

Uma “luz” no aprendizado de ciência: Inserindo a prática investigativa com uma vela

.....
James A. Souza

Departamento de Física, Universidade
Federal de São Carlos, São Carlos, SP,
Brasil

E-mail: jamesfisica@gmail.com

.....
Cleidson S. de Oliveira

Mestrando do Programa de Pós-
Graduação em Ensino de Ciências
Exatas, Universidade Federal de São
Carlos, São Carlos, SP, Brasil
Escola Estadual Prof^a Leonor
Fernandes da Silva, Salto, SP, Brasil
E-mail: cl-santiago@uol.com.br

.....

Ultimamente, em muitos países, várias discussões e reformas curriculares têm dado destaque à importância da prática experimental para o ensino de ciências desde as séries iniciais [1, 2]. O crédito a estas práticas é dado, em grande parte, ao fascínio que a demonstração de alguns fenômenos traz às pessoas por meio da mídia ou feiras de ciências.

Geralmente os professores de ciências atribuem a dificuldade da implementação de aulas práticas à falta de tempo para preparação das atividades, falta de recursos para manutenção dos laboratórios da escola e à carência dos livros didáticos para a orientação das práticas. Outro fator importante para o não sucesso destas atividades é a aplicação do método tradicional de ensino decorrente de materiais e instalações já existentes, onde os alunos são conduzidos passo a passo de maneira mecânica, sem qualquer questionamento ou reflexão, do começo ao fim da atividade proposta. Uma das preocupações atuais é a explicação de fenômenos a partir de materiais didáticos que ofereçam mais espaço para a ação independente e criadora dos estudantes [3, 4].

Temos então um grande desafio no ensino de ciências que reside em como e quando inserir a análise de experimentos científicos na escola. Seria mesmo esta prática imprescindível para aprender ciências? Certamente, para estabelecer a aprendizagem em ciências, a prática experimental pode ser um complemento essencial desde

que seja bem articulada para as questões colocadas. Esta pode facilitar o contraste da abstração científica com a realidade, manter o aluno em contato com novas

tecnologias ou, como bem mencionado por Marie Geneviève e cols. [5], estabelecer relações entre referencial empírico (realidade), conceitos, leis e teorias. Mas devemos estar cientes de que não há necessidade de um laboratório com equipamentos sofisticados para que uma aula prática de ciências seja bem sucedida. O trunfo de uma aula não está na estruturação física da mesma, mas na aprendizagem do aluno. Como o professor do ensino fundamental e médio poderia então trabalhar os recursos próprios da ciência como observação, formulação de hipóteses, experimentação, análise, etc, para explorar o desejo de conhecer e interagir inerentes dos alunos nestes níveis de ensino?

Partindo da concepção de que a aprendizagem no ensino de ciências não é apenas aprender sobre as ciências, mas também fazer ciências [6], podemos explorar o mundo a nossa volta de uma maneira rica e simples mesmo nas séries iniciais. Quando olhamos para um objeto de uma maneira cuidadosa é fácil perceber que qualquer objeto pode ser explorado cientificamente. Neste tipo de desenvolvimento, o professor é a peça principal para sua consolidação, deixando de executar aulas instrucionais e transformando o livro em

uma ferramenta de consulta, de forma que este não seja utilizado como objeto obrigatoriamente norteador com argumentos de autoridade. Neste trabalho exploraremos o que podemos abstrair em termos da prática investigativa da ciência uti-

Os professores de ciências atribuem a dificuldade da implementação de aulas práticas à falta de tempo para preparação das atividades, falta de recursos para manutenção dos laboratórios da escola e à carência dos livros didáticos para a orientação das práticas

lizando apenas uma vela. Não pretendemos mostrar como o ensino de ciência deve ser desenvolvido em sala de aula do ponto de vista pedagógico, apenas ofer-

Este trabalho mostra como é possível explorar em sala de aula diversos fenômenos e conceitos científicos de forma interessante e eficiente a partir de simples experimentos utilizando-se como principal ingrediente uma vela. O objetivo é mostrar que é possível introduzir no ensino de ciências em qualquer nível de ensino de maneira fácil e divertida, explorando a prática investigativa inerente da ciência independentemente se a escola dispõe ou não de muitos recursos.

tamos um exemplo de como a inserção da ciência nas séries iniciais pode ser fácil e divertida.

Introduzindo o assunto

Uma maneira interessante de introduzir um determinado assunto relacionado à ciências para séries iniciais é explorando a curiosidade dos alunos, evidenciada pelas diversas perguntas e pelo interesse em como as coisas funcionam.

No caso da vela, poderíamos apresentá-la em sua utilidade como fonte de luz que ilumina de maneira agradável e singela o ambiente quando acaba a energia de

A convecção ocorre tipicamente em um fluido, como o ar ou a água, e se caracteriza pelo fato de que o calor é transferido pelo movimento do próprio fluido

nossas residências, por exemplo, iniciando com alguns questionamentos: Do que são feitas as velas? Como elas funcionam? Por que sua chama tem diferentes tonalidades? Por que sua chama tem aquele determinado formato? O que alimenta a chama de uma vela? Ela tem um combustível? Por que seu pavio não queima rapidamente? Estas e outras são questões que a princípio parecem ser muito simples de serem respondidas, mas que na verdade podem nos conduzir a diversas dúvidas demandando uma análise cuidadosa para conseguir as respostas.

Mãos à obra

Vamos iniciar nossa investigação falando sobre o que ocorre com o ar em volta da vela para mantê-la acesa. Durante esta discussão vamos tentar introduzir alguns conceitos científicos de maneira simples, para não frustrar a descrição dos fenômenos envolvidos no funcionamento da vela. Devido às diferenças existentes entre as escolas da rede pública em confronto com a rede particular, no que diz respeito à estrutura e até mesmo ao nível de escolaridade dos alunos, é inevitável que o professor forneça maiores detalhes ou diferentes abordagens para a descrição de alguns conceitos.

Quando acendemos uma vela, é comum passarmos a mão sobre sua chama e verificarmos que há um fluxo de ar ascendente bastante aquecido. Este fato está relacionado à transmissão de calor por convecção. A convecção ocorre tipicamente em um fluido, como o ar ou a água, e se caracteriza pelo fato de que o calor é transferido pelo movimento do próprio fluido, constituindo as chamadas correntes de convecção. Este tipo de transmissão de calor pode ser classificado a partir da causa que dá origem ao escoamento do fluido. Se as correntes de convecção são

causadas por diferenças de densidade provocadas por gradientes de temperatura dentro do fluido sob o efeito gravitacional (forças de empuxo), diz-se que a convecção é *natural* ou *livre*. Se o escoamento é mantido por algum dispositivo mecânico, como uma bomba ou um ventilador, as correntes de convecção são *forçadas*.

Note a quantidade de conceitos que introduzimos apenas neste parágrafo como transmissão de calor, convecção, fluido, densidade, gradientes de temperatura e empuxo, sem contar que poderíamos falar sobre o processo de combustão do sistema. Tudo isso foi possível ser introduzido e

poderá ser analisado apenas com uma vela. Vamos tratar agora da convecção natural e mostrar que este fenômeno é essencial para manter a vela acesa. Para isto vamos fazer um experimento, no qual utilizaremos os seguintes materiais:

- Velas;
- Fósforos;
- Tubos de vidro de extremidades abertas em diferentes comprimentos e diâmetro de aproximadamente 3 cm;
- Pequenas bases de metal, madeira, nylon ou PVC (opcional);
- Lâminas de metal em forma de T;
- Incenso.

Antes de iniciar o experimento vamos nos atentar à seguinte curiosidade, que é comumente observada. Quando acendemos uma vela e a tapamos com um copo, observa-se que a vela se apaga em pouco tempo. Muitas pessoas desvendam o segredo facilmente, dizendo que para manter a chama “viva” ou acesa é necessário oxigênio, portanto, quando o oxigênio dentro do copo acaba a vela se apaga. Mas

e se colocarmos um tubo de vidro aberto sobre a vela, o que acontece? Outros poderiam responder, a vela se manterá acesa porque desde tempos remotos tubos abertos eram utilizados para proteger a chama de velas contra o vento, por exemplo. Mas será que para qualquer tamanho de tubo a vela se mantém acesa? E o que isto teria a ver com a quantidade de oxigênio disponível para a combustão e as correntes de convecção citadas anteriormente? Vamos ao experimento.

Nesta demonstração utilizamos três tubos de vidro de diferentes comprimentos, 20, 25 e 30 cm, para tentar descobrir se há alguma influência da altura do tubo com a eficiência da convecção. Uma alternativa para os tubos é o uso de vasos para flores artificiais. Neste caso, é necessário que a base do vaso seja cortada para que o tubo fique aberto. Nunca utilize tubos de lâmpadas fluorescentes, pois, além de possuir vapor de mercúrio, que é altamente tóxico, possuem paredes muito finas o que inviabiliza um corte preciso. Outro cuidado interessante é isolar os cortes do tubo de vidro com fita isolante (Fig. 1a) ou outro material compatível.

Como mostra a Fig. 1a, as três bases para as velas foram feitas com materiais diferentes: madeira, PVC e metal, para mostrar a variedade de materiais que podem ser utilizados para a realização do experimento. Para evitar acidentes, não utilize materiais que possam queimar como isopor e papelão. Note que a base deve encaixar na parte inferior do tubo (Fig. 1b) para evitar a entrada de qualquer fluxo de ar que possibilite a alimentação da chama por esta região. O tubo que utilizamos tem precisamente 3,2 cm de diâmetro interno e o encaixe da base foi feito com 3 cm de diâmetro de modo que seja possível remover o tubo com facilidade. A altura do encaixe pode ser de aproxi-



Figura 1 - (a) Materiais utilizados para a realização do experimento sobre convecção. A fita isolante colocada nas extremidades dos tubos é para isolar o corte do vidro. (b) Configuração do experimento.

madamente 2 cm.

Para as lâminas de metal podem-se utilizar sobras de calha de zinco, destas colocadas em telhados de residências. Estas devem ser cortadas em forma de T para que seja possível apoiá-las na parte superior do tubo sem encostar-se à vela. A extremidade inferior da lâmina pode ficar 4 cm acima da superfície da base. Nestes 4 cm será colocada a vela que pode ter uns 2 cm de altura, já que o comprimento da chama é de aproximadamente 2 a 2,5 cm. Se a extremidade superior da *chama* encostar-se à lâmina não há problema, o único inconveniente é o aquecimento da mesma, mas atenção neste detalhe: a lâmina não pode encostar-se ao *pavio* da vela. Quando algum material de grande porte, como a lâmina, mantém contato com o pavio, a vela se apaga, pois o material “rouba” calor da chama. Se o material for um metal, como neste caso, o processo ocorre mais rapidamente já que os metais são bons condutores de calor. Você pode verificar isto! Após efetuar todo o trabalho a configuração do experimento deve ser parecida com a mostrada na Fig. 1b. Agora a curiosidade deve estar focada na utilidade da lâmina de metal, que ficará clara à medida que formos descrevendo o experimento e entendendo o processo de convecção.

Primeiramente fixe as velas nas bases e em seguida acenda todas. Coloque os tubos sobre as velas do menor para o maior. Verifica-se que a vela do tubo maior (30 cm) se apaga rapidamente enquanto que a do tubo médio (25 cm) se mantém por um tempo razoável de cerca de 1 minuto. Já a vela do tubo menor (20 cm) não se apaga, veja Fig. 2. Este último tubo é muito interessante, porque nos dá a impressão de que a chama da vela desaparece como se tivesse apagado, mas a mesma volta a brilhar com vivacidade. Podemos perceber claramente a chama aumentando e diminuindo com o tempo.

Vamos entender o que está acontecendo. Sem o tubo, o processo de convecção natural na vela ilustra claramente o princípio de Arquimedes, pois como a mistura de ar aquecido pela chama e os produtos da combustão se expandem, estes possuem menor densidade que o ar que ocupa toda a vizinhança da vela. Pela influência da gravidade, o gás de menor densidade é deslocado para cima pelo ar de maior densidade que desce, fornecendo

O sentido da convecção depende de pequenas assimetrias em torno da extremidade da partição próxima à chama da vela, mesmo quando esta é colocada exatamente no meio do tubo. Uma vez que a convecção se dê em um sentido, ela se manterá neste sentido até a vela se extinguir; seu sentido inicial é completamente indeterminado



Figura 2 - Observação da influência da altura do tubo no funcionamento da vela.

o oxigênio necessário para continuar o processo de combustão da vela. Este processo pode ser ilustrado colocando uma bolinha de isopor imersa em uma vasilha com água: quando a abandonamos nós a vemos subir, pois esta possui menor densidade que a água. No momento em que o tubo é colocado a mistura de ar ascendente interfere com o ar descendente próximo ao topo do tubo devido à sua própria viscosidade. Sendo assim, a convecção natural não alcança o nível da chama da vela para o tubo de 30 cm, diferentemente do tubo de 20 cm. Para tornar esta explicação convincente, vamos visualizar este processo de escoamento do ar (convecção) utilizando a lâmina de metal e o incenso.

Coloque o tubo maior sobre a vela acesa e introduza rapidamente a lâmina. Verifica-se que a chama não se apaga

como antes, mostrando que a lâmina restabeleceu o processo de convecção. A introdução da lâmina dividiu o tubo em duas partições, com o gás aquecido (menor densidade) subindo de um lado e o ar de maior densidade descendo do outro, proporcionando o fluxo

de oxigênio na vela. Acenda agora o incenso e aproxime-o das partições no topo do tubo. Verifica-se que de um lado a fumaça irá subir, mostrando que de fato há um fluxo ascendente, e do outro a fumaça irá penetrar no tubo sendo sugada em direção à chama como se o tubo fosse uma trompa. Na Fig. 3 utilizamos um pedaço

de estopa embebido em nitrogênio líquido para obtermos um volume maior de fumaça e sua visualização foi melhorada com uma ponteira laser de cor verde. A visualização do fenômeno com a fumaça produzida pelo incenso é totalmente satisfatória para demonstrações em sala de aula.

Agora poderia surgir a pergunta: quando a lâmina é introduzida em que sentido a convecção é estabelecida, horário ou anti-horário? O sentido da convecção depende de pequenas assimetrias em torno da extremidade da partição próxima à chama da vela, mesmo quando esta é colocada exatamente no meio do tubo [7]. Uma vez que a convecção se dá no sentido horário (anti-horário), a mesma se manterá neste sentido até a vela se extinguir, portanto o sentido é completamente indeterminado. Semelhantemente a isto, não podemos determinar o sentido em que a água irá escoar em uma pia ou banheira quando seu dreno for aberto. Neste caso o sentido é determinado por imperfeições na superfície da pia que provocam pequenos vórtices na água no momento de seu escoamento. Muitas pessoas confundem este fenômeno creditando-o às forças de Coriolis dizendo que a água espirala por um dreno no sentido horário em um hemisfério, Norte ou Sul, e no sentido anti-horário em outro, mas isto é um mito.

A força de Coriolis é uma força de inércia que atua em um corpo em movimento em relação a um referencial girante. A Terra é um referencial deste tipo devido à sua rotação. Os desvios produzidos pelas forças de Coriolis em relação ao sentido do movimento nos hemisférios Norte e Sul são observados em fenômenos de grande magnitude, tais como a erosão das margens de rios, correntes oceânicas, desgastes mais rápidos dos trilhos direito ou esquerdo de estradas férreas, deslocamento de massas de ar, entre outros [8]. Um exemplo clássico e que pode ser a causa da confusão sobre as consequências destas forças é a tendência de ciclones girarem no sentido anti-horário no hemisfério Norte e no sentido horário no hemisfério Sul. Em uma pia ou banheira estes efeitos são completamente desprezíveis. Agora o leitor, professor ou aluno, deve estar pensando o que este parágrafo tem a ver com a vela. Na verdade colocamos este trecho para mostrar que podemos utilizar o assunto que está sendo tratado como base para outras curiosidades como a desmistificação do escoamento da água em uma banheira. Pode-se aproveitar a discussão para inserção de novos conceitos e assuntos curiosos como a força de Coriolis que,

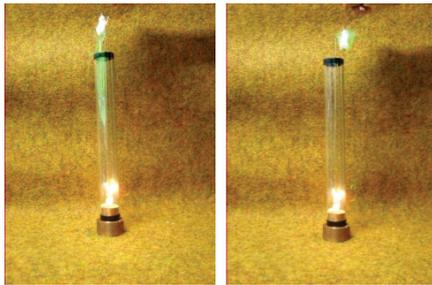


Figura 3 - Peça de estopa embebido em nitrogênio líquido e fumaça iluminada com uma ponteira laser de cor verde para melhorar a visualização da convecção que é restabelecida quando a lâmina de metal é introduzida no tubo de 30 cm. À esquerda temos a sucção do ar de maior densidade e à direita observa-se que há um fluxo de ar ascendente.

de certa forma, está presente no nosso dia a dia. Quando ensinamos ciências não é necessário seguirmos uma ordem rigorosa de tópicos como é mostrado nos livros ou apostilas didáticas. Mesmo que determinados assuntos sejam tratados em outro momento do curso de ciências podemos ir acostumando os alunos, pois as demonstrações podem nos ajudar a pensar e enxergar analogias em diferentes situações.

Voltando à vela, vimos que para o estabelecimento de fluxos convectivos naturais é necessária a existência de gravidade. Este processo explica também o porquê do formato alongado e as diferentes tonalidades da chama da vela. A combustão se dá na base da chama onde a mesma é abastecida com oxigênio apresentando uma cor branco-azulada e uma temperatura $T > 1250\text{ °C}$ [9]. Logo acima desta região observamos uma cor castanha-avermelhada próximo à extremidade superior do pavio. Esta é a região de menor temperatura da chama, $T \approx 520\text{ °C}$ a 1050 °C [9]. Finalmente na região superior da chama temos uma cor amarelada cuja temperatura está entre $T \approx 1050\text{ °C}$ e 1250 °C [9]. Veja as tonalidades da chama da vela na Fig. 4. Se a combustão for incompleta haverá produção de monóxido de carbono (CO), além de CO_2 e H_2O , sendo possível observar ainda a presença de fuligem (fumaça preta) na ascensão da mistura de gás aquecido. Se a presença de gravidade é fundamental para a existência de convecção natural, o que aconteceria com a chama de uma vela em uma nave espacial no estado de imponderabilidade ($g = 0$)?

Como na ausência de gravidade não há um movimento relativo entre a vela e o ar circundante para que haja um fornecimento contínuo de oxigênio, os gases aquecidos provenientes da combustão irão

se expandir e empurrar o ar próximo à chama radialmente em todas as direções para longe da mesma, fazendo com que esta se apague imediatamente. Note a importância do conhecimento deste fenômeno. Se imaginarmos que o sistema de circulação de ar de uma espaçonave quebrasse repentinamente e um astronauta estivesse dormindo preso em sua cama, em vez de estar à deriva pela nave, este estaria correndo sério perigo de vida. Ele poderia morrer por asfixia pelo mesmo processo descrito acima, pois tal como a vela, o astronauta utiliza o oxigênio do ar circundante e o substitui pela liberação de vapor de água e gás carbônico aquecidos. Por isso não devemos tentar respirar embaixo d'água através de um tubo simples, pois rapidamente o oxigênio do tubo seria consumido sendo ocupado por gás carbônico. Existem técnicas iniciais de mergulho como o snorkel, que possibilita a respiração da pessoa através de um tubo em forma de L ou J, mas estes tubos contêm válvulas para viabilizar a respiração e evitar a entrada de água quando a pessoa submerge completamente.

Uma das grandes utilidades da Estação Espacial Internacional (ISS – *International Space Station*) é a instalação de laboratórios que permitem estudar processos físicos em um ambiente de microgravidade, já que muitos fenômenos

básicos podem ser mascarados pela presença da gravidade terrestre. A Fig. 4 mostra a imagem de uma vela queimando em microgravidade. Note que a chama tem um comportamento diferente daquele que observamos na Terra, pelo fato do transporte de oxigênio e dos produtos da combustão ocorrer através de processos de difusão molecular que são bem mais lentos que aqueles por convecção. Em decorrência disto é possível estudar com maior facilidade o processo de combustão, já que este é retardado, tornando-o mais eficiente diminuindo efeitos prejudiciais ao ser humano, como a poluição.

Então podemos alterar a forma da chama de uma vela se conseguirmos modificar o movimento relativo do ar na convecção natural, por meio de uma convecção forçada, por exemplo. Vamos

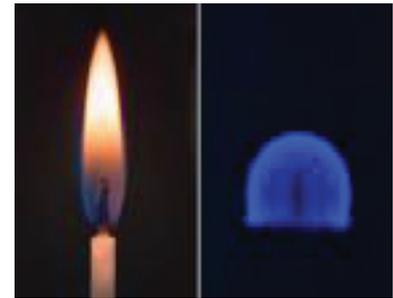


Figura 4 - À esquerda temos uma vela queimando sob o efeito da gravidade terrestre, exibindo um formato alongado e diferentes tonalidades em sua chama. À direita temos uma imagem de uma vela queimando em um ambiente de microgravidade (na ISS) mostrando a alteração no formato e cor da chama devido à mudança no processo de transporte de gases para a combustão [10].

mostrar agora como podemos fazer isto colocando a vela em movimento retilíneo acelerado. Este experimento pode ser feito de diversas maneiras.

Para torná-lo visível e convincente, neste trabalho utilizamos o tubo de vidro maior (30 cm) com uma vela inteira presa a sua base e encaixamos a base (madeira) na parte de baixo de um carrinho comum. Para colocar o sistema em movimento o carrinho foi puxado por um barbante preso a

uma massa de $m = 50\text{ g}$ abandonada sob a ação da gravidade, veja o esquema ilustrativo na Fig. 5. Muita atenção neste experimento, pois é imprescindível colocar o tubo em torno da vela para isolarmos o

Quando ensinamos ciências não é necessário seguirmos uma ordem rigorosa de tópicos como é mostrado nos livros ou apostilas didáticas. Mesmo que determinados assuntos sejam tratados em outro momento do curso de ciências podemos ir acostumando os alunos, pois as demonstrações podem nos ajudar a pensar e enxergar analogias em diferentes situações

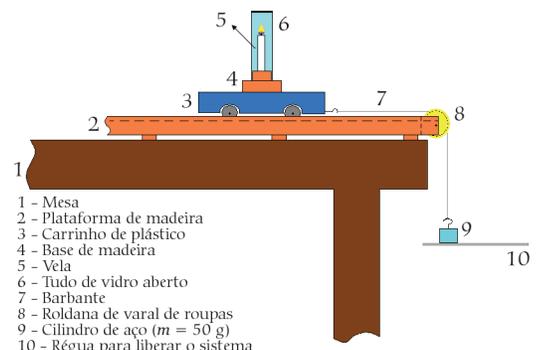


Figura 5 - Esquema ilustrativo mostrando o aparato utilizado para colocar a vela em movimento retilíneo acelerado através da queda de uma massa de $m = 50\text{ g}$.

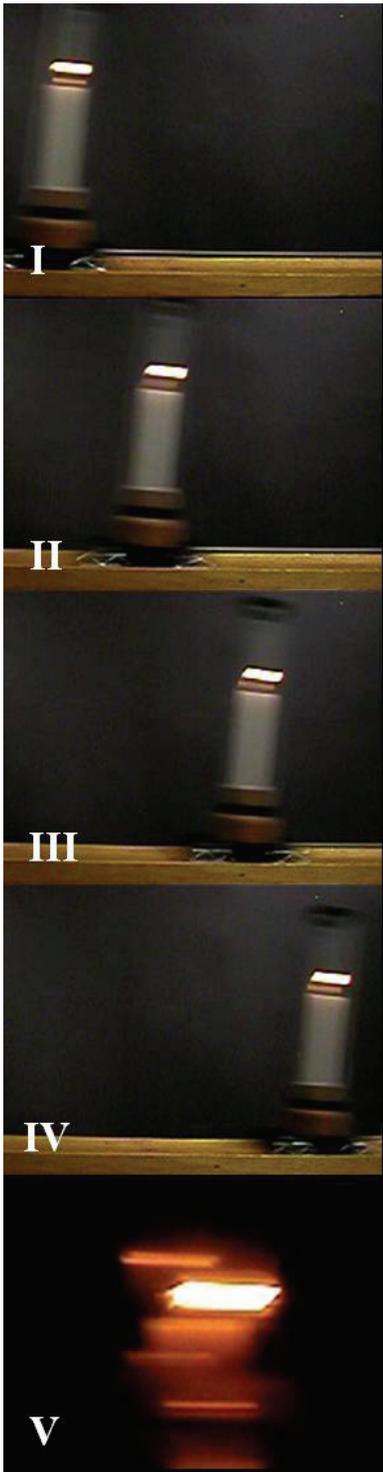


Figura 6 - Da foto I a IV temos o movimento retilíneo e acelerado da vela pela queda de uma massa de $m = 50$ g. Note a deformação da chama da vela na direção do movimento. O sentido do movimento é da esquerda para direita, evidenciado pelo barbante tensionado neste sentido. A foto V foi obtida colocando-se uma vela dentro de um frasco de vidro, utilizado para acondicionar doce de leite, e acelerado manualmente sobre uma mesa no mesmo sentido do sistema anterior.

sistema do movimento relativo do ar, ou seja, aquele vento que sentimos contra nosso movimento quando andamos de bicicleta.

Note na sequência de fotos da Fig. 6 que a chama da vela fica com uma forma quase esférica no início do movimento tornando-se oblata e inclinada no sentido do movimento à medida que o sistema é acelerado. O sentido do movimento é mostrado pelo barbante tensionado, ou seja, o carrinho é puxado da esquerda para a direita. Note que temos um fato muito curioso neste experimento.

Quando estamos sentados em um banco de um carro ou de pé em um ônibus somos impulsionados contra o sentido do movimento do veículo quando o mesmo é acelerado, o que equivaleria a dizermos que somos inclinados para trás, já que nossos pés tendem a ficar fixos pela força de atrito. Por que então a vela é inclinada para frente? Será que encontramos uma violação da primeira lei de Newton e o princípio da inércia não vale para a chama da vela? Na verdade não, e a explicação é muito simples. Lembre-se que no processo de convecção temos dois gases de diferentes densidades onde o de maior densidade é deslocado para a região inferior da chama e o de menor densidade para a região superior. Quando o sistema inicia seu movimento o efeito da aceleração é mais intenso no gás de maior densidade, pois este possui maior inércia. Portanto o gás da região inferior tem maior tendência de permanecer em repouso que o da região superior, fazendo com que o mesmo seja pressionado na parede esquerda do tubo

A capilaridade é responsável pela subida ou descida de um líquido sobre um sólido quando o contato entre os dois é estabelecido, dependendo, é claro, das forças de coesão e adesão na interface dos materiais

de vidro, contrário ao movimento, deslocando o ar de menor densidade para a direita do tubo no sentido do movimento. Em resumo, o que fizemos foi inclinar as correntes de convecção no sentido do movimento do sistema, como mostra o esquema ilustrativo da Fig. 7. A fronteira entre os gases de diferentes densidades co-

locada na figura é apenas ilustrativa, pois esta não é bem definida na realidade, pois os gases estão em constante movimento. Para tornar esse experimento mais visível utilize velas com barbantes espessos,

pois estas produzem uma chama maior.

Para finalizarmos, vamos responder o porquê do pavio da vela não queimar rapidamente. A resposta a essa pergunta justifica também a menor temperatura na região próxima à extremidade superior do pavio, onde a chama apresenta uma cor castanha-avermelhada. O material de que é feito o pavio da vela apresenta uma característica muito importante chamada de capilaridade. Esta é responsável pela subida ou descida de um líquido sobre um sólido quando o contato entre os dois é estabelecido, dependendo, é claro, das forças de coesão e adesão na interface dos materiais. Você já deve ter observado este fenômeno ao encostar a ponta de um guardanapo de papel na superfície de um líquido qualquer. Veja a analogia deste experimento mostrando a capilaridade do guardanapo de papel e o pavio da vela nas fotos apresentadas na Fig. 8a. No caso da vela, o sólido é o próprio pavio que absorve a cera líquida (parafina) puxando-a para cima enquanto a vela estiver queimando. Na Fig. 8b utilizamos uma vela colo-

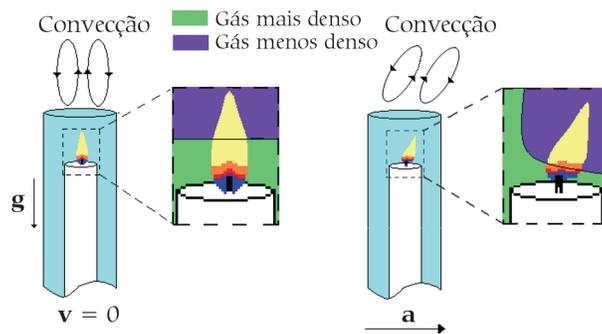


Figura 7 - Esquema ilustrativo do que ocorre com a chama da vela quando a mesma é acelerada da esquerda para a direita. A fronteira entre os gases de diferentes densidades é apenas ilustrativa, pois esta não é bem definida na realidade.

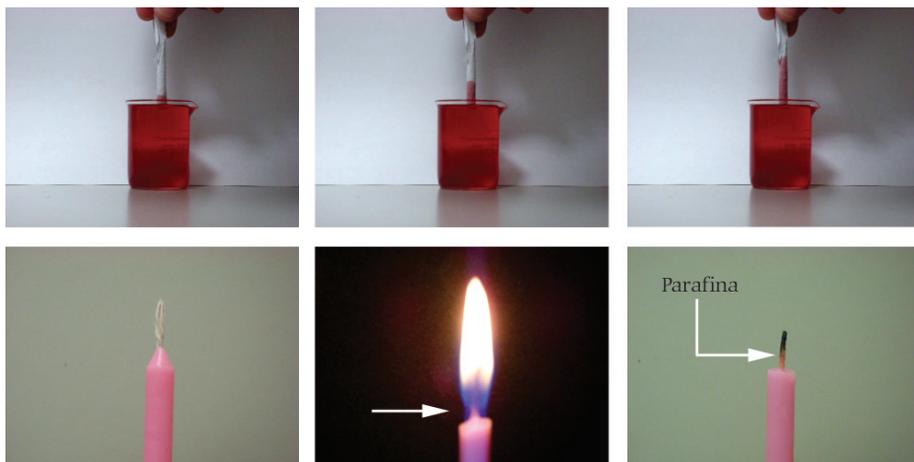


Figura 8 - (a) Efeito da capilaridade de um guardanapo de papel, semelhante ao pavio da vela por onde sobe a parafina (seta) durante o processo de combustão (b). Note que quando a vela se apaga pode-se notar a parafina solidificada no pavio, apresentando a cor da vela.

rida para a melhor visualização deste processo. Note que quando a vela é apagada pode-se observar que parte do pavio está colorido, devido à absorção de parafina pelo pavio através do efeito de capilaridade. A parafina é um hidrocarboneto pesado proveniente do petróleo bruto, sendo então o combustível da vela. Durante sua queima esta evapora e resfria a extremidade superior do pavio retardando seu desgaste e justificando o porquê da chama apresentar menor temperatura nesta região. O pavio funciona como um suporte de combustão para a queima da parafina. Você pode provar isto com um simples experimento.

Pegue uma vela e deixe-a acesa por alguns segundos. Tente apagá-la de maneira suave (coloque um copo sobre a vela) de modo que dê para visualizar a fumaça branca que é emanada do pavio sem dispersá-la. Esta fumaça é parafina condensada. Acenda um palito de fósforo e coloque sua chama nesta fumaça e você verá que a vela se inflamará novamente, mesmo que a chama do fósforo esteja distante do pavio da vela. O processo deve ser rá-

pido, ao apagar a vela é bom estar com o palito de fósforo aceso. A Fig. 9 mostra este experimento. Note como o fogo salta do palito de fósforos para o pavio da vela, através da parafina condensada, fumaça branca. A distância entre a chama do palito de fósforo e o pavio da vela é em torno de 8 cm.

Conclusão

Note a infinidade de assuntos tratados utilizando apenas uma vela, sendo possível investigar os problemas com simples experimentos, questionando e fazendo várias analogias para explicação de diversos fenômenos interessantes.

Além do tratamento dado neste trabalho, o professor pode citar várias outras aplicações do dia a dia dos alunos que utilizam o fenômeno da convecção como o porquê do congelador estar na parte superior de uma geladeira, assim como o porquê da instalação de um aparelho de ar condicionado ser feita próximo ao teto de um cômodo. Poderia levar os alunos a aprender qual a maneira mais eficiente de manter alimentos resfriados em uma

caixa de isopor, ou seja, mantendo o gelo sobre os alimentos, e também o porquê do aquecimento dos alimentos ser mais eficiente pela sua parte inferior como no caso do fogão, entre muitos outros.

Para tornar uma aula de ciências interessante e eficiente não são necessários laboratórios sofisticados ou grandes demonstrações em sala de aula, basta olhar à nossa volta, pois a ciência está presente no carro que dirigimos, nos aviões, no uso de computadores e telefones, nos CD's de músicas que ouvimos ou nos DVD's de filmes, no nosso simples caminhar, no movimento de uma bicicleta, na admiração do céu azul ou na beleza de um arco-íris, ou seja, a ciência está presente em tudo que vemos, basta acender uma pequena vela para enxergarmos isto.

Agradecimentos

Agradecemos à Professora Cristiane S. de Oliveira pela leitura do trabalho e sugestões e ao Professor José P. Rino por nos fornecer uma câmera fotográfica para a filmagem de alguns experimentos.

Referências

- [1] Y.L.N.S. Cerri e M.G.C. Tomazello, in: *Quanta Ciência há no Ensino de Ciências*, organizado por A.C. Pavão e D. Freitas (EdUFSCAR, São Carlos, 2008).
- [2] C.W. Rosa, A.B. Rosa e C. Pecatti, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **6**, 263 (2007).
- [3] A.T. Borges, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **19**, 291 (2002).
- [4] A.C. Pavão, in: *Quanta Ciência há no Ensino de Ciências*, organizado por A.C. Pavão e D. Freitas (EdUFSCAR, São Carlos, 2008).
- [5] M.G. Séré, S.M. Coelho e A.D. Nunes, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **20**, 30 (2003).
- [6] M. Rodrigo, J.G. Morcillo, R. Borges, M^a.A. Calvo, N. Cordeiro, F. García y A. Raviolo, *Revista Complutense de Educación* **10**, 261 (1999).
- [7] J.C. Sprott, *Physics Demonstrations – A Sourcebook for Teachers of Physics* (The University of Wisconsin Press, 2006).
- [8] H.M. Nussenzveig, *Curso de Física Básica I – Mecânica* (Editora Edgard Blücher LTDA, 2002), 4^a edição revista.
- [9] L.C. Menezes e Y. Hosoume et al., *Leituras de Física GREF – Física Térmica, Para Ler, Fazer e Pensar* (Instituto de Física da USP, São Paulo, 1998), versão preliminar.
- [10] Figura obtida no site <http://ciencia.hsw.uol.com.br/estacoes-espaciais5.htm>, acessado dia 10/7/2010.

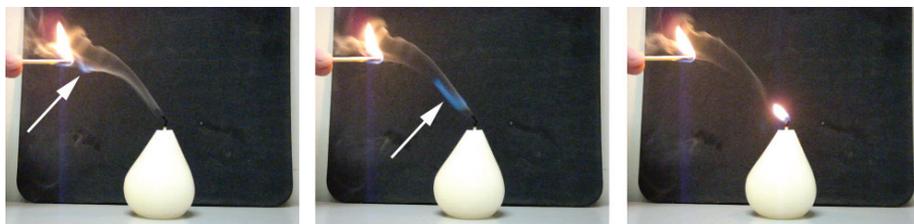


Figura 9 - Sequência mostrando que a vela se ascende pela parafina condensada (fumaça branca) emanada pelo pavio quando a vela é apagada. Note a distância entre a chama do fósforo e o pavio (cerca de 8 cm). As setas indicam o rápido movimento do fogo até o pavio. É um processo extremamente rápido da ordem de milissegundos.