

**ANALOGIAS UTILIZADAS NO ENSINO DOS MODELOS ATÔMICOS DE THOMSON E BOHR: UMA ANÁLISE CRÍTICA SOBRE O QUE OS ALUNOS PENSAM A PARTIR DELAS**  
(Analogies in the teaching of Thomson and Bohr's atomic models: A critic analysis about students' reasoning)

**Vinícius Catão de Assis Souza** <sup>(1)</sup>

**Rosária da Silva Justi** <sup>(1 e 2)</sup>

**Poliana Flávia Maia Ferreira** <sup>(1)</sup>

(1) Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais

(2) Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais

**Resumo**

Considerando a importância do uso de analogias no ensino de ciências, os problemas de aprendizagem dos modelos atômicos relatados na literatura e constatados em nossas pesquisas anteriores, e a lacuna observada na literatura em relação a estudos que investiguem como os alunos realmente entendem as analogias que lhes são apresentadas no processo de ensino, investigamos, nessa pesquisa, como os alunos do Ensino Médio compreendem os modelos atômicos a partir das analogias usadas para apresentá-los e explicá-los. Para limitar o estudo, foram escolhidos apenas os modelos atômicos propostos por J. J. Thomson e Niels Bohr. Tal escolha se justificou pelo fato de analogias (do “pudim de passas” e do “sistema solar”, respectivamente) serem frequentemente utilizadas na explicação desses dois modelos. Assim, essa pesquisa visa focar as contribuições e as limitações na utilização de analogias no processo de ensino-aprendizagem dos modelos atômicos selecionados. Os dados foram coletados a partir da aplicação de um questionário a 99 alunos de uma escola pública e de uma escola particular que cursavam o primeiro ano do Ensino Médio. A análise dos dados evidenciou que a maioria dos alunos não entende as analogias e, conseqüentemente, os modelos aos quais elas se referem. Além disso, eles não percebem sentido em se utilizar duas analogias diferentes para o átomo. A partir da análise feita são discutidas algumas implicações para o ensino e levantadas novas questões de pesquisa que podem contribuir para fomentar a discussão e para a melhoria do ensino desse tema.

**Palavras-chave:** analogias, ensino de modelos atômicos, idéias de alunos.

**Abstract**

Assuming (i) the importance of using analogies in science teaching, (ii) the learning difficulties related to the atomic models both discussed in the literature and observed in our previous research, and (iii) the gap found in the literature concerning studies that probe how students really understand analogies presented to them in science teaching, we investigate, in this study, how students from the Medium Level understand the atomic models from analogies used to present and explain them. In order to limit the study, we chose only the atomic models proposed by J.J.Thomson and Niels Bohr. This was because the analogies of “the plum pudding” and “the solar system” are very often used in their teaching. This study aims at discussing the contributions and limitations of using such analogies in the teaching of the correspondent atomic models. Data were gathered from a written questionnaire answered by 99 1st year students (from one public and one private school). Data analysis made it evident that most students do not understand the analogies, as well as the atomic models to which they are associated. Moreover, there is no meaning for them in using two different analogies for the atom. From data analysis we discuss some teaching implications. We also propose new research questions that may contribute to foster the discussion and the improvement in the teaching of the atomic models.

**Key-words:** analogies, teaching of atomic models, students' ideas

## Introdução

### *Modelos em Ciências e em Ensino de Ciências*

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 (Gilbert, Boulter & Elmer, 2000; Justi & Gilbert, 2002a). A importância de modelos em Ciências é amplamente reconhecida entre os cientistas e filósofos da ciência (veja, por exemplo, Giere, 1988; Magnani, Nersessian, & Thagard, 1999; Morgan & Morrison, 1999). Todos eles reconhecem que é através do processo dinâmico de elaboração e reformulação de modelos que o conhecimento científico é desenvolvido, apresentado e validado pela comunidade de cientistas.

Numa perspectiva contemporânea, os objetivos gerais para o ensino de Ciências foram propostos por Hodson (1992) como: *aprender Ciências*, isto é, compreender o conhecimento científico conceitual; *aprender sobre Ciências*, isto é, compreender aspectos de história, filosofia e metodologia de Ciências; *aprender a fazer Ciência*, isto é, tornar-se capaz de participar de atividades que objetivem a aquisição de conhecimento científico.

Nessa perspectiva, modelos e os processos de criação e teste de modelos desempenham um papel central e fundamental no ensino de Ciências (Duit & Treagust, 2003). Isso porque, a fim de: aprender Ciências, os alunos devem conhecer e entender os principais modelos científicos relativos aos tópicos que estão estudando, assim como a abrangência e as limitações dos mesmos; aprender sobre Ciências, os alunos devem desenvolver uma visão adequada sobre a natureza de modelos e serem capazes de avaliar o papel de modelos científicos específicos no desenvolvimento do conhecimento científico; aprender a fazer Ciências, os alunos devem ser capazes de criar, expressar e testar seus próprios modelos (Justi & Gilbert, 2002a). Além disso, o envolvimento de alunos 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 (Hodson, 2003).

Ainda em relação ao ensino de Ciências, modelos podem ser utilizados pelos professores e/ou autores de materiais instrucionais com o objetivo específico de ajudar os alunos a entenderem algum aspecto do que se deseja ensinar. Nesse caso, eles são chamados de *modelos de ensino* (Gilbert & Boulter, 1995). Em decorrência de seu objetivo, um modelo de ensino deve preservar a estrutura conceitual do modelo científico ao qual ele se relaciona, assim como demonstrar a interação dinâmica entre pensamentos e ações na ciência. Ao mesmo tempo, ele deve ser elaborado levando-se em conta as idéias prévias dos alunos e as habilidades que eles possuem para relacionar as entidades concretas e/ou abstratas envolvidas na relação analógica estabelecida (Justi & Gilbert, 2002b). No ensino de química, os modelos de ensino mais frequentemente usados são: modelos concretos (moleculares ou não), desenhos (de materiais, processos e modelos moleculares), gráficos aos quais outros recursos (como, por exemplo, cores e desenhos) são adicionados, diagramas, analogias e simulações.

Neste artigo, analisaremos a influência, na aprendizagem de alunos do Ensino Médio, de um tipo específico de modelo de ensino: as analogias. Como nas demais pesquisas envolvendo analogias, elas são aqui entendidas como comparações entre dois domínios diferentes. Em outras palavras, dizer que “A” é análogo de “B” implica que “A” é como se fosse “B”, ou que “A” e “B” compartilham algumas características. Um desses domínios é familiar (geralmente chamado na literatura de domínio análogo ou da analogia) e o outro é desconhecido (chamado de domínio alvo) (Curtis & Reigeluth, 1984; Duit, 1991; Harrison & Treagust, 2006; Wilbers & Duit, 2006).

Em termos gerais, a visão construtivista de ensino-aprendizagem tem exercido uma grande influência na área de Educação em Ciência e Matemática (Mathews, 1992). Apesar da grande variedade de abordagens e visões que aparecem na literatura sob o mesmo rótulo, há pelo menos duas características principais que parecem ser compartilhadas pelos seguidores do construtivismo: (i) a aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento; e (ii) as idéias prévias dos estudantes desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem, uma vez que essa ocorre a partir do que o aluno já conhece.

Nessa perspectiva, as analogias são modelos de ensino que podem atuar como mediadoras no processo de ensino-aprendizagem. De acordo com Duit (1991), elas podem ser instrumentos valiosos no auxílio da construção do conhecimento, pois atuariam de forma explanatória e heurística por meio do desencadeamento da tensão cognitiva e do processo de associações entre o estranho e o familiar, ou os conhecimentos prévios e os novos. Dessa forma, práticas educativas baseadas na utilização do processo analógico implicam em processos de aprendizagem segundo os princípios da teoria construtivista. Isto porque, ao favorecerem a existência de um “trânsito” entre os conceitos prévios e os conceitos desconhecidos, as analogias podem levar o indivíduo a reestruturar suas informações e, em certos casos, formar um novo esquema ou acrescentar novas informações àquelas já formadas.

#### *Analogias no Ensino de Ciências e de Química*

Segundo Duit (1991), estudos sobre concepções alternativas dos alunos em relação aos conceitos científicos evidenciam que eles freqüentemente usam analogias para tentar compreender os fenômenos em áreas que são familiares a eles. Os resultados de tais estudos não são surpreendentes na medida em que o processo de relacionar conceitos através de analogias é uma parte básica do pensamento humano. A literatura da área de Ciências contém várias referências sobre a importância das analogias para o desenvolvimento dos modelos e de outras idéias científicas – o que fornece um suporte adicional para o uso de analogias no ensino.

Além de favorecer o estabelecimento de relações entre um domínio que é familiar aos alunos e outro que lhes é desconhecido, a utilização de analogias tende a favorecer o envolvimento do aluno no processo de construção de seu conhecimento e, conseqüentemente, pode contribuir para aumentar a motivação deles em relação ao ensino de ciências (Glynn, 1989). Segundo Justi e Gilbert (2006), analogias podem também ajudar os estudantes nos processos de produzir modelos e de expressá-los em diferentes formas de representação. Como destacado anteriormente, embora seja incompleto e não represente diretamente a realidade, um modelo capacita o sujeito que o possui a fazer previsões ou dar explicações, quando trabalha com ele em sua imaginação. Por isso, o envolvimento de alunos em processos de elaboração e revisão de modelos tende a favorecer a ocorrência de aprendizagem significativa.

Por outro lado, Glynn (1989) também discute que analogias podem apresentar algumas desvantagens que se relacionam:

- ? ao fato de o aluno, recebendo uma analogia pronta, poder enfrentar dificuldades de aceitabilidade;
- ? às analogias estarem fora do contexto sócio-histórico dos alunos, podendo gerar grandes dificuldades de compreensão das mesmas;
- ? a possíveis más interpretações ou não discernimento dos aspectos que são semelhantes (partes positivas) e dos que são diferentes (partes negativas) (Hesse, 1966) entre os domínios da analogia e do alvo;
- ? ao caso em que não haja um bom direcionamento, onde aspectos irrelevantes podem sobressair em detrimento do principal ou, em outras palavras, quando as partes negativas forem mais enfatizadas do que as positivas;
- ? às analogias muito parecidas com seus domínios do alvo poderem levar a generalizações e, conseqüentemente, a formas de raciocínios equivocadas.

Tais aspectos devem ser considerados pelo professor ao utilizar analogias em suas aulas.

Neste contexto, surge uma vertente para o desenvolvimento de pesquisas sobre as analogias utilizadas em livros didáticos. Curtis e Reigeluth (1984) investigaram o uso de analogias em livros-texto de Ciências utilizados nos Estados Unidos. Outros pesquisadores investigaram o uso de analogias somente em livros-texto de Química utilizados na Austrália (Thiele & Treagust, 1995) e no Brasil (Monteiro & Justi, 2000).

A natureza essencialmente abstrata da Química a torna uma área em potencial para o uso de analogias como modelos de ensino. Apesar disso, existem poucos estudos que enfocam como elas são usadas por professores de Química ou como analogias apresentadas por materiais instrucionais, tais como livros-texto, são entendidas por professores e alunos.

Em geral, os autores de livro-texto fazem uso pouco expressivo de analogias. Isso parece evidenciar que eles desconhecem o potencial das analogias como modelos de ensino para uma ciência tão abstrata como a Química. Além disso, a presença de analogias que induzem a erros conceituais e/ou reforçam concepções alternativas que os alunos possuem em relação a vários conceitos químicos evidencia que os autores desconhecem e/ou não atribuem a devida importância às dificuldades que os alunos apresentam durante a aprendizagem de Química e/ou às suas idéias prévias. Finalmente, em muitas das analogias apresentadas em livros didáticos brasileiros, os autores não fornecem nenhuma explicação do domínio análogo e não discutem suas limitações. Tais aspectos parecem indicar que os autores não consideram a possibilidade de os alunos terem dificuldades em estabelecer relações analógicas e que as analogias são perfeitamente entendidas por eles. É possível também que os autores deixem a cargo do professor a discussão de tais aspectos das analogias (Monteiro & Justi, 2000).

#### *Ensino e aprendizagem de modelos atômicos*

O atomismo é, essencialmente, um modelo de explicação causal, no sentido de ser uma estrutura de conceitos que é isomórfica em relação à realidade. Assim, as transformações

que ocorrem na realidade podem ser representadas por transformações no modelo que, como tal, não é uma cópia do real, mas uma representação parcial do mesmo. Uma realidade inacessível aos sentidos é explicada por meio de idéias e objetos similares àqueles existentes no mundo real. Neste sentido, o modelo, apesar de fazer uso de uma analogia com objetos mecânicos reais, ultrapassa essa simples analogia, pois implica a criação de uma estrutura que não é idêntica ao real.

Romanelli (1996), em trabalho desenvolvido com a temática centrada no professor como mediador no processo de ensino-aprendizagem do conceito do átomo, demonstrou a complexidade dessa relação através das dificuldades inerentes aos alunos em representar a abstrata idéia do átomo. Tanto nos desenhos quanto nas falas dos alunos, pode-se constatar, muitas vezes, uma confusão nos conceitos que envolvem o átomo. Alguns exemplos que ilustram tal confusão são as seguintes afirmativas e/ou desenhos: “o átomo é a menor partícula do núcleo”; “os elétrons estão entre as camadas” (Figura 1); “há um limite entre o núcleo e a eletrosfera” (Figura 2). Exemplos como esses, assim como as reflexões realizadas na pesquisa ora comentada, demonstram que o ensino e a aprendizagem do conceito do átomo devem continuar sendo alvo de pesquisas.

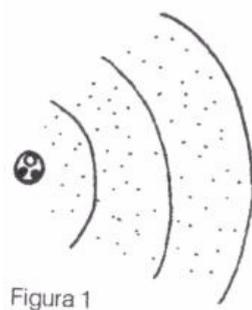


Figura 1. Ilustração do aluno que afirmou que “os elétrons estão entre as camadas” (Romanelli, 1996, p.29)



Figura 2. Ilustração do aluno que afirmou que “há um limite entre o núcleo e a eletrosfera” (Romanelli, 1996, p.29)

Em pesquisas desenvolvidas sobre esta mesma temática por Souza e Justi (2003), também foi constatada uma extrema dificuldade dos alunos com relação à compreensão dos modelos atômicos. Nessa pesquisa, os dados foram coletados através de uma entrevista com alunos que estavam ingressando no curso de graduação em Química (período diurno) da Universidade Federal de Minas Gerais. As concepções atomísticas que eles traziam do Ensino Médio eram muito semelhantes àsquelas encontradas na literatura. Dentre elas, podemos destacar:

- ? *O átomo só existe em entidades vivas.* Nesse caso, os alunos atribuem aos átomos características inerentes aos seres humanos (como sentimentos, por exemplo). Por isso, não conseguem entender que existem átomos nas cadeiras, mesas, água dos rios etc. Pensam que é algo próprio dos seres humanos;
- ? *O átomo é a menor parte da matéria que conserva suas características,* o que evidencia a idéia de que o átomo é indivisível;
- ? *O átomo pode ser visto em microscópio eletrônico.* Tais alunos pensam que os átomos têm a dimensão de um vírus, por exemplo, e não conseguem fazer uma distinção relacionada à magnitude correta do átomo;

? *O átomo é igual às representações dos livros.* Essa idéia evidencia que os alunos não conseguem compreender que os livros apresentam apenas modelos do átomo.

Idéias como essas podem ter sua origem, principalmente, no alto grau de abstração do tema. O desenvolvimento do conceito de átomo em sala de aula demanda um processo de ensino-aprendizagem que envolve noções abstratas. O processo de apropriação do conceito pode adquirir características muito complexas em vista do reconhecimento de que esse conceito é um modelo científico e, como tal, transitório, que contribui para a interpretação da constituição e das propriedades das substâncias.

Como destacado anteriormente, analogias podem ser usadas no ensino de ciências com o objetivo de prover aos alunos um modelo daquilo que não pode ser entendido com facilidade. No ensino dos modelos atômicos, as comparações entre o modelo atômico proposto por Thomson e o pudim de passas e entre o modelo atômico proposto por Bohr e o sistema solar são bastante freqüentes em todo o mundo.

De acordo com Taber (2001), as justificativas do uso da analogia do sistema solar para explicar o modelo atômico proposto por Bohr se relacionam:

- ? ao conceito do átomo ser abstrato e à sua estrutura ser relativamente complexa para que os alunos a compreendam;
- ? ao sistema solar ser algo familiar para os alunos;
- ? a uma fácil associação do sistema solar ao átomo, conduzindo os alunos a assumirem um ponto de referência mais inteligível para a compreensão da estrutura atômica.

### **Objetivos da Pesquisa**

Tendo em vista: (i) as discussões apresentadas anteriormente sobre a importância do uso de analogias no ensino e sobre os problemas de aprendizagem dos modelos atômicos, e (ii) a lacuna observada na literatura em relação a estudos que investiguem como os alunos realmente entendem as analogias que lhes são apresentadas no processo de ensino, investigamos, nessa pesquisa, como os alunos do Ensino Médio compreendem os modelos atômicos a partir das analogias usadas para apresentá-los e explicá-los. Para limitar o estudo, foram escolhidos apenas os modelos atômicos propostos por J. J. Thomson e Niels Bohr. Tal escolha se justificou pelo fato de analogias que têm como domínios análogos o “pudim de passas” e o “sistema solar”, respectivamente, serem freqüentemente utilizadas na explicação desses dois modelos<sup>1</sup>.

Assim, as questões que nortearam essa pesquisa foram:

- ? Como os alunos compreendem as analogias “pudim de passas” e “sistema solar” utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr, respectivamente?
- ? Como os alunos compreendem esses modelos atômicos quando as analogias são utilizadas no ensino dos mesmos?
- ? Como os alunos percebem a relevância da utilização das duas analogias no ensino dos modelos atômicos?

---

<sup>1</sup> Em função da freqüência de utilização, a referência a essas e a algumas outras analogias será feita, a partir de agora, pela citação do domínio análogo de cada uma delas.

Dessa maneira, essa pesquisa visa focar as contribuições e as limitações na utilização de analogias no processo de ensino-aprendizagem dos modelos atômicos selecionados.

## Metodologia da Pesquisa

### *Coleta de Dados*

Os dados que fundamentaram a discussão das questões de pesquisa foram coletados a partir da utilização de um questionário escrito como instrumento de pesquisa. Esse instrumento foi escolhido por favorecer coleta de dados de uma amostra maior de alunos de diferentes realidades escolares.

Inicialmente foi desenvolvido um questionário piloto, aplicado a uma turma do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública. A escolha dessa turma foi feita de forma aleatória. A aplicação desse questionário teve como propósito testar a objetividade e a clareza das questões. Mediante alguns questionamentos dos alunos e a análise dos dados, o questionário piloto passou por reformulações e foi elaborada a versão final, que é apresentada no Anexo 1.

### *Amostra*

A versão final do questionário foi aplicada a duas amostras distintas de alunos do primeiro ano do Ensino Médio: do período noturno de uma escola pública e do período diurno de uma escola particular, ambas situadas no perímetro urbano da cidade de Belo Horizonte. Tais alunos haviam terminado o estudo dos modelos atômicos.

A amostra total constituiu-se de 99 alunos, sendo 71 provenientes da escola pública (identificados nesse artigo como A1 a A71) e 28 da escola particular (identificados como A72 a A99). A distribuição desses alunos em faixas etárias distintas é apresentada na tabela 1.

| Faixa etária (anos) | Escola pública (n = 71) |             | Escola particular (n = 28) |             |
|---------------------|-------------------------|-------------|----------------------------|-------------|
|                     | N? de alunos            | % de alunos | N? de alunos               | % de alunos |
| 14-15               | 18                      | 25,0        | 24                         | 85,7        |
| 16-17               | 17                      | 24,0        | 4                          | 14,3        |
| Acima de 18 (*)     | 36                      | 51,0        | ?                          | ?           |

**Tabela 1:** Caracterização dos alunos em termos de faixa etária e segmento escolar

(\*) Dos quais quase a metade (15 alunos) tinha acima de 35 anos.

Os professores de química das duas escolas eram diferentes, sendo também diferentes os trabalhos desenvolvidos por cada um deles. O professor da escola particular havia trabalhado os modelos atômicos sem utilizar qualquer analogia, apesar de o livro didático adotado na escola apresentar tanto a analogia do “pudim de passas” quanto a do “sistema solar”. O professor da escola pública não adotava livro didático, mas havia mencionado a analogia do “pudim de passas”, introduzido a de um “panetone” ao explicar o modelo atômico proposto por Thomson e explicado a analogia do “sistema solar” ao discutir o modelo atômico proposto por Bohr.

### *Análise dos dados*

As respostas dos alunos foram analisadas a partir de um processo dinâmico de criação e aplicação de categorias e subcategorias. Elas foram desenvolvidas, inicialmente, a partir dos objetivos definidos para cada questão. Esse sistema inicial de categorias foi aplicado a todos os questionários e foi modificado para permitir a categorização de todas as idéias expressas pelos alunos.

A categorização foi realizada de maneira independente pelos três pesquisadores autores do presente artigo, para que não houvesse influências sobre cada uma das análises. Posteriormente, a categorização de cada uma das respostas foi discutida entre os três autores, sendo a categorização final fruto de um consenso entre os mesmos. Tal processo favoreceu uma maior objetividade e imparcialidade na condução da pesquisa (Cohen, Manion, & Morrison, 2002).

Como resultado do processo de análise dos dados, foram construídas tabelas que apresentavam tanto a identificação de quais alunos expressaram uma determinada idéia quanto os percentuais em cada faixa etária. Finalmente, a análise fundamentou a discussão dos resultados desta pesquisa.

### **Resultados e Discussão**

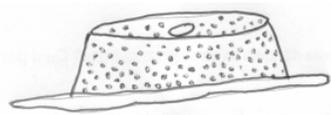
A fim de favorecer a compreensão do leitor acerca dos pontos discutidos, os resultados serão apresentados em três blocos distintos, relacionados à analogia do “pudim de passas”, à analogia do “sistema solar” e à utilização das duas analogias, respectivamente. Além disso, antes da apresentação dos mesmos, serão apresentadas as categorias e subcategorias de análise adequadas. Nessa apresentação, cada uma das subcategorias será caracterizada por uma breve descrição – quando isso se fizer necessário – e exemplificada de forma a evidenciar as diferenças entre aquelas associadas a uma mesma categoria.

#### *Analogia do “pudim de passas”*

Um dos aspectos comentados na análise de livros didáticos de química brasileiros (Monteiro & Justi, 2000) em relação a essa analogia é a inadequação de seu domínio. Isto porque o que os alunos brasileiros conhecem como “pudim” é uma massa clara com formato circular e contendo um furo no meio. Além disso, é muito raro um pudim ser acompanhado de passas no Brasil. Por isso, nossa preocupação inicial foi identificar o significado que os alunos atribuíam à expressão “pudim de passas”. Isso foi obtido a partir das respostas atribuídas à questão 1. Duas categorias foram criadas: caracterização do desenho e local onde predominam as passas.

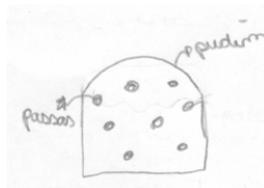
A fim de definirmos a imagem que os alunos tinham de um pudim de passas, foi necessário considerar tanto os desenhos quanto as explicações dos mesmos pois, muitas vezes, os primeiros isoladamente eram confusos. As subcategorias criadas aqui foram:  
Pudim de passas:

*“Aqui tá um pudim em uma bandeja, agora, fico na dúvida se é muito concentrado ou não! Ah! Os pontinhos pretos são as passas.” (A94)*



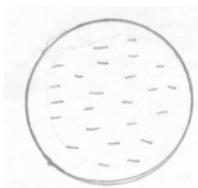
Panetone ou bolo de passas:

*“É como se fosse um panetone com as passas no meio, no seu interior.” (A40)*



Modelo para o átomo proposto por Thomson:

*“Uma bola e as cargas no centro.” (A8)*



A maioria dos alunos de ambas as escolas (76,1% na pública e 96,4% na particular) representou, em seu desenho, um pudim ou panetone, entidades que estão mais próximos da realidade conhecida por eles. Além disso, a referência a ‘panetone’ foi feita apenas pelos alunos da escola pública, cujo professor havia apresentado e discutido a analogia com esse domínio. A representação do pudim como algo relacionado a uma imagem anteriormente conhecida para o modelo de Thomson foi feita por uma parcela considerável de alunos, principalmente da escola pública (22,5%, enquanto na particular o percentual foi de apenas 3,6%). Consideramos como possíveis causas para esse tipo de representação o fato de os alunos não saberem como é um pudim de passas – uma vez que, como destacado anteriormente, passas são raras em pudins no Brasil – e o fato de eles pensarem que, como o questionário estava sendo aplicado na aula de Química, deveriam representar o domínio do alvo, apesar de ele não ter sido expresso na questão que solicitou a representação.

A identificação das idéias dos alunos sobre o local onde predominam as passas também foi feita a partir do que eles expressaram no desenho e na explicação do mesmo pois, como no caso anterior, muitas vezes o desenho apresentava ambigüidades. As principais subcategorias criadas foram:

Na superfície e/ou ao redor do pudim:

*“Este é um pudim onde as passas se encontram na parte de cima e ao redor do mesmo.” (A2)*



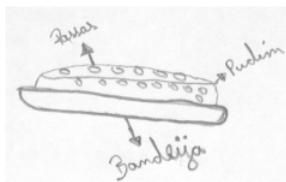
No interior do pudim:

(A5) “Este é um pudim de passas, onde as passas estão espalhadas dentro do pudim.”



No interior e na superfície:

“As passas estão dentro e por cima do pudim (massa).” (A41)



As respostas dos alunos variaram significativamente em função do tipo de escola. Por exemplo, 38,1% dos alunos da escola pública evidenciaram entender que as passas se encontram na superfície do pudim, enquanto na escola particular esse percentual foi de 71,5%. Pode ser que os alunos dessa última tenham expressado tal idéia a partir da imagem – provavelmente mais comum para eles – de um tipo de pudim com ameixas em sua superfície, conhecido como “manjar”.

Os alunos que representaram as passas no interior do pudim totalizaram 43,6% na escola pública e 21,4% na particular. Para os alunos que haviam desenhado pudim – e não panetone – essa localização das passas é incoerente. Entretanto, percebemos que esse grupo de alunos indicou a localização das passas na explicação do desenho, e não no mesmo. Isso parece indicar que, ao expressarem suas idéias na linguagem mais frequentemente usada na escola (escrita), tais alunos expressaram idéias que acreditavam estar mais próximas do que lhes havia sido ensinado na escola ao invés de suas próprias idéias. Foi interessante constatar também que, dentre os alunos da escola pública que faziam parte desse grupo, a maioria absoluta tinha idade acima de 18 anos, isto é, eram alunos fora da faixa etária regular para o 1º ano do Ensino Médio.

Tendo expressado suas próprias idéias para o domínio da analogia (pudim de passas), os alunos foram solicitados, na questão 2, a comentar a analogia expressa na frase “o átomo é como se fosse um pudim de passas”. Tal questão foi dividida em duas partes a fim de que os alunos pudessem expressar tanto seu entendimento sobre essa comparação quanto as incoerências (limitações da analogia ou de sua utilização) que percebiam existir.

Inicialmente é importante destacar que apenas 49,5% dos alunos da escola pública (em contraste com 85,7% da escola particular) reconheceram explicitamente que a frase estabelecia uma analogia entre o pudim de passas e o modelo atômico proposto por Thomson. Os demais alunos não expressaram tal reconhecimento em suas respostas. Acreditamos que alguns podem ter reconhecido a analogia, mas não expressado isso explicitamente. Entretanto, outros deixaram claro que não reconheciam a presença de uma analogia na frase, como no exemplo a seguir:

*“Eu acho estranho, porque um pudim é de comer e o átomo não. Coisas diferentes não podem ser iguais.” (A13)*

Dentre os alunos da escola pública que não reconheceram a analogia, 33,8% tinham acima de 18 anos, quer dizer, encontravam-se fora da faixa etária regular de alunos do 1º ano do Ensino Médio. Apesar de não percebermos uma justificativa aparente para isso, consideramos merecedor de destaque o fato de alunos mais velhos terem mais dificuldades para identificar a analogia e, conseqüentemente, pensar analogicamente.

O aspecto que analisamos a seguir foi o estabelecimento das relações analógicas entre as passas e os elétrons e entre a massa do pudim e a parte positiva do átomo.

No primeiro caso, a relação foi estabelecida corretamente por 29,6% dos alunos da escola pública e 35,7% dos alunos da escola particular. Eles expressaram idéias como, por exemplo:

*“O átomo é constituído por uma esfera maciça e positiva (pudim). No geral, estariam incrustados os elétrons (passas).” (A29)*

Todos os demais alunos (com exceção de 4,2% dos da escola pública que deixaram a questão em branco) expressaram relações incorretas ou não identificaram a relação analógica, como nos exemplos a seguir:

*“Que o átomo é igual às passas, que possuem cargas positivas e estão incrustadas em cima (do pudim).” (A14)*

*“O pudim de passas tem massa fermentada e passas por cima. O átomo é a menor parte da matéria.” (A15)*

No caso da relação analógica entre a massa do pudim e a parte positiva do átomo, os percentuais de alunos que a estabeleceram corretamente foram significativamente menores do que no caso anterior: 16,9% na escola pública e 14,3% na escola particular. Todos os demais alunos (com exceção de 5,6% dos da escola pública que deixaram a questão em branco) expressaram relações incorretas ou não identificaram a relação analógica, como nos exemplos a seguir:

*“As passas são uma esfera maciça e positiva, na qual estariam incrustados os elétrons de carga negativa.” (A71)*

*“O átomo é como se fosse uma matéria cheia de componentes.” (A25)*

Esses dados indicam que é muito mais difícil para os alunos identificarem o significado da massa do pudim do que o das passas quando a analogia é estabelecida.

Acreditamos que isso acontece por ser muito mais fácil para os alunos entenderem o próprio significado de uma partícula elementar eletricamente carregada – o elétron – do que o de uma massa positiva e homogeneamente carregada.

Finalmente, os dados relativos ao significado atribuído pelos alunos às duas relações analógicas evidenciam uma baixa compreensão da analogia entre toda a amostra de alunos investigados.

Ainda em relação a essa analogia, constatamos que apenas 1,4% dos alunos da escola pública e 14,3% dos da particular foram capazes de identificar limitações pertinentes. A maioria absoluta desses alunos apontou o aspecto físico (consistência) das entidades comparadas como a principal limitação dessa analogia.

Outros 39,6% na escola pública e 42,8% na particular, apesar de afirmarem que percebiam a existência de incoerências na comparação apresentada, identificaram limitações não pertinentes como, por exemplo:

*“Sim, pois o pudim é grande e o átomo é pequeno.” (A6)*

*“Sim. A comparação é meio exagerada, pois todos imaginam que o átomo é uma coisa bem minúscula que não dá para ver a olho nu e na frase ele é comparado com um pudim de passas que é relativamente grande.” (A29)*

Por outro lado, 49,4% dos alunos da escola pública e 39,9% dos da particular não identificaram nenhuma incoerência na analogia ou em seu uso. Uma resposta representativa desse grupo foi:

*“Não, pois realmente o átomo é um elemento esférico, que contém partes menores, que são as cargas negativas e os fluidos positivos, que no caso do pudim, seriam as passas.” (A85)*

A consideração desses resultados como um todo evidencia que a maioria absoluta dos alunos das duas escolas não consegue pensar criticamente em algo apresentado no contexto escolar, aceitando tudo o que lhes é ensinado como uma verdade absoluta. Certamente contribui para isso o fato de o ensino ser focado exclusivamente no conteúdo e não favorecer a discussão de aspectos relacionados com a natureza da ciência ? que poderiam contribuir para que os alunos entendessem que o conhecimento científico é provisório e que modelos são representações parciais.

#### *Analogia do sistema solar*

Considerando que o sistema solar é um domínio familiar para os alunos (pelo menos em termos de ele ser constituído do sol e de planetas que giram em órbitas definidas ao seu redor), não solicitamos que eles expressassem o significado que atribuíam ao mesmo, como havíamos feito no caso do pudim de passas. De fato, nenhuma das respostas dos alunos evidenciou algum problema de entendimento do domínio da analogia nesse caso.

Ao comentarem a comparação do átomo com o sistema solar, 26,7% dos alunos da escola pública e 60,7% dos da particular identificaram corretamente a relação analógica entre os planetas e os elétrons expressando idéias como:

*“O Sol representa o núcleo (do átomo), enquanto os planetas representam os elétrons dispostos nas camadas ou órbitas.” (A73)*

Todos os demais alunos (com exceção de 11,3% dos da escola pública que deixaram a questão em branco) expressaram uma relação incorreta:

*“O Sol é como se fosse o núcleo do átomo e os planetas as outras partículas.” (A45)*

ou não identificaram a relação analógica:

*“No sistema solar, os planetas não se misturam ao Sol. Assim acontece com os átomos, que não se misturam com o núcleo.” (A3)*

Por outro lado, a relação analógica entre o Sol e o núcleo do átomo foi identificada corretamente por 19,6% dos alunos da escola pública e 71,4% dos da particular. Excetuando-se 9,9% dos alunos da escola pública que não expressaram nenhuma idéia relativa a tal relação em suas respostas, todos os demais apontaram relações incorretas ou responderam de forma a não identificarem nenhuma relação entre as entidades em questão. Exemplos desses dois últimos casos são:

*“O Sol é o átomo e os planetas os elétrons.” (A29)*

*“Eu entendi que o átomo é constituído por outras coisas, como o sistema é formado por vários planetas.” (A44)*

A partir dos dois conjuntos de dados (relativos a cada uma das relações analógicas), podemos concluir que os alunos apresentaram uma baixa compreensão da analogia, sendo isso mais notório nos alunos da escola pública. Isso apesar de a imagem do átomo como sistema solar ser amplamente difundida na mídia em geral. Entretanto, a porcentagem de alunos que tiveram dificuldades para identificar as relações analógicas neste caso foi menor do que no caso do pudim de passas. Isso, provavelmente, porque no modelo planetário existem duas entidades distintas (Sol e planetas), o que não é tão evidente no pudim, no qual as passas chamam muito mais a atenção do que a massa.

Um número maior de alunos identificou alguma limitação pertinente nessa analogia, em comparação com o número de alunos que identificou limitações na analogia do “pudim de passas”. Eles foram 9,9 % dos alunos da escola pública e 32,1% dos da particular. As limitações e/ou incoerências apontadas pelos alunos encontram-se listadas na tabela 2.

| Limitações e/ou incoerências                                       | % de alunos    |                   |
|--|----------------|-------------------|
|  | Escola pública | Escola particular |
| Tamanho diferente dos planetas                                     | 4,2            | 7,2               |
| Dimensão dos sistemas comparados                                   | 4,2            | ?                 |
| Tipo de comparação   | 1,4            | 3,6               |
| Não permite identificar prótons e nêutrons no núcleo (*)           | ?              | 14,3              |
| Número de camadas existentes ou quantidade de elétrons nas camadas | ?              | 7,2               |

**Tabela 2.** Identificação dos tipos de limitações e/ou incoerências no uso da analogia do sistema solar.

(\*) Apesar de nêutrons não terem sido introduzidos originalmente por Bohr e sim incorporados ao modelo proposto por ele após alguns anos, os alunos consideram que, segundo o modelo de Bohr, o núcleo é constituído de prótons e nêutrons. Por isso, e pelo fato de a justificativa em relação aos prótons estar correta, a identificação dessa limitação foi classificada como coerente.

Um percentual menor de alunos (8,5% na escola pública e 14,3% na escola particular) afirmou que existiam limitações e/ou incoerências, mas apontou aspectos não pertinentes como, por exemplo:

*“Eu acho que os prótons e os elétrons estão dentro do núcleo e não fora.” (A47)*

*“O átomo não é um sistema todo, mas o sistema é formado de átomos.” (A76)*

*“O sistema solar e o movimento dos planetas sempre têm um mesmo caminho. E as cargas do átomo sempre estão alinhadas.” (A81)*

*“As órbitas presentes no átomo são diferentes das que formam o sistema solar.” (A96)*

Provavelmente em função de a imagem que os alunos têm de átomo, em geral, ser muito próxima àquela suscitada pela analogia com o sistema solar, a maioria dos alunos (62,0% dos da escola pública e 46,4% dos da particular) não identificou nenhuma limitação ou incoerência no uso dessa analogia. Muitos desses alunos simplesmente reescreveram a analogia em suas respostas:

*“Não, pois na suposição é como se o Sol fosse o núcleo e os planetas os elétrons.” (A1)*

Finalmente, é importante enfatizar que os alunos podem ter tido dificuldades em reconhecer as limitações e/ou prováveis incoerências no uso de ambas as analogias em função de tais limitações não terem sido discutidas durante o ensino dos modelos atômicos. Isso no caso da escola pública pois, no ensino ocorrido na escola particular, os alunos tiveram contato com as analogias apenas através do livro didático – que também não discute as limitações das mesmas. Um outro aspecto a ser considerado é que praticamente todos os alunos das faixas etárias acima de 18 anos não foram capazes de identificar limitações pertinentes para as duas analogias. Isso parece indicar que eles aceitam mais passivamente o que lhes é transmitido pelos professores o que, para eles, pode ser simplesmente um costume advindo de sua escolarização anterior ter acontecido exclusivamente segundo os moldes da escola tradicional.

#### *Utilização de duas analogias para o átomo*

Ao serem questionados sobre a utilização de duas comparações para o mesmo domínio alvo, a maioria dos alunos (52,1% dos da escola pública e 64,3% dos da particular) não expressou considerar a existência de algum problema nisso. Entretanto, esse dado não pode ser interpretado independente da análise das justificativas fornecidas pelos alunos – que são apresentadas na tabela 3<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Nesta tabela, a soma de cada uma das colunas não atinge 100% porque nem todos os alunos apresentaram justificativas para suas respostas.

| Justificativas dos alunos   | % de alunos    |                   |
|---|----------------|-------------------|
|   | Escola pública | Escola particular |
| Reconhecem a existência de dois modelos distintos                           | 2,8            | 3,6               |
| Reconhecem a existência de duas idéias distintas                            | 4,2            | 3,6               |
| Associam as analogias à facilitação da aprendizagem                         | 11,2           | 32,2              |
| Reconhecem a evolução dos modelos no processo de construção do conhecimento | 4,2            | 7,2               |
| Sem sentido / sem explicação  | 29,6           | 17,9              |

**Tabela 3.** Justificativas apresentadas pelos alunos para a afirmativa de que faz sentido utilizar duas idéias diferentes para fazer comparações com o átomo.

A análise da tabela 3 evidencia que somente uma pequena parcela dos alunos reconhece que cada uma das analogias se refere a um modelo atômico – ou a uma idéia sobre o átomo – diferente. Todavia, mesmo entre esses alunos existem idéias confusas, que demonstram uma não compreensão do significado de modelos distintos para o átomo. Exemplo:

*“As duas figuras são modelos de aprofundarmos mais no átomo; o pudim representa os positivos e negativos e o sistema solar representa os elétrons e núcleo.” (A32)*

A tabela 3 mostra também que a maioria dos alunos que demonstrou aceitar a existência das duas analogias justificou reconhecendo o papel das mesmas como modelos de ensino. Entretanto, uma análise mais detalhada das respostas dos alunos evidencia que, muitas vezes, o significado que eles atribuem à “facilitar a aprendizagem” não está diretamente relacionado com o estabelecimento de relações analógicas entre um domínio familiar e um desconhecido. Isso pode ser demonstrado nos exemplos a seguir:

*“Idéias diferentes geram discórdias, que geram idéias, que geram descobertas, que geram sabedoria.” (A21)*

*“Com várias idéias diferentes, a pessoa pode não entender uma e entender a outra e, como consequência, entender as duas.” (A29)*

*“Analisando idéias diferentes, a gente acaba sabendo qual está certa ou acaba descobrindo outra.” (A48)*

Quase um terço dos alunos de ambas as escolas (29,6% da pública e 28,6% da particular) manifestou algum tipo de estranhamento em relação à existência das duas analogias. As justificativas fornecidas pelos alunos nesse caso estão apresentadas na tabela 4<sup>3</sup>.

| Justificativas dos alunos  | % de alunos    |                   |
|--|----------------|-------------------|
|  | Escola pública | Escola particular |
| Impossibilidade do estabelecimento da analogia                       | 12,7           | 3,6               |
| Impossibilidade da existência de duas analogias para uma mesma idéia | ?              | 14,3              |
| Não ajudam a entender o átomo  | ?              | 3,6               |

<sup>3</sup> Como na tabela anterior, nesta também a soma de cada uma das colunas não atinge 100% porque nem todos os alunos apresentaram justificativas para suas respostas.

|                                    |      |     |
|------------------------------------|------|-----|
| Devido às limitações nas analogias | 1,4  | ?   |
| Sem sentido / sem explicação       | 15,5 | 7,2 |

**Tabela 4.** Justificativas apresentadas pelos alunos para a afirmativa de que não faz sentido utilizar duas idéias diferentes para fazer comparações com o átomo.

É interessante destacar que a justificativa mais recorrente nesse caso foi a negativa da possibilidade do estabelecimento da analogia. O argumento utilizado por esses alunos foi o fato de os dois domínios apresentarem tamanhos completamente diferentes. Por exemplo:

*“Já que o átomo não pode ser visto nem pelo melhor microscópio, não tem como ser comparado às idéias acima (pudim de passas e modelo planetário).” (A44)*

Como esse é exatamente o fator que faz com que as analogias contribuam para a que os alunos visualizem os modelos atômicos, isso parece indicar que esses alunos provavelmente não entendem o significado de uma analogia. É importante ressaltar também que a palavra “analogia” não foi utilizada no questionário. Isso aconteceu justamente porque tínhamos que a não atribuição de significado à mesma poderia comprometer a expressão das idéias dos alunos. Por isso optamos por usar a palavra “comparação”. De qualquer forma, os dados mostram que os alunos não entendem que “comparações” não são “definições”, nem que elas podem ser utilizadas na apresentação e/ou explicação de algo desconhecido.

Finalmente, devemos destacar que, conforme mostram as tabelas 3 e 4, independente de a resposta do aluno ter sido “sim” ou “não”, uma quantidade significativa de alunos (45,1% na escola pública e 25,1% na particular) apresentou justificativas sem sentido ou não as apresentou. Somando-se a eles os alunos que não apresentaram justificativas (16,3% dos da escola pública e 7,2% dos da particular), podemos dizer que existe uma dificuldade dos alunos em refletir sobre a questão – provavelmente de natureza completamente nova para eles.

### **Conclusões e Implicações para o Ensino**

O desenvolvimento dessa pesquisa evidenciou que a maioria dos alunos:

- ? não reconhece as analogias como tal;
- ? não reconhece as principais relações analógicas existentes em cada uma delas;
- ? não identifica limitações das analogias;
- ? não percebe o papel das mesmas no ensino;
- ? não entende que elas se referem a modelos atômicos diferentes;
- ? não distingue e não caracteriza corretamente esses modelos.

Na tentativa de explicar porque isso acontece, levantamos algumas hipóteses, que não são excludentes. Nós acreditamos que os alunos podem:

- ? ter uma única idéia de como o átomo é (muito provavelmente um modelo que corresponde à imagem difundida na mídia – que apresenta um núcleo cercado por órbitas onde estão os elétrons) e, a partir dessa idéia, analisar todas as afirmativas sobre o átomo.

Nesse caso, seria realmente complicado para os alunos entenderem aspectos do modelo proposto por Thomson que não fariam parte desse modelo único dos alunos;

- ? não estarem habituados a pensar criticamente nos conteúdos que aprendem na escola. Como independente do tipo de escola – pública ou particular – a filosofia dominante naquelas nas quais os alunos que participaram dessa pesquisa estudavam é a da escola tradicional, a habilidade de pensar criticamente não tem tido seu desenvolvimento favorecido;
- ? não entenderem o significado de analogias utilizadas no contexto do ensino de química.

Além disso, devemos considerar também que o fato de os alunos não distinguirem diferentes modelos históricos foi apontado como consequência da criação, no ensino – por autores de livros didáticos e professores – de um modelo híbrido (Justi & Gilbert, 1999, 2000). Um modelo híbrido é aquele constituído por partes distintas de diferentes modelos históricos *reunidas como se constituíssem um todo coerente*. Dentre outros fatores, contribui para a criação de modelos híbridos o fato de autores de livros e professores não atribuírem importância à história de ciência. Isso acontece porque, frequentemente, os aspectos históricos que eles introduzem no ensino se resumem à citação de nomes de cientistas e de datas em que eles propuseram alguma “grande” idéia ou realizaram algum experimento importante (Rodríguez & Niaz, 2002). Assim, não são discutidos aspectos como, por exemplo, o próprio significado de modelo, porque um determinado modelo foi elaborado, qual o contexto em que ele era aceito, porque ele era aceito naquele contexto específico, porque ele foi modificado e/ou substituído por outro, que atributos do modelo anterior permaneceram no novo modelo, quais eram os novos atributos introduzidos nesse novo modelo, como e porque esse novo modelo passou a ser mais aceito do que o anterior. A introdução no ensino desses aspectos históricos e filosóficos contribuiria para que os alunos compreendessem como o conhecimento científico se desenvolve, como diferentes contextos históricos, filosóficos e tecnológicos influenciam no desenvolvimento desse conhecimento – aspectos defendidos como essenciais pelos educadores que acreditam que os alunos devem aprender ciência de uma forma mais ampla, isto é, relacionada com os processos da mesma (por exemplo, Brush, 1978; Hodson, 1992, 2003; Justi & Gilbert, 1999, 2000; Matthews, 1992, 1994; Monk & Osborne, 1997; Rodríguez & Niaz, 2002). Acreditamos que, a partir dessa visão mais ampla, os alunos não encontrariam tantas dificuldades em entender diferentes modelos históricos para o átomo e por que faz sentido cada um deles ser representado por uma analogia distinta.

A tais crenças, acrescentamos uma questão: Será que as analogias focadas nessa pesquisa, tão amplamente empregadas no ensino, são mesmo bons modelos de ensino, ou seja, têm potencial para ajudar os alunos a entenderem as características dos dois modelos?

Parece-nos que não. No caso da analogia do “pudim de passas”, especificamente, acreditamos que isso aconteceria porque:

- ? o domínio que os alunos têm em mente não se presta ao estabelecimento da analogia (aspecto amplamente enfatizado como necessário para o sucesso de qualquer analogia como modelo de ensino na literatura (por exemplo, Duit, 1991; Harrison & Treagust, 2006; Glynn, 1989, Monteiro & Justi, 2000; Taber 2001; Thiele & Treagust, 1995));
- ? as idéias expressas no próprio modelo são difíceis de serem entendidas (Como uma massa poderia ser positiva?, Como uma massa positiva poderia neutralizar elétrons individuais? etc.);

? não fica claro para os alunos que a analogia é feita com uma idéia específica e simplificada do átomo, com um determinado modelo histórico do átomo.

Podemos dizer, ainda, que a análise realizada nessa pesquisa evidenciou o quanto a aprendizagem dos modelos atômicos é difícil para os alunos – o que, sem dúvida, contribui para tornar o ensino desse tema bastante complexo. Acreditamos que os professores do Ensino Médio precisam tomar conhecimento dessa análise a fim de que possam refletir sobre (i) como discutir aspectos históricos e filosóficos da ciência de forma a favorecer uma compreensão mais ampla do conteúdo científico que é introduzido aos alunos, e (ii) como utilizar as analogias que, parecem, são vistas por eles como fáceis e óbvias para os alunos. Nesse sentido, cabe uma outra questão: Como tais analogias (ou modificações delas – no caso da do “pudim de passas”) poderiam ser introduzidas no ensino de forma a que elas realmente fossem bons modelos de ensino, quer dizer, ajudassem os alunos a entender as características de cada um dos modelos?

A nosso ver, somente uma atuação consciente dos professores no planejamento e na condução das aulas nas quais os modelos atômicos são discutidos com os alunos (com a utilização dessas e/ou de outras analogias) pode contribuir para que o quadro retratado por nós seja modificado. Obviamente, tal atuação deve se fundamentar em um amplo conhecimento de aspectos históricos e filosóficos relativos à proposição desses modelos.

Considerando a utilização de analogias, julgamos essencial que o professor:

- ? estabeleça analogias com domínios que sejam realmente familiares para todos os alunos;
- ? defina com clareza, para si mesmo, quais relações analógicas podem ser estabelecidas ou não, isto é, tenha consciência de quais são as partes positivas e negativas das analogias utilizadas;
- ? planeje uma forma de discutir as analogias que conte com a participação efetiva dos alunos;
- ? favoreça a discussão tanto das partes positivas quanto das negativas das analogias, certificando-se de que os alunos as compreendem adequadamente e percebam as limitações existentes.

Ainda considerando a atuação do professor, é essencial que ele estimule os alunos a desenvolver a habilidade de questionar criticamente o conteúdo que lhes é apresentado na escola (tanto em termos curriculares quanto de modelos de ensino).

Finalmente, não podemos deixar de lembrar que a análise das analogias presentes nos livros didáticos de química brasileiros (Monteiro & Justi, 2000) considera que os autores não enfatizam que as imagens do pudim de passas e do sistema solar são utilizadas como analogias e, principalmente, quais são as partes positivas e negativas das mesmas. Acreditamos que isso pode contribuir para que os alunos tenham as idéias que foram identificadas nessa pesquisa. Caso contrário, como justificar muitos dos problemas de compreensão dos alunos da escola particular (na qual o professor não citou as analogias em suas aulas, mas os alunos tiveram acesso a elas através do livro didático)?

Retomando o papel essencial do professor na condução do ensino, algumas novas questões emergem: Como os professores entendem essas analogias? Qual será a visão deles sobre a utilização das mesmas no ensino? Como esse entendimento e essa visão dos professores podem estar influenciando na construção das idéias dos alunos?

Essas são questões que somente outras pesquisas podem ajudar a responder. Entretanto, independente da intervenção de pesquisadores, acreditamos, sobremaneira, que a reflexão crítica de cada professor(a) sobre questões como essas pode contribuir significativamente para que ele/ela amplie seus conhecimentos necessários para o ensino dos modelos atômicos. A partir daí, novas abordagens que possam contribuir para que os alunos não apresentem as idéias e dificuldades relatadas na literatura (como as comentadas no início desse artigo) poderão ser propostas e testadas. Numa etapa posterior, a divulgação e discussão dessas abordagens e dos resultados obtidos com a utilização das mesmas poderá alimentar a discussão, contribuindo para a melhoria do ensino de um tema tão importante quanto os modelos atômicos.

## Referências

- Brush, S. G. (1978). Why Chemistry Needs History – and How It Can Get Some. *Journal of College Science Teaching*, 7, 288-291.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2000). *Research Methods in Education*, 5th ed. London: Routledge Falmer.
- Curtis, R. V., & Reigeluth, C. M. (1984). The Use of Analogies in Written Text. *Instructional Science*, 13, 99-117.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, 649-672.
- Duit, R., & Treagust, D.F. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671-688.
- Giere, R. (1988). *Explaining Science*. Chicago: University of Chicago Press.
- Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (1995). Stretching models too far. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, 22-26 April.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp. 3-18). Dordrecht: Kluwer.
- Glynn, S. M. (1989). Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model. In S. W. Glynn, R. H. Yeany and B. K. Britton (Eds.) *The Psychology of Learning Science*. (pp. 219-240) Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2006). Teaching and Learning with Analogies: Friend or foe? In: P. J. Aubusson, A. G. Harrison & S. M. Ritchie (Eds.). *Metaphor and Analogy in Science Education*. (pp. 11-24) Dordrecht: Springer.
- Hesse, M.B. (1966). *Models and Analogies in Science*. Notre Dame, Indiana: University of Notre Dame Press.
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14, 541-562.

- Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25, 645-670.
- Justi, R., & Gilbert, J. (1999). A Cause of Ahistorical Science Teaching: The Use of Hybrid Models. *Science Education*, 83, 163-177.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2000). History and Philosophy of Science through Models: some challenges in the case of 'the atom'. *International Journal of Science Education*, 22, 993-1009.
- Justi, R., & Gilbert, J. K. (2002a). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24, 369-387.
- Justi, R., & Gilbert, J. K. (2002b). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 1273-1292.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2003). Models and Modelling in Chemical Education. In: J. K. Gilbert, R. Justi, D. F. Treagust, J. van Driel and O. de Jong (Eds). *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. (pp. 47-68) Dordrecht: Kluwer.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2006). The Role of Analogue Models in the Understanding of the Nature of Models in Chemistry. In P. Aibusson, A.G. Harrison, & S.M. Ritchie (Eds.). *Metaphor and Analogy in Science Education*. (pp. 119-130) Dordrecht: Springer.
- Magnani, L., Nersessian, N., & Thagard, P. (eds.) (1999). *Model-based reasoning in scientific discovery*. New York: Kluwer and Plenum.
- Matthews, M. R. (1992). History, Philosophy and Science Teaching: The Present Rapprochement. *Science & Education*, 1, 11-47.
- Matthews, M. R. (1994). *Science Teaching - The Role of History and Philosophy of Science*. New York and London: Routledge.
- Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum: A Model for the Development of Pedagogy. *Science Education*, 81, 405-424.
- Morgan, M. S., & Morrison, M. (eds.) (1999). *Models as Mediators*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rodríguez, M. A. & Niaz, M. (2002). How in spite of the rhetoric, History of Chemistry has been ignored in presenting atomic structure in textbooks. *Science & Education*, 5, 423-441.
- Romanelli, L. I. (1996). O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito átomo. *Química Nova na Escola*, 3, 27-31.
- Souza, V. C. A. & Justi, R. S. (2003). Produção e utilização de multimídia como recurso didático para o ensino do modelo atômico de Bohr – Uma experiência fundamentada na pesquisa educacional. Trabalho apresentado no 3º Encontro Mineiro de Ensino de Química, Viçosa, 16-18 de outubro.
- Taber, K. S. (2001). When the analogy breaks down: modelling the atom on the solar system. *Physics Education*, 36, 222-226.

- Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 17, 783-785.
- Wilbers, J. & Duit, R. (2006). Post-Festum and Heuristic Analogies. In: P. J. Aubusson, A. G. Harrison & S. M. Ritchie (Eds.). *Metaphor and Analogy in Science Education*. (pp. 37-49) Dordrecht: Springer.

## Anexo

### Questionário

(versão condensada, sem os espaços destinados às respostas)

Prezado aluno,

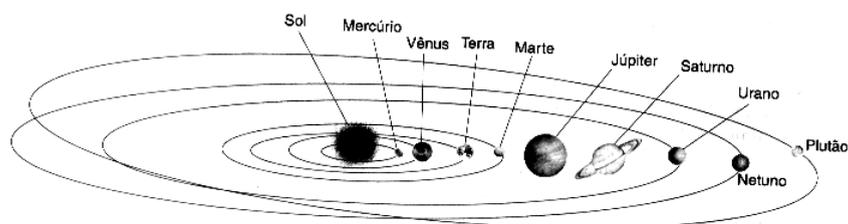
Este questionário faz parte de uma pesquisa desenvolvida na Universidade X com o objetivo de melhorar o ensino de Química. Por isso solicitamos que você o responda com seriedade. Não existem respostas corretas. O importante para nós são suas próprias idéias. Por favor, tente expressá-las da forma mais clara possível.

Não é necessário que você se identifique. Solicitamos apenas que indique a sua idade.

Muito obrigado pela colaboração.

**Idade:** \_\_\_\_\_

1. **Desenhe** como você imagina um “pudim de passas”. **Explique** seu desenho.
2. Ao aprender sobre modelos atômicos você deve ter lido ou escutado a seguinte frase: “O átomo é como se fosse um pudim de passas”.
  - a. **O que você entende** sobre o átomo ao ler essa frase?
  - b. Para você, **existe alguma incoerência** na idéia expressa nessa frase? **Qual (is)?**
3. A figura abaixo representa o Sistema Solar.



- a. **Explique o quê você entende** quando vê essa figura e lê a seguinte frase: “O átomo é como se fosse o sistema solar”.
  - b. Para você, **existe alguma incoerência** na idéia expressa nessa frase? **Qual (is)?**
4. **Faz sentido** para você utilizar duas idéias diferentes (“pudim de passas” e “sistema solar”) para fazer comparações com o átomo? **Por quê?**