
DEMONSTRE EM AULA: GOTAS QUE INFLAMAM – UMA ABORDAGEM CONSTRUTIVISTA⁺*

Jorge Roberto Pimentel

Departamento de Física - UNESP

Rio Claro – SP

Fuad Daher Saad

Instituto de Física – USP

Paulo Yamamura

Fundunesp – UNESP – SP

Claudio Hiroyuki Furukawa

Instituto de Física – USP

São Paulo – SP

Resumo

Este artigo propõe a execução de uma intrigante demonstração para ser apresentada em sala de aula, relacionada com a liquefação de oxigênio existente no ar sobre uma superfície resfriada com nitrogênio líquido. Devido a trabalhar com o inusitado, a demonstração é adequada para ser utilizada com uma abordagem construtivista, de forma que os alunos, baseados nos conhecimentos que possuem, sejam estimulados a formular hipóteses, analisá-las e discuti-las para, finalmente, chegar numa explicação correta do fenômeno.

Palavras-chave: *Ensino de Física, Temperatura, Calor, Mudança de Estado.*

Abstract

This paper suggests a very simple set-up that allows an amazing demonstration in Physics high-school classes: the phenomena of liquid oxy-

⁺ Inflammable drops – a constructivist approach

^{*} *Recebido: abril de 2004.
Aceito: outubro de 2004.*

gen condensation on a surface refrigerated with liquid nitrogen. The demonstration involves an unusual effect and its purpose is to serve as an inducing element for constructivist learning allowing the students to analyze it, discuss it, formulate hypothesis and finally to achieve a correct explanation for the observed phenomena.

Keywords: *Physics Teaching, Temperature, Heat, State Change.*

I. Introdução

Diz um ditado popular que “onde há fumaça, há fogo” e muitos de nós já vivenciamos uma situação que exemplifica isto junto a um fumegante braseiro de churrasqueira. As chamas podem ser “avivadas” com a introdução de mais oxigênio, abanando-as ou usando sopradores elétricos ou mecânicos.

Uma situação semelhante é utilizada como elemento motivador na demonstração aqui proposta. Nela, um pequeno braseiro será intrigantemente avivado com um líquido que goteja de uma superfície resfriada com nitrogênio líquido.

O uso de nitrogênio líquido encontra-se difundido em várias regiões do País, em função do melhoramento genético e das técnicas de inseminação artificial empregadas na criação de muitos animais e que requerem o armazenamento de material genético a temperaturas muito baixas. Em vista disso, nitrogênio líquido pode ser encontrado em muitos municípios com relativa facilidade e conseguir uma pequena quantidade para fins didáticos não é tarefa impossível.

A montagem proposta necessita de um volume muito pequeno que pode ser transportado numa garrafa térmica ou num recipiente de isopor.

Devido à temperatura do nitrogênio líquido ser muito baixa, ele deve ser manipulado cuidadosamente, pois pode provocar lesões nos tecidos.

II. Montagem experimental

A montagem a ser feita, mostrada na Fig. 1, utiliza uma latinha vazia de alumínio (refrigerante ou cerveja) que é presa inclinada num suporte e no interior da qual será colocado um pouco de nitrogênio líquido.

Na base do suporte, coloca-se um recipiente metálico (tampa de vidro de conserva, por exemplo) que funcionará como “braseiro”. Para seu preparo, deverão ser queimados pedaços de barbante ou de estopa embebidos em álcool, deixando que se inflamem por alguns instantes. Apagado o fogo, restarão as “brasas” a serem utilizadas na demonstração.



Fig. 1- Montagem experimental sugerida.

III. Procedimento

Coloca-se nitrogênio líquido dentro da latinha (pouco mais da metade é suficiente), informando aos alunos (e anotando o valor na lousa) que sua temperatura de ebulição é, aproximadamente, -196°C ou 77 K^1 e pede-se que todos observem o que vai acontecer.

Após alguns instantes, na superfície externa da latinha verifica-se nitidamente a formação das duas regiões que estão mostradas na Fig. 2.

A linha divisória entre essas regiões corresponde ao nível em que se encontra o nitrogênio líquido. A região acima dessa linha (região B) é seca e está coberta por uma névoa esbranquiçada. A região abaixo (região A), parece molhada e nota-se que algumas gotas se desprendem dela. Essas gotas constituem o objeto a ser explorado na demonstração.

IV. O que existe na região B?

Em torno da lata tem-se ar cuja composição aproximada é de 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 1% de outras espécies químicas (gases nobres, gás carbônico, metano, hidrogênio, ozônio, óxido nitroso), incluindo-se o vapor de água.

¹ Os valores das temperaturas de ebulição, citados neste artigo, referem-se ao nível do mar e foram extraídos da tabela periódica dos elementos existente em KELLER, F. J.;GETTYS, W. E.; SKOVE, M. J. **Física**. São Paulo: Makron Books, 1999.



Fig. 2 - Regiões A e B formadas na superfície externa da latinha.

Na região B a temperatura externa da lata é muito baixa, porém maior do que -196°C . Nela, o vapor de água existente no ar após transferir calor para a superfície sofre duas mudanças de estado: passa de vapor para líquido (condensação) e de líquido para sólido (solidificação). Na região B, portanto, existe água no estado sólido (gelo) numa temperatura bem abaixo de 0°C . Se o professor dispuser de um termômetro adequado (termopar, por exemplo) poderá até mesmo medir o valor da temperatura dessa camada de gelo. Dependendo de onde o termômetro é colocado, pode-se obter valores compreendidos entre -30°C e -40°C .

V. O que existe na região A?

A região A está em contato direto com o N_2 líquido e sua temperatura é praticamente de -196°C . Uma vez que a temperatura de ebulição do oxigênio é, aproximadamente, -183°C (90 K), nessa região a superfície está em condições de provocar a mudança de fase do oxigênio existente no ar. É o que ocorre. As moléculas de oxigênio gasoso transferem calor para essa superfície e se liquefazem, “molhando” a região A com oxigênio líquido! Este se acumula na parte mais baixa da latinha, conforme mostrado na Fig. 3, e cai sob ação da gravidade.

O oxigênio líquido (LOX) é um poderoso comburente (ele é utilizado, por exemplo, nos motores de foguetes que funcionam com combustível líquido) e as gotas que caem podem inflamar materiais incandescentes. É justamente esse efeito que a demonstração explora.

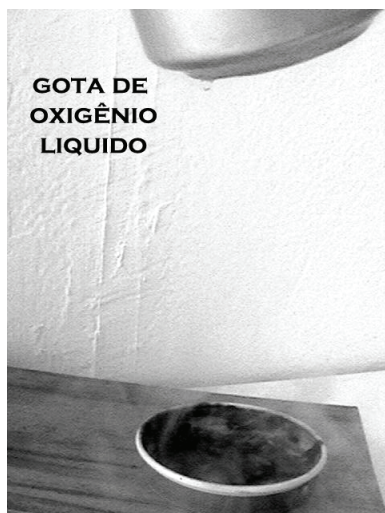


Fig. 3 - Gota de oxigênio líquido em formação na parte mais baixa da latinha.

VI. Vapor de água não solidifica na região A?

Uma vez que a temperatura da região A é menor do que -183°C , além do oxigênio liquefeito também existe vapor de água que se condensa e se solidifica nessa região. Entretanto, como a porcentagem de vapor de água no ar é muito pequena (muito menor do que 1%) comparada com a de oxigênio (cerca de 21%), na região A, forma-se muito pouco gelo, prevalecendo uma grande quantidade de oxigênio líquido.

VII. Como abordar de modo construtivista o efeito que os alunos observam

A pergunta básica que dará origem ao processo de trabalhar o conhecimento dos alunos é: **do que são formadas essas gotas?**

Baseados em seus conhecimentos de Ciências e de Física, os alunos devem ser estimulados a verbalizar hipóteses explicativas para a origem das gotas e a razão de se inflamarem. O professor deve intervir, por meio de perguntas pertinentes, para que as hipóteses sejam discutidas e tenham sua validade testada com o objetivo final de se chegar a uma explicação consistente para o fenômeno.

Uma vez que a lata está rodeada pelo ar, inicialmente os alunos deverão ser inquiridos sobre qual é a sua composição (a ser anotada na lousa), para que tenham noção do que pode estar se condensando na superfície externa da lata. Em seguida, deverão ser provocados a formularem hipóteses sobre a formação das gotas.

VII.1 Vapor de água

A primeira hipótese que muito provavelmente será manifestada é a de que as gotas se formam devido à **condensação do vapor de água existente no ar**.

Para refutá-la, pode-se perguntar qual a ação da água sobre o fogo e, diante da resposta esperada, propor que as gotas sejam utilizadas para extinguí-lo, com a colocação do “braseiro” debaixo delas. Surpreendentemente, as supostas gotas de água avivam a chama e a hipótese não se sustenta.

VII.2 Nitrogênio

Após verem o braseiro ser avivado, uma outra hipótese frequentemente levantada pelos alunos é de que as gotas se formam devido à **condensação dos vapores do próprio nitrogênio líquido**, referindo-se à névoa que desce lateralmente (na realidade, trata-se de vapor de água que é resfriado pelo nitrogênio líquido e se condensa em gotículas, originando uma névoa mais densa que o ar) ou então que deve haver um minúsculo furo por onde o **nitrogênio vaza e goteja**. Portanto, é o nitrogênio que alimenta o fogo.

Para contestar essa hipótese, basta despejar um pouco de nitrogênio líquido sobre parte do “braseiro” e mostrar que, ao invés de avivar a chama, ele a extingue. Ao contrário do oxigênio líquido que é comburente, o nitrogênio líquido é inerte e não alimenta a combustão.

VII.3 Hidrogênio

Após esse teste, alguns alunos podem dizer que as gotas são **formadas por hidrogênio**, conhecido como sendo inflamável. A hipótese pode ser descartada perguntando-se de onde surge esse hidrogênio, uma vez que não está ocorrendo qualquer reação química que possa originá-lo e a quantidade dele existente no ar é extremamente pequena. Além disso, sua temperatura de ebulição é, aproximadamente, -253°C (20 K), muito baixa para ser obtida com essa montagem.

VII.4 Oxigênio

Não havendo mais hipóteses, os alunos devem ser levados a recordarem-se do chamado “triângulo do fogo” (fogo, combustível e comburente) que estabelece os elementos presentes num processo de combustão, destacando-se a importância do oxigênio como comburente.

Em uma etapa que irá auxiliá-los a descobrirem do que são feitas as gotas, os valores das temperaturas de solidificação da água (0°C) e de ebulição do nitrogênio (-196°C) e do oxigênio (-183°C) deverão ser informados e anotados na lousa. Posteriormente, os alunos deverão atentar para as duas regiões formadas externamente, uma seca (região B) e outra molhada (região A), momento em que serão provocados a refletir sobre como foram formadas e do que se compõem.

VIII. Conclusão esperada

Diante dessas informações e das hipóteses formuladas, os alunos acabam por suspeitar que as gotas devem conter oxigênio e, finalmente, conseguem explicar o que existe nas regiões A e B.

Essa demonstração, bem conduzida e explorada, resultará na satisfação dos alunos (e do professor) por terem respondido à questão inicialmente formulada, após o entendimento e explicação do fenômeno físico e com base nos conhecimentos que possuem, descobrindo que as gotas são constituídas de oxigênio líquido e que, embora estejam extremamente frias, podem atuar de modo muito eficiente em um processo de combustão.