



**A**ção da força magnética sobre cargas elétricas em movimentos pode ser observada em diversos experimentos didáticos, entre eles no freio magnético. O freio magnético é largamente usado na indústria e, mais recentemente, até mesmo nas carretilhas de pesca, com regulagem magnética, conforme o peso da isca de pesca, para se evitar a formação da irritante “cabeleira”, ou seja, o desenrolar da linha junto à carretilha após a isca ter chegado ao seu alvo, devido à inércia da rotação do miolo da carretilha.

O freio magnético é um experimento relativamente comum em instituições de ensino que possuem laboratórios didáticos de física, porém, geralmente, usando eletroímãs para gerar o campo magnético usado no amortecimento de alguma chapa de alumínio em oscilação dentro do campo magnético. O custo deste experimento, contudo, não o torna acessível às escolas públicas brasileiras. Canalle e Moura [1] propuseram um experimento muito simples, de fácil construção e de baixíssimo custo para demonstrar a ação do freio magnético sobre pequenos discos, retângulos ou “pentes” de alumínio em oscilação dentro de um campo magnético, mas usando ímãs de alto-falante. Neste trabalho apresentamos como construir um simples experimento para demonstrar de forma qualitativa, mas extremamente impressionante, a ação das correntes de Foucault,<sup>1</sup> ou como também são chamadas: correntes parasitas ou correntes de rodaminhos. Neste experimento usamos, pela primeira vez, os ímãs de sucatas de discos rígidos de computadores. Não vamos aqui discutir a origem das chamadas correntes de Foucault, pois isto está

**O alto custo de um eletroímã, normalmente usado no experimento, torna a experiência pouco acessível às escolas públicas brasileiras. Contudo, pode-se utilizar ímãs de sucatas de discos rígidos, de custo praticamente zero**

feito em qualquer livro de eletromagnetismo.

Desenvolveu-se uma montagem na qual coloca-se um disco circular de alumínio (obtido a partir de uma simples forma de pizza) em rotação pela força peso de um objeto suspenso por um fio enrolado no eixo de rotação do disco, do qual pode-se aproximar ou afastar facilmente um par de intensos ímãs permanentes

obtidos de sucatas de discos rígidos de computadores. Quando os ímãs se aproximam do disco em movimento circular uniformemente acelerado e com alta velocidade, ele passa, quase que instantaneamente, para

um movimento circular e uniforme de baixíssima velocidade. Afastando os ímãs, o disco volta ao movimento circular e uniformemente acelerado. O processo pode ser repetido ao longo da queda do objeto suspenso. Assim, com esse dispositivo pode-se substituir os eletroímãs (que não são de baixo custo) pelos já largamente disponíveis ímãs de sucatas de discos rígidos (de custo zero) para ilustrar de forma muito mais impressionante do que se obtinha até então, a ação das chamadas correntes de Foucault.

### **Preparação das peças e lista de material**

Neste experimento utilizamos os materiais a seguir especificados, mas nada impede que substituições sejam feitas. a) Um pedaço de madeira (que chamaremos de torre) com 18 x 7 x 5 cm (Fig. 1); b) uma base de madeira (pode ser de aglomerado ou compensado) com 23 x 23 x 1,5 cm; c) um eixo dianteiro completo de bicicleta aro 14 (Fig. 2); d) uma ripa de madeira com 40 x 4 x 1 cm, que será recortada em pedaços menores (Figs. 3a, 3b,

.....  
**João Batista Garcia Canalle**  
 Instituto de Física, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
 E-mail: canalle@uerj.br

.....  
**José Nunes da Silva Neto**  
 Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
 E-mail: nunes\_rj@uol.com.br  
 .....

Neste trabalho apresentamos a construção de um poderoso freio magnético usando o ímã da sucata do disco rígido de computador. O disco a ser freado é obtido a partir de uma forma de pizza de alumínio. A construção é simples, de baixo custo, resistente ao manuseio e o freio é muito mais poderoso do que tradicionais versões comerciais que usam eletroímãs.

3c, 4 e 5); e) dois ímãs de sucata de disco rígido de computador (dentro de cada disco rígido existe um par de ímãs extremamente intensos) (Figs. 3a, 3b e 4); f) uma roldana de plástico usado em varais de teto (Fig. 5); g) um disco de alumínio com diâmetro de 20 cm, obtido a partir de uma forma de pizza (Fig. 6); h) 1,5 m de linha de náilon (n. 0,5) ou similar (Fig. 6); i) quatro parafusos para madeira com 5 cm de comprimento e 3 mm de diâmetro (para fixar a torre na base e a alavanca na torre) (Figs. 2 e 4); j) uma arruela de 3 cm de diâmetro externo e o diâmetro interno de acordo com o diâmetro do eixo da roda de bicicleta utilizada (Fig. 1); k) uma garrafa PET de 2 ou 2,5 litros cheia de água (ou areia) que será o peso que colocará o disco em rotação (Fig. 6); l) preguinhos (Figs. 4 e 5); m) um tubo de cola Araldite (Figs. 3a, 3b, 4 e 5); e n) furadeira, brocas, tesoura para chapa metálica, lixa para ferro ou lima e martelo.

### Disco de alumínio

Da forma de pizza acima mencionada recortamos a "aba" dela com uma tesoura de cortar chapa metálica (também pode-se pedir para um torneiro mecânico fazer este recorte, ou então, com um martelo, pode-se amassar a aba para dentro da própria forma). Após o recorte com a tesoura é fundamental usar uma lixa para ferro para retirar rebarbas. Com uma broca de mesmo diâmetro do eixo da roda de bicicleta, furamos o centro do disco.

### Torre de madeira

Obtida a "torre" de madeira com as dimensões descritas na lista de material, fizemos os furos indicados na Fig. 1, ou seja, um furo passante para fixação do

eixo da roda dianteira de bicicleta e outro para fixação da alavanca que será descrita a seguir. Feitos os furos, fixamos o eixo da roda de bicicleta, já previamente lubrificado.

### Fixação da torre sobre a base

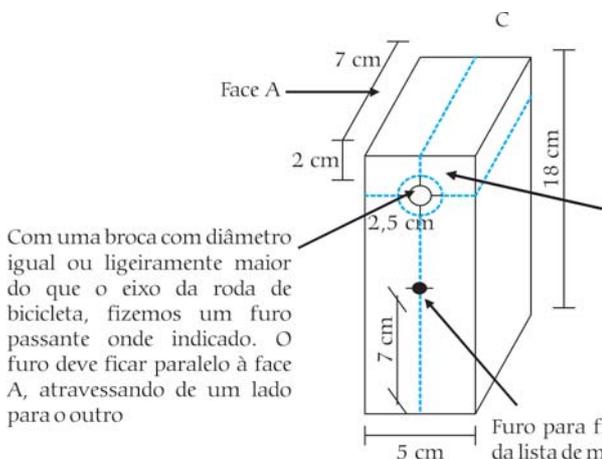
A torre de madeira, já tendo sido perfurada e afixado nela o eixo da roda de bicicleta, deve ser parafusada sobre a base de madeira. Para tanto, fixamos a torre através de 4 parafusos que atravessam a base por baixo dela e prendem a torre firmemente sobre ela, conforme ilustra esquematicamente a Fig. 2.

### Alavanca do freio

Utilizando a ripa de madeira descrita no item "d" da lista de material, recorte-a conforme descrito esquematicamente nas Figs. 3a, 3b e 3c, para juntá-las conforme descrito na Fig. 4, a qual será a alavanca do freio. As Figs. 3a e 3b mostram os ímãs de disco rígido de computador colados na parte central de cada pedaço de madeira. O formato dos ímãs varia conforme o modelo ou fabricante do disco rígido. As peças A e A' e B e B' denotam os pares de ímãs de um mesmo disco rígido. Os ímãs A e A' possuem polaridades opostas, assim como B e B'.

### Polia para correr o fio de náilon

Ainda da ripa descrita no item "d", da lista de material, corte um pedaço de madeira como indicado na Fig. 5. Desmonte a roldana de varal de teto, pois usamos somente a roldana. Passe um prego pelo orifício central da roldana para que ele funcione como seu eixo. Cole firmemente o prego na madeira com Araldite (ou fure a madeira e introduza o prego), conforme ilustra a Fig. 5.



Após fazer este furo passante, com uma broca do diâmetro do rolamento do eixo (ou caixa de bolas do eixo), alargamos a "boca" do furo passante até conseguir a profundidade necessária para encaixar firmemente a caixa de bolas. Fizemos isso no dois lados.

Figura 1. Esquema da "torre de madeira" com a posição dos furos.

### Montando o experimento

Sobre a base já com a torre fixada sobre ela (Fig. 2), parafuse a alavanca (Fig. 4) no local indicado na Fig. 1. A alavanca não pode ser presa rigidamente na torre, pois vamos precisar girá-la para aproximá-la e afastá-la do disco de alumínio sempre que desejarmos frear ou liberar o disco. A seguir fixe o disco de alumínio no eixo da roda de bicicleta. Em

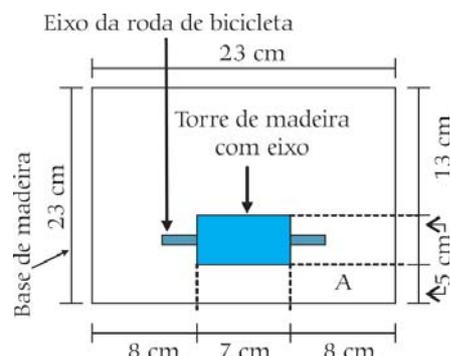


Figura 2 - Vista superior da base de madeira com a "torre" fixada na base e o eixo da roda de bicicleta preso na torre.

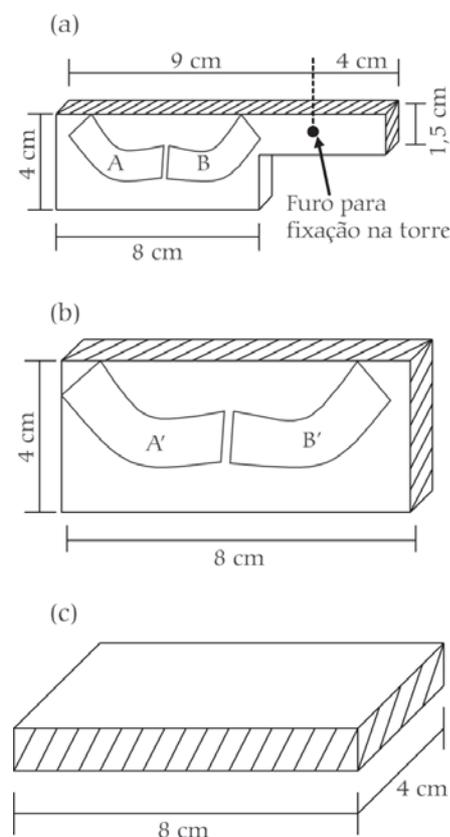


Figura 3 - (a) Peça de madeira após cortada e com os ímãs colados e centralizados na madeira. (b) Retângulo de madeira de 4 x 8 x 1 cm com os ímãs fixados com araldite. (c) Retângulo de madeira de 4 x 8 x 1 cm que será a base da alavanca.

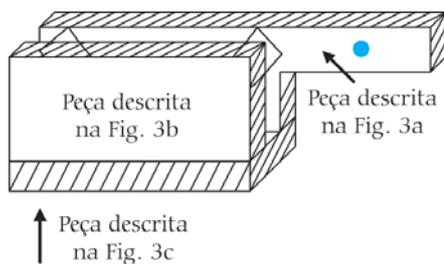


Figura 4 - Alavanca do freio formada com a junção das peças descritas nas Figs. 3a e 3b fixadas sobre a peça descrita na Fig. 3c, com os ímãs uns voltados para os outros, isto é, A e B de frente para A' e B', respectivamente.

cada lado do eixo existem duas porcas, as quais devem ser usadas para fixar o eixo na torre. Coloque o disco na ponta do eixo que está do mesmo lado da alavanca, e para prendê-la, coloque outra porca, não esquecendo de aproveitar para prender junto uma das pontas do fio de náilon. A posição do disco no eixo deve ser ajustada de forma que ele possa girar passando sua borda externa por dentro da alavanca do freio, ou seja, entre os ímãs.

Fixe com pregos a peça descrita na Fig. 5 sobre a base ilustrada na Fig. 2, de modo que a roldana e o disco fiquem em um mesmo plano, conforme ilustra o esquema da montagem final na Fig. 6.

Encha a garrafa PET com água (ou areia ou qualquer outra substância de alta densidade) e amarre um arame em seu gargalo de forma que se possa pendurá-la na extremidade livre da linha de náilon. No esquema da montagem completa, mostrado na Fig. 6, substituímos o dese-

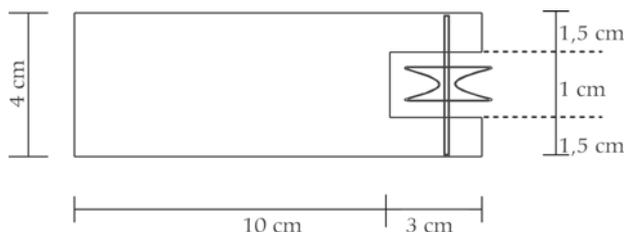


Figura 5 - Suporte para a roldana pela qual passa o fio de náilon entre o eixo do disco e a garrafa PET cheia de água ou areia.

nho da garrafa PET por um simples cilindro.

### Descrição do funcionamento

A alavanca do freio gira para cima e para baixo presa pelo seu parafuso de fixação (Fig. 1). Este movimento deve ser controlado, de forma que nenhuma parte da alavanca toque no disco. Observe que o disco gira muito próximo dos ímãs colocados nas paredes internas da alavanca quando esta está levantada.

Para ver o freio magnético em funcionamento basta girar manualmente o disco, enrolando o fio no seu eixo, pois com isso a garrafa PET será levantada até tocar a base do experimento, o qual deve, por sua vez, estar sobre uma mesa (não desenhada na Fig. 6) ou algo ainda mais alto do que isto. Em seguida, liberando-se o disco e com a alavanca afastada deste, ele entrará em movimento circular uniformemente acelerado, e antes que a garrafa chegue ao solo, mova rapidamente a alavanca para próximo do disco para ver a garrafa e o disco serem fortemente freados, sem contudo pará-los, pois não há força magnética se não houver movimento. Se a garrafa estiver suficientemente afastada do piso, por exemplo, a 2 m deste, será possível frear, soltar e voltar a frear algumas vezes durante a queda da garrafa.

### Conclusões

O presente experimento, feito com materiais de baixo custo, substitui com vantagens as onerosas versões comerciais que usam eletroímãs. Provavelmente as aulas sobre magnetismo e correntes de Foucault poderão ficar muito mais interessantes aos alunos se o professor se dispuser a fazer e usar o experimento aqui descrito.

### Agradecimentos

Agradecemos ao Adeline Carlos Ferreira de Souza pelo empréstimo da sua oficina para desenvolvermos parte deste experimento. JNSN agradece

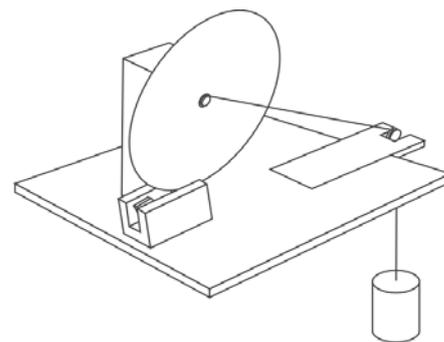


Figura 6 - Esquema completo da montagem do poderoso freio magnético usando ímãs de disco rígido.

ao programa Jovens Talentos para a Ciência da FAPERJ pela bolsa recebida.

### Nota

<sup>1</sup>Jean Bernard Leon Foucault nasceu em Paris em 18 de setembro de 1819. Inicialmente estudou medicina, mas após concluir o curso, decide por abandoná-lo para se dedicar à física. Em 1851 ele constrói o seu famoso experimento do Pêndulo de Foucault, constituído por uma esfera metálica pesando 28 kg suspensa por um fio de aproximadamente 67 m, para demonstrar a rotação da Terra. Depois de alguns anos, inventa e constrói o giroscópio, um aparelho que o permitiria realizar novas experiências sobre o movimento da Terra. Foucault recebeu pela descoberta do giroscópio a medalha Copley, da Royal Society de Londres. Em 1855 se torna assistente de física do Observatório Imperial de Paris. Deve-se a Foucault a descoberta das correntes induzidas em um condutor quando em movimento na presença de um campo magnético intenso. Foucault morreu em 11 de fevereiro de 1868, em Paris [2].

### Referências

- [1] J.B.G. Canalle e R. Moura, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **17**, 96 (2000).
- [2] W.F. Magie, *A Source Book in Physics* (Harvard University Press, Cambridge, 1963), p. 342.