

Softwares de Simulação no Ensino de Atomística: Experiências Computacionais para Evidenciar Micromundos

Saulo França Oliveira, Noel Felix Melo, José Tatiano da Silva e Elder Alpes de Vasconcelos

Neste trabalho, relatamos o ensino de conceitos de atomística relacionados com os modelos de Thomson e Rutherford-Bohr por meio de um software de simulação e uma estratégia de aprendizagem cooperativa, o chamado método Jigsaw. A pesquisa envolveu 16 alunos do 9º ano de uma escola pública, localizada no município de Lajedo (PE, Brasil). O comportamento dos estudantes nas aulas e suas respostas a questionários de avaliação mostraram uma clara melhoria da compreensão e do interesse no assunto, enriquecendo de maneira significativa o processo de construção do conhecimento.

► simulações, atomística, modelos ◀

Recebido em 26/03/2012, aceito em 29/04/2013

147

Modelos no ensino de atomística: generalidades

Diversas pesquisas na área de educação química identificaram inúmeros problemas no ensino dos modelos atômicos, tais como: (1) Os alunos consideram o tema desinteressante e desvinculado das experiências do seu cotidiano, visto que os átomos não podem ser vistos e manipulados individualmente e a relação da estrutura atômica com os fenômenos químicos não é percebida claramente (Sousa; Justi e Ferreira, 2006); (2) Os estudantes não percebem que os modelos são concepções simplificadas e transitórias e são também aproximações e analogias para descrever os fenômenos da realidade e os tomam em sentido mais concreto e real do que apropriado (Mortimer, 1995; 2000). Os estudantes frequentemente não compreendem que não existe um modelo ideal que explique a complexidade do átomo, e que os modelos atômicos são criações humanas com um objetivo comum: o de explicar o comportamento da matéria. De modo geral, os resultados dessas pesquisas apontam que,

Os estudantes frequentemente não compreendem que não existe um modelo ideal que explique a complexidade do átomo, e que os modelos atômicos são criações humanas com um objetivo comum: o de explicar o comportamento da matéria.

embora abordagens sistemáticas tenham sido efetuadas no intuito de potencializar a compreensão dos modelos científicos, constata-se que os estudantes ainda apresentam conhecimentos limitados do nível microscópico da matéria e sua relação com os fenômenos do cotidiano.

A utilização de softwares de simulação surge como recurso promissor. Esses programas podem incluir animações, visualizações e interativas experiências laboratoriais. As simulações aliadas ao ensino podem ser eficazes no desenvolvimento da interpretação e compreensão do conteúdo, bem

como na promoção de objetivos mais sofisticados de aprendizagem, tais como investigação e redescoberta, construção de modelos e conceitos (Kulik, 2002; Bell e Fogler, 1995).

Com efeito, vale ressaltar, entretanto, que o computador é apenas um meio complementar a outras abordagens. O professor é a peça fundamental na mediação entre o conhecimento científico e suas representações. A eficácia de um software educativo depende do papel atribuído a este e da articulação pedagógica atribuída pelo docente (Rosa e Borba, 2004). Neste trabalho em particular, a articulação pedagógica desenvolvida foi integrar um software de simulação numa estratégia de aprendizagem cooperativa, o chamado método Jigsaw (Aronson, 1978). A sequência didática envolveu o

A seção "Educação em Química e Multimídia" tem o objetivo de aprimorar o leitor das aplicações das tecnologias comunicacionais no contexto do ensino-aprendizagem de Química.

uso de métodos cooperativos de aprendizagem articulados harmonicamente aos recursos computacionais.

Procedimento metodológico

Sequência de atividades

O procedimento foi aplicado a 16 estudantes, matriculados no 9º ano, denominados de A1 a A16, de uma escola pública sediada no município de Lajedo (PE), e constituiu-se de dois episódios descritos a seguir:

Episódio 1: A atividade foi explicada em detalhes para os estudantes. Um bate-papo sobre a importância e as necessidades dos modelos para ciência foi realizado. Em seguida, recortes do texto *O átomo e a tecnologia* (Tolentino e Rocha-Filho, 1996) foram fornecidos aos estudantes para leitura individual. Algumas ideias e considerações sobre o texto foram apresentadas pelos estudantes e discutidas com o grande grupo.

Episódio 2: Grupos cooperativos de quatro integrantes foram formados. O conteúdo modelos atômicos foi segmentado em quatro extratos: 1) Experimento de Rutherford; 2) O modelo de Thomson; 3) Composição atômica; e 4) Modelos científicos. Cada estudante do grupo, aqui chamado de especialista, ficou responsável por um desses segmentos e recortes didáticos relacionados a cada conteúdo fornecido. Após essa leitura inicial que ocorreu na sala de aula, os estudantes foram direcionados até o laboratório de informática, onde aqueles que escolheram o mesmo extrato no conteúdo se reuniram, formando grupos de especialistas. Um roteiro experimental foi fornecido aos estudantes para guiá-los em suas descobertas. Anexado ao roteiro, houve um manual com instruções sobre o uso do software. De volta à sala de aula, os estudantes especialistas retornaram para seu grupo-base e foram solicitados a explicar

a seus pares suas descobertas, para que um resumo geral sobre a evolução dos modelos atômicos fosse sintetizado pelo grupo e entregue na forma de pequenos relatórios. Baseado nesse material, os estudantes apresentaram suas descobertas na conferência intitulada *A evolução dos modelos atômicos: de Thompson a Rutherford-Bohr*. A Figura 1 mostra como os alunos se organizaram durante o procedimento.

O aplicativo utilizado foi um software do tipo simulação intitulado Rutherford Scattering, desenvolvido pelo grupo PhET da University of Colorado-Boulder. A simulação pode ser acessada e baixada livremente através do site: <http://phet.colorado.edu/>. Esse programa simula o famoso experimento de espalhamento de partículas alfa que auxiliou Rutherford a propor um novo modelo atômico. Como recurso, o aplicativo possibilita a escolha e visualização dos modelos de Thomson e Rutherford-Bohr, análise do comportamento atômico quando submetido ao bombardeamento com partículas alfa, verificação da trajetória das partículas, alteração em variáveis como a energia de interação, além do controle do número de prótons e nêutrons. Diante do software, o aluno pode modificar variáveis independentes e analisar o comportamento das demais. Em

suma, Rutherford Scattering se caracteriza como um recurso que pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades investigativas como realização de observações, questionamentos, avaliação criteriosa da informação, previsão, coleta, análise e interpretação de dados, fazendo com que os alunos se envolvam num processo ativo

de construção do conhecimento. A Figura 2 mostra a tela inicial do programa. Entretanto, vale ressaltar que o programa, por se tratar de um modelo simplificado da realidade, também apresenta limitações e, nesse caso, cabe ao docente guiar os estudantes a essas percepções. Por exemplo, J. J. Thomson, ao longo do tempo, apresentou um

O aplicativo utilizado foi um software do tipo simulação intitulado Rutherford Scattering, desenvolvido pelo grupo PhET da University of Colorado-Boulder. A simulação pode ser acessada e baixada livremente através do site: <http://phet.colorado.edu/>. Esse programa simula o famoso experimento de espalhamento de partículas alfa que auxiliou Rutherford a propor um novo modelo atômico.



Figura 1: Diagrama esquemático das atividades realizadas.

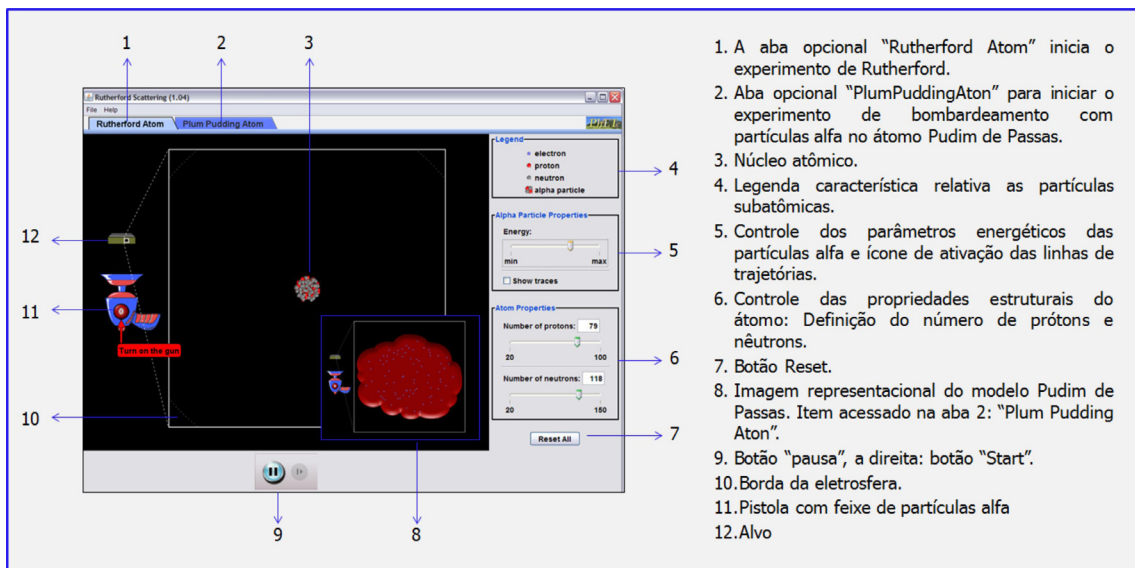


Figura 2: Interface do programa de simulação Rutherford Scattering.

modelo atômico dinâmico e sofisticado, com anéis vórtices, girostatos e corpúsculos (elétrons) em movimento, em que esses corpúsculos estariam distribuídos uniformemente em anéis concêntricos e coplanares, girando em alta velocidade dentro de uma esfera fluídica, pouco densa e de carga positiva. O modelo de J. J. Thomson foi capaz de explicar simplificada-mente as combinações químicas e as propriedades elétricas da matéria, o mecanismo de transferência de carga e as condições em que o átomo apresentava estabilidade (Thomson 1904a; 1904b; 1907). Tal sofisticação não se encontra implementada no software e no modelo disponibilizado. Os corpúsculos não exibem movimento, estando aleatoriamente distribuídos.

Avaliação do método

Para averiguar as percepções conceituais dos estudantes, foi aplicado ao final das atividades um questionário composto por seis questões, que estão elencadas na Tabela 1. As respostas dos alunos às questões foram analisadas a partir de uma abordagem qualitativa, envolvendo a análise de conteúdo (Bardin, 1979). Por fim, os discentes participantes desta pesquisa foram entrevistados com o intuito de se realizar o processamento grupal (Fatarelí et al., 2010), sendo questionados sobre os aspectos sociológicos e motivacionais vivenciados durante a atividade.

Constatações e discussão

Em linhas gerais, a estratégia proporcionou uma abordagem dinâmica e interativa do conteúdo. Os alunos participaram ativamente e se sentiram motivados. Inicialmente, eles relataram que nunca haviam realizado uma atividade experimental e se mostraram confusos, mas, aos poucos, a sensação inicial de ansiedade foi sendo substituída pela necessidade da descoberta. Naturalmente emergiram alguns conflitos de convivência dentro dos grupos, mas foi isso que

1. A aba opcional "Rutherford Atom" inicia o experimento de Rutherford.
2. Aba opcional "PlumPuddingAton" para iniciar o experimento de bombardeamento com partículas alfa no átomo Pudim de Passas.
3. Núcleo atômico.
4. Legenda característica relativa as partículas subatômicas.
5. Controle dos parâmetros energéticos das partículas alfa e ícone de ativação das linhas de trajetórias.
6. Controle das propriedades estruturais do átomo: Definição do número de prótons e nêutrons.
7. Botão Reset.
8. Imagem representacional do modelo Pudim de Passas. Item acessado na aba 2: "Plum Pudding Aton".
9. Botão "pausa", a direita: botão "Start".
10. Borda da eletrosfera.
11. Pistola com feixe de partículas alfa
12. Alvo

Tabela 1: Questões aplicadas. Instrumento para verificação da eficácia do método

Avaliação do método: Questionário

1. Considere a seguinte afirmação e responda: "o átomo é uma esfera de carga elétrica positiva, não maciça, com elétrons no seu interior (negativos) de modo que sua carga elétrica total seja nula" (Thomson, 1907). Por que J. J. Thomson imaginou que os átomos não eram maciços e indivisíveis?
2. Qual a relação existente entre o modelo atômico de Thomson e a analogia utilizada para lhe representar: pudim de passas?
3. Quais as limitações apresentadas pela analogia pudim de passas?
4. Por meio de sua experiência, o que Rutherford observou de diferente em relação ao modelo de Thomson?
5. Qual a relação existente entre o modelo atômico de Rutherford-Bohr e a analogia utilizada para lhe representar sistema solar?
6. Quais as limitações da analogia utilizada para representar esse modelo?

deixou a atividade ainda mais humana e social, possibilitando uma melhor compreensão da natureza da ciência e seu processo de construção, o que contribuiu para o alcance de metas de domínio pessoal nos alunos, ressaltando-se aspectos intelectuais e o desenvolvimento de habilidades de comunicação, promoção de caráter e atitudes positivas, além de realização de metas no domínio da educação social como a aprendizagem cooperativa, mútua e sociocientífica, pressupostos esses extensivamente discutidos pela literatura (Marks e Eilks, 2009).

Para alcançar os objetivos conceituais de aprendizagem, o roteiro experimental desenvolvido se mostrou eficiente. Muitas das limitações apresentadas pelas analogias foram mapeadas e discutidas. Durante a conferência sobre a evolução dos modelos atômicos, cada grupo teve cinco minutos

para apresentar suas constatações. Frequentemente membros de outros grupos faziam questionamentos e um debate era iniciado. Coube ao professor fazer as mediações necessárias, por meio de intervenções ou omissões, para que um diálogo coerente fosse desenvolvido.

Uma proporção significativa dos estudantes apresentou respostas satisfatórias ao questionário que foi aplicado no final da atividade. Na Q1, os estudantes perceberam que o modelo de Thomson considerava a natureza elétrica da matéria diferentemente do que propunha o de Dalton e a possibilidade de movimentação das cargas, conforme evidenciado na fala de A3: “Porque os átomos tinham cargas elétricas num fluido [...] que podia se mover”; e A8, que considerou em sua resolução a propriedade de descontinuidade da matéria: “[...] ele pensou que tudo conseguia ultrapassá-los. Ele imaginava o átomo como uma esfera elétrica de carga zero”. Analisando as respostas dos alunos A5 e A7 a Q2, de certo modo, eles conseguiram identificar a associação de características estruturais do átomo proposto por Thomson com a analogia frequentemente utilizada para representar esse modelo: o pudim de passas. A5: “porque o pudim é um fluido mole e seria a carga elétrica de +, as passas os elétrons de carga – que se movimentam”; e A7: “[...] a massa do pudim seria positiva e as passas teriam cargas negativas”. Observa-se na Q3 que a resposta

Para alcançar os objetivos conceituais de aprendizagem, o roteiro experimental desenvolvido se mostrou eficiente. Muitas das limitações apresentadas pelas analogias foram mapeadas e discutidas. Durante a conferência sobre a evolução dos modelos atômicos, cada grupo teve cinco minutos para apresentar suas constatações. Frequentemente membros de outros grupos faziam questionamentos e um debate era iniciado. Coube ao professor fazer as mediações necessárias, por meio de intervenções ou omissões, para que um diálogo coerente fosse desenvolvido.

de A2 expressa uma ideia concreta das limitações apresentadas pela relação analógica pudim de passas. A2: “porque os elétrons ficavam dentro do átomo. [...] as passas ficam em cima do pudim, mas se for o caso, deve ficar dentro da massa e afastadas igualmente. [...] os elétrons podem girar e as passas ficam paradinhas”. Essa resolução apresenta uma concepção de átomo dinâmico, em que seus constituintes possuem mobilidade, ideias pertinentes com as creditadas

por J. J. Thomson. A Q4 foi a que apresentou os melhores índices como observado nas respostas apresentadas por A11 e A16. A11: “porque nem todas as partículas passavam pelo átomo, pois as que batiam no núcleo voltavam. Muitas desviaram o caminho”. A 16: “Porque a radiação batia e voltava. [...] o átomo passa de um lugar para o outro e tem espaço vazio”. Essas respostas mostram claramente que os alunos conseguiram mapear a trajetória das partículas alfa, a presença do núcleo e a descontinuidade da matéria.

No debate inicial, alguns aspectos foram enfocados, tais como: a compreensão de que a força atuante no modelo de Rutherford-Borh é a força elétrica e não a gravitacional, em que os elétrons estariam localizados em órbitas circulares em torno do átomo e não órbitas elípticas como as descritas pelos planetas, apresentando nessa época um caráter corpuscular e uniforme, diferentemente dos planetas que possuem massas,

Tabela 2: Classificação categórica das respostas

Questão	Segmento categórico	Frequência da citação textual
Questão 1	Considerar a natureza elétrica da matéria	62,50%
	Considerar a descontinuidade da matéria	75,00%
	Identificar ausência do núcleo	68,75%
	Indicar as limitações experimentais	43,75%
Questão 2	Textura pouco densa e não sólida	81,25%
	Relação elétrons passas, massa carga positiva	93,75%
Questão 3	Possibilidade de movimentação das cargas	68,75%
	Ausência de mobilidade dos corpúsculos	68,75%
	Indicação do caráter estático do pudim	48,75%
Questão 4	Localização dos corpúsculos	87,50%
	Distribuição aleatória dos corpúsculos	56,25%
	Identifica a presença do núcleo	68,75%
Questão 5	Reconhece a descontinuidade da matéria	81,25%
	Identifica a trajetória das partículas	75,00%
	Tamanho do átomo	43,75%
Questão 6	Núcleo central semelhante ao sol no sistema solar	81,25%
	Semelhança entre as órbitas dos planetas e a dos átomos	93,75%
Questão 6	As distintas massas dos planetas	43,75%
	Reconhece a trajetória das órbitas	87,50%
	Geometria dos elétrons	68,75%

densidades e tamanhos diferentes (Melo e Lima Neto, 2010). Percebeu-se nas Q5 e Q6 que os alunos assimilaram essas explicações, o que se torna evidente nas respostas de A11, com relação à Q6, na qual identifica algumas limitações apresentadas pela analogia sistema solar: “No átomo, o elétron pode mudar de camada, porque ela tem uma quantidade de energia e pode sair se ganhar mais energia, já os planetas não podem mudar de órbita ou posição”. A Tabela 2 contém uma síntese percentual relativa às percepções dos alunos distribuídas em categorias emergentes por questão. O valor percentual foi atribuído ao número total de alunos que fez citação textual referente ao elemento categórico.

Conclusões

O ensino de conceitos de atomística relacionados com os modelos de Thomson e Rutherford-Bohr por meio de um software de simulação e uma estratégia de aprendizagem cooperativa, o método Jigsaw, mostrou-se eficaz para resolver

os dois problemas citados inicialmente: (1) desinteresse dos alunos; e (2) compreensão imperfeita do papel dos modelos em ciência. Verificamos que os estudantes motivaram-se e se responsabilizaram pelo seu aprendizado, questionando, reconstruindo conceitos e aplicando a informação no convívio social por meio dos debates e das apresentações. Dessa forma, os estudantes não apenas assimilaram aspectos fenomenológicos e teóricos relacionados aos modelos atômicos, mas também foram envolvidos numa plenitude metacognitiva e social.

Saulo França Oliveira (saulo_ufpe@yahoo.com.br), licenciando em Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Caruaru, PE - BR. **Noel Felix Melo** (noelfelizmelo@gmail.com.br), licenciando em Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Caruaru, PE - BR. **José Tatiano da Silva** (atatiano@hotmail.com), licenciando em Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Caruaru, PE - BR. **Elder Alpes de Vasconcelos** (eldervasconcelos01@gmail.com), bacharel e Mestre em Física pela Universidade Federal de Pernambuco. Doutor em Ciências Matemáticas e da Informação pela Saitama University - Japão (2000). Professor Associado da UFPE, Campus Agreste, no Núcleo de Tecnologia. Caruaru, PE - BR.

Referências

- ARONSON, E. et al. *The Jigsaw classroom*. Beverly Hills: Sage, 1978.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Trad. Luís Antero Neto. Lisboa: Edições 70, 1979.
- BELL, J.T. e FOGLER, H.S. Virtual reality in chemical engineering education. In: INDIANA ASEE SECTIONAL CONFERENCE, 1995. *Proceedings of the 1995*. Illinois, p. 16-18, 1995. Disponível em: <<http://www.ecn.purdue.edu/asee/sect95>>. Acesso em: 22 fev. 2012.
- KULIK, J.A. School mathematics and science programs benefit from instruction technology. *Info Brief*, 03-301. Washington DC: NSF, 2002.
- MARKS, R. e EILKS, I. Promoting scientific literacy using a sociocritical and problem-oriented approach to chemistry teaching: concept, examples, experiences. *International Journal of Environmental & Science Education*, v. 4, n. 3, p. 231-245, 2009.
- MELO, M.R.; LIMA NETO, E.G. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE, 4, 2010. *Anais...*, 2010. Laranjeiras. ISSN 1982-3657. Disponível em: <http://www.educonufs.com.br/IVcoloquio/cdcoloquio/eixo_05/E5-44.pdf>. Acesso em: 20 out. 2012.
- MORTIMER, E.F. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.
- ROSA, R.R. e BORBA, R.E.S.R. Avaliação de softwares educativos: o olhar de uma professora de matemática. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8, 2004, Recife. *Anais eletrônicos*. Recife: UFPE, 2004. Disponível em: <www.sbem.com.br/files/viiipdf/01/CC89843820068.pdf>.

<www.sbem.com.br/files/viiipdf/01/CC89843820068.pdf>. Acesso em 28 nov. 2011.

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

_____. On the structure of atom: an investigation of the stability and periods of oscillation of a number of corpuscles arranged at equal intervals around the circumference of a circle; with application of the results to the theory of atomic structure. *Philosophical Magazine*, v. 7, n. 39, p. 237-265, 1904b.

_____. *The corpuscular theory of matter*. London: Archibald Constable, 1907.

TOLENTINO, M. e ROCHA-FILHO, R.C. O átomo e a tecnologia. *Química Nova na Escola*, n. 3, 1996.

Para saber mais

FATARELI, E.F.; ABREU FERREIRA, L.N.; FERREIRA, J.Q. e QUEIROZ, S.L. Método cooperativo de aprendizagem jigsaw no ensino de cinética química. *Química Nova na Escola*, v. 32, p. 161-168, 2010.

MORTIMER, E.F. Concepções atomistas dos estudantes. *Química Nova na Escola*, n. 1, 1995.

PHET. *Interactive simulations*. http://phet.colorado.edu/pt_BR/. Acesso simulações nas áreas de Química, Física, Biologia, Geografia e Matemática.

SOUZA, V.C.A.; JUSTI, R.S. e FERREIRA, P.F.M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Rutherford-Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 11, p. 7-28, 2006.

Abstract: *Simulation Software in the Teaching of Atomistic: Computational Experiments to Show Microworlds.* This work reports on the teaching of atomistic concepts related to Thomson and Rutherford-Bohr atomic models by means of a simulation software and a strategy of cooperative learning, the so-called “jigsaw method”. Sixteen 9th-year students from a public school located in the municipality of Lajedo-PE, Brazil, were involved. Student behavior during classes and their responses to evaluation questionnaires showed a clear improvement of student comprehension and interest in the subject, significantly enriching the process of knowledge construction.

Keywords: simulations, atomistic, models.