

# Quanto Mais Quente Melhor

## Calor e temperatura no ensino de termoquímica

**Eduardo Fleury Mortimer**  
**Luiz Otávio F. Amaral**

**A seção “O aluno em foco” traz resultados de pesquisas sobre idéias informais dos estudantes, sugerindo formas de levar essas idéias em consideração no ensino-aprendizagem de conceitos científicos. Este artigo discute as concepções dos estudantes sobre calor e temperatura, sugerindo quatro atividades para explicitá-las e favorecer a construção dos conceitos científicos correspondentes, que são básicos para a aprendizagem de conceitos mais avançados de termoquímica.**

► calor, temperatura, ensino de termoquímica, concepções alternativas ◀

30

**E**mbora seja um conceito básico para o entendimento da maioria dos fenômenos de interesse da ciência, não é simples definir energia. A definição clássica — a capacidade de realizar trabalho — está relacionada ao uso das primeiras máquinas térmicas, nas quais a energia química de combustíveis como a madeira era usada para a produção de vapor, que as movimentava.

Praticamente todas as formas de energia que conhecemos dependem, direta ou indiretamente, da energia luminosa que recebemos do sol. A fotossíntese é o processo fundamental pelo qual as plantas usam energia solar para transformar gás carbônico e água em alimentos e combustíveis. Nosso corpo depende da energia dos alimentos para executar suas funções vitais. Mesmo a energia usada nos transportes e na produção da maioria dos materiais provém de combustíveis fósseis, que em última análise originaram-se também por fotossíntese. A obtenção de tanta energia para consumo humano tem causado muitos problemas ambientais — a poluição nas grandes cidades, o aumento do efeito estufa e a chuva ácida, entre tantos

outros.

O estudo, no ensino médio, das transformações envolvidas nesses processos, normalmente sob o nome de termoquímica, envolve o uso de alguns conceitos — energia, calor, temperatura — que já estamos acostumados a usar no nosso dia-a-dia. Essas palavras, no entanto, não têm o mesmo significado na ciência e na linguagem comum. Isso tem sido causa de dificuldades no ensino de química, pois na maioria das vezes o professor trabalha conceitos mais avançados como calor de reação, lei de Hess etc., sem uma revisão dos conceitos mais básicos. O resultado, muitas vezes, é um amálgama indiferenciado de conceitos científicos e cotidianos, sem que o aluno consiga perceber claramente os limites e contextos de aplicação de um e de outro.

Neste artigo pretende-se discutir as

principais características das concepções cotidianas de calor e temperatura e sugerir atividades que favoreçam sua explicitação pelos alunos, de modo que eles possam perceber a relação entre essas concepções e os conceitos científicos de mesmo nome. Consideramos inviável querer extinguir as concepções cotidianas dos alunos sobre calor e temperatura, enraizadas que estão na linguagem cotidiana, dada a existência de um grande número de situações a que essas concepções são aplicadas com sucesso. Afinal, mesmo os cientistas entendem perfeitamente o que se quer dizer com uma expres-

são como “agasalho bem quente”. Do ponto de vista científico, sabe-se que o agasalho não é quente, mas apenas um bom isolante térmico. Seria, no entanto, desconcertante chegar a uma loja é pedir ao vendedor um “agasalho feito de um material que seja um bom isolante térmico e impeça meu corpo de trocar calor com o ambiente”.

Portanto, dependemos das concepções sobre calor e temperatura expressas na

linguagem cotidiana para comunicar e sobreviver no nosso dia-a-dia. Em lugar

**A literatura descreve três características principais das concepções de calor e temperatura apresentadas por estudantes, que estão intimamente relacionadas à forma como nos expressamos sobre esses fenômenos na vida cotidiana:**

- **O calor é uma substância**
- **Existem dois tipos de ‘calor’: o quente e o frio**
- **O calor é diretamente proporcional à temperatura**

de tentar suprimi-las, seria melhor oferecer aos alunos condições para tomar consciência de sua existência e saber diferenciá-las dos conceitos científicos. A proposta de ensino que orienta esse artigo prevê, portanto, o alargamento do perfil conceitual do aluno, que incorporará novos significados — científicos — que passarão a conviver com os significados cotidianos.

### **Idéias informais e científicas sobre calor e temperatura**

A literatura descreve três características principais das concepções de calor e temperatura apresentadas por estudantes, que estão intimamente relacionadas à forma como nos expressamos sobre esses fenômenos na vida cotidiana:

- O calor é uma substância.
- Existem dois tipos de 'calor': o quente e o frio.
- O calor é diretamente proporcional à temperatura.

A primeira idéia, de que o calor é uma substância, combinada com a segunda, de que existem dois tipos de calor, resulta em que o calor e o frio sejam pensados como atributos de substâncias e materiais. De acordo com essas idéias, um corpo quente possui calor enquanto um corpo frio possui frio. Afinal, estamos acostumados a dizer que colocamos uma pedra de gelo numa bebida para esfriar essa bebida. Essa maneira de dizer sugere que o gelo transfere 'frio' para a bebida. Na ciência, ao contrário do que ocorre na vida cotidiana, não admitimos a existência de dois processos de transferência de energia — o do calor e o do frio —, mas apenas de um, o do calor. Isso significa que a bebida esfria porque transfere energia para a pedra de gelo até que todo o sistema esteja a uma mesma temperatura.

O calor, sendo uma forma de energia, não é uma substância. A idéia de que o calor é uma substância está

por trás da idéia de que um corpo pode conter calor, ou seja, de que calor e frio são atributos dos materiais. Essa idéia já foi aceita por muitos cientistas no passado, que consideravam que todos os corpos possuíam em seu interior uma substância fluida invisível e de massa desprezível que denominavam *calórico*. Um corpo de maior temperatura possuía mais calórico do que um corpo de menor temperatura. Lavoisier (1743-1794), por exemplo, listava o calórico como uma das substâncias elementares. Hoje sabemos que uma substância pode armazenar energia, mas não contém calor. A teoria do calórico pensado como substância foi abandonada em favor da teoria do calor pensado como energia, principalmente por não poder explicar o aquecimento de objetos de outra maneira que não por meio de uma fonte de calor — por exemplo, por atrito. Benjamin Thompson (1753-1814), engenheiro americano exilado na Inglaterra e conde do Sacro Império Romano que adotou o título de Conde Rumford em homenagem ao local nos Estados Unidos de onde provinha sua esposa (hoje Concord), introduziu a

**A idéia de que o calor é diretamente proporcional à temperatura tem sua origem na maneira como lidamos com 'calor' na vida cotidiana. As expressões 'faz muito calor', 'calor humano' etc. são exemplos de como essa idéia está arraigada na linguagem cotidiana. Afinal, só falamos que 'faz muito calor' quando a temperatura está alta. Essas idéias fazem com que os conceitos de calor e temperatura sejam muitas vezes considerados idênticos**

idéia de que calor era energia e não substância em 1798, ao atribuir o aquecimento de peças metálicas, quando perfuradas, à energia mecânica empregada em sua perfuração.

A idéia de que o calor é diretamente proporcional à temperatura tem sua origem na maneira como lidamos com 'calor' na vida cotidiana. As expressões 'faz muito calor', 'calor humano' etc. são

exemplos de como essa idéia está arraigada na linguagem. Afinal, só dizemos que 'faz muito calor' quando

a temperatura está alta. Essas idéias fazem com que os conceitos de calor e temperatura sejam muitas vezes considerados idênticos.

O conceito de temperatura, do ponto de vista científico, deriva da observação de que energia pode fluir de um corpo para outro quando eles estão em contato. A temperatura é a propriedade que nos diz a direção do fluxo de energia. Assim, se a energia flui de um corpo A para um corpo B, podemos dizer que A está a uma temperatura maior do que B. Essa maneira de definir a temperatura também estabelece a relação entre calor e temperatura. O calor, como fluxo de energia, sempre passa de um sistema a uma temperatura maior para um outro a uma temperatura menor, quando os dois estão em contato. Deve-se destacar que só há fluxo de energia e, portanto, calor, quando há diferença de temperatura. O calor é, dessa maneira, diretamente proporcional à diferença de temperatura entre os dois sistemas entre os quais está havendo a transferência de calor, e não à temperatura de qualquer dos sistemas.

### **Algumas atividades para explicitar as idéias informais sobre calor e temperatura**

A seguir, sugerimos algumas atividades simples que podem ser úteis para explicitar as idéias informais dos estudantes e ajudar na construção das idéias científicas. O objetivo é levar o estudante a tomar consciência desses dois conjuntos de idéias — informais e científicas — e a perceber a diferença entre elas.

#### **Atividade 1: Comparação de um termômetro de laboratório com um termômetro clínico**

A primeira atividade consiste em solicitar aos alunos que observem e desenhem o bulbo e o capilar de um termômetro clínico ('de febre') e de um termômetro de laboratório, para poder explicar por que um termômetro de laboratório não precisa ser agitado antes do uso e não pode ser retirado do sistema cuja temperatura queremos conhecer, enquanto o termômetro clínico precisa ser agitado antes do uso e pode ser retirado do sistema (o corpo

da pessoa) cuja temperatura se quer conhecer. O objetivo dessa atividade é entender o funcionamento dos termômetros e discutir a idéia de equilíbrio térmico.

Por que podemos afirmar que um termômetro mede a temperatura de um corpo? Com base nas observações feitas nessa primeira atividade, é possível notar que, por causa de um detalhe na sua fabricação, o termômetro clínico pode ser retirado do corpo da pessoa para efetuar a leitura, enquanto o termômetro de laboratório deve, durante a leitura, permanecer em contato com o sistema no qual estamos efetuando a medida. De qualquer forma, só podemos afirmar que a temperatura lida no termômetro é a mesma temperatura do sistema porque houve uma transferência de energia do sistema para o termômetro, quando o primeiro está a uma temperatura mais alta, e do termômetro para o sistema na situação inversa. Por que ocorre essa transferência? Porque dois corpos, objetos ou sistemas em contato tendem a igualar suas temperaturas e atingir o equilíbrio térmico, havendo a transferência de energia sempre do corpo, objeto ou sistema à maior temperatura para aquele à menor temperatura. Esse princípio, que está 'por trás' do funcionamento dos termômetros, é conhecido como lei zero da termodinâmica. Outra maneira de formulá-lo é: "se um sistema A está em equilíbrio térmico com um sistema B, e B está em equilíbrio térmico com C, então C também está em equilíbrio térmico com A".

Esse princípio já contém algo que é estranho à nossa visão cotidiana dos fenômenos envolvendo calor e temperatura. O 'estranho' é a idéia de que a transferência de calor sempre ocorre do corpo à maior temperatura para o corpo à menor temperatura, não havendo portanto dois processos de transferência de energia, mas apenas um, o do calor.

Para completar essa atividade, pode-se discutir com os alunos por que certos sistemas — por exemplo, o corpo humano, uma vela e um ferro de passar roupa — não seguem o princípio do equilíbrio térmico, por serem fontes de calor.

## **Atividade 2: Sensação de quente e frio, temperatura e calor específico**

O objetivo dessa atividade é entender a diferença entre a sensação de quente e frio e o conceito de temperatura. Usamos nosso corpo como um termômetro em várias situações. As mães sabem avaliar se o leite da mamadeira do bebê está na temperatura ideal pingando algumas gotas no dorso das mãos. De maneira semelhante, elas sabem avaliar se seu filho está febril ou não colocando a palma da mão sobre a testa da criança.

No entanto, essas sensações muitas vezes podem nos iludir. Nessa atividade, sugere-se que os alunos toquem dois blocos — um de madeira e outro de alumínio — e tentem avaliar, pelo toque, suas temperaturas. Esses blocos devem conter um orifício para que possa ser introduzido um termômetro. Após a avaliação da temperatura pelo tato, os alunos deverão introduzir um termômetro nos orifícios de cada um dos blocos e anotar a temperatura. A constatação de que a temperatura dos dois blocos é a mesma, apesar de o bloco de alumínio parecer mais frio, causa certo espanto e alguma dificuldade para os alunos.

A conclusão mais importante dessa atividade é que nem sempre a sensação de quente e frio corresponde a uma diferença real de temperatura. No caso estudado, o que ocorre é que a mão está numa temperatura maior que a temperatura dos blocos. Quando a mão — uma fonte de calor — toca os blocos, há uma modificação na temperatura dos blocos. Nessa situação, nosso corpo estava em uma temperatura maior que a temperatura ambiente, que é também a temperatura dos blocos. Nesse caso, houve transferência de energia do nosso corpo para os blocos. A temperatura do metal se modifica mais rapidamente do que a da madeira, o que provoca a sensação de que o metal está mais frio do que a madeira.

Essa diferença de comportamento entre a madeira e o metal pode ser explicada em termos de calor específico, que é uma propriedade que ajuda a entender uma série de fenômenos cotidianos, como o motivo por que as panelas de metal esquentam mais rapidamente do que as de barro ou pedra. O valor do calor específico de cada material apresenta pequenas variações com a temperatura. No entanto, podemos considerar esses valores constantes para as situações sugeridas neste artigo.

O calor específico pode ser definido como a quantidade de calor que um grama de determinado material deve ganhar ou perder para que sua temperatura varie em um grau Celsius. Um material que possua alto calor específico aquece — e também esfria — muito mais lentamente do que um material de baixo calor específico. O calor específico dos metais é baixo quando comparado a materiais como argila ou pedra, usados na fabricação de panelas. Isso significa que, considerando panelas de mesma massa, é necessário fornecer menos calor para o metal do que para a argila para fazer com que ele atinja a temperatura de cozimento. Da mesma forma, a panela de metal vai esfriar mais rapidamente, pois a quantidade de calor que ela deve ceder ao ambiente para esfriar é bem menor que no caso, por exemplo, da argila.

No caso da atividade com os blocos, poderíamos explicar a diferença entre as sensações provocadas pela madeira e pelo metal também em termos de calor específico. Como o calor específico do metal é menor, ele sofre uma variação de temperatura maior do que a da madeira ao entrar em contato com nossa mão, atingindo

**Usamos nosso corpo como um termômetro em várias situações. As mães sabem avaliar se o leite da mamadeira do bebê está na temperatura ideal pingando algumas gotas no dorso das mãos. De maneira semelhante, elas sabem avaliar se seu filho está febril ou não colocando a palma da mão sobre a testa da criança. No entanto, essas sensações muitas vezes podem nos iludir**

mais rapidamente a temperatura de nosso corpo. Essa rápida variação de temperatura do metal nos dá a sensação de frio. Essas situações são importantes para evidenciar a grande diferença que existe entre nossas noções cotidianas de calor e a noção científica. Enquanto nas primeiras o calor e o frio são tratados como atributos dos materiais, a noção científica estabelece que o calor depende da relação entre dois sistemas. Assim, não tem sentido, do ponto de vista da ciência, falar do calor de um corpo ou de um sistema, já que só existirá calor quando existir diferença de temperatura entre dois sistemas ou entre duas partes de um mesmo sistema.

Para completar essa atividade, poderia ser solicitado ao aluno que respondesse a algumas perguntas usando valores tabelados de calor específico. Considerando, por exemplo, que o calor específico da água, em  $\text{cal g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , é igual a 1,0 e que o do ar, nas mesmas unidades, é aproximadamente 0,24, é possível explicar por que a água de uma piscina, no verão, geralmente é mais fria que o ar durante o dia e mais quente durante a noite.

### Atividade 3: Temperatura e calor

O objetivo dessa atividade é estabelecer a relação entre calor e diferença de temperatura, por meio do cálculo da quantidade de calor transferida entre duas massas iguais de água, a diferentes temperaturas. Na linguagem cotidiana, estamos acostumados a considerar o calor como diretamente proporcional à temperatura. De acordo com essa concepção, sempre há mais calor quando a temperatura é mais elevada.

Nessa atividade, solicita-se aos alunos que misturem quantidades iguais de água (50 mL, por exemplo) a temperaturas diferentes, de tal modo que no sistema de maior temperatura a diferença de temperatura seja menor, e vice-versa. Por exemplo, pode-se pedir ao aluno que misture quantidades iguais de água a 20 e a 40  $^\circ\text{C}$  e depois repita o mesmo procedimento para água a 60 e a 70  $^\circ\text{C}$ . Deve-se solicitar ao aluno que faça a previsão sobre qual das duas situações envolverá maior quantidade de calor, ganho

ou perdido. Em seguida, solicita-se ao aluno que calcule, usando a expressão  $Q = m c \Delta T$ , a quantidade de calor perdida pelo sistema contendo água à temperatura mais elevada e a quantidade de calor ganha pelo sistema contendo água à temperatura mais baixa, quando essas duas quantidades de água são misturadas. Deve-se usar a mesma massa de água para todos os sistemas (50 mL) e anotar a temperatura dos dois sistemas imediatamente antes de misturá-los.

O cálculo das quantidades de calor ganho e perdido indicará que houve maior troca de calor entre os sistemas que estavam a uma temperatura mais baixa, pois a diferença de temperatura entre eles (20 e 40  $^\circ\text{C}$ , aproximadamente) é maior que entre os sistemas a temperaturas mais elevadas (60 e 70  $^\circ\text{C}$ , aproximadamente). Esse dado normalmente contraria a expectativa dos alunos de que a uma temperatura maior corresponde maior quantidade de calor. Deve-se chamar a atenção para o fato de que os valores do calor ganho e perdido deveriam ser iguais, mas esse resultado não é obtido devido às perdas de calor para o frasco de vidro e para o ambiente. Pode-se discutir com os alunos formas de melhorar esse resultado — por exemplo, considerando a quantidade de calor ganha pelo vidro do béquer e isolando os béqueres com isopor ou mesmo com jornal.

Por meio dessa atividade, fica evidente como os conceitos científicos de calor e temperatura são diferentes dos nossos conceitos cotidianos. Na vida cotidiana associamos calor diretamente à temperatura, considerando que a uma temperatura mais alta corresponde uma quantidade maior de calor. É possível verificar, por meio da Atividade 3, que o conceito científico de calor relaciona-se com a diferença de temperatura entre dois sistemas. Isso tem

uma implicação importante para o entendimento de calor e temperatura do ponto de vista científico. Em primeiro lugar, só há calor quando há diferença de temperatura, pois o calor é o processo de transferência de energia de um sistema a uma temperatura mais alta para outro a uma temperatura mais baixa. Além disso, a quantidade de calor transferida é proporcional à diferença de temperatura e não à temperatura, o que implica que pode haver mais calor sendo transferido entre sistemas a baixas temperaturas do que entre dois sistemas a temperatu-

ras mais altas. Isso ocorrerá se a diferença de temperatura entre os sistemas a baixa temperatura for maior do que entre os sistemas a temperatura mais alta, desde que as massas consideradas sejam as mesmas.

A necessidade de comparar massas iguais quando se quer comparar o calor envolvido nos processos é importante porque a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um corpo em uma certa quantidade depende do calor específico do material de que é feito o corpo e da massa do corpo. Quanto maior o calor específico do material, mais calor é necessário para aquecer o corpo. O mesmo se pode dizer em relação à massa do corpo: quanto maior a massa, mais calor é necessário para aquecer o corpo. Isso fornece uma explicação razoável para certos fatos que observamos no nosso dia-a-dia. Na prática, sabemos que uma panela de alumínio aquece muito mais rapidamente do que uma panela de ferro, quando colocadas em trempe de fogão aproximadamente iguais. No entanto, o calor específico do alumínio ( $0,22 \text{ cal g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) é maior que o do ferro ( $0,11 \text{ cal g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ). Se considerássemos somente o calor específico, seria de se esperar que a panela de ferro aquecesse mais rapidamente. No entanto, se

**Os alunos normalmente ficam surpresos com o fato de que a água não entra em ebulição dentro do tubo de ensaio, mesmo tendo atingido a temperatura necessária para tal. Nesse caso, não há fluxo de calor entre a água do béquer e a água do tubo de ensaio, pois estando os dois sistemas à mesma temperatura, o valor de T entre eles é igual a zero**

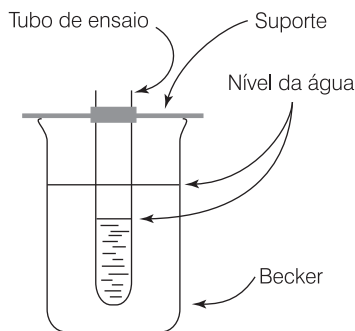
compararmos placas de ferro e de alumínio de mesmo tamanho, constatamos que a placa de alumínio é muito mais leve. Logo, embora o calor específico do ferro seja menor, a massa de ferro a ser aquecida é muito maior, o que torna o alumínio mais vantajoso sob esse aspecto. Esse conjunto de informações está, de certa forma, sintetizado na fórmula matemática que usamos para calcular a transferência de calor:  $Q = m c \Delta T$ . Ou seja, a quantidade de calor que um corpo pode receber depende da diferença de temperatura entre o corpo e a fonte de calor (no caso de aquecimento do corpo), do calor específico do material de que é feito o corpo e de sua massa.

O conceito científico de calor é, portanto, bem diferente da concepção cotidiana, que associa calor à temperatura e considera que quanto maior a temperatura, mais calor um corpo ou sistema tem. Do ponto de vista científico, um corpo não possui calor. Ele armazena energia interna que pode ser transferida sob a forma de calor desde que haja contato com um corpo a uma temperatura menor. A transferência de calor sempre ocorre do sistema de maior temperatura para o de menor. Essa idéia também contraria a forma de pensar cotidiana, que admite que um corpo quente pode transferir calor e um corpo frio pode transferir frio.

#### Atividade 4: Condições para que a água entre em ebulição

O objetivo dessa atividade é reforçar a idéia de que só existe transferência de calor quando há uma diferença de temperatura entre dois sistemas. Para isso, deve-se montar um sistema para aquecimento de água num béquer (ver esquema da montagem) e colocar um tubo de ensaio contendo água dentro desse béquer com água, de modo que o tubo de ensaio não encoste nas paredes ou no fundo do béquer, o que caracteriza um 'banho-maria'. Deve-se perguntar ao aluno se ele espera que a temperatura da água dentro do tubo de ensaio atinja a mesma temperatura da água no béquer, e se ele espera que a água ferva dentro do tubo.

Os alunos normalmente ficam sur-



Esquema do sistema de aquecimento de água

presos com o fato de que a água não entra em ebulição dentro do tubo de ensaio, mesmo tendo atingido a temperatura necessária para tal. Nesse caso, não há fluxo de calor entre a água do béquer e a água do tubo de ensaio, pois estando os dois sistemas à mesma temperatura, o valor de  $\Delta T$  entre eles é igual a zero. Como não há fluxo de calor, não está sendo fornecida a energia necessária para romper as interações intermoleculares (as ligações de hidrogênio) entre as moléculas de água, condição necessária para que a água entre em ebulição. Essa quantidade de energia necessária para que 1 g de água entre em ebulição é chamada calor de vaporização da água.

Essa atividade oferece oportunidade para que se reforce a idéia de que só há calor quando há diferença de temperatura, além de permitir a discussão dos porquês da velha prática cotidiana de se usar o 'banho-maria' para aquecer bebidas como o café. Além disso, é possível introduzir a discussão sobre o calor envolvido em processos como mudanças de estado e reações químicas.

#### Considerações finais: calor e temperatura e modelo cinético-molecular

No decorrer dessas quatro atividades, é conveniente possibilitar discussões sobre como os conceitos de calor e temperatura podem ser traduzidos em termos de comportamento molecular por meio do modelo cinético-molecular. Sendo todos os materiais constituídos por moléculas, íons ou átomos, a temperatura pode ser associada à energia cinética média

dessas moléculas, íons ou átomos. Em outras palavras, pode-se considerar que a temperatura expressa o maior ou menor grau de agitação térmica das moléculas de um corpo. Quanto maior a temperatura, maior será a agitação térmica dessas moléculas. Esse modelo pode ser usado também para explicar a transmissão de calor por condução térmica. Quando uma fonte quente entra em contato com uma placa de alumínio, por exemplo, ela aumenta a agitação térmica e portanto a energia cinética dos átomos da superfície do metal em contato com a fonte. Por meio de sucessivas colisões, parte da energia cinética dos átomos da região aquecida é transferida para os átomos da região vizinha e assim sucessivamente, até atingir todos os átomos da placa. Nesse processo, o calor é transmitido de átomo para átomo sem que os mesmos sofram deslocamento ao longo do metal. Em outras palavras, a energia é transferida sem que haja transporte de matéria. De forma semelhante, a placa transmite o calor para os alimentos no seu interior. O fluxo de calor continuará enquanto existir uma diferença de temperatura.

A discussão desses conceitos básicos de calor e temperatura, por meio de atividades que procuram explicitar as concepções dos estudantes e auxiliar na construção dos conceitos científicos, parece-nos fundamental para evitar que os estudantes aprendam toda uma gama de conceitos mais avançados, como calor de reação, lei de Hess, etc. sobre uma base frágil em que conceitos científicos ficam amalgamados com concepções cotidianas.

**Eduardo Fleury Mortimer**, bacharel e licenciado em química pela UFMG e doutor em educação pela USP, é professor da Faculdade de Educação da UFMG. **Luiz Otávio F. Amaral**, bacharel e licenciado em química e doutorando em educação na Unicamp, é professor do departamento de química do Instituto de Ciências Exatas da UFMG.

#### Para saber mais

DRIVER, R., GUESNE, E. e TIBERGHEN, A., Eds. *Ideias científicas en la infancia y la adolescencia*. Madri: M.E.C. e Eds. Morata, 1985.