

# Como manter inflado um balão aberto



Francisco Catelli

Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática; Mestrado em Educação, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS, Brasil

Gabriele Molon

Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Escola Estadual Dr. Assis Mariani, Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS, Brasil

Laurete Zanol Sauer

Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS, Brasil

## Introdução

Fenômenos ligados à pressão frequentemente são suscetíveis de provocar espanto e encantamento. Um exemplo, entre muitos outros que poderiam ser escolhidos, é o da água em ebulição à temperatura ambiente [1, 2]. Ao sermos expostos a esses fenômenos, somos confrontados com algo insólito e fora do senso comum. E se a física tem algo a dizer a respeito, então tem-se aí uma oportunidade preciosa de motivar os estudantes. O texto que segue tem essa intenção: a de provocar a curiosidade, o espanto, e depois, o senso crítico e a argumentação. O fenômeno “insólito” e que contraria o senso comum, apresentado aqui, foi sugerido no site Ponto Ciência<sup>1</sup> em 2013 por Helder de Figueiredo e Paula, e consiste em apresentar aos estudantes um balão de borracha, desses utilizados em festas de aniversário, inflado no interior de uma garrafa PET. Mas a abertura do balão não está tapada, e mesmo assim o balão permanece inflado. Como isso é possível?

Na versão proposta aqui, é sugerido o uso de garrafas de vidro, o que torna a atividade ainda mais enigmática e impressionante. O uso de garrafas PET, tal como é indicado no Ponto Ciência, tam-

bém é destacado, mas o é num segundo momento, com o intuito de explorar de forma visualmente conveniente o efeito da pressão atmosférica, a qual é um dos elementos chave da explicação aqui proposta.

## Exploração qualitativa do fenômeno

Veja a Fig. 1: o balão está inflado, e a entrada pela qual o ar foi introduzido permanece aberta! Os alunos ficam bastante intrigados, pelo menos durante algum tempo, até que alguém desconfia: é hora de revelar o “truque”. Claro, há um furo na garrafa (veja a terceira imagem da Fig. 1). Ao efetuar a demonstração, o professor infla o balão assoprando-o para dentro da garrafa, ao mesmo tempo em que coloca o dedo (polegar, na Fig. 1) sobre o orifício “O”, escondendo-o, mas sem tapá-lo. Uma vez o balão inflado, o orifício é tapado com o dedo; quem observa a demonstração dificilmente perceberá essa “manobra”. O professor apresenta o balão dentro da garrafa, inflado e aberto, aos alunos, como na primeira e segunda imagens da Fig. 1. E o balão, mesmo aberto, “não esvazia”!

Mas talvez a parte mais desafiadora seja a explanação física para este aparente paradoxo: considere a Fig. 2. A região “F” (fora, região externa da garrafa) está à pressão atmosférica ambiente. A região “I”, no interior do balão, está também à mesma pressão, a pressão atmosférica, visto que as duas regiões estão interligadas através da abertura do balão;<sup>2</sup> então,

$$p_F = p_I = p_{\text{atm}}$$

Já o ar confinado na região “C”, entre a garrafa e a parte externa do balão, está a uma

pressão inferior à pressão atmosférica – considere que o orifício “O” está fechado. Isto pode ser constatado repetindo o experimento com uma garrafa de paredes flexíveis, como aquelas usadas para embalar água mineral sem gás, como sugerido por

**O fenômeno “insólito” e que contraria o senso comum, consiste em apresentar aos estudantes um balão de borracha, desses utilizados em festas de aniversário, inflado no interior de uma garrafa PET. Mas a abertura do balão não está tapada, e mesmo assim o balão permanece inflado. Como isso é possível?**

<sup>1</sup>É possível manter um balão inflado, mas com a abertura pela qual o ar é introduzido, aberta? A resposta a esse desafio é apresentada de forma qualitativa, e os detalhes para a confecção do dispositivo são apresentados. Conceitos como pressão e equilíbrio de pressões são explorados.

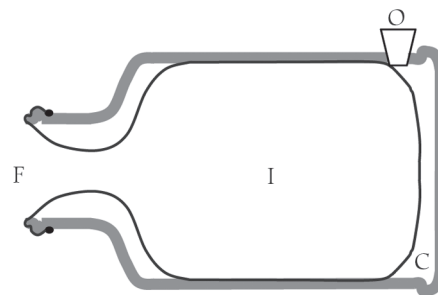
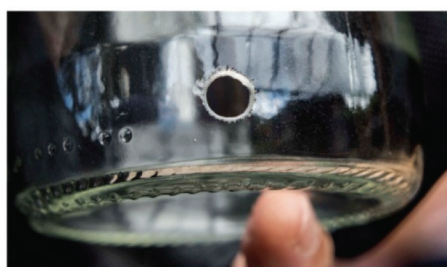


Figura 2: As regiões “F” (fora) e “I” (região interna do balão) estão à pressão ambiente. Já na região “C”, a pressão é ligeiramente menor que a pressão atmosférica. “O” representa o orifício feito na garrafa, que nessa figura aparece tapado.

devida à borracha distendida do balão,  $p_{\text{balão}}$ . Já o manômetro da direita, conectado ao orifício, indica uma pressão que corresponde aos mesmos dois traços, mas *menor* que a pressão atmosférica; esses dois traços (de uma escala arbitrária) representam a pressão  $p_i$ . É essa pressão menor que explica a “deformação para dentro” da garrafa PET da imagem inferior da Fig. 3. Para evitar mal entendidos, convém insistir: que  $p_{\text{balão}}$  é a pressão devida à tensão da borracha das paredes do balão, a qual *não* é igual à pressão  $p_i$  da Fig. 2.

### Conclusão

A diversão está garantida, primeiro ao presenciar, e depois ao “decifrar” a operação mecânica de tapar e destapar o orifício, o que esclarece o proce-

Figura 1: Na imagem superior e na inferior, à esquerda, o balão no interior da garrafa permanece inflado, entretanto, a abertura pela qual o ar foi introduzido permanece completamente aberta! Na imagem inferior, à direita, pode-se ver o orifício aberto na base da garrafa, o qual permite a execução do “truque”. Esse orifício está escondido abaixo do dedo polegar da mão que segura a garrafa, nas duas primeiras fotos.

Paula [3]. Ao realizar a demonstração, as paredes são deformadas “para dentro”. Essa pressão é inferior à da atmosfera, como pode ser visto na Fig. 3.

Cabe considerar, por fim, a pressão devida à borracha (tensionada) do balão inflado e aberto,  $p_{\text{balão}}$  (veja novamente a Fig. 2). Para que o equilíbrio entre as pressões seja respeitado, deve-se levar em conta que a pressão na região I ( $p_i$ , igual à pressão atmosférica,  $p_{\text{atm}}$ ) é equivalente ao valor numérico da pressão na região C ( $p_c$ ) adicionado ao valor numérico da pressão devida exclusivamente à tensão da borracha do balão ( $p_{\text{balão}}$ ). É importante reiterar que essa afirmação só vale quando o orifício “O” está tapado. Essa explicação pode ser melhor entendida a partir do argumento qualitativo, indicado no diagrama da Fig. 4: o manômetro à esquerda indica (esquemáticamente, de forma apenas qualitativa) dois traços acima da pressão atmosférica  $p_{\text{atm}}$ ; esses dois traços representam a pressão

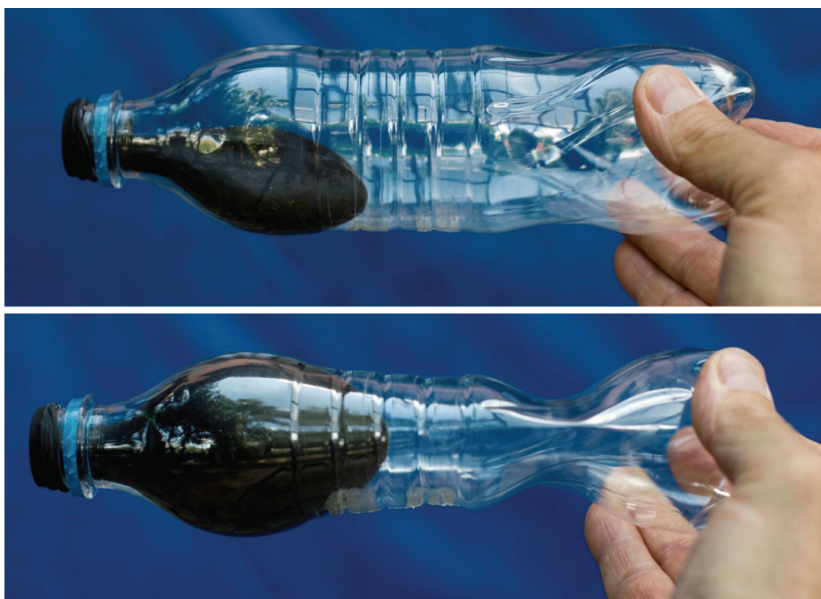


Figura 3: Na imagem superior, o balão está vazio; a garrafa plástica não está deformada. Na imagem inferior, a pressão  $p_c$  do ar confinado entre a parede interna da garrafa e a parte externa do balão (agora inflado) é inferior à pressão atmosférica  $p_i$ ; isto pode ser verificado pela deformação “para dentro” experimentada pela garrafa.

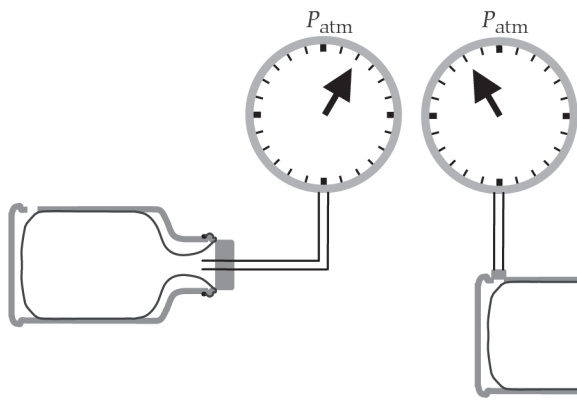


Figura 4: A pressão, medida pelo manômetro da figura à esquerda (a escala é arbitrária) é ligeiramente maior que a pressão atmosférica  $P_{atm}$  (note o orifício aberto na base da garrafa), ela equivale numericamente à pressão atmosférica mais a pressão devida à borracha tensionada do balão ( $P_{atm} + P_{balão}$ ).<sup>3</sup> Se o mesmo manômetro for conectado ao orifício da base da garrafa (figura da direita), ele indicará a mesma diferença em relação à pressão atmosférica, mas dessa vez para menos ( $P_{atm} - P_{balão}$ ), e o balão se manterá “inflado”.

dimento para executar a demonstração. Mas a operação de “decifrar a charada” em termos dos princípios físicos envolvidos também é - a seu modo - divertida. Não se poderia menosprezar o prazer intelectual do processo de estruturar os princípios físicos envolvidos, até o ponto em que o paradoxo do balão “inflado” que assim permanece, mesmo com o orifício de entrada do ar aberto, seja desvendado. Sim, a física pode ser bastante divertida!

### Apêndice 1: Como executar um orifício em uma garrafa de vidro?

Existem brocas especiais,<sup>4</sup> de metal duro (“vídea”), no comércio especializado, projetadas para perfurar vidro. Uma maneira segura de executar o orifício é montar essa broca especial em uma ferramenta de baixa rotação (uma parafusadeira é ideal para essa operação, dada sua rotação naturalmente baixa) e manter a garrafa deitada e apoiada, completamente imersa em água. O nível de água é apenas suficiente para cobrir a garrafa deitada. A água extrairá rapidamente o calor da região do furo, evitando a formação de trincas. Use pouca força ao pressionar a broca contra o vidro; o processo de completar o furo é relativamente lento, e leva alguns minutos. Por segurança, proteja as mãos com luvas e os olhos com óculos. O ideal é pedir a ajuda de um vidreiro. Veja a Fig. A1 e sua legenda. Outra possibilidade é a de empregar uma garrafa PET. Essas garrafas podem ser perfuradas facilmente com brocas comuns, ou com um prego, preso por um alicate e aquecido na chama de um fogão [5]. Entretanto, os estudantes descobrem com maior rapidez o que se passa, visto que as paredes da garrafa deformam para dentro, como pode ser visto na Fig. 3. Essa é a principal vantagem de utilizar garrafas de vidro: não há deformação perceptível, e consequentemente, uma “pista” a menos para descobrir o que está se passando.

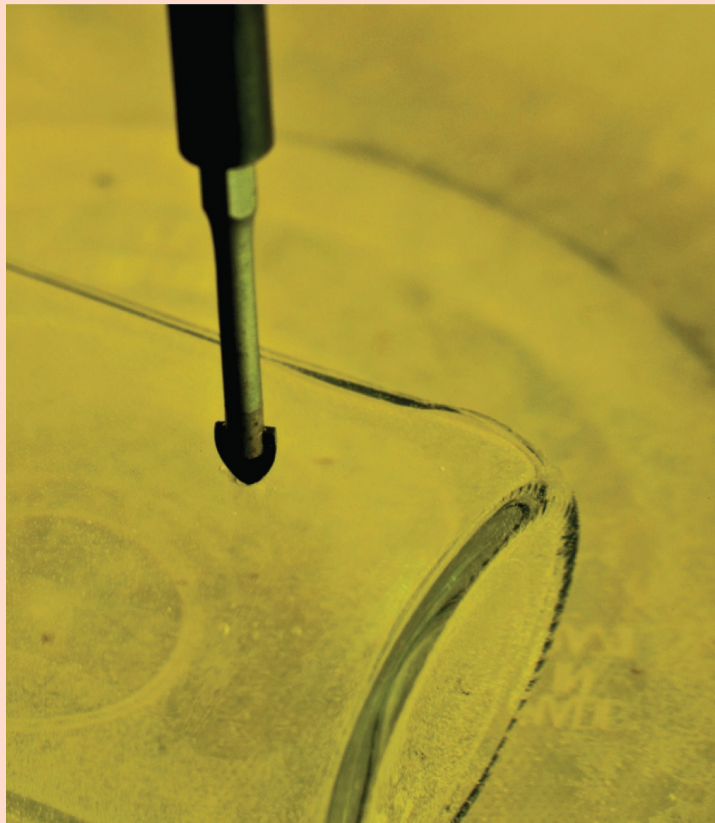


Figura A1: Imagem do início do procedimento de execução de um orifício numa garrafa de vidro. A água na qual a garrafa está imersa retira de forma mais eficiente o calor da região onde o orifício é executado, o que ajuda a prevenir trincas. A rotação da ferramenta deve ser lenta, e a pressão aplicada na broca, pequena. É aconselhável pedir a ajuda de um vidreiro para executar esta operação. A broca com ponta de metal duro, como a da foto, é facilmente encontrada em loja de ferragens, e é especialmente desenhada para perfurações em vidro.

## Bibliografia

- [1] F. Catelli, R. Barbieri e V.B. Schneider, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **31**, 667 (2014).  
[2] J. Zanetic, L.C. Menezes e Y. Hosoume (orgs), *Física 2 - GREF* (EDUSP, São Paulo, 2002).  
[3] Helder de Figueiredo e Paula, *Balão Cheio de Ar, Mas Com a Boca Aberta*, Ponto Ciência, disponível em <http://pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/balao-cheio-de-ar-mas-com-a-boca-aberta/1194> (2013).  
[4] B.A. Biffi e F. Catelli, A Física na Escola **8**(1), 45 (2007).  
[5] D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, *Fundamentos de Física - Vol. 2 - Gravitação, Ondas e Termodinâmica* (LTC, Rio de Janeiro, 2012).

## Notas

<sup>1</sup>Veja <http://pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/balao-cheio-de-ar-mas-com-a-boca-aberta/1194>.

<sup>2</sup>Um argumento semelhante foi empregado por Biffi e Catelli [4], ao explicar por que é difícil beber água de uma garrafa, sugando-a por intermédio de dois canudos, um deles com a extremidade inferior imersa na água, e o outro com sua extremidade inferior fora da água e da garrafa.

<sup>3</sup>A quantidade ( $P_{atm} + P_{balão}$ ) é costumeiramente designada como “pressão absoluta”, ou pressão total. Já  $P_{balão}$  é a “pressão manométrica” [5, p. 62].

<sup>4</sup>Veja, por exemplo, <http://pt.wikihow.com/Fazer-Furos-em-Vidro>.

# BEF

BLUMENAU - SANTA CATARINA

## V ESCOLA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA

27 À 31 DE AGOSTO DE 2018

INSCRIÇÕES: [EBEF.UFSC.BR](http://EBEF.UFSC.BR)

CONTATO: [EBEF@CONTATO.UFSC.BR](mailto:EBEF@CONTATO.UFSC.BR)

LOCAL: UFSC - CAMPUS BLUMENAU

### CONFERÊNCIA 2

ENSINO DE CIÊNCIAS NO SÉCULO XXI: RUMOS E POSSIBILIDADES COM O USO DE TICs  
PALESTRANTE: DRA. ELIANE ANGELA VEIT (UFRGS)

### CONFERÊNCIA 1

NÚMEROS COMPLEXOS NA FÍSICA: EPISÓDIOS HISTÓRICOS E IMPLICAÇÕES DIDÁTICAS  
PALESTRANTE: RICARDO A. S. KARAM (UNIVERSIDADE DE COPENHAGUE)

- RICARDO AVELAR SOTOMAIOR KARAM UNIVERSITY OF COPENHAGEN
- SÍLVIO ROBERTO DE AZEVEDO SALINAS - USP
- MARCO ANTONIO MOREIRA - UFRS
- ELIANE ANGELA VEIT - UFRS
- NELSON STUDART - UFABC
- DANIEL GIRARDI - UFSC



APOIO



MNPEF  
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

### MINICURSO 1

PESQUISA APLICADA, DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E REDAÇÃO CIENTÍFICA.  
PALESTRANTE: MARCO ANTONIO MOREIRA (UFRGS)

### MINICURSO 3

INTRODUÇÃO À TERMODINÂMICA ESTATÍSTICA  
PALESTRANTE: SÍLVIO ROBERTO DE AZEVEDO SALINAS (USP)

### MINICURSO 2

METODOLOGIAS ALTERNATIVAS NO ENSINO DE FÍSICA  
PALESTRANTES: NELSON STUDART (UFABC) E RICARDO A. S. KARAM (UNIVERSIDADE DE COPENHAGUE)

### MINICURSO 4

FÍSICA NO CELULAR  
PALESTRANTE: DANIEL GIRARDI (UFSC)