

# ELABORAÇÃO DE UMA ATIVIDADE SOBRE INTERAÇÕES INTERMOLECULARES FUNDAMENTADA NO PROCESSO DE MODELAGEM

Nilmara Braga de Carvalho (PG)<sup>1 e 3</sup> (nilmarab@yahoo.com.br), Ariadne dos Santos Queiroz (FM)<sup>2</sup>, Rosária da Silva Justi (PQ)<sup>1</sup>, Denis Rodrigues Bastos (FM)<sup>3</sup>

1- Programa de Pós-graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais.

2- Colégio Pio XII, Belo Horizonte.

3- Colégio Santa Maria Floresta, Belo Horizonte.

Palavras Chave: *modelos, modelagem, interação intermolecular.*

## Introdução

### *Modelos em Ciências e no Ensino de Ciências*

Modelos têm sido reconhecidos por inúmeras pesquisas como ferramentas de fundamental importância no entendimento e comunicação da Química<sup>(4, 9)</sup>. Essas pesquisas destacam também sua relevância no processo de ensino e aprendizagem dessa ciência repleta de abstrações, deduções e previsões.

Neste sentido, o processo de modelagem (aqui entendido como o processo de elaborar e testar modelos) apresenta-se como uma alternativa para o ensino de Química, que se contrapõe à ênfase tradicional na memorização desvinculada de significado. Além disso, fundamentar o ensino em atividades de modelagem insere-se no contexto de abordagens de ensino atuais que valorizam o conhecimento do estudante e a compreensão significativa dos conteúdos.

A promoção de atividades de modelagem no contexto escolar engaja professores e estudantes e enriquece o processo de ensino e aprendizagem. Estudantes podem se tornar capazes de conhecer os principais modelos da Química; desenvolver uma visão adequada da natureza dos modelos; apreciar o papel dos modelos na credibilidade e disseminação dos produtos da investigação química ao criar e expressar seus próprios modelos<sup>(7)</sup>, reconhecendo sua validade e poder de predição. Por outro lado, professores podem ter em suas mãos oportunidades valiosas de monitorar as mudanças nos modelos inicialmente desenvolvidos por seus alunos, compreendendo e investigando como eles desenvolvem tais modelos (Duit e Glynn apud<sup>(6)</sup>) e, de certo modo, como se desenvolve sua aprendizagem da ciência.

Acreditando na validade dessa importante atividade, nos propusemos a discutir neste artigo uma estratégia voltada para o ensino do tema interações intermoleculares baseada no processo de modelagem

e desenvolvida no âmbito de um projeto de formação de professores.

### *Relevância do tema interações intermoleculares*

Segundo o PCN+<sup>(2)</sup> “a Química deve ser apresentada e estruturada sobre o tripé: transformações químicas, materiais e suas propriedades e modelos explicativos” (p. 87).

Dentro dessa perspectiva, o tema interações intermoleculares apresenta-se como chave para a compreensão de propriedades dos materiais tais como: temperatura de fusão e ebulição, solubilidade, densidade e viscosidade, além de permear diversos campos do conhecimento como o da Bioquímica – no estudo das conformações das proteínas, do comportamento das vitaminas e funcionamento das células – e a síntese de novos materiais. Aliado a isso, a compreensão do tema através da utilização dos modelos funciona como um integrador de conhecimentos, uma vez que o estudante poderá se sentir capaz de fornecer explicações, estimulando a aprendizagem da Ciência.

### *Principais concepções alternativas dos estudantes sobre o tema interações intermoleculares e suas origens*

Diversos relatos da literatura em educação em ciências apontam para o uso limitado dos modelos por parte dos alunos. Pesquisadores, entre eles Coll e Treagust<sup>(3)</sup>, discutem que a confusão no uso dos modelos tem origem na abordagem utilizada no ensino desse tema.

Na instrução formal promovida por professores com auxílio dos livros-texto, são apresentados aos estudantes, de forma declarativa, modelos prontos baseados em proposições do conhecimento científico que ele desconhece as origens e fundamentos. Daí podem surgir, múltiplas concepções alternativas como produtos de suas incompreensões.

Analisando pesquisas realizadas na área de educação sobre o tema interações intermoleculares,

pudemos detectar as principais concepções alternativas dos alunos, das quais destacamos:

- Tendência a igualar as forças intermoleculares com as ligações covalentes intramoleculares ou com grandes forças existentes na rede de um sólido covalente<sup>(8,9)</sup>;
- Falta de consciência da diferença genérica de magnitude das energias envolvidas numa ligação covalente e numa atração intermolecular<sup>(8)</sup>;
- Visão das ligações químicas como entidades físicas<sup>(1)</sup>
- Idéia de que, para serem formadas, as ligações químicas requerem energia e, para serem quebradas, liberam energia<sup>(1)</sup>.

Dentre essas concepções, a que aparece com maior frequência entre os alunos é a que diz respeito à confusão entre interações interatômicas e intermoleculares. Isso pôde ser detectado por nós através de nossa experiência em sala de aula e de nossa participação em reuniões que discutem resultados e questões do vestibular da UFMG. Na reunião da Copeve (Comissão Permanente de Vestibular da Universidade Federal de Minas Gerais) com professores do ensino médio em 2005, por exemplo, foi amplamente discutida a elevada frequência com que esse tipo de concepção esteve presente nas respostas dos candidatos.

Recentemente, um dos pesquisadores envolvidos na elaboração desta estratégia de ensino, visando detectar entre seus alunos o que foi apresentado como dado na literatura, aplicou, para uma amostra de 53 estudantes da terceira série do ensino médio de uma escola particular da região metropolitana de Belo Horizonte, uma avaliação da qual constava a seguinte questão:

(UFMG) “**EXPLIQUE** a seguinte observação: O açúcar e o diamante exibem propriedades muito diferentes, embora tenham ligações covalentes entre seus átomos.”

Algumas das respostas obtidas são transcritas abaixo:

“O diamante possui ligações entre cadeias carbônicas muito fortes. O açúcar faz ligações covalentes por forças de London.”

“Isto é devido à forma que as moléculas tomam em suas ligações. As moléculas do diamante se tornam muito mais interligadas entre si, ao contrário do açúcar.”

“Apesar de as duas substâncias possuírem ligações covalentes entre seus átomos, as interações das

*moléculas de cada um é muito diferente, devido à organização e geometria molecular.”*

Respostas como essas evidenciam que, entre nossos alunos, também são encontradas as concepções alternativas relatadas na literatura a partir de pesquisas realizadas em outros países.

Essas evidências nos despertaram para a necessidade da melhora do processo de ensino e aprendizagem do tema e nos motivaram a nos engajarmos em um projeto de formação de professores desenvolvido na Universidade Federal de Minas Gerais<sup>1</sup>. Nesse projeto, tivemos oportunidade de discutir vários aspectos relacionados a modelos e modelagem, principalmente a importância da utilização dos mesmos no ensino de forma que ele possa resultar em uma aprendizagem mais ampla e significativa dos alunos. Numa das etapas desse projeto, o grupo de professores participantes foi dividido em sub-grupos a fim de tentar elaborar uma estratégia de ensino fundamentada em modelagem para algum tema do conteúdo de química frequentemente ensinado aos alunos do nível médio.

Nosso propósito maior nesse trabalho é discutir a estratégia que elaboramos no sentido de auxiliar demais professores interessados em contribuir para a aprendizagem significativa dos estudantes.

## Resultados e Discussão

### *Aspectos gerais da elaboração de estratégias de ensino fundamentada em modelagem*

Visando facilitar a discussão sobre como modelos são importantes no desenvolvimento do conhecimento científico, Justi e Gilbert<sup>(7)</sup> desenvolveram uma estrutura geral para o processo de modelagem vivido por cientistas que é representada através do diagrama que consta no **Anexo I** deste artigo. Nesse sentido, o diagrama não pretende oferecer uma descrição fiel de como todos os cientistas trabalham – algo que seria impossível em função da complexidade do processo de produção do conhecimento e de idiosincrasias da produção do conhecimento em diferentes áreas. Seu objetivo principal foi identificar etapas necessárias e inerentes ao processo de elaboração de modelos.

A partir da crença na importância de que os alunos aprendam não só as idéias científicas, mas também sobre a origem dessas idéias e a pensar cientificamente, emergiu o desafio de fundamentar o ensino em atividades de modelagem. Para tanto, buscamos apoio no diagrama acima citado no sentido de orientar nossas escolhas e ações durante o ensino visando promover uma situação em que os alunos vivessem diversas etapas do processo de

<sup>1</sup> Formação de Professores e Ensino de Química através de Modelos.

modelagem. Nesse sentido, elaboramos uma estratégia de ensino para o tema interações intermoleculares.

Tendo em mente que a elaboração de estratégias como essa pode e deve mediar o ensino de diversos temas de ciências em geral e de Química em particular, bem como funcionar como subsídio para outros professores, descreveremos aqui de uma maneira mais ampla, as etapas que percorremos durante a elaboração da atividade.

Em um primeiro momento, conforme detalhado anteriormente, sistematizamos as concepções alternativas dos estudantes sobre esse tema através de dados constantes na literatura e de nossas próprias experiências como professores. Essa etapa, em conjunto com a detecção dos conhecimentos prévios dos alunos sobre conceitos pré-requisitos, é especialmente importante para a fundamentação e o desenvolvimento de toda a atividade. Isto porque as concepções podem estar presentes durante todo o processo e o professor deve ser capaz de identificá-las, para que possa planejar como interferir adequadamente quando elas se mostrarem presentes. A consciência dos conhecimentos prévios dos alunos faz-se necessária para que o professor tenha certeza de que os alunos são capazes de realizar as atividades propostas e para que possa acompanhar os avanços com relação às mudanças conceituais que serão operadas.

O desenvolvimento da primeira etapa implica, também, na definição dos objetivos a serem alcançados com a atividade de modelagem. Estabelecidos os objetivos, cabe ao professor selecionar, entre os inúmeros fenômenos e sistemas que o tema interações intermoleculares explica, aquele(s) que condiz(em) com seus propósitos para a atividade e com o conhecimento dos estudantes. Esses podem ter acesso aos fenômenos ou sistemas via observação e/ou realização de experimentos, ou ainda através de textos que apresentem informações relevantes e agucem sua curiosidade. Apesar da existência de todas essas possibilidades, acreditamos que, sempre que possível, devemos dar preferência à via experimental de acesso. Isto porque, conforme observamos em nossa prática docente, ela freqüentemente se constitui uma facilitadora do processo de aprendizagem, uma vez que, quase sempre, os estudantes do ensino médio tendem a apresentar dificuldades em relação à abstração necessária para entender os fenômenos quando esses não lhes são apresentados.

A fim de que a atividade experimental não seja vista pelos alunos como o resultado de simplesmente seguir um roteiro pré-determinado, acreditamos ser importante que, antes de apresentar o fenômeno, o professor solicite ao aluno que faça previsões sobre o mesmo. Apresentado o fenômeno, o estudante deverá confrontar as observações realizadas com suas previsões. Isto é importante por favorecer ao professor o acesso aos conhecimentos prévios dos estudantes

e aos estudantes a possibilidade de confrontar suas idéias com as evidências apresentadas. Assim, eles poderão ser instigados a buscar explicações e, a partir daí, poderão elaborar seus modelos mentais. Outra contribuição importante dessa estratégia é o favorecimento de que os estudantes percebam que observações experimentais podem subsidiar um interessante processo de refletir sobre e buscar explicações para os fenômenos.

Como o professor não tem acesso aos modelos mentais elaborados individualmente por seus alunos, ele deverá solicitar sua expressão disponibilizando, para isso, diversos recursos (materiais ou não) que lhe permitam comunicar seu modelo. Na situação escolar, em que os alunos freqüentemente trabalham em grupo, o modelo expresso nesta etapa refere-se a um modelo consensual entre os integrantes do grupo (geralmente resultante de intensas discussões entre os alunos).

Nesse ponto da atividade, o professor deverá solicitar explicações sobre as escolhas dos modos de representação e seus significados. Ele pode também aproveitar para questioná-los sobre determinados aspectos de seu modelo provenientes de concepções alternativas ou da má interpretação do fenômeno ou sistema modelado. Através de questões propostas pelo professor, os estudantes poderão testar mentalmente seus modelos, bem como modificá-los quando necessário, ou até mesmo rejeitá-los.

Uma outra vantagem da prévia detecção das concepções alternativas dos estudantes é a possibilidade de propor, mesmo que não tenham sido expressos, modelos que as contemplem. Isso seria feito com o objetivo de verificar se um determinado tipo de idéia esteve presente durante o processo e/ou como os estudantes a explicam.

Após a fase de testes mentais, o professor, sempre que possível, poderá conduzir atividades empíricas que levem os estudantes a testar seus modelos em termos de seu poder de previsão e explicação de fenômenos ou sistemas diferentes do apresentado inicialmente. Esses testes, assim como aqueles realizados mentalmente, poderão levar o aluno a modificar o seu modelo ou a rejeitá-lo, com vistas à construção de outro que ele considera melhor.

Finalmente, o professor deverá conduzir situações que levem o estudante a testar as abrangências do modelo, ou seja, até onde ele é capaz de fornecer explicações para determinadas situações, fenômenos ou sistemas, bem como suas limitações, ou seja, aquilo que ele não é capaz de explicar.

A possibilidade de detectar falhas no modelo foi ressaltada por Zumdahl apud Coll<sup>(4)</sup> como algo positivo, como uma possibilidade de melhora na compreensão de conceitos científicos para cientistas, professores e estudantes e, portanto, inerente à própria natureza do conhecimento científico.

### **Utilização dos princípios gerais na elaboração da estratégia de ensino para interações intermoleculares**

Na presente seção, apresentaremos a proposta elaborada para a introdução do tema interações intermoleculares em termos gerais, no sentido de mostrar como os princípios comentados no item anterior foram levados em consideração nos diversos momentos de sua elaboração.

Vale ressaltar que a atividade foi idealizada para alunos que terão seu primeiro contato formal com o tema e pressupõe-se, para o bom desenvolvimento da atividade, que eles possuam os seguintes conhecimentos ou noções prévias(as): modelos atômicos; ligações covalentes; estados físicos da matéria e mudanças de estado físico. Caso o professor perceba a falta ou a má compreensão desses por parte dos estudantes, poderá propor atividades nas quais eles sejam retomados e/ou esclarecidos para, a partir daí, iniciar a aplicação da estratégia.

A atividade se propõe a alcançar os seguintes objetivos com relação às capacidades a serem desenvolvidas pelos estudantes:

- associar a quebra de ligações à absorção de energia;
- diferenciar interações interatômicas e intermoleculares;
- desenvolver a noção de força das interações intermoleculares associada à magnitude das temperaturas de fusão e ebulição.

Estes objetivos foram definidos com base nas concepções alternativas detectadas, isto é, pretendemos que os estudantes aprendam as idéias que, em geral, são mais difíceis para eles.

Estabelecidos os objetivos, selecionamos como fenômenos a serem modelados o aquecimento de grafite e iodo. Os alunos (organizados em grupos) receberiam amostras das duas substâncias, seriam solicitados a fazer previsões a respeito do seu comportamento sob aquecimento e, em seguida, as aqueceriam. Após a realização do experimento, eles seriam questionados sobre o papel do calor no aquecimento, sobre as transformações observadas e as previsões realizadas, sendo levados a refletir sobre o fenômeno observado e, conseqüentemente, a iniciar a elaboração de seus modelos mentais.

Na etapa seguinte, cada grupo receberia diversos tipos de materiais, tais como: bolinhas de isopor, massa para modelar, cola, papel, tesoura, lápis de cor, caixinhas de acetato, entre outros, que poderiam ser disponibilizados na medida em que os estudantes expressassem suas necessidades. O fato de não limitar os recursos materiais, segundo Ferreira e

Justi<sup>(5)</sup>, é de grande relevância no desenvolvimento do processo, pois:

*“A disponibilidade de materiais e recursos para a expressão do modelo influencia na capacidade de o indivíduo transpor seu modelo mental. Assim, o professor pode disponibilizar esses recursos e não limitar a alguma forma de representação convencional, deixando a cargo da criatividade e das limitações de cada aluno.” (p. 7)*

Após a elaboração e expressão de seus modelos, os alunos seriam solicitados a fornecer explicações sobre as origens da construção daquele modelo, os recursos escolhidos para expressá-lo e seus significados. Esta etapa de investigação realizada pelo professor transpassaria toda a estratégia a partir deste ponto e teria como objetivos principais detectar as concepções alternativas dos estudantes, fazer intervenções nas mesmas e averiguar os avanços nos seus entendimentos.

Com o objetivo de verificar se estaria presente entre os estudantes a idéia errônea da formação de iodo atômico após o aquecimento – mesmo entre aqueles que não a expressassem através de seus modelos –, proporíamos o teste do iodo em presença de amido, fornecendo previamente a informação relativa à evidência da reação. Antes de realizar o teste, os alunos seriam, novamente, solicitados a realizar previsões, desta vez com base no modelo já elaborado. Em seguida, tentariam fornecer explicações para o fenômeno observado, também baseadas em seus modelos. Conforme destacado na seção anterior, os estudantes teriam assim, oportunidade de testar seus modelos quanto ao poder de predição e explicação.

No intuito de testar as abrangências e limitações dos modelos construídos, os alunos seriam solicitados a modelar, com base na discussão realizada ao longo da atividade, os processos de fusão e caramelização do açúcar.

Cada uma das etapas em que os alunos foram solicitados a elaborar ou testar seus modelos seria seguida de um momento de socialização – no qual cada grupo apresentaria seu modelo para a turma – e de discussão desses modelos. Todavia, o objetivo dessas discussões não seria nunca o de *corrigir* os modelos elaborados pelos alunos, mas sim os de discutir a coerência dos mesmos frente às informações disponíveis no momento e de favorecer o questionamento dos próprios alunos em relação aos modelos propostos pelos colegas (uma conseqüência natural da comparação estabelecida por eles entre tais modelos).

Finalmente, para cumprir o objetivo de desenvolver a noção de força das interações intermoleculares associada à magnitude das temperaturas de fusão e ebulição, proporíamos a comparação e discussão dos diferentes valores de temperaturas de fusão e ebulição de substâncias moleculares. A definição de

substância molecular seria formalizada para os estudantes e estaria fundamentada por todo o desenvolvimento da atividade de modelagem.

## Conclusões

Devido à natureza desse trabalho, devemos destacar, à guisa de conclusões, a relevância da participação no mesmo para nossa formação como professores de Química. Sem dúvida, o envolvimento com a elaboração dessa estratégia de ensino foi fundamental para que entendêssemos a proposta de ensinar Química a partir de atividades de modelagem. Além disso, o clima de cooperação entre todos os participantes do projeto tem favorecido, sobremaneira, nosso desenvolvimento enquanto professores e nossa motivação para realizar pesquisas em nossas salas de aula.

Na etapa atual do projeto, estamos aplicando a estratégia de ensino elaborada com nossos alunos (em diferentes escolas). Não é objetivo deste trabalho analisar os dados dessas aplicações, mas julgamos relevante destacar algumas das implicações que, acreditamos, a utilização dessa estratégia de ensino possa ter para o processo de ensino-aprendizagem de Química. Nossa experiência tem mostrado que tal estratégia tem potencial para:

- Proporcionar o desenvolvimento de competências gerais por parte dos estudantes destacadas no PCN+<sup>(2)</sup>, tais como: articular e traduzir a linguagem do senso comum para a científica; selecionar e utilizar materiais em face a determinadas situações-problema; realizar previsões e estimativas; elaborar e utilizar modelos científicos que modificam as explicações do senso comum; reconhecer as limitações de um modelo explicativo e a necessidade de alterá-lo;
- Guiar o estudante para a tomada de consciência da importância dos modelos e do processo de modelagem na construção e desenvolvimento da própria ciência;
- Aumentar a percepção do estudante com relação à abrangência do conhecimento científico e de seu poder de predição e extrapolação;
- Aumentar o envolvimento e a motivação do estudante, na medida em que este se percebe

como um dos agentes no processo de aprendizagem;

- Tornar acessíveis ao professor, modelos expressos de seus alunos que, no ensino tradicional, só poderiam ser verificados através de avaliações somativas que ocorrem ao final do processo de ensino e que, em geral, apresentam resultados desastrosos. Ao contrário, nessa estratégia tais modelos são discutidos durante o processo de ensino e de forma a motivar o próprio aluno a modificá-los, quando necessário;
- Considerar o modelo criado e desenvolvido pelos estudantes como potencialmente útil (dentro de suas limitações) para explicar situações, fenômenos e sistemas, observáveis ou não. Acreditamos que tal aspecto seja fundamental para que o aluno adquira confiança em sua capacidade de pensar e em suas próprias idéias e possa discutir os conhecimentos apresentados pelo professor de forma mais crítica;
- Destacar o papel essencial do professor como pesquisador e mediador do processo de aprendizagem, no qual levanta as idéias prévias e/ou errôneas dos estudantes, os conduz na criação do modelo, no mapeamento das abrangências e limitações do modelo criado e procura promover o desenvolvimento da aprendizagem.

## Agradecimentos

- CNPq.
- Poliana F. M. Ferreira e Naira Tôrres, que também participaram da elaboração da proposta de ensino.

<sup>1</sup> Boo, H. K. *J. of Res. in Sc. Teac.*, **1998**, 35, 569.

<sup>2</sup> Brasil. *Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+ Ensino Médio – Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*, Brasília: Ministério da Educação, **2002**.

<sup>3</sup> Coll, R. K., e Treagust, D. F. *Res. in Sc. Ed.*, **2001**, 31, 357.

<sup>4</sup> Coll, R. K. In *Metaphor and Analogy in Science Education*, P. J. Aubusson et al. (eds.). Springer: Dordrecht, **2006**, 65.

<sup>5</sup> Ferreira, P. F. M., e Justi, R. VENPEC, Bauru, Brasil, **2005**.

<sup>6</sup> Justi, R e Gilbert, J K. In *Metaphor and Analogy in Science Education*. P. J. Aubusson et al. (eds.). Springer: Dordrecht, **2006**, 119.

<sup>7</sup> Justi, R. e Gilbert, J. K. *Int. J. of Sc. Ed.*, **2002**, 24, 369.

<sup>8</sup> Nakhleh, M. B. *J. of Chem. Ed.*, **1992**, 69, 191.

<sup>9</sup> Peterson, R. F. e Treagust, D. F. *J. of Chem. Ed.* **1989**, 66, 459.

## Anexo

**Figura 1.** Diagrama “Modelo de Modelagem” <sup>(7)</sup>

