

## MAQUETE E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COMO ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS NO ENSINO DO MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD<sup>1</sup>

### *MODEL/MOCKUP AND COMPUTATIONAL SIMULATION AS DIDACTIC STRATEGIES FOR THE TEACHING OF RUTHERFORD'S ATOMIC MODEL*

Rosa Mara Facco<sup>2</sup>, Gilberto Orengo<sup>3</sup> e Virginia Cielo Rech<sup>4</sup>

#### RESUMO

Neste trabalho é descrito o uso de maquete e simulação computacional para auxiliar na compreensão da estrutura atômica e, assim, possibilitar a aprendizagem significativa dos conceitos envolvidos no modelo atômico de Rutherford. As atividades foram desenvolvidas com 24 alunos do 1º ano de uma escola pública de Ensino Médio, município de Santa Maria, RS. Como propôs Ausubel, o estudante deve demonstrar vontade de aprender, e verificou-se que o “querer aprender” ocorreu de forma parcial. No momento da aplicação das atividades os estudantes se mostraram motivados, porém, mais por ser uma novidade do que por se tratar de uma forma de avançar no aprendizado. Mesmo assim, observou-se um pequeno avanço nos conceitos referentes ao modelo atômico, já que alguns alunos conseguiram alterar a noção inicial. Na análise dos questionários observou-se que alguns conceitos diretamente associados à noção de átomo de Rutherford, aparecem na maioria das respostas como, núcleo, prótons, nêutrons e elétrons, o que mostra uma pequena alteração na base cognitiva do aluno.

**Palavra-chave:** aprendizagem significativa, estrutura atômica, átomo, núcleo.

#### ABSTRACT

*The paper describes the use of model/mockup and computer simulation to assist in the understanding of atomic structure and thus to enable meaningful learning of the concepts involved in the atomic model of Rutherford. The activities were developed with 24 students of the first year of a public high school in Santa Maria, RS. As Ausubel proposed, the student must demonstrate willingness to learn, and it was found out that this occurred partially. At the time of the application of the activities the students were motivated, but mostly because it was a novelty rather than a desire for learning. Still, there was a small progress on the concepts related to the atomic model, as some students were able to change the initial notion. The analysis of the questionnaires revealed that some concepts, directly associated with Rutherford's atom notion, appear in most of the answers as nucleus, protons, neutrons and electrons, which shows a small change in the students' cognitive basis.*

**Keyword:** meaningful learning, atomic structure, atom, nucleus.

---

<sup>1</sup> Trabalho Final de Graduação - TFG.

<sup>2</sup> Acadêmica do Curso de Química - Centro Universitário Franciscano.

<sup>3</sup> Coorientador - Centro Universitário Franciscano.

<sup>4</sup> Orientadora - Centro Universitário Franciscano. E-mail: vga.cielo@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A estrutura atômica constitui, no ensino de Química, um desafio, pois exige do aluno uma abstração à qual muitas vezes ele não está preparado. A própria história da evolução dos conceitos demonstra que foi um período longo para se chegar aos modelos atualmente aceitos. Conforme Usberco e Salvador (2013), os modelos da estrutura atômica surgiram a partir dos trabalhos de um grupo de filósofos, alquimistas e cientistas, realizados ao longo de 25 séculos. A teoria atômica moderna, proposta no período entre 1900 e 1930 (EISBERG; RESNICK, 1985), é o modelo mais aceito, pois permite explicar as propriedades da matéria, bem como o seu comportamento em reações químicas e suas interações com a da matéria.

Segundo Walter Colli, diretor do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP),

a Química é uma Ciência e a Ciência é um conjunto de conhecimentos acumulados pelo homem a partir da observação da natureza. A Química acumula conhecimentos há 200 anos. Por exemplo, a vida que você leva hoje é diferente da vida que você levava a 10, 20, 30 anos atrás, isso porque houveram avanços tecnológicos baseados, por exemplo, na síntese de novos materiais. Os novos materiais são transformações que o cientista faz no laboratório, de produtos da natureza, dos minerais, da água do mar, das plantas e isso é incorporado pelas indústrias para fazer coisas para o seu uso. A Química, portanto, observa as substâncias que estão ao nosso redor (TELECURSO 2000, 2009).

Assim, a descoberta de novos materiais depende do bom conhecimento das substâncias. Esse conhecimento, obtido pela observação experimental e por estudos teóricos, permite mudanças que o desenvolvimento tecnológico nos proporciona. Por exemplo, na área da Medicina, um exame de sangue que levava três dias para produzir resultados, hoje fica pronto em poucas horas. Um teste de gravidez que levava um dia para ser feito, hoje fica pronto em 5 minutos, e adiciona-se a esse avanço uma maior confiabilidade das análises (TELECURSO 2000, 2009).

Outra consideração importante é que as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) avançam no cotidiano do aluno como ferramentas que podem auxiliá-lo a vencer desafios de aprendizagem. Entre estas ferramentas estão as modelagens computacionais, que além de reforçar o aprendizado, encurtam o caminho na compreensão de conceitos básicos da natureza.

Vivemos em meio a essas tecnologias. Porém, como educadores, nos perguntamos: nossos alunos possuem conhecimentos básicos para entender o funcionamento de equipamentos que surgem das aplicações dessas tecnologias? *A priori* acredita-se que não, porque os alunos apresentam dificuldade em abstrair e assimilar conceitos fundamentais de química, em especial àqueles relativos à estrutura atômica. Uma questão que também precisa ser avaliada é a eficiência das ferramentas, tais como as propostas nesse trabalho, no ensino e aprendizagem do aluno. Neste sentido, o problema aqui proposto é o de investigar se a aplicação de uma maquete mimetizando o átomo de Rutherford juntamente com modelagem computacional, auxiliará na aprendizagem (ou reforço) do conceito de

átomo, já que este exige uma forte dose de abstração a respeito da estrutura da matéria. Além disso, ajudará a mostrar que em química nem sempre “enxergamos” aquilo que manipulamos.

Assim, o objetivo deste trabalho é o de, com uso de maquete e modelagem computacional, verificar se houve facilitação (avanços) na compreensão da estrutura atômica, segundo o modelo de Rutherford. Espera-se, desta forma, que o aluno se sinta mais motivado para estudos de tópicos mais avançados.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### A ESTRUTURA ATÔMICA

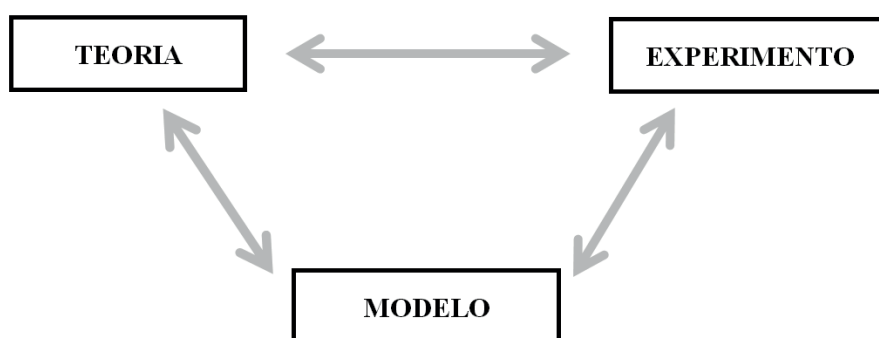
Apesar dos livros de diferentes autores do ensino médio (USBERCO; SALVADOR, 2013; FELTRE, 2008; GALLO NETO, 1995), usarem termos como Modelo Atômico de Rutherford, Modelo Atômico de Bohr, Átomo de Bohr e Teoria Atômica de Bohr, todos se referem a modelos propostos por seus descobridores para explicar a estrutura atômica.

Segundo Usberco e Salvador (1996, p. 134), ao buscar um modelo científico para o átomo

o método científico é fundamentado na realização de experimentos e na criação de explicações baseadas em observações feitas durante os experimentos. Essas explicações são chamadas **teoria**.

Quando uma teoria, ou conjunto de ideias, é utilizado para explicar ou prever através da comparação, a estrutura e o funcionamento de um sistema em estudo, ela recebe o nome de **modelo**, e um modelo é tanto mais útil quanto maior for sua capacidade de reproduzir e explicar novas experiências.

Uma teoria e um modelo científico tornam-se mais próximos da realidade quanto maior for o número de experiências realizadas para sua verificação, as quais conseguem confirmar as previsões iniciais.



Na verdade, o modelo científico nada mais é do que uma imagem do sistema, criada através de experiências. Por sua própria natureza, ele é provisório e temporário em função do número e da qualidade das experiências realizadas.

Um modelo é utilizado enquanto consegue reproduzir e prever as observações colhidas na realidade do sistema estudado. Quando ele falha em suas finalidades, deve sofrer modificações ou até mesmo ser substituído por um novo modelo.

No nosso cotidiano, usamos normalmente vários modelos sem notar este fato.

Se pedirmos para algumas pessoas desenharem uma árvore, a grande maioria delas fará um desenho parecido como o mostrado a seguir.



Este desenho pode apresentar maior ou menor rebuscamento em função das experiências de vida dessas pessoas. Ao perguntarmos para cada uma delas: “o que você acabou de fazer?”, elas provavelmente responderão: “uma árvore”, o que não corresponde à realidade, pois quem desenhou simplesmente reproduziu uma imagem (modelo) de uma árvore já conhecida. Pode-se levar as pessoas a perceberem esse fato com um simples pedido: “já que é uma árvore, dê-me uma folha dela.”

Os modelos da estrutura atômica que veremos ao longo deste capítulo surgiram a partir dos trabalhos de um grupo de filósofos, alquimistas e cientistas, realizados ao longo de 25 séculos.

A teoria atômica moderna é um modelo que nos permite explicar as propriedades da matéria, o seu comportamento em uma reação química e suas interações com a da matéria, o seu comportamento em uma reação química e suas interações com a energia (USBERCO; SALVADOR, 1996).

Nos livros didáticos pesquisados, em nível de Ensino Médio (USBERCO; SALVADOR, 2013; FELTRE, 2004; GALLO NETO, 1995), as Teorias Atômicas são descritas de forma muito semelhante. Seguem uma ordem que inicia com a *Primeira ideia sobre o átomo*, em que os filósofos gregos Demócrito e Leucipo acreditavam que as substâncias da natureza eram formadas por minúsculas partículas indivisíveis denominadas átomos. No entanto, a ideia dos gregos tem base filosófica e não experimental, portanto não é científica e nem pode ser classificada como um modelo. Em 1808, surge o *Modelo de Dalton*, que definiu o átomo como esférico, maciço e indivisível e que átomos de elementos diferentes são esferas com massas, tamanho e rugosidades diferentes.

O filósofo grego Tales de Mileto (640-546 a.C.) fez algumas experiências com âmbar (em grego: *elektron*) e descobriu que esse material adquire uma carga elétrica quando é atritado com uma flanela. Durante sua experimentação, Tales notou que dois bastões de âmbar atritados com flanelas ou lã, se repeliam. Somente no final do século XVII, Benjamin Franklin viria a observar que existem duas espécies de cargas elétricas, chamadas arbitrariamente de positiva e negativa, denominações usadas até hoje. Suas observações permitiram explicar o fenômeno relatado por Tales de Mileto: sempre que atritamos um objeto com outro material, os dois corpos ficam eletrizados com cargas diferentes, ocorrendo atração entre eles. Assim, podemos concluir que cargas elétricas de sinal oposto se atraem. Da mesma forma que cargas elétricas de mesmo sinal se repelem.

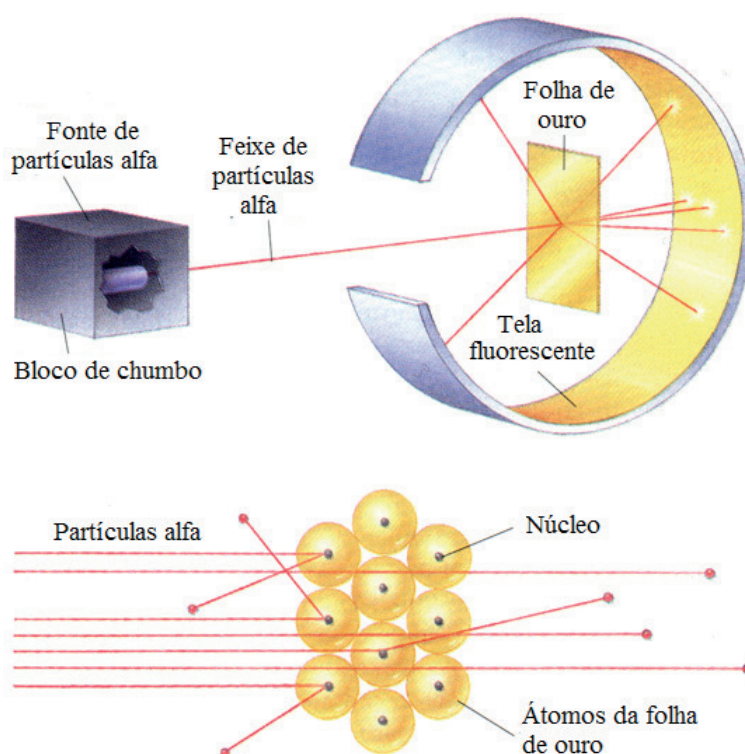
No início do século XIX, o físico italiano Volta construiu um dispositivo denominado pilha elétrica, na qual, através de uma reação química, obteve um fluxo de partículas elétricas ao longo de

um fio condutor. Este movimento das partículas recebeu o nome de corrente elétrica. Em 1807, o cientista inglês Humphry Davy descobriu dois novos elementos químicos: o sódio (Na) e o potássio (K). A partir de então, físicos e químicos intensificaram os experimentos envolvendo eletricidade, o que permitiu associar a eletricidade aos átomos.

Os cientistas Geissler e Crookes desenvolveram um dispositivo denominado tubo de raios catódicos (EISBERG; RESNICK, 1985). Eram tubos de vidro, vedados, com uma baixa pressão gasosa em seu interior e peças metálicas em suas extremidades, denominadas eletrodos. Com a aplicação de uma diferença de potencial elétrico (ddp) elevada ( $10^4$  volts) estabelecia-se o movimento ordenado de partículas que parte do cátodo (pólo negativo) para o ânodo (pólo positivo), formando um feixe luminoso denominado de raios catódicos. Em 1887, J. J. Thomson demonstrou que esses raios podiam ser interpretados como um feixe de partículas carregadas negativamente, uma vez que sofriam atração do pólo positivo de um campo elétrico externo, independente do gás contido no tubo. Thomson propõe, então, um novo modelo científico para o átomo. Como ele considerava que os átomos eram eletricamente neutros, a existência de partículas negativas – os elétrons – implicava também a presença de cargas positivas no átomo, de tal maneira que o número de cargas negativas fosse igual ao número de cargas positivas. Em 1897, Thomson associou o seu modelo a um “pudim de passas” no qual as passas representavam os elétrons (HENTSCHEL, 2009).

Em 1911, Ernest Rutherford propôs um novo modelo. Em seu experimento o polônio, um material radioativo, emite partículas com cargas elétricas positivas denominadas partículas alfa ( $\alpha$ ) sobre uma folha de ouro. Na figura 1 é ilustrado o arranjo experimental na forma de um esquema gráfico.

**Figura 1** - Representação gráfica da experiência de Rutherford.



Fonte: adaptado da Referência RUTHERFORD EXPERIMENT (2013).

A surpresa do experimento foi que, ao invés de sofrerem pequenos desvios, muitas partículas apresentaram grandes desvios, e algumas foram retro-espalhadas. Mal comparando, é como se uma bala de revólver retornasse ao ser disparada contra uma folha de papel. O resultado motivou Rutherford a propor, por volta de 1911, um modelo atômico alternativo ao de Thomson, até então considerado válido, baseado no modelo planetário, com um centro muito pequeno, no qual se concentrava toda a carga positiva e praticamente toda a massa do átomo, em torno do qual orbitavam os elétrons. A hipótese proposta é que as partículas alfa tinham se chocado com uma massa ligada que a denominou de núcleo. Esta ideia foi posteriormente desenvolvida por Bohr e resultou no que hoje se conhece como modelo de Bohr (EISBERG; RESNICK, 1985).

## A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Como sustentação pedagógica ao trabalho, utilizou-se as ideias de Ausubel (Aprendizagem Significativa) como referencial de teoria de aprendizagem. O teórico David Ausubel, para quem “*o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe*” (MOREIRA, 1999, p. 152), lançou as bases para a teoria da aprendizagem significativa com especial atenção para a aprendizagem tal como ela ocorre na sala de aula. Por isto buscamos, no trabalho deste autor, um suporte teórico.

A teoria de Ausubel traz a *Aprendizagem Significativa* como conceito central, sendo ela um processo pelo qual os novos conhecimentos relacionam-se com a estrutura de conhecimentos prévios adquiridos pelo indivíduo. Ele considera que estes elementos específicos na estrutura cognitiva (que podem ser conceitos, informações ou proposições) é que podem permitir a construção de significados para uma nova informação. Os elementos desta estrutura cognitiva com significados próprios são chamados de *subsunoçores* ou então de elementos âncoras. Quando uma nova informação incorpora-se de forma arbitrária, sem relacionar-se com os subsunoçores, poderá ocorrer o que na teoria *ausebiliana* é definido como *aprendizagem mecânica*. Moreira (1983) destaca que os subsunoçores poderão vir de uma aprendizagem mecânica, sendo necessários quando o indivíduo adquirir informações numa área de conhecimento totalmente nova para ele. Aos poucos, porém, estas informações poderão tornar-se elaboradas e desta forma passarem a ancorar novas informações, começando a ser significativas. Assim estes subsunoçores iniciais vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações na estrutura cognitiva formada. À medida que a estrutura cognitiva fica mais elaborada, é possível que novas informações ou conceitos componham relações com os subsunoçores, permitindo uma aprendizagem significativa.

Para facilitar a aprendizagem significativa, Ausubel propõe a utilização de *organizadores prévios* que são materiais introdutórios que servirão para que o aprendiz possa ligar o que ele já sabe com o que ele deve aprender. Em relação a estes organizadores prévios da teoria *ausebeliana*, Moreira destaca que:



- Sua vantagem é permitir ao aluno o aproveitamento das características de um subsunçor, ou seja:
- a) identificar o conceito relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;
  - b) dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;
  - c) prover elementos organizacionais inclusivos, que levem em consideração mais eficientemente e ponham em melhor destaque o conteúdo *específico do novo material* (MOREIRA, 1983, p. 13).

Quando estes organizadores são apresentados no início das atividades de aprendizagem, tornam-se mais eficientes e úteis quando são formulados em termos mais familiares para os alunos. Decorre ainda, do que já foi mencionado, que os *subsunçores* vão sendo formados ao longo da vida, porém isto se dá principalmente na infância, quando ocorre o processo de formação de conceitos, o que possibilita que a criança chegue à idade escolar já com uma estrutura cognitiva inicial formada, permitindo que seja possível a aprendizagem significativa.

Ausubel salienta que nem toda aprendizagem significativa é necessariamente uma aprendizagem cientificamente correta. Poderá ocorrer a aprendizagem de conceitos, de uma forma significativa para o aluno, mesmo que estes conceitos não sejam aceitos pela comunidade científica. Quando isto ocorre, dizemos que há a formação de concepções alternativas que são muito resistentes às mudanças e estas, segundo Giordan e Vecchi (1996), podem configurar-se no que Bachelard chamou de “obstáculo epistemológico”, pois para ele “o aluno chega à aula com conhecimentos empíricos já constituídos”. Assim, adquirir uma cultura científica só será possível com a derrubada destes obstáculos acumulados pela vida diária.

## **METODOLOGIA DA APLICAÇÃO DA ATIVIDADE COM MAQUETE E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**

O trabalho teve os seguintes passos metodológicos para a aplicação da proposta de trabalho com maquetes e simulações computacionais.

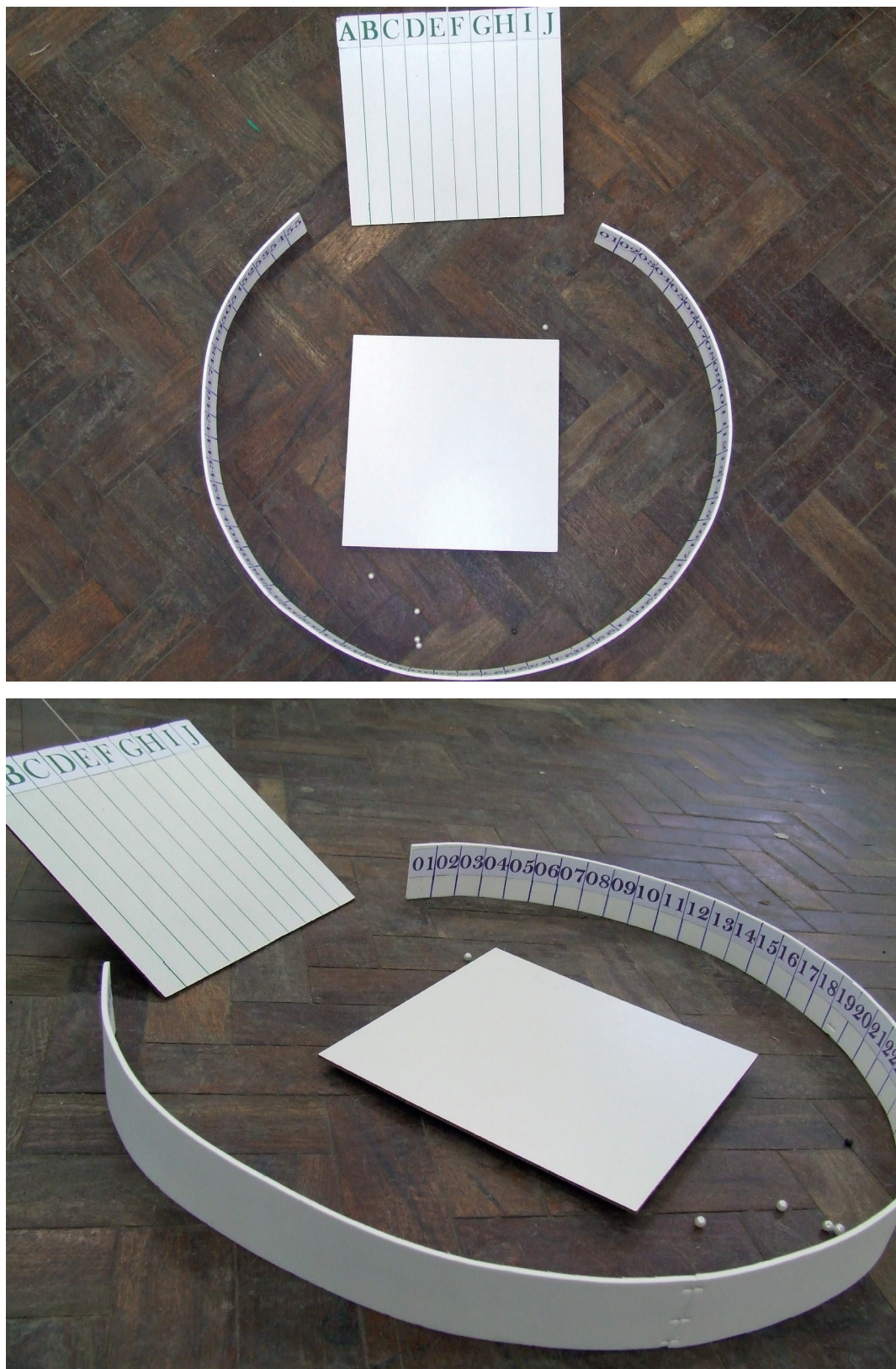
*Público Alvo:* uma turma de primeiro ano do Ensino Médio, do turno da manhã, composta por 24 estudantes, em uma escola pública de Santa Maria/RS.

*Aplicação de testes:* antes das atividades com a maquete e simulação computacional, foi aplicado um pequeno teste questionário para avaliar conhecimentos prévios sobre informações que envolvem a química e os modelos atômicos. Após a parte prática (aplicação da maquete e simulação computacional), um segundo teste foi aplicado para avaliar se houve um acréscimo à compreensão da estrutura atômica anterior, formalizando se ocorreu um aprendizado significativo.

*Preparação e aplicação da maquete e simulação computacional:* a maquete ou analogia, conforme descrito na figura 2, é composta de uma rampa (1), necessária para dar velocidade às bolinhas (2) que representavam as partículas alfa. A lâmina de madeira na forma de um quadrado (3) esconde um objeto, cuja forma, tamanho e localização são desconhecidas pelos alunos. O objetivo da lâmina é “mostrar” aos

alunos que eles podem fazer arguições sobre o objeto escondido sem vê-lo diretamente. Ao redor do quadrado há um anteparo numerado (4) que representa, o anteparo de sulfeto de zinco (ZnS) do experimento de Rutherford, a numeração serve para localizar o destino final da bolinha e assim traçar o seu percurso.

**Figura 2** - Foto da maquete, por analogia à experiência de Rutherford.

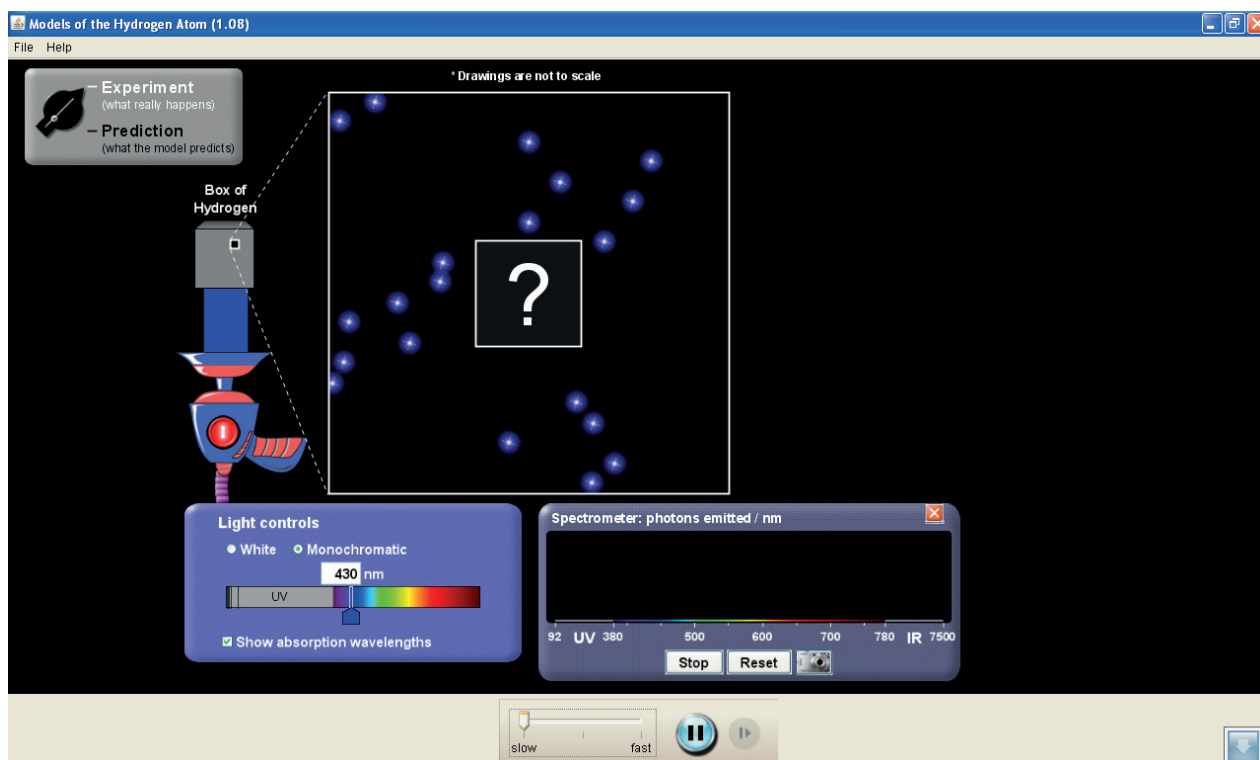




Além da maquete, utilizamos uma simulação computacional para fortalecer a aprendizagem proposta anteriormente, cuja tela demonstrativa está na figura 3 (PHET, 2013). Nesta simulação, o aluno observa um aparato semelhante ao descrito acima, só que no formato computacional. O professor pode alterar alguns parâmetros no experimento computacional, tal como a velocidade das partículas alfa, e o átomo que está sendo bombardeado. É importante ressaltar que o professor atuou como orientador das atividades, relacionando a simulação com os resultados obtidos da maquete. Mas, o estudante não teve contato com a simulação computacional, somente com a maquete. A simulação computacional foi apresentada via projeção em multimídia e foram discutidas as alterações possíveis nos parâmetros e suas consequências.

*Descrição do funcionamento da maquete:* a rampa contém letras de A até J para indicar a saída de cada bolinha que ao desce-la ganha velocidade e passa por baixo da lâmina de madeira, sendo que as bolinhas podem retornar, sofrer desvio ou passar direto até o anteparo. Esses movimentos eram observados e reproduzidos pelos alunos em um diagrama que representava a maquete (um desenho com o diagrama da maquete).

**Figura 3** - Tela demonstrativa do aplicativo computacional. Fonte: Phet (2013.)



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados 24 questionários, cujas questões estão descritas na sequência abaixo, juntamente com todas as respostas dos alunos. O questionário 1 foi aplicado antes das atividades com a maquete e simulação computacional, e o questionário 2 foi aplicado ao final das atividades.

*Questionário 1*

As respostas foram organizadas conforme a frequência de aparecimento das respostas espontâneas (não induzidas), pelos alunos.

01) De que é feito o planeta Terra?

Itens citados	Número de citações
Água	18
Terra	15
Floresta, árvores, plantas, vida vegetal e campos	10
Ar, Animais e bichos	6
Pessoas	4
Núcleo, Montanha e monte	3
Oxigênio e Crosta	2
Vulcão, Lava, Magma, Cidades, Paí, Estado, Cores, Lago, Átomo, Luz, Metano, Silício, Carbono, Hidrogênio e Nitrogênio	1

02) De que material é feita uma célula do seu corpo?

Itens citados	Número de citações
Núcleo	14
Tecidos	7
Citoplasma e Membrana	6
Átomo, Parede celular e Proteínas	3
Água e Órgãos	2
Hidrogênio, Material orgânico, Inorgânico, Célula viva, Sais, Organelas, Mitocôndrias, Ribossomos, Complexo de Golgi, Centríolo, Celular e Não respondeu	1

03) O ar que entra em nossos pulmões contém \_\_\_\_\_

Itens citados	Número de citações
Oxigênio;	22
Átomos; Sujeira; Muita poluição e Nitrogênio	1

04) O ar que sai de nossos pulmões contém \_\_\_\_\_

Itens citados	Número de citações
Gás carbônico	20
Oxigênio e Não respondeu	2
Sujeira e Sujeira que forma mucosa nasal	1

05) Por que ao abrir um frasco de perfume sentimos o seu aroma?

Itens citados	Número de citações
Olfato	13
Pelo ar	9
Não respondeu	3
Cérebro, Faro, Cheiro e Oxigênio	1

06) Nosso corpo tem aproximadamente 50% de água. Qual é a fórmula molecular da água?

Itens citados	Número de citações
H <sub>2</sub> O	23
H <sub>2</sub>	1

07) Quantos quilogramas você tem? \_\_\_\_\_

08) Quantos quilogramas de água têm o seu corpo? \_\_\_\_\_


Massa (kg)	Água (kg)
48	25
70	35
60	30
66,9	33,45
68,5	34,25
57	
59	27
53,2	
35	70
65	32,5
51	
48,8	40
76	38
48	24
60	30
50	25
73	36
56	28
64	32
54	22
68	34
52	26
80	40

09) O que é matéria?


Itens citados	Número de citações
Tudo que ocupa lugar no espaço	12
Tudo que tem massa	4
Tudo que forma corpo	3
Tudo que tem peso ou massa	1
Não lembro, Tudo que sentimos com o tato, quando usamos a visão e audição, Tudo que se vê, Tudo que contem matéria, Podemos tocar, Tem forma e cor, e Não respondeu	1

## 10) Desenhe e explique um átomo.

Os desenhos de dois estudantes são apresentados, como representativos de alteração da estrutura cognitiva. Os estudantes A e B, foram escolhidos por representarem a maioria da amostra, cujos desenhos se assemelham.

Estudante A	Estudante B
	<p>→ Bom o átomo é feito de matéria com átomos   prótons negativos, positivos e neutros.</p>
	<p>Sem desenho</p>

## 11) Desenhe e explique o modelo atômico de Rutherford.

Estudante A	Estudante B
	<p>→ Bom o <sup>modelo</sup> átomo de RUTHERFORD pelo que eu lembro. não tô dizendo que é mas eu acho que era igual ao sol e com prótons neutros</p>
	<p>Sem desenho</p>

Observa-se, pelas questões 01 a 09, que os estudantes têm uma boa noção a respeito de conceitos que envolvam a matéria que nos circunda, conceitos trabalhados principalmente durante as aulas de Ciências/Biologia no Ensino Fundamental. A maioria dos estudantes parece ter se apoiado na afirmação da questão número 06, ao responder a questão número 08, porque os valores da massa de água no corpo de cada um, conforme a resposta da questão 07, estava correta. Este procedimento é importante, porque o aluno conseguiu perceber a conexão entre elas, e as usou para responder.

Já para expressar, por meio de desenhos, os modelos a respeito do átomo percebe-se que não houve uma boa compreensão e apreensão dos conceitos e modelos propostos.

### Questionário 2

Relembrando, o questionário 2 foi aplicado após o desenvolvimento das atividades propostas. As respostas da parte objetiva foram descritas na forma de gráfico de barras, para facilitar a análise. As respostas corretas estão assinaladas com um (X), quando for o caso, na própria questão.



01) Desenhe e explique o modelo atômico de Rutherford.

Estudante A

que quanto maior o número de MASSA, CARGA, A LÂMINA DESVIA POR CAUSA DE SUA CARGA, E QUANTO MENOR A CARGA MAIS OS ELÉTRONS

prelelem do elemento CENTRAL.

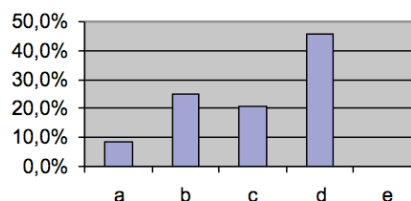
Estudante B

eletrosfera

núcleo

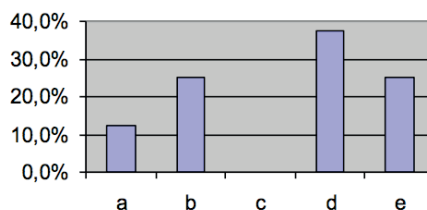
02) As bolinhas da maquete representam quais partículas no modelo de Rutherford?

- a) prótons
- b) elétrons
- c) nêutrons
- d) alfa (X)
- e) beta



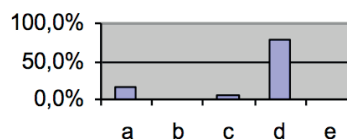
03) Na maquete, qual das opções abaixo representa a lâmina (de sulfeto de zinco) que ficava fluorescente com o toque das partículas, utilizada por Rutherford?

- a) rampa
- b) prancha
- c) bolinhas
- d) anteparo (X)
- e) objeto escondido pela prancha



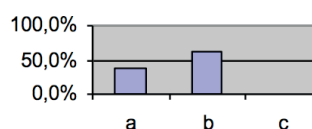
04) No experimento de Rutherford, o objeto escondido pela prancha representa:

- a) a eletrosfera
- b) os elétrons
- c) os prótons
- d) o núcleo (X)
- e) os nêutrons



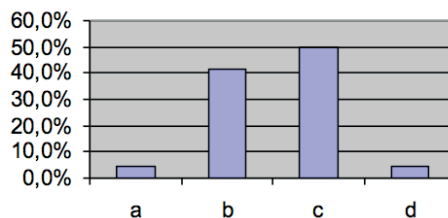
05) Ao utilizar a maquete, a maioria das bolinhas:

- a) passou reto.
- b) foi desviada.
- c) retornou à rampa.



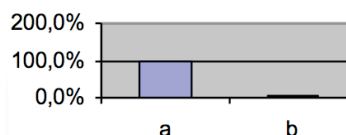
06) No experimento de Rutherford as partículas retornam porque:

- a) apresentam cargas com o mesmo sinal daquelas encontradas no núcleo do átomo de ouro e por isso se atraem.
- b) apresentam cargas com o mesmo sinal daquelas encontradas no núcleo do átomo de ouro e por isso se repelem. (X)
- c) apresentam cargas com sinais contrários daquelas encontradas no núcleo do átomo de ouro e por isso se repelem.
- d) apresentam cargas com sinais contrários daquelas encontradas no núcleo do átomo de ouro e por isso se atraem.



07) O uso da maquete melhorou sua compreensão sobre o experimento de Rutherford?

- A) SIM
- B) NÃO



É importante salientar que com relação ao objeto oculto, doze (12) estudantes indicaram que o objeto tinha o formato redondo, enquanto que seis (6) disseram que era triangular, dois que era quadrado, dois que era pentágono e outros dois que era do tipo retangular. O objeto oculto tinha o formato circular. As trajetórias permitiram ao aluno concluir aproximadamente onde estava o objeto sob a lâmina, sua forma e tamanho sem tê-lo visualizado. Também permitiu fazer uma analogia entre a massa concentrada num ponto, como proposto por Rutherford para o modelo do átomo.

## CONCLUSÕES

A proposta de Ausubel afirma que a aprendizagem, para o estudante, parte do princípio que ele tem que querer aprender. Neste trabalho verificou-se que o “querer aprender” ocorreu, pois no momento da aplicação das atividades, os estudantes demonstraram motivação pela novidade apresentada, ou seja, a demonstração do modelo de Rutherford com o uso da simulação e da maquete, já que a teoria lhes era conhecida previamente.

A verificação da aprendizagem significativa foi por meio dos desenhos do modelo atômico, antes e depois das atividades. Observou-se um pequeno avanço neste conceito, já que alguns alunos conseguiram alterar a noção inicial de modelo atômico. Analisando os questionários observou-se que alguns conceitos, diretamente associados à compreensão de átomo de Rutherford, aparecem na maioria das respostas como, núcleo, prótons, nêutrons e elétrons.

Um aspecto muito importante do uso da maquete é que ela forneceu um retorno praticamente imediato sobre a aprendizagem logo após a aplicação do instrumento didático alternativo, verificado pelos desenhos solicitados no questionário 2. Outro ponto a destacar é que a maioria dos estudantes parece ter se apoiado na afirmação da questão número 06, ao responder a questão número 08, porque os valores da massa de água no corpo de cada um, conforme a resposta da questão 07, estava correta. Este procedimento é importante, porque o aluno conseguiu perceber a conexão entre elas, e a utilizou para responder.

Para finalizar, este trabalho propôs a discussão de alguns aspectos conceituais envolvidos no processo de modelagem do átomo. Os resultados foram satisfatórios, porque houve um avanço conceitual por parte dos estudantes. E mais, o uso de estratégias didáticas baseadas em analogias contribui de forma significativa para uma melhor compreensão do mundo em que vivemos e dos avanços científicos.

## REFERÊNCIAS

EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. **Física Quântica**: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1985.

FELTRE, Ricardo. **Química**. v. 1, 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

\_\_\_\_\_. **Química**. v. 1, 7. ed. São Paulo: Moderna, 2008.

GALLO NETTO, Carmo. **Química**. v. 2. São Paulo: Editora Scipione, 1995.

GIORDAN, André; VECCHI, Gerard de. **As origens do saber**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

HENTSCHEL, Klaus. **Atomic Models, J. J. Thomson's "Plum Pudding" Model**. Compendium of Quantum Physics, p. 18-21, Springer Berlin Heidelberg, 2009.

MOREIRA, Marco Antônio. **Uma Abordagem Cognitivista ao Ensino da Física**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS, 1983.

\_\_\_\_\_. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

PHET. **Models of the Hydrogen Atom**. 2013. Disponível em: <<http://bit.ly/1YeMaa7>>. Acesso em: 25 jun. 2013.

RUTHERFORD EXPERIMENT. 2013. Disponível em: <<http://bit.ly/1PxRwMd>>. Acesso em: 27 jun. 2013.

TELECURSO 2000. 2009. Disponível em: <<http://www.youtube.com>>. Acesso em: 25 jun. 2013.

USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. **Química geral**. v. 1, 2. ed. São Paulo: Saraiva, 1996.

\_\_\_\_\_. **Química geral**. v. único, 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.