

Pressão gerada por uma bomba de vácuo para garrafas de vinho (uma atividade experimental para o Ensino Médio)

• • • • •
Carlos Eduardo Laburú¹
Osmar Henrique Moura da Silva^{1, #}
Felipe Moraes Laburú²

¹Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil.

²Universidade de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

RESUMO

Bombas de vácuo usadas para retirar o ar de garrafas de vinho são comercializadas com a finalidade de reduzir o ar no interior delas de modo a conservar o vinho restante para ser posteriormente consumido. Usando esse aparelho, de custo relativamente acessível, o trabalho propõe empregá-lo no Ensino Médio a fim de que os estudantes avaliem a pressão de vácuo que o aparelho produz. Para essa determinação, empregam-se a lei dos gases baseada nas transformações isotérmicas e conceitos de hidrostática. O experimento é uma alternativa a outro experimento constante na literatura, que determina a pressão de lâmpadas fluorescentes e que segue o mesmo procedimento, mas que deixou de ser possível devido à extinção dessas lâmpadas no mercado. Ambas as atividades se inserem na perspectiva de que a aprendizagem das ciências naturais ganha mais significação quando o processo de ensino concatena teoria com experimento.

Palavras-chave: gases; transformação isotérmica; hidrostática; experimentação; pressão de vácuo

• • • • •

1. Introdução

Em um trabalho anterior, Laburú e Silva [1] apresentaram um experimento simples para o ensino básico, cujo objetivo era obter a pressão interna de lâmpadas fluorescentes tubulares de 1,20 m de comprimento. A proposta encaminha um procedimento cuidadoso para a retirada da tampa metálica do terminal de uma das extremidades da lâmpada, assim como indica como proceder a perfuração desse local mediante impacto vertical em um prego que se encontra dentro e no fim de um tubo de PVC direcionador da lâmpada, colocado em um balde com água. O experimento de característica cativante [2], após ter perfurada a extremidade inferior da lâmpada dentro do balde com água, uma coluna de água sobe no interior da lâmpada até, aproximadamente, a totalidade do tubo, devido à baixa pressão interna. A partir das medições das alturas da coluna de água e do pequeno volume de gás comprimido que resta no final da extremidade oposta, determina-se a pressão inicial da lâmpada, podendo compará-la com a do fabricante. O experimento é direcionado ao Ensino Médio e envolve a integração dos conteúdos de Hidrostática e Gases dentro de um tratamento adequado a esse nível escolar. A súbita e inesperada elevação de água no interior da lâmpada, segundo Laburú e Silva [1, p. 250], tende a “desencadear estimulante discussão para esses escolares a respeito do assunto”.

No entanto, alguns inconvenientes

e dificuldades na realização desse experimento são capazes de afastar o professor de utilizar essa proposta, tais como: lâmpadas fluorescentes, se não forem manipuladas com o devido cuidado, podem causar problemas ambientais e à saúde em razão da presença de mercúrio em sua constituição, entre outros produtos, caso sejam descartadas inadequadamente [3, 4]. Por isso, há a necessidade de o professor tomar medidas seguras para o descarte do material após a realização da atividade. Isso porque o descarte da lâmpada não é igual ao de uma lâmpada comum [3], lembrando, ainda, que a água usada no balde torna-se um rejeito contaminado com o material interno da lâmpada. Conforme enfatizam Cestari e Martins [4, p. 125], quando descartadas em locais inadequados, essas lâmpadas con-

A ideia do experimento é empregar a bomba para reduzir a pressão de um tubo de ensaio e, dessa forma, substituir a determinação da pressão de vácuo das lâmpadas fluorescentes pela produzida no tubo de ensaio com a bomba

taminam o meio ambiente e intoxicam seres humanos, podendo causar futuros problemas físicos e neurológicos. Ademais, está cada vez mais comum a substituição das lâmpadas fluorescentes pelas de LED, dificultando sua obtenção. Outro inconveniente, por fim, es-

tá na possibilidade de implosão das lâmpadas na atividade experimental focada, tornando necessários certos cuidados ao manipulá-las durante o experimento [1].

Considerando as dificuldades em empregar lâmpadas fluorescentes, este trabalho apresenta uma alternativa experimental equivalente que, além de substituir essas lâmpadas, preserva o mesmo tratamento físico. A proposta usa uma bomba de vácuo manual utili-

#Autor de correspondência. E-mail: osmarh@uel.br.

zada para retirar o ar do interior de garrafas de vinho, com a finalidade de preservar a quantia remanescente para ser tomada posteriormente. Na versão comercializada aplicada aqui, junto à bomba, há, separadamente, uma rolha específica que veda a garrafa após o bombeamento.¹ A ideia, portanto, é empregar essa bomba para reduzir a pressão de um tubo de ensaio e, dessa forma, substituir a determinação da pressão de vácuo das lâmpadas fluorescentes [1] pela produzida no tubo de ensaio com a bomba. Por esse encaminhamento, em vez de colocar para o aluno o problema de medir a pressão interna de lâmpadas fluorescentes, pode-se substituir esse problema pela determinação da pressão de vácuo produzida pela bomba para garrafas de vinho. Além de superar todos os inconvenientes e as dificuldades existentes com a utilização das lâmpadas fluorescentes, há uma praticidade procedimental adicional em usar tubos de ensaio, pois a rolha vedante que acompanha a bomba de vinho permite, com um simples deslocamento, fazer com que a água se eleve pelo interior do tubo quando a rolha se encontra submersa na água, conforme mostrado mais adiante na Fig. 1B. Por fim, diante desse aparato simples e prático, presente no cotidiano e de custo acessível, sugere-se uma alternativa de proposta experimental mais pragmática e viável para auxiliar no ensino-aprendizagem de conceitos de física estudados no Ensino Médio do que por meio de lâmpadas fluorescentes.

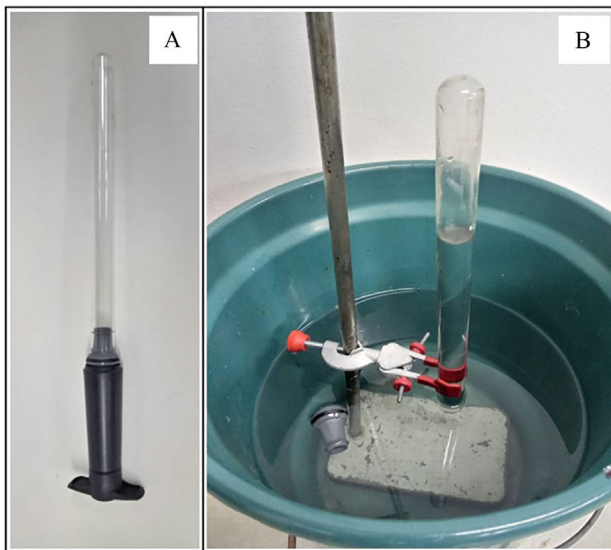


Figura 1 - A) Tubo de ensaio com rolha e bomba; B) Experimento finalizado para medições.

2. Proposta experimental, descrição e resultados.

Como mencionado, a proposta pode partir da proposição da seguinte questão para os estudantes: “Qual é a pressão de vácuo que fornece uma bomba de vácuo para garrafas de vinho?”. Obviamente, a pressão deveria depender do número de sucções realizadas com a bomba, mas, como será visto adiante, é adequado empregar por volta de cinco a dez bombadas, número que é suficiente para a altura de água que sobe no tubo de ensaio ficar bem estacada e que fornece a ordem de grandeza da medida da pressão desse tipo de bomba de vácuo.

A Fig. 1 mostra os equipamentos usados e que são compostos pelos seguintes itens: tubo de ensaio de 30 cm de comprimento; bomba de vácuo para garrafa de vinho com destaque para a rolha (em verdade, esta versão comercializada possui duas rolhas); balde com água; suporte universal com mufa e garra.

Uma vez adaptada a bomba com a rolha no tubo de ensaio (Fig. 1A), sugere-se realizar, como mencionado, por volta de sete sucções sucessivas. Após isso, retira-se a bomba e submerge-se na água a extremidade do tubo com a rolha. Para facilitar as medidas, prende-se o tubo à garra de um suporte uni-

versal, deixando sua extremidade aberta submersa a uns 2 cm da superfície da água (Figs. 1B e 2). Em seguida, remove-se a rolha do tubo, o que faz a água subir devido à baixa pressão, conforme mostrado na Fig. 1B. Como procedimento final, mede-se a altura da coluna de água (h) que subiu pelo tubo a partir do nível da superfície da água no balde. Outra medida necessária é a do volume do ar comprimido no final do tubo, sendo, porém, suficiente obter sua altura (h_f) restante na extremidade superior do tubo (Fig. 2), como os cálculos seguintes indicam.

Pela Fig. 2, sendo a pressão de vácuo da bomba a pressão inicial do gás (P_i), a pressão atmosférica (P_0), a pressão final do gás (P_f) e a pressão da coluna de água (ρgh), tem-se, pelo Princípio de Stevin²

$$P_f = P_0 - gh. \quad (1)$$

Partindo da condição de que a transformação sofrida pelo gás é isotérmica (condição a ser levantada e debatida com os alunos), pela lei de Boyle-Mariotte, obtém-se

$$P_i \cdot V_i = P_f \cdot V_f, \quad (2)$$

sendo que V_i e V_f referem-se aos volumes inicial e final, respectivamente. Deste modo, substituindo P_f em junção das Eqs. (1) e (2), tem-se:

$$P_i = \frac{[(P_0 - gh) \cdot V_f]}{V_i}. \quad (3)$$

Os volumes na Eq. (3) podem ser medidos de maneira mais rigorosa ou de forma mais aproximada e simples. Essas últimas condições ficam dentro de uma perspectiva didática em que o professor está mais interessado em focar a aprendizagem dos conceitos e, portanto, simplificar o experimento e reduzir o tempo da atividade do que na precisão propriamente dita dos resultados. Assim, quando a primeira condição for de interesse, uma proveta pode ser usada para medir os volumes. Assim, o volume inicial (V_i) do ar (com relativa baixa pressão) é obtido ao se verter água no tubo de ensaio até preencher todo o seu volume, descontado o pequeno volume ocupado do encaixe da rolha. Em seguida, mede-se o volume dessa água com uma proveta. Procedimento semelhante é feito para

Para refletir com os alunos: qual é a pressão de vácuo que fornece uma bomba de vácuo para garrafas de vinho?

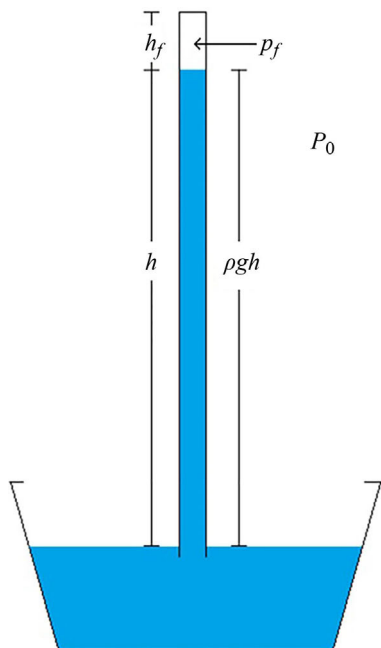


Figura 2 - Situação do experimento realizado de acordo com a Fig. 1B, logo após a abertura da rolha no balde.

obter o volume final (V_f) do ar: preenche-se o tubo com água até a marca h_f e usa-se uma proveta para medir o volume. O outro procedimento alternativo utiliza diretamente os valores de alturas [1, p. 254], pois, uma vez que o volume é o produto da altura pela área e considerando ser um cilindro aproximado ($V = A \cdot h$), a relação dos volumes é simplificada pela relação de medidas diretas das alturas ($V_f/V_i = h_f/h_i$), ficando:

$$P_i = \frac{[(P_0 - gh) \cdot h_f]}{h_i} \quad (4)$$

A pressão atmosférica local da cidade onde se realizou a experiência era de 0,94 atm (da ordem de 500 m de altitude), porém, dentro da proposta com ênfase conceitual acima referida, arredondou-se o valor para 1 atm (erro de 6%). Ainda nessa perspectiva, a expressão da pressão hidrostática (ρgh) permite ser substituída pela pressão direta em milímetros ou centímetros de água, unidades que são mais convenientes e intuitivas para os alunos, visto que não se usa notação científica ou grande número de algarismos quando se utiliza o sistema internacional de unidades, o que facilita o entendimento dos conceitos a serem calculados.

A Tabela 1 apresenta alguns resultados experimentais obtidos com um

Tabela 1: Resultados experimentais.

Número de sucções	h_i (cm)	h (cm)	h_f (cm)	P_i (atm) 10^{-1}	P_i (atm) (média) 10^{-1}
5	28,0	19,0	9,0	3,2	3,3
	28,5	19,2	9,3	3,3	
	28,4	18,9	9,5	3,3	
10	28,4	19,5	8,9	3,1	3,0
	28,0	20,0	8,0	2,9	
	28,5	20,0	8,5	3,0	
20	28,0	18,1	9,9	3,5	2,9
	29,0	21,0	8,0	2,8	
	29,0	22,2	6,8	2,3	
30	28,5	21,5	7,0	2,5	2,8
	27,4	19,9	7,5	2,7	
	29,0	21,0	8,0	3,1	
40	28,0	21,0	7,0	2,5	2,9
	29,0	20,0	9,0	3,1	
	28,0	19,6	8,4	3,0	

tubo de ensaio de 30 cm de comprimento (Fig. 1) e distintas quantidades de sucções realizadas com a bomba.

Pela Tabela 1, nota-se que a bomba, após 20 sucções e considerando a média dos três últimos valores uma vez que começa a flutuar ou estabilizar os dados, apresenta apenas ligeira diminuição de 7% da pressão se comparada a 10 sucções. Como adiantado anteriormente, fica a recomendação de ação de bombeamento ser entre cinco e dez sucções. Dessa forma, já se atinge o valor de um terço da pressão atmosférica.

Diante disso e tendo condição de tempo, outra possibilidade de investigação e discussão a ser estimulada com os alunos é levantar a questão a respeito da bomba conseguir diminuir ainda mais a pressão, conforme se aumenta o número de bombeamentos. Com isso, então, o professor pode sugerir que se meça a pressão atingida com maior número de bombeadas e compará-la com as da faixa de cinco ou dez sucções. Pela tabela e pelos comentários anteriores, o professor já saberá dos resultados a que os alunos chegarão e se o procedimento vale a pena.

A fim de tornar os dados encontrados mais concretos e contextualizados para o estudante, o professor também pode lhe mostrar que o valor de pressão da bomba alcança o valor da ordem da pressão atmosférica local que um alpinista enfrenta no pico Everest com a altitude de 8,8 km. Outros valores com-

parativos a serem exemplificados podem ser a própria pressão atmosférica de 1 atm ao nível do mar, a pressão de vapor de água ($\approx 2,5 \cdot 10^{-2}$ atm), a de uma bomba de vácuo mecânica ($\approx 5 \cdot 10^{-5}$ atm) ou a de uma bomba de vácuo turbo-molecular ($\approx 1 \cdot 10^{-8}$ atm).

3. Considerações Finais

O trabalho pretende contribuir com uma proposta de atividade experimental voltada para o Ensino Médio, que determina a pressão de uma bomba de vácuo encontrada no mercado e que é usada para retirar/diminuir o ar de garrafas de vinho com a finalidade de preservar a sobra do líquido para ser consumida posteriormente. A proposta é paralela e substitui outra experimentação constante na literatura que usa lâmpadas fluorescentes, mas que estão desaparecendo

do mercado por estarem sendo substituídas pelas lâmpadas LEDs. O experimento conjuga e integra os conteúdos de hidrostática e comportamento de gases, com tratamento escolar de nível médio, sendo, assim, viável para trabalhar nesse grau de ensino na medida em que se consideram materiais de fácil aquisição, de simples manipulação, seguros para serem operados e não prejudiciais ao meio ambiente.

Recebido em: 28 de Janeiro de 2022
Aceito em: 9 de Março de 2022

Notas

¹Também existem modelos em que a rolha e a bomba são uma peça única. Exemplo: https://www.dafiti.com.br/Tampa-para-Vinho-A-Vacuo-Acrylic-Mimo-Style-9363575.html?size=%C3%9Anico&gclid=CjwKCAjw7fujBhBdEiwA2lMYWIZ7V2M4FRnud-POobkv109AUTVnIfCa2_ucFS_bL5gNuK7UkRjxoCDuAQAvD_BwE. Neste trabalho estar-se-á empregando um modelo de rolha e bomba separada. Ex.: <https://www.kkh.biz/products/retail-wine-saver-pump-with-2-x-vacuum-bottle-stoppers-black-black-with-2-wine-stoppers>.

²Sendo ρ , g e h , respectivamente, a densidade da água, a aceleração da gravidade e a altura alcançada pela coluna de água (Fig. 2). Contudo, para simplificar, essa expressão é convenientemente substituída por mm ou cm de H₂O, conforme mais à frente no texto.

Referências

- [1] [1] C.E. Laburú, O.H.M. Silva, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **11**, 249 (2004).
- [2] [2] C.E. Laburú, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **23**, 384 (2006).
- [3] [3] S.F. Rodrigues, G.H. Vazquez, J.S. Morais, Engenharia Sanitária e Ambiental **24**, 799 (2019).
- [4] [4] W. Cestari, C.H. Martins, Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental **19**, 124 (2015).