

# **Conceito de átomo: obstáculos epistemológicos e o processo de ensino e aprendizagem**

## **The concept of the atom: epistemological obstacles and the process of teaching and learning**

**Jheniffer Micheline Cortez dos Reis**

Universidade Estadual de Maringá  
jheniffercortez@gmail.com

**Neide Maria Michellan Kiouranis**

Universidade Estadual de Maringá  
nmmkiouranis@gmail.com

**Marcelo Pimentel da Silveira**

Universidade Estadual de Maringá  
martzelops@gmail.com

### **Resumo**

O objetivo da pesquisa é identificar possíveis obstáculos epistemológicos relacionados ao conceito de átomo, noção discutida por Gaston Bachelard na busca de respostas à questão: Estudantes de química do ensino superior podem apresentar obstáculos epistemológicos acerca da compreensão do modelo atômico? A pesquisa foi realizada com licenciandos do primeiro ano do curso de Química de uma Universidade pública do Estado do Paraná, na disciplina de Química Geral. Os dados coletados foram discutidos tendo como referencial de análise o próprio Bachelard. Foi possível identificar que alguns estudantes possuem concepções realistas sobre o átomo, como a partícula pequena e indivisível, o obstáculo verbal foi identificado nas analogias e metáforas para a explicação do conceito de átomo.

**Palavras chave:** Epistemologia, Bachelard, Ensino de Química, Modelos atômicos

### **Abstract**

The objective of the research is to identify possible epistemological obstacles related to the concept of atom, a notion discussed by Gaston Bachelard in the search for answers to the question: higher education Chemistry students may present epistemological obstacles on the understanding of the atomic model? The survey was conducted with undergraduate first-year chemistry course of a public University of Paraná, in the discipline of General Chemistry. The collected data were discussed having as analytical reference the Bachelard himself. We observed that some students have realistic ideas about the atom, such as small and indivisible particle, the verbal obstacle was identified in analogies and metaphors for the atom concept explanation.

**Key words:** Epistemology, Bachelard, the teaching of Chemistry, atomic models.

## **Gaston Bachelard e a noção de obstáculo epistemológico**

Gaston Bachelard foi um homem à frente de seu tempo que discutiu em sua vasta obra, questões epistemológicas acerca do conhecimento científico, assim como sobre os devaneios, a poética e a imaginação. Japiassú (1976) afirma que Bachelard foi um importante filósofo das ciências de língua francesa, destacando-se por separar seus estudos na perspectiva do pensamento diurno, interpretado pelo autor como característica do conhecimento científico e do pensamento noturno, marcado pelo devaneio e o campo poético. Além disso, pode-se destacar em Bachelard uma pedagogia científica, que, segundo Japiassú (1976), é a tradução de sua filosofia da ciência.

Bachelard viveu o período de transição da física clássica para a moderna e presenciou o desenvolvimento de conceitos fundamentais que alicerçam a física contemporânea. Embora sua intenção não fosse discutir educação, a sua trajetória como professor faz dele um referencial adequado para a pesquisa em ensino de ciências, uma vez que incorporou aspectos pedagógicos do ensinar ciências nas discussões a respeito da epistemologia da ciência.

Em sua vasta produção diurna, Bachelard discute diversos aspectos sobre a ciência e o modo como a concebemos. Um dos aspectos marcantes da epistemologia bachelardiana é a necessidade de sempre formar um novo espírito científico. Para Bachelard (1996, p. 293), “[...] o espírito científico vence os diversos obstáculos epistemológicos e se constitui como conjunto de erros retificados”. O erro, aqui considerado, é aquele gerado pelo que Bachelard denomina obstáculos epistemológicos, discutido na obra “A Formação do Espírito Científico” (*La Formation de l’esprit scientifique*), publicada em 1938.

A filosofia de Bachelard admite que a construção do conhecimento científico não é contínua, assim, é construído por ruptura com o conhecimento anterior e não continuidade. Nesse contexto, Bachelard argumenta que no processo de construção de um determinado conhecimento científico, têm-se as correntes filosóficas: realismo ingênuo, empirismo claro e positivista, racionalismo newtoniano ou kantiano, racionalismo completo e racionalismo dialético. Essas filosofias são constituintes do que Bachelard (1984) chama de perfil epistemológico, que deve ser sobre um conceito científico e é uma noção pessoal, sendo que cada indivíduo, em determinado contexto, pode ter, em maior ou menor grau, as filosofias mencionadas. O fato é que as zonas do perfil epistemológico de qualquer conceito indicam as rupturas que existiram para que houvesse a transição de uma filosofia à outra. Essas rupturas podem se dar de duas maneiras: entre o novo conhecimento científico e o anterior, ou entre o conhecimento comum e o conhecimento científico. É importante destacar que o filósofo estabelece uma relação entre as noções de obstáculo epistemológico e de perfil epistemológico, discutindo que um “[...] perfil epistemológico guarda a marca dos obstáculos que uma cultura teve que superar” (BACHELARD, 1984, p. 30). Nesse sentido, entendemos que o progresso do conhecimento científico se dá em termos de superação desses obstáculos.

Nessa perspectiva, destaca-se o ensino dos conceitos da ciência contemporânea acerca da constituição da matéria, uma vez que rompe totalmente com os conhecimentos de senso comum e busca a interpretação da realidade por meio de modelos e construções abstratas. Assim, destacamos a importância de discutir as rupturas que existem entre os conhecimentos comum e científico para que se possa compreender o conceito de átomo e o seu processo de desenvolvimento.

Na obra “As Intuições Atômicas”, Bachelard (1933 apud FERREIRA, 2013) discute que para entender o átomo na concepção da ciência contemporânea é necessária uma abstração, denominada por ele de atomismo numa visão criticista, ou seja, uma visão que ultrapassa a sedução realista e a explicação superficial do fenômeno. Assim, Bachelard (1933 apud

FERREIRA, 2013) afirma que para entender o átomo é necessário utilizar o intelecto e a percepção, ou seja, é algo feito individualmente na imaginação de cada pessoa. Portanto, uma das preocupações do ensino de ciências deve ser a discussão de aspectos filosóficos pertinentes à construção da teoria atômica.

Se a estrutura atômica atualmente aceita se mostra tão complexa, entendemos ser importante compreender como os estudantes da licenciatura em química aprendem esse conceito e outras questões relevantes, como: Será que é possível identificar obstáculos epistemológicos relacionados ao conceito de átomo na fala dos estudantes de química? Desse modo, nesta pesquisa tem-se como objetivo investigar as concepções de átomo dos estudantes e identificar obstáculos epistemológicos, tendo como referencial teórico e de análise, Gaston Bachelard.

## **Investigando as concepções de átomo**

A pesquisa foi realizada com cinquenta e quatro estudantes do curso de licenciatura em Química de uma Universidade pública do Estado do Paraná, matriculados na disciplina de Química Geral, com carga horária anual de 136 horas, ministrada no primeiro ano do curso de licenciatura em química, em colaboração com o responsável titular da disciplina, doutor em Química Inorgânica e docente na instituição desde 2003. Durante o estudo, foram acompanhadas duas turmas desta disciplina, com o objetivo principal de investigar as concepções de átomo dos licenciandos e identificar a existência de obstáculos epistemológicos.

Os instrumentos de coleta de dados foram o questionário inicial, com duas questões sobre o átomo; as gravações em áudio e vídeo das aulas; o diário de bordo da pesquisadora e a avaliação formal aplicada aos estudantes no final do primeiro bimestre referente aos conteúdos estrutura atômica e ligação química. O questionário inicial foi aplicado nas primeiras aulas da disciplina com o objetivo de identificar as concepções dos estudantes sobre o conceito de átomo e, a partir das respostas, buscou-se identificar possíveis obstáculos epistemológicos. As concepções dos estudantes acerca do átomo também foram investigadas por meio da avaliação formal da disciplina, aplicada ao final do bimestre. Nesse sentido, discutiremos os obstáculos epistemológicos apresentados pelos estudantes nestes dois instrumentos de coleta de dados.

A análise interpretativa dos dados foi realizada com base na epistemologia de Gaston Bachelard e na noção de obstáculo epistemológico proposta por ele. Para isso, procederam-se à análise de conteúdo dos dados presentes no questionário inicial e na avaliação. A partir da análise, destacamos alguns obstáculos epistemológicos identificado nas falas dos estudantes.

## **Os obstáculos epistemológicos acerca do conceito de átomo**

Foi possível identificar por meio dos diversos instrumentos de coleta de dados utilizados neste estudo, algumas concepções e conceitos errôneos, sendo que alguns dos quais têm sua origem atribuída aos obstáculos epistemológicos. Um ponto bastante importante que Bachelard destaca em sua vasta obra é sobre a relação dos obstáculos epistemológicos e o erro. Assim, faz-se necessário refletir sobre as diferenças entre os mesmos, uma vez que pode haver uma conexão entre o obstáculo epistemológico e o erro. Existem algumas concepções errôneas que são fruto da dificuldade em lidar com a natureza do conhecimento que se estuda, e, nesses casos, podemos argumentar que o erro foi gerado por obstáculos epistemológicos, conforme discussão que faremos a respeito do conceito de átomo, objeto desta pesquisa. Nessa

perspectiva destacamos os obstáculos epistemológicos realista e verbal, identificados por meio dos instrumentos de coleta de dados.

### Obstáculo realista

Identificamos o obstáculo realista quando o estudante assume como real concreto um modelo abstrato. Várias pesquisas revelam que estudantes do ensino médio e superior apresentam dificuldades para compreender modelos abstratos da matéria, como é o caso dos modelos atômicos e afirmam que muitos estudantes relacionam com frequência a noção de átomo aos termos indivisível, esfera, pequeno, partícula, bolinhas (FRANÇA, MARCONDES, CARMO, 2009; MELO, LIMA NETO, 2013; HADŽIBEGOVIĆ, GALIJAŠEVIĆ, 2013).

A ideia de átomo como partícula pequena e indivisível pode ter sua origem atribuída ao obstáculo realista, por exemplo, ao considerar-se o átomo como uma pequena esfera e comparando-a, por exemplo, com uma bola de bilhar ou com grãos de areia. Bachelard (1933 apud FERREIRA, 2013) destaca que a ideia de átomo dos filósofos gregos teve sua origem na observação da poeira, e esta ideia está totalmente associada ao senso comum, ao realismo ingênuo. Acerca deste aspecto, podemos destacar a resposta de A36 ao questionário inicial, apresentada na Figura 1.

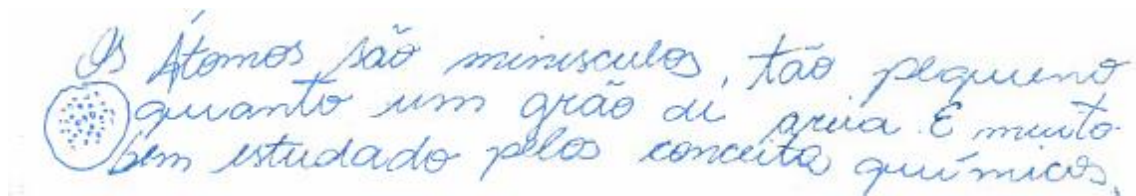


Figura 1 - Representação e explicação de A36 do átomo

A representação apresentada pelo estudante A36 tem o formato da esfera que possui alguns pontos que podem ser entendidos como os elétrons do modelo de Thompson. Nota-se na resposta uma visão errônea, uma vez que A36 pode ter imaginado o átomo como algo pequeno no sentido de “coisa”, ou real concreto, tal noção é definida por Bachelard (1951 apud LECOURT, 1977) como uma das noções-obstáculos para compreender o átomo.

Ao discutir a teoria atômica, podemos afirmar que não lidamos com aspectos macroscópicos, justamente por ser uma teoria que exige abstração. De acordo com Melo e Lima Neto (2013), uma das grandes dificuldades no aprendizado do conhecimento químico é entender que os modelos teóricos foram elaborados e não descobertos pelos cientistas. Se pensarmos no real, na perspectiva microscópica do átomo devemos entender que esse real não é no sentido concreto, mas fruto da fenomenotécnica, ou seja, um real construído a partir de observações indiretas dos fenômenos por meio de instrumentos que operam com base no conhecimento científico. Conforme afirma Bachelard (2010, p. 23), “as provas topológicas do realismo, as mais simples de todas e também as mais fundamentais, falham já quando se quer precisá-las no âmbito da experiência comum”.

Conforme Bachelard (2010) discute há um problema na localização do nível atômico que deu origem ao princípio da incerteza proposto por Heisenberg. Ainda podemos destacar algumas proposições que Bachelard faz acerca dos corpúsculos (elétrons) em “Atividade racionalista da física contemporânea” de 1951 (BACHELARD, 1951 apud LECOURT, 1977) relacionadas ao obstáculo realista:

- O corpúsculo não é um corpo minúsculo (p. 52);
- O corpúsculo elétrico não é um pequeno corpo carregado de eletricidade (p.53);
- O corpúsculo não tem dimensões absolutas determináveis: só se lhe atribui uma

ordem de grandeza (p. 53);

Se o corpúsculo não tem dimensões determináveis, não há forma determinável (p.54);

Dado que não se pode atribuir forma determinada ao corpúsculo, segue-se que não lhe pode atribuir lugar muito preciso (p.54);

De uma forma geral, podemos afirmar que o obstáculo realista foi identificado nas concepções de átomo como pequeno ou como indivisível. Conforme categorizado nas respostas do questionário inicial, cerca de 20% dos estudantes apresentam uma das duas ou as duas noções realistas de átomo. Essa visão pode ser confirmada por meio das palavras pequeno, partícula, esfera, maciço, indivisível mencionadas pelos estudantes, e, além disso, há representações e explicações do átomo como uma bolinha, resultado frequente em outras pesquisas da mesma natureza.

França, Marcondes e Carmo (2009), em pesquisa sobre a concepção de átomo de estudantes do último ano do ensino médio, afirmam que 23% deles compreendiam o modelo atômico de Dalton e relacionavam os termos pequeno, esfera e indivisível ao referido modelo. Melo e Lima Neto (2013), ao investigar sobre as dificuldades de aprendizagem acerca do conceito de átomo, identificaram que 62% dos estudantes do ensino médio comparam o átomo a bolinhas. Hadžibegović e Galijašević (2013) investigaram como os estudantes ingressantes no curso de química entendem a estrutura atômica da matéria na Bósnia e Herzegovina, sendo que quatro de cinquenta e oito estudantes explicaram o átomo como uma pequena esfera, característica do modelo de Dalton. De acordo com Hadžibegović e Galijašević (2013, p. 54, tradução nossa),

Uma possível razão para o fato que apenas alguns alunos representaram suas imagens de átomos de acordo com o modelo científico moderno do átomo é que, os alunos têm normalmente dificuldades para entender partículas da matéria que eles não podem ver. Em outras palavras, qualquer conceito abstrato sobre um assunto é muito difícil para eles entenderem.

### Obstáculo verbal

Na pesquisa, o obstáculo verbal fica evidente quando o uso de analogia é privilegiado em relação a uma explicação teórica e racional sobre um conceito, como pode ser observada na Figura 2 que ilustra a resposta de A8 ao mencionar a analogia do pudim de passas como um dos termos relacionados ao conceito de átomo. Se a analogia do “pudim de passas” for utilizada pelo estudante como substituta de uma explicação lógica sobre o conceito, então, a mesma pode se constituir no obstáculo verbal.

A handwritten list of terms related to atoms, each followed by a count in parentheses. The terms are: 'pudim de passas' (5), 'núcleos' (2), 'núcleo' (1), 'partículas / bolinhas' (3), and 'subátomos' (4).

pudim de passas	(5)
núcleos	(2)
núcleo	(1)
partículas / bolinhas	(3)
subátomos	(4)

**Figura 2** – Palavras mencionadas por A8 que tem relação com o átomo

Bachelard (1996, p. 101) destaca que “o perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; [...] tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem”. Dessa forma, uma analogia até pode ser utilizada para

auxiliar na compreensão do conceito por meio de algo que seja mais familiar ao estudante, mas não deve substituir o conceito. Entendendo que o termo foi mencionado por este estudante, mesmo com toda sua trajetória no ensino de química, a imagem do pudim de passas pode ser considerada indício do obstáculo verbal, pois apesar de A8 ter visto a noção de átomo em vários momentos da sua trajetória escolar e também no ensino superior com uma profundidade maior, o fato deste estudante não ter conseguido problematizar a analogia pode significar a presença do obstáculo verbal.

Ao responder uma questão da avaliação formal que solicitava a definição do conceito de orbital, alguns estudantes utilizaram a analogia do modelo planetário, como segue:

O conceito de orbital atômico surgiu a partir do modelo atômico ‘planetário’ proposto por Rutherford onde ele afirmava que os elétrons giravam ao redor do núcleo assim como os planetas ao redor do Sol. Porém esse modelo apresentava alguns problemas, foi então que Bohr propôs que os elétrons giravam em torno do núcleo sim mas em orbitais com determinada quantidade de energia, o que explicaria o porque de os elétrons não se chocarem com o núcleo (A23 – Avaliação formal)

Todo átomo possui núcleo e orbitais atômicos, que é formado por elétrons com carga negativa divididos em camadas em um espaço tridimensional e elétrons são atraídos pelo núcleo e exercem repulsão entre si causando movimentos orbitais como os planetas em volta do sol (A31 – Avaliação formal)

Este conceito usa o nome orbital, sendo como referência utilizada de forma macroscópica as orbitas do corpo celeste em torno de um astro principal, no caso do sistema solar o astro principal é o Sol (A42 – Avaliação formal)

Ao utilizarem a analogia do sistema solar com o modelo atômico, podemos inferir que os estudantes não consideraram necessário explicar ou mesmo discutir como seria o átomo, e, caso esses estudantes não sejam capazes de dar uma explicação científica acerca do conceito, dentre outros aspectos, poderíamos atribuir essa dificuldade à existência de um obstáculo de natureza verbal.

Os obstáculos verbais no ensino de ciências são mais frequentes do que se imagina, uma vez que a linguagem científica não é comum aos estudantes no nível da Educação Básica. Nesse sentido, entendemos que é importante a apropriação de conhecimentos científicos no processo de ensino e aprendizagem, no entanto, isso não deve ocorrer de modo mecânico, com a valorização excessiva de nomes e fórmulas, características da linguagem científica, que podem prejudicar a aprendizagem.

Para Bachelard (1996, p. 48) “o espírito científico deve lutar sempre contra as imagens, contra as analogias, contra as metáforas”. O problema discutido por Bachelard sobre o uso das imagens é que elas são resistentes no pensamento e podem impedir uma visão abstrata do fenômeno. Em pesquisa sobre a compreensão de estudantes do ensino médio acerca das analogias “pudim de passas” e “modelo planetário”, também presente nos resultados desta investigação, Souza, Justi e Ferreira (2006) discutem que a maior parte dos estudantes não entende as analogias e nem o modelo a que se referem, além de não compreenderem o sentido da existência de duas analogias para o átomo.

Embora o obstáculo verbal não seja identificado em um número significativo de estudantes, é importante destacar a identificação deste obstáculo, uma vez que a utilização indevida de analogias dos modelos atômicos, em qualquer nível de ensino, pode interferir na aprendizagem dos conceitos químicos, quando não ultrapassa a imagem concreta. Pensando ainda no curso de licenciatura em química, estes estudantes, se não tiverem tais concepções questionadas e problematizadas, podem, quando professores, reproduzir uma visão errônea

acerca do átomo.

## **Algumas reflexões sobre os obstáculos epistemológicos e o processo de ensino e aprendizagem**

Com bases nos resultados, foi possível identificar importantes indícios do obstáculo realista, no qual os estudantes, mesmo conhecendo outros modelos mais atuais, assumiam o átomo como concreto. Essa concepção errônea pode ter origem no obstáculo realista, quando se concebe o átomo como algo físico e não abstrato. Conforme foi discutido, resultados dessa natureza vêm sendo encontrados e questionados em muitas pesquisas relacionadas à compreensão de conhecimentos que lidam com a concepção de modelos atômicos. As representações analógicas dos modelos que dão ideias de grão de areia, bola de bilhar, pudim de passas, modelo planetário, dentre outros, quando não questionados na perspectiva epistemológica que trata da natureza e origem do conhecimento, muitas vezes reforçam os obstáculos realistas.

Quando o estudante concebe o átomo como pequeno, no sentido concreto, entende o átomo como se fosse, por exemplo, um grão de areia. Essa ideia também é discutida por Bachelard ao destacar o realismo do olhar. Principalmente no que se refere ao átomo, Bachelard discute sobre a dificuldade em se referir precisamente à localização do elétron e o problema da localização do real no nível atômico. A diferença do mundo macroscópico para microscópico é tão grande que as leis clássicas aplicáveis ao mundo macroscópico se tornaram falhas para explicar o átomo na concepção moderna. Desse modo, entender o átomo numa perspectiva realista se torna um obstáculo à aprendizagem da ciência química, uma vez que pensar desse modo enquadra-se em um espírito pré-científico, conforme Bachelard (1996).

A formação do espírito científico passa pela retificação de erros oriundos dos obstáculos epistemológicos, que estão presentes também em teorias científicas bem estabelecidas. Bachelard afirma que o maior inimigo da ciência é a própria ciência, quando ela atua como um obstáculo para o novo que está nascendo. No que tange o atomismo, entendemos que discussões de caráter histórico e filosófico podem tornar a visão dos estudantes mais crítica, buscando, sempre que necessário, a superação dos obstáculos e a formação do espírito científico. Alguns exemplos de questionamentos são: o que é um modelo? O que é uma representação? O átomo é real? O que é considerado real? Porque existem vários modelos atômicos? Existe um único modelo atômico que é correto? Entre outros.

Com relação ao obstáculo de natureza verbal, é essencial compreender que a ciência possui uma linguagem e um formalismo que lhe é característico e que podem dificultar o processo de ensino e aprendizagem. Um dos grandes desafios da educação química é a formação de um pensamento científico, que permita a compreensão e reflexão acerca do conhecimento e não apenas palavras ou imagens memorizadas.

Apoiando-nos na discussão de Bachelard (1996, p. 300): “para que a ciência objetiva seja plenamente educadora, é preciso que seu ensino seja socialmente ativo”, uma alternativa para questionar as concepções dos estudantes seria a formação de pequenos grupos de discussão sobre os conhecimentos científicos, dando-lhes tempo para pensar e responder acerca de suas ideias, possibilitando a socialização proposta por Bachelard. Como o autor defende, o conhecimento não questionado gera os obstáculos epistemológicos. Assim, destacamos a importância da discussão das concepções dos estudantes de modo a superar os obstáculos epistemológicos.

## Agradecimentos e apoios

À todos que colaboraram ou participaram, direta ou indiretamente, desta pesquisa e à CAPES pelo financiamento.

## Referências

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

\_\_\_\_\_. **A filosofia do não** (Os pensadores). Trad. Joaquim José Moura Ramos. 2 ed. São Paulo: Abril Cultura, 1984.

\_\_\_\_\_. **A experiência do espaço na física contemporânea**. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2010.

FERREIRA, L. M. **Atomismo**: um resgate histórico para o ensino de química. 2013. 170 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, M. E. R.; 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.

HADŽIBEGOVIĆ, Z.; GALIJAŠEVIĆ, S. 100 Years Anniversary of the Bohr Model of the Atom: How Chemistry Freshmen Understand Atomic Structure of Matter. **Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina**, v. 40, p. 51 – 56, 2013.

JAPIASSÚ, H. **Para ler Bachelard**. Rio de Janeiro: F. Alves, 1976.

LECOURT, D. **Epistemologia Gaston Bachelard**. Trechos selecionados por Dominique Leucourt; Trad. Nathanael C. Caixeiro. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

MELO, M. R.; LIMA NETO, E. G. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 02, 2013.

SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. S.; FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino de modelos atômicos de Thompson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir dela. **Investigação em Ensino de Ciências**, V.11, N. 1, p. 7 – 28, 2006.