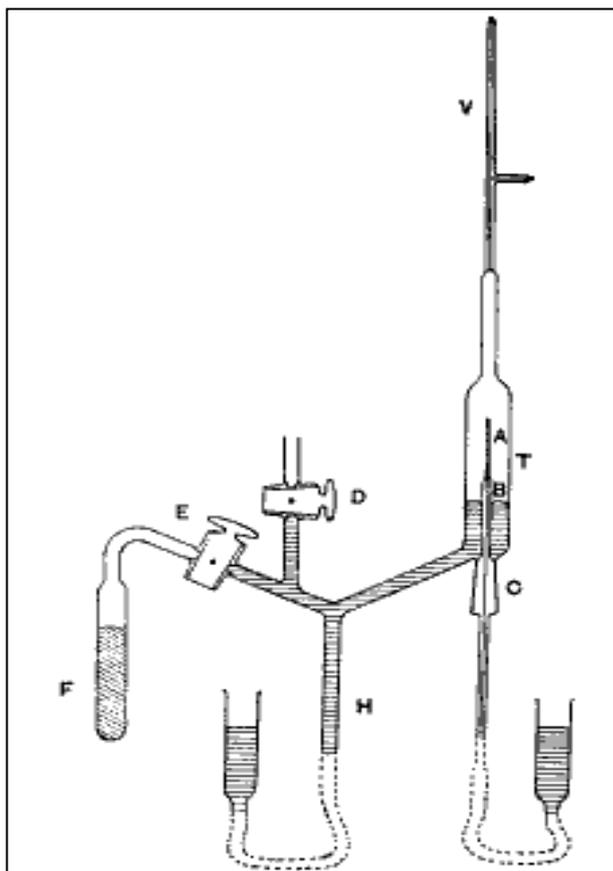


Figura 1: Esquema do instrumental de Rutherford e Royds. (RUTHERFORD E ROYDS, 1909, p. 283).

Rutherford e Royds montaram esse experimento com o objetivo de coletar parte das partículas alfa que escaparam do tubo (A) para o tubo de vidro B. Se a partícula fosse um átomo de hélio, ele deveria difundir gradualmente do tubo B para o mercúrio, e daí, para o tubo T. Sua presença poderia ser detectada

espectroscopicamente, elevando o nível de mercúrio e comprimindo os gases dentro do tubo de vácuo.

Para minimizar as possíveis fontes de erro experimental e evitar a contaminação do instrumento com hélio, ambos deixam claro no artigo que utilizaram mercúrio purificado e toda a vidraria utilizada era nova.

Antes de introduzir o material radioativo, não havia sido detectado qualquer traço de hélio. Em intervalos de tempo regulares, depois da introdução do material radioativo, eles perceberam que o nível de mercúrio elevou-se um pouco e os gases no interior do tubo foram examinados espectroscopicamente. Depois de 24 horas, nenhuma linha amarela do espectro, que indicava a presença de hélio, foi detectada. Dois dias depois, surge um traço amarelo pouco visível. Depois de quatro dias, apareceram traços luminosos amarelo e verde. E, depois de seis dias, foram observadas todas as fortes linhas do espectro de hélio. Eles ressaltaram ainda que, pela ausência do espectro de néon, era fácil deduzir que a presença de hélio não ocorreu devido a entrada de ar atmosférico para o interior do tubo.

Baseado nos dados coletados dos experimentos, Rutherford e Royds concluíram que o hélio não poderia ter se difundido pelas paredes de vidro, mas sim que eram derivados das partículas alfa que passaram pelas paredes:

... os experimentos dão uma prova decisiva que a partícula depois de perder sua carga é um átomo de hélio. Outra evidência disso indica que a carga é duas vezes o valor unitário da carga do átomo do hidrogênio liberado na eletrólise da água. (RUTHERFORD E ROYDS, 1909, p. 284.).

Este experimento foi repetido várias vezes para eliminar a hipótese de que o hélio da amostra não era proveniente do ar atmosférico. Também minimizaram a influência de possíveis contaminações, tendo em vista que os experimentos eram cuidadosamente montados e analisados.

Mas, se de fato eram átomos de hélio que carregavam duas cargas positivas, como as partículas perderam os elétrons? Rutherford (1908) na conferência de entrega do Prêmio Nobel relata que:

Considerando as evidências, nós concluímos que **a partícula alfa é um átomo projetado de hélio que tem de algum modo durante sua trajetória, adquirido duas unidades de carga de eletricidade positiva**. É um pouco inesperado que o átomo de um gás monoatômico como hélio carregue uma dupla carga. Não deve ser esquecido, porém, que a partícula alfa é liberada a uma alta velocidade como resultado de uma intensa explosão atômica, e lançada através das moléculas da matéria em seu caminho. Tais condições são excepcionalmente favoráveis à perda de elétrons que compõe o sistema atômico. Se a partícula alfa pode perder dois elétrons deste modo, a dupla carga é explicada. (RUTHERFORD, Nobel Lecture, 1908.).

Ele ainda considerou que os átomos dos elementos radioativos pudessem ser constituídos por átomos de hélio. Poderia ser um novo modelo atômico para elementos radioativos?

[...] há muitas razões para acreditar que as partículas alfa, quando são liberadas pela grande maioria das substâncias radioativas, são idênticas em massa e constituição e deve consistir em átomos de hélio. Conseqüentemente nós somos guiados à conclusão que os átomos dos elementos radioativos

primários como urânio e tório devem ser constituídos em parte pelo menos de átomos de hélio. Estes átomos são libertados em fases definidas das transformações a uma taxa que independe do controle laboratorial. (RUTHERFORD, *Nobel Lecture*, 1908.).

Rutherford ainda comenta que, devido à característica do hélio ser um elemento quimicamente inerte a outras substâncias, é muito notável que deveria ter um papel proeminente na constituição atômica do urânio, do tório e do rádio. Pode ser que esta propriedade do hélio de formar átomos complexos está de algum modo conectado com sua inabilidade para entrar em combinações com outros elementos químicos.

Devemos ter em mente que, na época, o modelo atômico vigente era o de Thomson. É por esse motivo que Rutherford e Royds denominaram a partícula alfa como átomos de hélio e não “núcleos de hélio” como abordamos hoje. O átomo com a estrutura nuclear foi proposta por Rutherford somente em 1911, no artigo *O espalhamento das partículas alfa e beta pela matéria e a estrutura do átomo* (*The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of the Atom*).

3. Considerações sobre a interface.

O conhecimento e o entendimento deste episódio nos permite aprofundar em várias questões dentro da sala de aula, desde os aspectos de fenômeno radioativos, das técnicas empregadas até a ideia da elaboração de modelos explicativos. De maneira geral, no artigo *A natureza das partículas α de substância radioativa* nos traz a descrição de um experimento que permitiu a conclusão sobre a natureza da partícula alfa e indícios da constituição de átomos de elementos radioativos.

Não defendemos que o artigo deve ser apresentado, lido e discutido em sala de aula, haja vista a necessidade da contextualização dele e de todo um período sobre os estudos envolvendo a constituição da matéria. No entanto, ao conhecer essa proposta de modelo atômico para elementos radioativos surgem às questões epistemológicas sobre a construção de uma ideia, de uma imagem atômica, uma vez que, ao descrever as diversas tentativas, testes e hipóteses formuladas durante o experimento e suas conclusões, nos permite discutir questões internas do fazer científico, por meio dos questionamentos, investigações e experimentos realizados ao longo do tempo.

Outro ponto relevante, e objeto deste trabalho, é o uso deste material para discutir o conceito de modelos e modelos atômicos. Sabe-se que são muitas as propostas para o ensino deste conteúdo no currículo de química da Educação Básica e que, por vezes, não apresenta maiores contextualizações sobre a elaboração destes modelos ou, o que teria motivado os pesquisadores de uma época a elaborarem tal imagem.

Acreditamos que o professor ao fornecer informações e questões históricas para discussão possa permitir o entendimento dos alunos em relação ao trabalho científico e, no caso da química, na elaboração de modelos que corroborem com os dados obtidos e observados. Deste modo, os alunos podem elaborar seus modelos baseados nessas discussões, a fim de compreenderem as etapas, os métodos, as questões e dúvidas que geram, ou geraram, na sistematização de um conhecimento.

No ponto de vista metodológico, a elaboração de modelos, segundo Gilbert, Boulter e Elmer (2000) e Justi e Gilbert (2002):

Em Ciências, um modelo pode ser definido como uma representação parcial de um objeto, evento, processo ou idéia que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização, fundamentar a elaboração e teste de novas idéias, possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado. (p. 371).

Hodson (2003) completa:

[...] o envolvimento de estudantes em atividades de criação de modelos pode se transformar em excelentes oportunidades para que os professores acompanhem o processo de expressão de suas idéias originais e de compreensão dos modelos científicos estabelecidos. (p. 651).

Como nos mostra Greca e Santos (2005), na química verifica-se a coexistência de diferentes modelos para abordar um mesmo fenômeno, sem que cada modelo seja mais explicativo que o outro, como no caso, da diversidade de modelos atômicos apresentado nos livros didáticos. No entanto, da forma como são abordados, leva professores e alunos a concluir que houve uma evolução desses modelos, ou na ideia de átomo como constituinte da matéria. Neste pensamento, verifica-se a ideia de que houve a necessidade de cada modelo ter surgido para suplantá-lo anterior e que, como consequência, o anterior deixou de existir, pois não correspondia mais a realidade dos fatos.

Corroborando com esse pensamento, Justi e Gilbert (1999) nos chamam para a discussão que os livros didáticos trazem o uso de modelos híbridos que, segundo os autores, corresponde aqueles que são constituídos de partes distintas de diferentes modelos históricos como sendo um todo coerente. No livro didático, não há uma devida contextualização histórica sobre a ideia subjacente aos clássicos modelos apresentados (dos gregos a Bohr). Neste caso, não há discussões mais aprofundadas sobre a própria ideia de modelo, quais os limites de aceitação de certos modelos em comparação com outros, porque citamos apenas esses modelos, entre outras questões. Além disso, os modelos descritos no livro didático não correspondem, por vezes, aos apresentados pelos seus pesquisadores e devem ser questionados e contextualizados.

Acreditamos, portanto, que a incorporação da história da ciência no ensino seja possível respondermos e discutirmos essas questões. Trazer para a sala de aula as hipóteses, o contexto da dúvida, resultados dos experimentos e constatações como questões problematizadoras que permeariam as ideias sobre a constituição da matéria de forma que os estudantes poderiam elaborar seus próprios modelos levando-os, portanto, a explorar a elaboração de modelos mentais coerentes aos fatos apresentados.

O uso deste episódio da história da química, portanto, pode ser utilizado como um material de apoio aos professores que, além da possibilidade de discutir conceitos de radioatividade, elementos químicos, permite, ainda, que os professores possam apresentar uma história contextualizada com sua época, elucidando aos estudantes dentro de um processo de ensino aprendizagem, como a ciência é construída, pelo uso

de hipóteses, técnicas, aparatos e problemas. Ademais, a ideia por trás para a elaboração de um modelo atômico coerente com os dados analisados e mesmo já tendo em mente um modelo, este pode ser questionado ou modificado.

Referências Bibliográficas

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J.; ELMER, R. **Positioning models in science education and in design and technology education**. In GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. (eds.), *Developing Models in Science Education*. (pp. 3-18) Dordrecht: Kluwer, 2000.

GRECA, I.; SANTOS, F.. **Dificuldades da Generalização das Estratégias de Modelação em Ciências: o Caso da Física e da Química**. In: *Revista eletrônica Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 1. Porto Alegre: Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

HODSON, D.. **Time for action: science education for an alternative future**. *International Journal of Science Education*, 25, 645-670, 2003.

JUSTI, R.; J. GILBERT. **A cause of ahistorical science teaching: use of hybrid models**, *Science Education*, v. 83, n.2, 1999, p. 163-177

NERSESSIAN, N. J. **Model-based reasoning in conceptual change**. In: MAGNANI, L.; NERSESSIAN, N. J.; THAGARD, P. (Eds.). *Model-based reasoning in scientific discovery*. New York: Kluwer/Plenum, 1999. p. 5-22

RUTHERFORD, E., SODDY, F, **The Cause and Nature of Radioactivity part I, set/1902**. IN. *The Collected Papers of Lord Rutherford of Nelson. Volume I*, New Zealand, Cambridge, Montreal. Interscience Publishers Inc. New York, 1962.

RUTHERFORD, E. **The Amount of Emanation and Helium from Radium**, *Nature*, 1903. IN. *The Collected Papers of Lord Rutherford of Nelson. Volume I*, New Zealand, Cambridge, Montreal. Interscience Publishers Inc. New York, 1962.

RUTHERFORD, E. **The Chemical Nature of the Alpha Particles from Radioactive Substances**. Ernest Rutherford – Nobel Lecture, 1908.

RUTHERFORD, E.; ROYDS, T. **The Nature of the α Particle from Radioactive Substances**. *Philosophical Magazine*, Nov/1909, p. 261 – 268.

RUTHERFORD, E., **The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of the Atom**. *Philosophical Magazine*, series 6, volume 21, Abril/1911.

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*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 257-272, jul. 2011.