

# Fenômenos e materiais magnéticos

Os fenômenos magnéticos fascinam tanto por seus aspectos científicos básicos quanto por inúmeras possibilidades que apresentam para aplicações práticas, como na fabricação de motores, alto-falantes, microfones, memórias, discos rígidos, fitas magnéticas, CDs regraváveis, entre outros equipamentos presentes em nosso cotidiano.

**O leitor saberia identificar** em sua casa peças e partes de utensílios domésticos que utilizam algum material magnético para seu funcionamento? Com certeza, bastará dar uma olhada em volta para encontrar etiquetas de calendários 'colados' à geladeira, alto-falantes da televisão e dos aparelhos de som, interfone, portão automático, disquetes de computador, fitas de gravadores, motores de eletrodomésticos, brinquedos, fechaduras, alarmes etc. E poderíamos estender esta lista sem muito esforço. Só para citar mais um exemplo, um automóvel moderno emprega cerca de 200 peças contendo materiais magnéticos.

Com essa gama de utilidades, os materiais magnéticos geraram um mercado que movimenta altas somas de dinheiro. Em uma das mais importantes aplicações do magnetismo, a gravação magnética, essas cifras chegam a US\$ 100 bilhões ao ano – a figura 1 mostra esquema de gravação. A produção de materiais magnéticos utiliza mais recursos em todo o mundo do que a fabricação de semicondutores, materiais básicos usados na construção de circuitos integrados e chips de computadores.

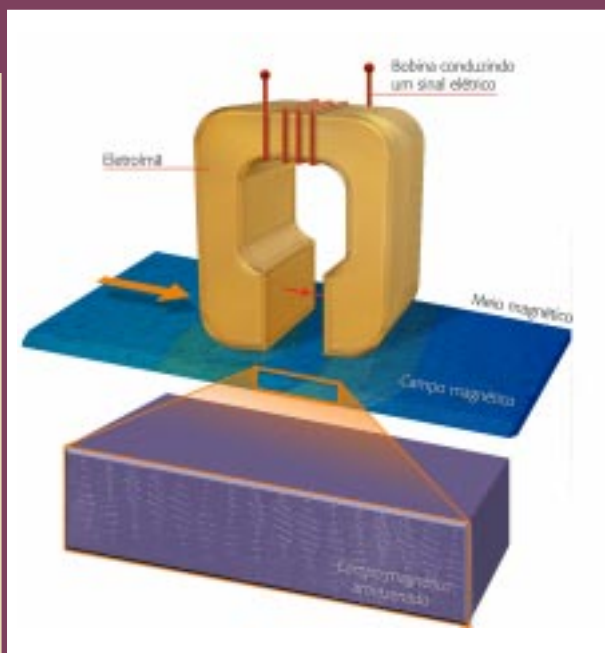


Figura 1. Esquema mostra como ocorre a gravação em meio magnético. O sinal elétrico que chega à bobina induz no eletroímã um campo magnético que, por sua vez, é responsável por armazenar (gravar) no meio magnético a informação transportada pelo sinal.



**FASCINANTE DIVERSIDADE.** O magnetismo está presente também em nossas vidas de forma mais sutil. A Terra em si é um gigantesco ímã, cujo campo magnético se faz sentir, por exemplo, na agulha de uma bússola. Campos magnéticos estão também presentes em vários objetos celestes, como planetas, estrelas, quasares, pulsares, bem como em estruturas muito maiores, como galáxias (figura 2).

Alguns insetos e bactérias, bem como algumas aves, orientam-se espacialmente segundo as direções desse campo utilizando-se de materiais magnéticos que sintetizam em seus organismos (ver também nesta edição 'Biominaerais magnéticos').

O campo da Terra serve também de blindagem magnética contra o constante bombardeio de partículas carregadas eletricamente que chegam do Sol, o chamado 'vento solar'. Nos períodos de maior atividade solar, essas partículas produzem as auroras boreais, fenômeno que pode afetar seriamente as telecomunicações (figura 3).

Como vemos, o magnetismo influi em nossas vidas sob diferentes aspectos: é parte fundamental da tecnologia moderna; afeta organismos vivos e, conseqüentemente, o meio ambiente; é produzido pelo próprio planeta.

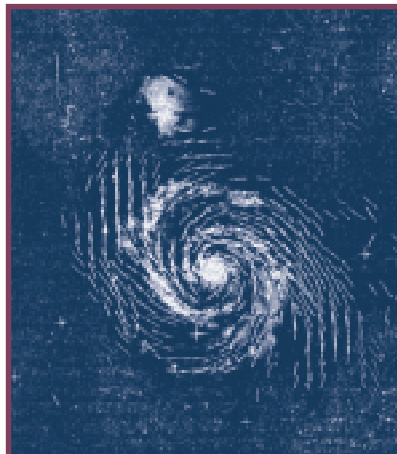


Figura 2. Direção das linhas de campo magnético em uma galáxia.

Essa fascinante diversidade de manifestações tem levado cientistas, engenheiros e técnicos ao estudo do magnetismo e de suas aplicações.

**DOCE E DURO.** Para cada aplicação específica, é necessário um material magnético com as características físicas adequadas. Uma maneira de classificar essas características consiste em submeter a amostra estudada à ação de um campo magnético e observar sua resposta magnética – isso é feito através de quantificação de duas grandezas físicas, chamadas permeabilidade e suscetibilidade magnética.

Por exemplo, o material usado em um núcleo de transformador deve ser capaz de apresentar uma resposta intensa à ação do campo magnético gerado pelos enrolamentos do transformador, retornando ao estado inicial de magnetização nula quando esse campo é retirado. Dizemos que um material com essas características é magneticamente 'macio' (ou 'doce').

Ao contrário, o material magnético de um ímã permanente, como o que deve operar em um motor elétrico ou em um alto-falante, deve sustentar sua magnetização mesmo na ausência de um campo externo. Nesse caso, são denominados magneticamente 'duros'.

CEIDIOS PELOS AUTORES

## PARTE EXPERIMENTAL E TEÓRICA SE UNEM NO LABMAG

O Laboratório de Magnetismo (LabMag) do CBPF estuda uma vasta gama de materiais. Normalmente, essas amostras são materiais metálicos como metais simples, ligas metálicas e compostos intermetálicos formados a partir dos chamados metais de transição e terras raras. Em geral, são dotados de estrutura cristalina, mas também são estudados materiais amorfos (sem estrutura cristalina), obtidos pelo resfriamento rápido do material fundido.

Outros materiais se apresentam sob a forma de grãos magnéticos microscópicos – para se ter uma idéia, em um milímetro caberiam cerca de 100 mil

deles enfileirados – e de películas metálicas com espessura na mesma ordem de grandeza.

Várias técnicas experimentais nos permitem medir nesses materiais grandezas físicas como resistividade elétrica, magnetização e suscetibilidade magnética, calor específico, campos magnéticos que atuam sobre os núcleos atômicos, momentos magnéticos atômicos, entre outras. Além da parte experimental, nosso grupo também desenvolve pesquisa teórica, com a finalidade de aplicar modelos matemáticos à descrição de resultados experimentais.

Temos também atuado na área de instrumentação científica, construindo

equipamentos – ou partes deles – para medidas físicas e também programas de computador para o controle de experimentos e análise de dados experimentais. Por exemplo, o sistema de medida de ressonância magnética nuclear de nosso laboratório foi construído no CBPF.

O LabMag engloba um grupo de ressonância magnética nuclear, um laboratório de magnetometria e um laboratório de magnetoóptica. Além das técnicas experimentais disponíveis no CBPF, utilizamos, em regime de colaboração, equipamentos no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, em Campinas (SP), e no Grupo de Aceleradores da PUC Rio de Janeiro.

**GIGANTE E COLOSSAL.** Há uma importante correspondência entre as propriedades magnéticas de um material e suas propriedades de transporte. Por exemplo, se passarmos uma corrente elétrica por um fio de cobre na ausência de um campo magnético, verificaremos uma resistência elétrica menor que a observada se um campo magnético estiver presente.

Esse fenômeno é chamado efeito magnetorresistivo, e verifica-se que a magnetorresistência – ou seja, a resistência elétrica ocasionada pelo campo magnético – será máxima se o campo estiver orientado perpendicularmente à direção do fluxo de corrente.

Recentemente, descobriu-se uma classe de materiais magnéticos em que esse efeito é tremendamente amplificado. O efeito passou a ser conhecido como magnetorresistência gigante e, em alguns casos, magnetorresistência colossal. Ambos têm vastas possibilidades de aplicações em dispositivos e sensores magnéticos, como, por exemplo, em cabeças de leitura de gravadores.

Existe também uma interessante relação entre magnetismo e calor. Ela é conhecida há muito tempo, mas só agora



Figura 3. Em períodos de maior atividade solar, as partículas carregadas eletricamente que atingem o campo magnético terrestre produzem a chamada aurora boreal, fenômeno que pode interferir com as telecomunicações.

começa a ser explorada para finalidades práticas. Essencialmente, quando um material é magnetizado pela ação de um campo magnético, ele libera calor e, portanto, se resfria! Ao contrário, se um material magnético que se encontra inicialmente magnetizado por um campo for desmagnetizado, ele absorve calor e se aquece.

**GELADEIRAS E TRENS.** Analogamente ao que ocorreu na pesquisa da magnetorresistência, uma nova classe de materiais foi descoberta recentemente, a qual apresenta o efeito magnetocalórico gigante. Com esses materiais, é possível, através da realização de ciclos magnetização-desmagnetização, extrair calor de um objeto que esteja em contato físico com ele.

O efeito magnetocalórico está começando a ser usado em protótipos de geladeiras magnéticas, que são mais eficientes e econômicas que as convencionais. Além disso, não são prejudiciais ao meio ambiente, pois não utilizaram gases que destroem a camada de ozônio terrestre.

Um interessante fenômeno magnético é a levitação magnética, ou seja, a possibilidade de se sustentar um objeto através da repulsão magnética. A aplicação mais espetacular desse efeito >>>

Colaboram ainda com o LabMag pesquisadores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro e da Universidade de Nova Iguaçu, bem como da Universidade de Strasburgo (França) e da Universidade de Aveiro (Portugal).

Além de pesquisadores visitantes, nosso grupo mantém alunos de mestrado e doutorado, bem como outros projetos – teóricos, experimentais e de instrumentação – em nível de iniciação científica. Hoje, no Brasil, há cerca de 30 instituições que se dedicam à pesquisa em magnetismo (figura 5).

Figura 5. A pesquisa de magnetismo no Brasil. Ao lado das siglas das instituições, aparece entre parênteses o número de pesquisadores.

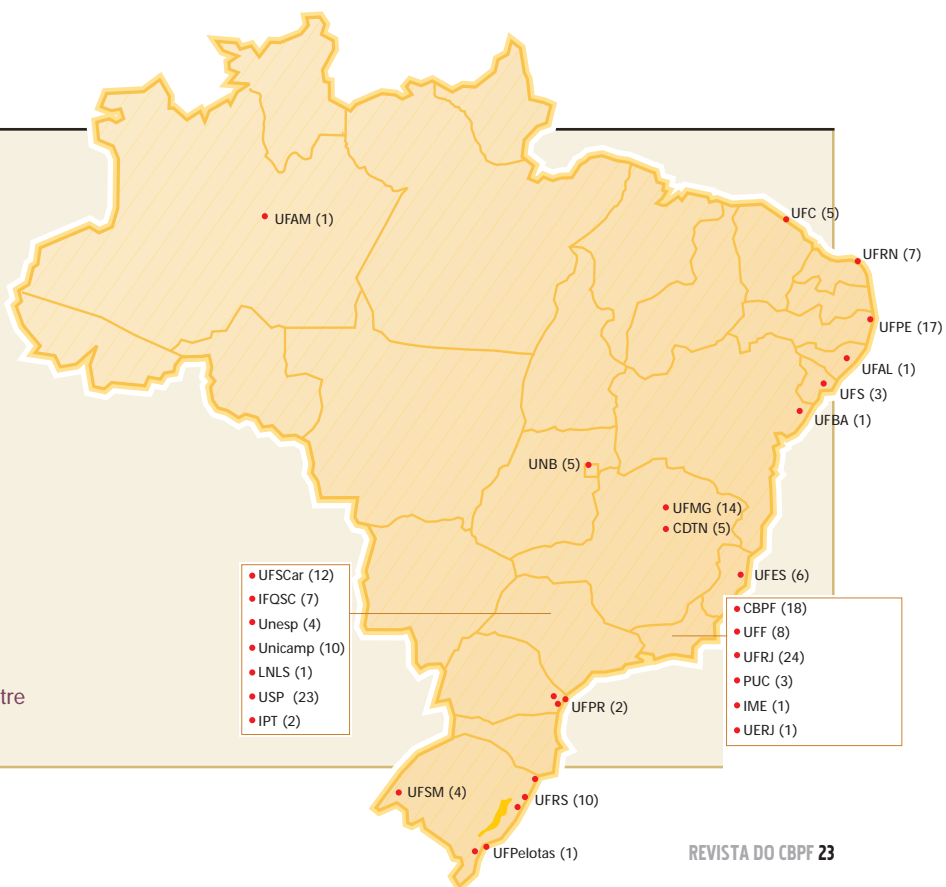




Figura 4. Trem que emprega o princípio da levitação magnética.

reside na construção de trens ultra-rápidos que se deslocam sem contato com os trilhos.

A realização prática da levitação magnética pode ser feita empregando supercondutores (materiais que resfriados apresentam resistência elétrica nula) ou ímãs permanentes. Existem atualmente no mundo diversos projetos de trens empregando levitação magnética, com potencial de viajar a uma velocidade de 500 km/h (figura 4).

É provável que o interesse da humanidade pelo magnetismo tenha começado há milhares de anos, quando o homem conheceu o poder dos ímãs sobre certos materiais. De lá para cá, vários novos fenômenos foram descobertos, explicados e muitos se transformaram em utensílios sem os quais nosso dia-a-dia seria muito mais difícil. Outros fenômenos, recém-descobertos, estão aos poucos revelando aplicações intrigantes e promissoras.

E tudo isso é apenas parte do fascinante mundo do magnetismo. ■



Alberto P. Guimarães (sentado, centro) e colaboradores.

EXTRAÍDO DE HARRY Y. MCSWEEEN, JR. "METEORITES AND THEIR PARENT PLANET". CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS. 1999.



Figura 1. Representação artística da entrada de um meteoróide na atmosfera terrestre.