

CONCEPÇÕES ATOMISTAS DOS ESTUDANTES

A seção “Aluno em foco” traz resultados de pesquisas sobre concepções alternativas de estudantes, sugerindo formas de lidar com essas concepções ao se ensinar conceitos científicos. Cada artigo verificará se existe continuidade entre essas idéias e o conceito científico ou se, pelo contrário, elas funcionam como obstáculos à construção desse conceito – avaliando-se, em cada caso, a conveniência e o momento correto para se explicitar essas idéias. Este artigo discute as concepções alternativas dos estudantes sobre a matéria, o que inclui a atribuição de propriedades macroscópicas aos átomos e a dificuldade em aceitar a existência de espaços vazios entre as partículas de matéria.

► concepções alternativas, átomos, matéria ◀

Os alunos do ensino fundamental e médio costumam chegar às aulas de química trazendo sobre a natureza atômica da matéria idéias bem diferentes daquelas aceitas cientificamente¹. Pesquisas realizadas em diferentes países mostram que essas idéias alternativas das crianças e adolescentes são universais, pois o mesmo padrão de concepções sobre a matéria foi detectado nos quatro cantos do mundo.

Desse conjunto de pesquisas podem ser identificadas algumas características principais das idéias dos alunos dessa faixa etária sobre a matéria: nem todos usam modelos descontínuos para representar as transformações da matéria; os que usam, muitas vezes o fazem de maneira bastante pessoal, o que inclui a utilização de idéias animistas e/ou substancialistas, em que o comportamento de seres vivos e/ou as propriedades da substância são atribuídos a átomos e moléculas; há uma forte tendência em negar a existência de espaços vazios entre as partículas; raramente são usados outros aspectos de um modelo atomista nas explicações, como por exemplo o movimento intrínseco das partículas ou suas interações; notam-se dificuldades em raciocínios que envolvam a conservação da massa. Por fim, há a dificuldade dos estudantes em transitar entre as observações fenomenológicas e as ex-

plicações atomistas, ou seja, em fazer relações entre os modelos atomistas e o comportamento dos materiais nas diversas transformações. As pesquisas revelam ainda que essas características do pensamento dos alunos evoluem com a idade e com a instrução, mas são freqüentes mesmo entre os que já foram submetidos ao ensino de modelos atômicos.

Neste artigo procuraremos apresentar exemplos dessas idéias através da transcrição de diálogos gravados em uma turma de oitava série do ensino fundamental junto à qual desenvolvemos pesquisa sobre a evolução das concepções atomistas dos estudantes.

Aluna 1: Aconteceu que as partículas aumentaram de tamanho.

Aluna 2: Aí as partículas dilataram...

Aluno 3: Dilataram?

Aluna 1 (dirigindo-se ao aluno 4): O que você acha?

Aluno 4: Nada, né?

Aluna 2: A gente tem que explicar aqui: o ar quando aquecido dilata.

Aluna 1: Dilata. As partículas do ar, quando aquecidas, dilatam, porque existe o espaço vazio entre as partículas.

Aluno 3: É o ar que dilata.

Aluna 1: Não é o ar que dilata, são

Eduardo Fleury Mortimer Licenciado em química, doutor em educação, Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG

Ao mesmo tempo, procuraremos discutir como essas idéias influenciam a aprendizagem de um modelo científico para a matéria e como elas podem ser levadas em conta na introdução do atomismo científico.

Dilatando partículas

A Seqüência 1 transcreve um diálogo entre alunos da oitava série do ensino fundamental, quando estes tentam interpretar o fenômeno da dilatação, em consequência do aquecimento de um pequeno balão colocado na boca de um tubo de ensaio. A tarefa dos alunos consistia em desenhar modelos para o ar dentro do tubo antes e depois do aquecimento e descrever como esses modelos explicavam a dilatação do ar.

A seqüência ilustra como o modelo atomista desses alunos é diferente do modelo científico clássico. Enquanto para o último o aumento do volume de um gás submetido ao aquecimento é consequência do aumento da energia cinética média das moléculas do gás, o que aumenta a distância média entre elas, no modelo dos estudantes o aumento do volume é consequência da dilatação das próprias partículas. O modelo proposto por esses alunos está ilustrado na Figura 1.

as partículas que dilatam...

Aluno 3: As partículas do ar...

Aluna 2: Mas a gente vai explicar que as partículas é que dilatam! (Escrevem essa conclusão na apostila.)

Aluna 1: Aqui, olha: tem que escrever a característica; do número 1, qual a característica?

Aluno 3: Normal.

Aluna 1: Normal! As partículas estão no seu tamanho normal... agora no 2, elas aumentaram o tamanho, dilataram, ocupando um volume maior, não é isso?

Aluno 3: É.

Seqüência 1: Dilatando as partículas.

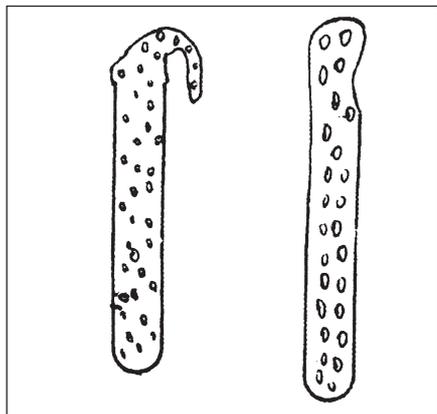


Figura 1: Substancialismo na dilatação do ar.

Esse conceito da dilatação das partículas é muito comum nos modelos atomistas intuitivos elaborados pelos estudantes. Faz parte de uma concepção que chamamos 'atomismo substancialista', uma vez que propriedades macroscópicas das substâncias, como dilatar e mudar de estado, são atribuídas aos átomos e moléculas. De acordo com esse modelo, os átomos ou moléculas dilatam-se quando uma substância é submetida a aquecimento, como mostrado no exemplo acima. De forma semelhante, uma molécula sólida se torna líquida quando uma substância se funde ou quando um sólido, como o açúcar, se dissolve na água. Segundo Bachelard, esse substancialismo está intimamente ligado à 'metafísica da poeira', ou seja, à idéia de que o atomismo é uma composição racional elaborada a partir de intuições sensoriais. As crianças e adolescentes o elaboram a partir, por exemplo, da percepção dos cristais de açúcar, visíveis mas cada vez menores, no momento da dissolução.

A natureza abomina o vazio

O substancialismo não é a única característica em que o modelo alternativo elaborado por crianças e adolescentes difere do modelo científico. Apesar de a grande maioria dos estudantes de 14 a 15 anos usar partículas para representar os materiais, eles têm dificuldades em aceitar a idéia de que entre essas partículas possam existir espaços vazios. Quando perguntados sobre a natureza do espaço entre as partículas nos desenhos que elaboraram, os estudantes tendem a responder que entre as partículas desenhadas existem outras partículas, negando a existência do espaço vazio. A Seqüência 2 ilustra esse tipo de dificuldade no

modelo dos alunos. Os alunos tinham sido solicitados a escolher entre alguns modelos que haviam sido propostos pela turma para explicar o fato de o ar poder ser comprimido numa seringa com o bico tampado. O professor havia selecionado alguns desses modelos e distribuído para a turma (vide Figura 2). A tarefa era obter um consenso no grupo sobre qual dos modelos explicava melhor a compressão do ar.

É interessante notar, no diálogo da Seqüência 2, que apesar de a aluna 1 insistir no modelo de bolinhas e espaço vazio, ela não tem nenhuma convicção de que possa existir vácuo entre as partículas. A aluna 2 tenta convencê-la de que um modelo contínuo pode ser melhor para representar o ar, pois evita o vazio. A aluna 1 não se convence, mas quando perguntada se o espaço vazio é vácuo, responde que entre as partículas de ar existem outras coisas como partículas de oxigênio, nitrogênio, poluição, sujeira etc. É curioso que as partículas de oxigênio e nitrogênio sejam consideradas como outra coisa que não ar...

A idéia de que 'a natureza abomina o vazio' é uma característica presente em explicações dos estudantes para diferentes fenômenos. Eles usam esse mesmo tipo de concepção para explicar, por exemplo, por que uma caixa de papelão vazia (embalagem de Toddynho) colapsa quando sugamos o ar que está dentro dela com o auxílio

de um canudo. De acordo com esse tipo de explicação, não é a pressão atmosférica exterior à caixa que empurra suas paredes, mas sim o vácuo provocado pela sucção do ar de seu interior que puxa as paredes da caixa.

Conseqüências para o ensino

O estudo de modelos atômicos no ensino fundamental e médio começa em geral pela introdução do modelo de Dalton, que admite que a matéria é constituída por átomos indivisíveis e indestrutíveis. A partir da introdução desse modelo, átomos podem ser representados por esferas, e as reações químicas passam a ser representadas por equações com o uso de símbolos e fórmulas. Não se discute, no entanto, o significado de a matéria ser constituída por partículas que se movimentam nos espaços vazios para a interpretação de diversos fenômenos cotidianos, como as mudanças de estado físico, a compressão e dilatação de gases e líquidos etc. Normalmente se pressupõe que os alunos já possuem essa visão atomista científica, o que na maioria das vezes não é verdadeiro, como procuramos demonstrar.

A conseqüência de não se discutirem os modelos alternativos dos alunos na sala de aula é que os alunos 'aprendem' modelos mais sofisticados para a matéria, mas não são capazes de estabelecer relações entre as proprie-

Aluna 1: Qual você acha que está melhor?

Aluno 3: Aquele da bolinha ali...

Aluna 1: Eu acho que o que está mais científico é o da bolinha. O que está explicando o que aconteceu é o da bolinha.

Aluna 2: Acontece que o da bolinha que está só assim... então o que é este espaço vazio? Na verdade o ar está aqui tudo, não está só onde estão as bolinhas. Então tinha que ser tudo colorido, é isso que eu acho.

Aluna 1: Mas então não é o da bolinha, é este outro aqui (aponta na folha).

Aluna 2: É a mesma coisa. Eu acho que a gente tinha que colorir, assim ó: você faz assim clarinho... aí na hora que você aperta ele vai

ficar mais escuro, porque está mais concentrado. Aí não vai ter espaço em branco e não vai ter dúvida.

Aluna 1: Mas aí acontece que o ar não é contínuo assim... o ar é formado de várias partículas.

Aluna 2 (dirigindo-se ao aluno 3): Então dá a sua opinião.

Aluno 3: (som confuso por algum tempo)... O ar, igual ela falou, é partícula.

Aluna 1: Eu fiz assim, com bolinha e espaço ... como é que a gente pode fazer então... desenhar fica difícil, mas aqui no ar não fica não.

Aluna 3: Mas aí fica um vácuo?

Aluna 1: Não, mas aqui não é só partículas de ar, tem aquelas partículas de oxigênio, tem nitrogênio, tem grãos de poluição, sujeira, esse tanto de coisa.

Seqüência 2: O que é o espaço vazio entre as partículas?

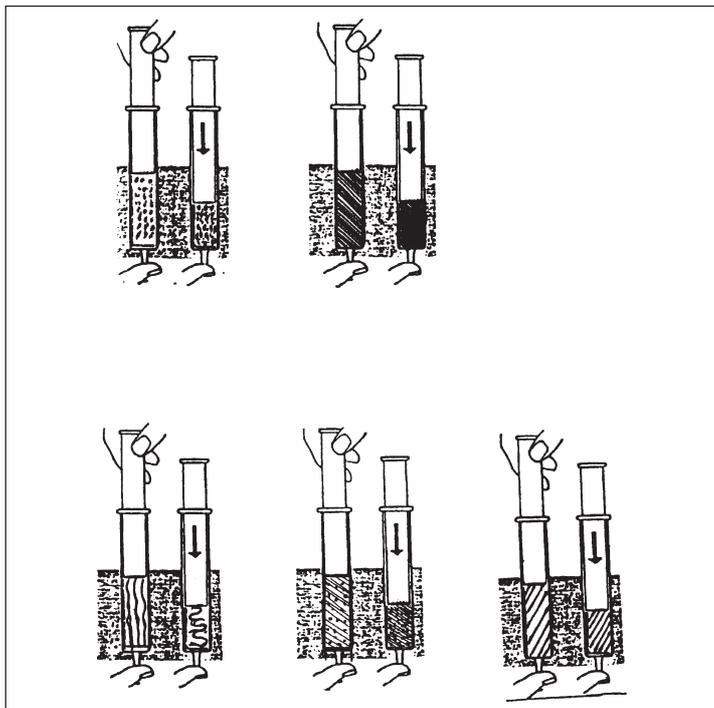


Figura 2: Modelos para a compressão do ar na seringa sugeridos pelos alunos e selecionados pelo professor para discussão em classe.

dades de sólidos, líquidos e gases e a organização, distância, força de interação e movimento das partículas, por meio de um modelo atomista elementar.

Um exemplo desse tipo de dificuldade aparece em levantamento que fizemos dos resultados de uma questão aberta da prova de química de segunda fase do vestibular da UFMG. A questão solicitava aos alunos que desenhasssem modelos para a água nos estados sólido e líquido, lembrando-lhes que o gelo é menos denso que a água líquida. Apenas 13% dos candidatos levou esse dado de densidade em consideração, seja desenhando a estrutura do gelo com buracos, seja colocando as partículas no gelo mais afastadas que na água líquida. O restante desenhou as partículas no estado sólido mais próximas do que no estado líquido. Há que se considerar que os alunos que fazem provas de segunda fase já foram selecionados pelas provas de primeira fase. Ou seja, mesmo os melhores alunos egressos do ensino médio demonstram dificuldades em relacionar características de um modelo atomista com as propriedades dos materiais.

Uma forma de superar essas dificuldades é discutir os modelos alternativos que os alunos usam para explicar fenômenos simples, como a com-

pressão do ar em uma seringa tampada, a dilatação do ar ao ser aquecido em um tubo de ensaio com um balão na boca, a difusão de gás de cozinha num ambiente, evidenciada pelo cheiro, a dissolução de açúcar na água, a dilatação da coluna de mercúrio em um termômetro submetido a aquecimento e mudanças de estado das substâncias. Uma forma de propor a atividade de modo a explicitar os modelos dos alunos é solicitando-lhes que desenhem modelos para esses fenômenos antes e depois da transformação, ou seja, antes e depois da compressão, dilatação, difusão, dissolução etc. O professor pode recolher esses modelos elaborados individualmente e, após

A ideia de que ‘a natureza abomina o vazio’ é uma característica presente em explicações dos estudantes para diferentes fenômenos. Eles usam esse mesmo tipo de concepção para explicar, por exemplo, por que uma caixa de papelão vazia colapsa quando sugamos o ar em seu interior com o auxílio de um canudo

selecionar os mais representativos de diferentes tipos de ideias, distribuí-los para a classe, solicitando aos alunos que discutam em grupo e escolham o modelo mais conveniente para cada fenômeno. Na discussão com a classe aparece-

O professor deve ter consciência de que a superação dessas dificuldades não é uma questão de simples prova empírica. Os modelos dos alunos concordam com as evidências empíricas tanto quanto o modelo cinético-molecular clássico e, como esse último, foram mentalmente construídos e atribuídos aos materiais. Os alunos, na maioria das vezes, conseguem entender o modelo aceito cientificamente, mas têm dificuldade em aceitá-lo, principalmente por considerar que ele contraria a ideia intuitiva de que a natureza abomina o vácuo, ou de que os átomos são na verdade pequenos grãos de matéria que, como esta, podem dilatar-se, contrair-se, mudar de estado etc.

História da química pode ser solução?

Na superação dessas dificuldades, o professor poderá recorrer aos exemplos da própria história das ciências. Sabe-se, por exemplo, que Averroes (1126-1198), Aegidius, o Romano (1247-1316), Augustine Nifo (1473-1546) e Julius Caesar Scaliger (1484-1558) desenvolveram a ideia de Aristóteles (384-322 a.C.) de um ‘mínimo natural’. Concebido inicialmente como um limite teórico da divisibilidade da matéria, os ‘mínimos naturais’ foram adquirindo, através da interpretação desses filósofos, as características de uma ideia física sobre a divisibilidade da matéria. Os grãos últimos da matéria conservavam suas propriedades, como no atomismo substancialista de nossos alunos. Scaliger, por exemplo, afirmava que a ‘finura’ e a ‘grossura’ são propriedades dos próprios mínimos. Segundo esse filósofo, “uma substância cujo mínimo é muito pequeno é fina”.

É interessante notar o paralelismo entre essas ideias e as ideias dos alunos em sala de aula. Tanto em um como em outro exemplo, temos uma intuição atomista baseada numa ‘metafísica da poeira’. Os pós finos sugerem que o menor grão de uma substância, ainda que muito fino, conserva suas propriedades. Por analogia, a divisão da matéria teria como limite esses grãos de matéria com propriedades da substância.

Um outro exemplo desse paralelismo é o atomismo de Descartes (1596-1650). Esse filósofo admitia que entre as partículas de matéria existi-

riam outras partículas, cada vez menores, cujo limite seria as partículas infinitesimais. Não existiria, dessa forma, vazio entre as partículas, mas uma matéria sutil constituída por partículas muito pequenas. Não há como deixar de comparar esse modelo com as idéias apresentadas pela aluna 1 no fim da Seqüência 2.

Esse paralelismo, no entanto, não quer dizer que as idéias de filósofos brilhantes como Descartes sejam tão ingênuas como aquelas apresentadas pelos estudantes, ou, ao contrário, que os estudantes apresentem modelos da matéria tão articulados como os dos filósofos citados. A importância desse paralelismo reside no fato de podermos mostrar aos alunos,

26

através da história da ciência, que os modelos que eles propõem se assemelham a modelos históricos que foram superados por um mais simples e racional, um modelo que admite que as partículas se movimentam no espaço vazio e explica várias transformações dos materiais em termos de mudanças no arranjo, na organização, na energia e no movimento das partículas, sem a necessidade de lhes atribuir todas as propriedades macroscópicas.

Para concluir, é importante lembrar que a hipótese atômica de Dalton (1766-1844) não foi prontamente aceita pelos químicos, como transparece da leitura de alguns livros didáticos. Durante todo o século XIX, vários químicos e físicos se recusaram a aceitá-la por falta de evidências empíricas para a existência de átomos. Faraday (1791-1867), por exemplo, tinha sérias reservas com relação à hipótese atômica, e se baseava em evidências empíricas para demonstrar suas idéias. Ele acreditava na impossibilidade de se explicar a existência de materiais condutores e isolantes à luz dessa hipótese. Segundo Faraday, a hipótese atômica admitia que os átomos não se tocavam, pois havia espaço entre eles. O espaço seria, portanto, a única parte contínua da matéria. Como ele imaginava que a

eletricidade necessitava de meio contínuo para que pudesse fluir, Faraday se perguntava como o espaço poderia apresentar uma natureza dupla, sendo condutor nos corpos condutores e isolante nos corpos isolantes.

A eliminação, em sala de aula, de algumas dificuldades para a aceitação do atomismo, que envolve a superação de obstáculos como a descrença no vazio entre as partículas, não é questão a ser decidida pelas evidências empíricas, mas pela negociação, baseada em argumentos racionais e no uso de exemplos da história das ciências

Essas dificuldades na história da ciência nos ajudam a entender algumas dificuldades no processo de ensino, relacionadas à falta de evidências empíricas definitivas para a hipótese de que os materiais sejam constituídos por partículas em movimento no espaço vazio. A falta de provas para a existência do átomo perdurou por todo o século XIX, mas não impediu que a hipótese atômica se desenvolvesse como um programa de pesquisa altamente frutífero. No entanto,

como já tivemos oportunidade de assinalar, somente aqueles que faziam a opção pela hipótese atômica podiam ver átomos em toda parte. Isso nos dá uma indicação de que a eliminação, em sala de aula, de algumas dificuldades para a aceitação do atomismo – que envolve a superação de obstáculos como a descrença no vazio entre as partículas – não é questão a ser decidida pelas evidências empíricas, mas pela negociação baseada em argumentos racionais e no uso de exemplos da história das ciências.

A construção desse modelo elementar em sala de aula tem a vantagem de chamar a atenção para a natureza dialética da relação entre modelo e realidade, teoria e fenômeno, característica importante da ciência química. Mais importante que o atomismo elementar é a construção da própria noção de modelo, que será de muita utilidade no estudo de modelos atômicos mais avançados e de outros modelos, como o de ligações químicas. Através do atomismo elementar é possível discutir o que é um modelo científico, a relação dialética que ele deve manter com os fenômenos e as características de elegância, simplicidade, coerência interna e concordância com resultados experimentais, importantes para o sucesso de uma teoria científica.

Mais que ensinar um conteúdo químico, a abordagem do modelo de partículas a partir dos modelos intuitivos apresentados pelos alunos permite exemplificar o desenvolvimento de idéias científicas e desmistificar visões simplistas de que a ciência se desenvolve linearmente e de que as teorias científicas se originam unicamente como consequência do acúmulo de fatos empíricos.

Nota

¹ Há uma grande variedade de nomes que os autores usam para designar essas idéias infantis, e o próprio nome pode indicar uma certa filiação epistemológica da pesquisa. Gilbert & Watts, por exemplo, relacionam a idéia de *misconceptions* a uma visão clássica do conhecimento como constituído por uma série de níveis hierárquicos que podem ser decompostos em pequenas partes e estudados independentemente. Os conceitos são átomos lógicos dentro dessa subdivisão hierárquica de conhecimento, e o progresso no conhecimento depende da aquisição completa de pré-requisitos. Nessa visão, o conhecimento público e o privado são vistos como isomórficos (Gilbert & Watts, 1983, pp. 65-66). Contrastando com essa visão clássica, há uma visão ativa do conceito, que fala em concepções como modos de fazer, como vias de organização de experiências pessoais. Aqui, toda aprendizagem cognitiva envolve algum grau de reconstrução do conhecimento pré-existente. Essa visão atribui um grande status epistemológico às concepções pessoais de cada indivíduo, que são vistas como 'ciência da criança', 'teoria em ação' ou 'estrutura conceitual alternativa' (Gilbert & Watts, 1983, pp. 66-67).

Para saber mais

MORTIMER, E.F. *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. São Paulo, Faculdade de Educação da USP, 1994, tese de doutorado.

DRIVER, R.; GUESNE, E. e TIBERGHEN, A. (eds.). *Idéias científicas na infância e na adolescência*. Madri, M.E.C. e Eds. Morata, 1985.

BACHELARD, G. *Les intuitions atomistiques (essai de classification)*. Paris, J. Vrin., 1975.

PIAGET, J. & INHELDER, B. *O desenvolvimento das quantidades físicas na criança: conservação e atomismo*. Rio de Janeiro, Zahar, 1971.

VAN MELSEN, A.G. *From atomos to atom: the history of the concept atom*. Pittsburgh, Duquesne University Press, 1952.