

MAGNETISMO Livro em que Gilbert reuniu conhecimentos sobre os ímãs é um marco na história da ciência

Os 400 anos do *De magnete*



A. P. Guimarães

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

Primeira página da primeira edição do *De magnete*, publicado em Londres em 1600

Uma das obras científicas mais importantes de todos os tempos – o livro *De magnete* (*Sobre o ímã*), de William Gilbert – completa 400 anos. A obra, publicada em 1600, em Londres, reuniu os conhecimentos da época sobre a atração do ímã, fenômeno que fascinava a humanidade desde a Antiguidade, e apresentou novos fenômenos magnéticos, inclusive a idéia de que a própria Terra seria um grande magneto. Mais do que isso, inaugurou uma nova metodologia no estudo do magnetismo, ao realizar um tratamento sistemático desses fenômenos.

Em 1588, apenas 12 anos antes da publicação do

De magnete, a marinha real inglesa havia derrotado a poderosa armada espanhola, que perdeu metade de seus navios. Nessa batalha, que iniciou o ocaso da Espanha como potência hegemônica na Europa, foi decisivo o uso dos canhões de ferro, cuja técnica de manufatura era dominada pela Inglaterra. Talvez não tenha sido coincidência a publicação do livro de Gilbert na época em que a hegemonia inglesa dependia diretamente do domínio das técnicas de navegação e da metalurgia. O historiador alemão Edgar Zilsel

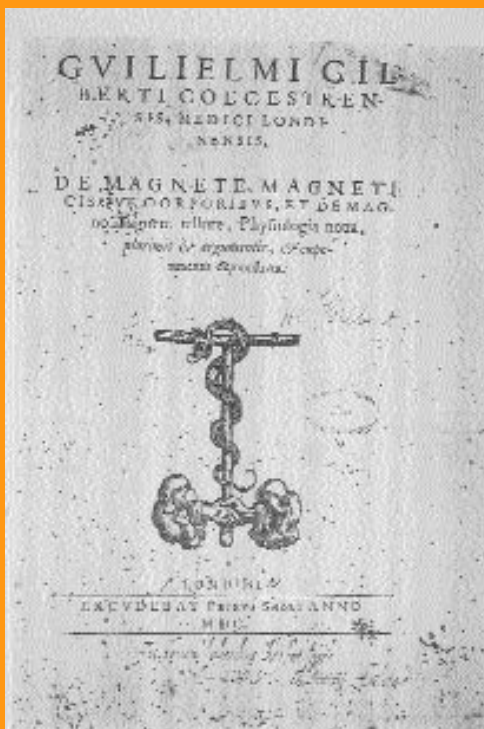
observou que a mineração e a metalurgia ocupam a maior parte do *De magnete*, que trata ainda de instrumentos náuticos (13% do livro) e de navegação em geral (12%).

Nascido em 1544 em Colchester (Essex), William Gilbert estudou em Cambridge, onde titulou-se como *'bachelor in arts'* (em 1561) e formou-se em medicina (em 1569). Foi indicado presidente do Colégio Real de Médicos, tornando-se médico pessoal da rainha Elizabeth I em 1600.

Experimentalista talentoso, Gilbert dedicou-se por muitos anos ao estudo dos fenômenos elétricos e magnéticos, tendo criado o termo 'elétrico', do grego *elektron* (âmbar). Em 1651, após a morte de Gilbert, outros de seus manuscritos, reunidos por seu meio-irmão, foram publicados no livro *De mundo*, sobre cosmologia.

Seu maior trabalho, porém, foi *De magnete*, cujo título completo era *De magnete magneticisque corporibus et de magno magnete tellure physiologia nova* (*Sobre o ímã e os corpos magnéticos, e sobre o grande ímã, a Terra*). Esse livro é um marco na revolução ocorrida entre os séculos 16 e 17 na atitude em relação à natureza e às ciências. Gilbert criou um tratado completo de magnetismo, mas seus objetivos eram maiores: ele esperava inaugurar uma nova cosmologia, na qual o magnetismo teria papel central, ou uma nova filosofia da natureza. Escrito em latim, *De magnete* dividia-se em seis 'livros', cada um com seis capítulos. No prefácio, para não deixar dúvida quanto ao seu compromisso com a ciência experimental, Gilbert dedicava a obra aos que "não buscam o conhecimento nos livros, mas nas próprias coisas".

Nos primeiros capítulos do 'livro I', o autor faz uma revisão crítica dos escritos anteriores sobre magnetismo, condenando mitos passados, sem con-



testação, de um autor a outro, “falsidades ... criadas para serem engolidas pela humanidade”. Entre elas, ele inclui histórias sobre navios construídos com pinos de madeira, em vez de pregos, para evitar a atração magnética das montanhas do norte; sobre a destruição do magnetismo pelo contato com o alho; sobre o uso de ímãs para denunciar esposas infiéis e assim por diante. Gilbert volta aos mitos no ‘livro II’, criticando fábulas como a da existência de rochas que atraíam carne, madeira ou ouro, ou idéias como a de construir motoperpétuos usando ímãs.

Gilbert utiliza, em muitos experimentos, uma pedra-ímã (ímã natural) torneada no formato de uma esfera, para representar a Terra, e por isso a chama de ‘terrella’, ou pequena Terra – em um dos primeiros exemplos de modelo experimental em escala. Ele descreve como a posição dos pólos da ‘terrella’ podia ser determinada, segundo o mesmo procedimento que o francês Pedro Peregrino apresentou em sua *Epístola sobre magnetismo*, de 1269. Prova ainda que dividir uma pedra-ímã em duas dá origem a dois ímãs, que ela não atrai outros metais além do ferro e não afeta madeira, vidro ou osso e que a atração magnética não é afetada quando se insere cartões, tábuas, cerâmica ou mármore entre a pedra-ímã e um pedaço de ferro.

“*Magnus magnes ipse est globus terrestris*” (“O próprio globo terrestre é um grande ímã”), escreve Gilbert no *De magnete*. Essa descoberta é notável sob vários pontos de vista, e representa um passo importante no conhecimento sobre a Terra. De fato, ela significa o reconhecimento da segunda qualidade global atribuída ao nosso planeta – a primeira foi a forma redonda.

Gilbert compara o alinhamento da bússola na direção norte-sul com o fato de o eixo de rotação da Terra ter uma direção constante no espaço (desprezando outros movimentos desse eixo, como precessão e nutação): “Como a Terra, a pedra-ímã tem o poder de direção e de permanecer parada apontando para o norte e o sul; tem também um movimento circular para a posição da Terra, através do qual se ajusta às leis da Terra.” Para ele, existia uma ligação entre o magnetismo da Terra e o da pedra-ímã extraída das minas: “Cada fragmento separado da Terra exhibe em experimentos indubitáveis todo o ímpeto da matéria magnética; nos seus vários movimentos ele segue o globo terrestre e o princípio comum de movimento.”

Vários fenômenos ligados ao magnetismo, que ele batiza de ‘movimentos’, são tratados também no ‘livro II’. São eles: 1. atração, chamado por ele de ‘coição’, do latim *co + ire* (ir junto); 2. o alinhamento com a direção norte-sul; 3. declinação, ou desvio em relação ao meridiano, movimento que ele considera ‘pervertido’; 4. inclinação (o ângulo em relação

ao plano horizontal); e 5. revolução, ou movimento circular.

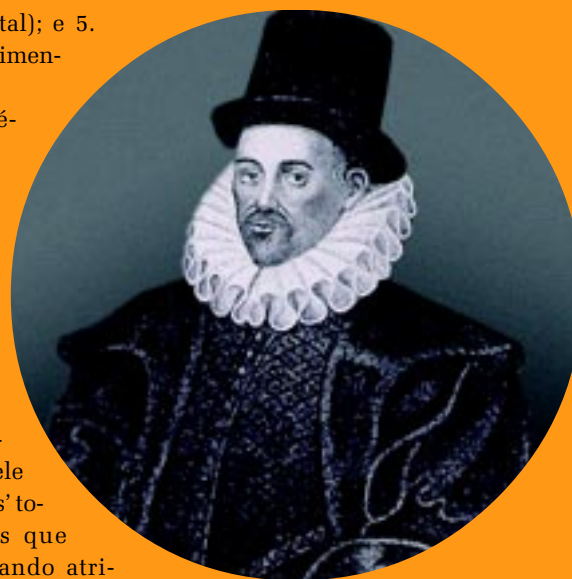
Fenômenos elétricos também são abordados no ‘livro II’, o que torna *De magnete* o primeiro tratado sobre eletricidade de todos os tempos. Gilbert começa tratando das propriedades do âmbar: ele chama de ‘elétricos’ todos os materiais que atraem palha quando atritados, os outros são ‘não-elétricos’.

Segundo o historiador da ciência Duane Roller, essa divisão separa os fenômenos magnéticos dos elétricos, que até então eram tratados indistintamente como relacionados à ‘atração’, e Gilbert, ao fazer tal distinção, fundou a ciência da eletricidade.

No *De magnete* a atração elétrica é demonstrada experimentalmente através de seu efeito sobre uma agulha comum (não magnética) montada sobre um eixo, um instrumento simples denominado *versorium*. Gilbert observou que a atração elétrica diminuía nos dias nublados, ou quando o objeto era exposto à “umidade exalada pela boca”. Com isso, constatou que – usando termos modernos – a umidade reduzia o isolamento do objeto, levando à ‘fuga’ das cargas elétricas (descarregando-o). Gilbert tendia a crer que a atração elétrica estaria ligada a algum tipo de emissão material do âmbar: “É provável que o âmbar exale algo peculiar que atrai os corpos, e não o ar.”

Também criticou as explicações para a atração magnética, baseadas na mesma idéia de eflúvios, de pensadores gregos como Epicuro, Platão, Galeno e outros. Em sua opinião, a atração magnética (ou melhor, a coição) resultava da ação mútua da pedra-ímã e do ferro. Gilbert provou ainda, com experiências, que o calor destrói as propriedades magnéticas dos objetos atraídos por um ímã: uma agulha magnetizada permanece imóvel próxima a um pedaço de ferro aquecido ao rubro, e o mesmo pedaço de ferro recupera as propriedades magnéticas ao se resfriar.

Experimentando com pedras-ímãs de diferentes formatos, concluiu que as de forma oblonga exercem atração mais forte que as esféricas. Ele descobriu ainda que “se um corpo magnético for dividido ou quebrado em pedaços, cada parte tem um lado norte e um lado sul”, e que juntar as duas metades de uma pedra-ímã esférica cortada ao meio restabe-



Médico, físico e astrônomo, William Gilbert (1544-1603) foi um dos pioneiros no uso de métodos experimentais na ciência

lece o ímã original, com os pólos nas mesmas posições iniciais. Gilbert falou da propriedade do espaço em torno de uma pedra-ímã (ou seja, do que hoje é chamado de campo magnético), que chamou de *orbis virtutis*.

No livro, Gilbert discute longamente uma das mais importantes propriedades dos corpos magnetizados, a tendência a se alinhar na direção norte-sul: “Uma barrinha de ferro – esta alma da bússola dos marinheiros, este maravilhoso indicador nas viagens marítimas, este dedo de Deus, por assim dizer – aponta o caminho, e tornou conhecido todo o círculo da Terra, desconhecido por tantas eras”. Ele desafia os autores que alegavam que a agulha da bússola apontava para os pólos celestiais, ou para a cauda da urso (na constelação da Ursa Maior), e contesta a crença de que, por simetria com o que ocorre no hemisfério Norte, a bússola apontaria, ao sul do Equador, para o pólo Sul.

Os experimentos de Gilbert demonstram que uma agulha magnética flutuante não é atraída para o pólo, fato já exposto pelo construtor de instrumentos inglês Robert Norman, em 1581. Nas palavras de Gilbert, a “direção não é produzida pela atração, mas por um poder de direcionamento e inclinação que existe na Terra como um todo”. Em termos modernos esse fato pode ser explicado como o efeito da ação de duas forças iguais aplicadas em diferentes pontos (os dois pólos da agulha magnética). Elas fazem girar a agulha, mas não movem o centro de massa da bússola. A atração só surge quando as forças nos dois pólos não são iguais: isso ocorre, por exemplo, perto de um ímã, onde a força magnética varia de ponto a ponto.

Gilbert estudou as possibilidades de magnetização natural do ferro, em função da influência da Terra, e apontou várias, como aquecer um pedaço de ferro até que fique incandescente e resfriá-lo mantendo-o alinhado na direção norte-sul, martelar ou esticar uma barra de ferro nessa direção. O mesmo ocorre com peças de ferro de estruturas de construções que permaneceram na direção norte-sul por muitos anos.

A declinação – o desvio da bússola da direção norte-sul verdadeira – também foi objeto de experiências. Gilbert provou que so-

bre uma terrella ocorrem desvios quando há grandes irregularidades em sua superfície, e aplicou a mesma idéia à Terra, contestando a idéia aceita na época de que montanhas magnéticas provocavam esse efeito. Hoje, sabe-se que esse desvio decorre dos complexos movimentos do núcleo terrestre, que geram o campo magnético na superfície.

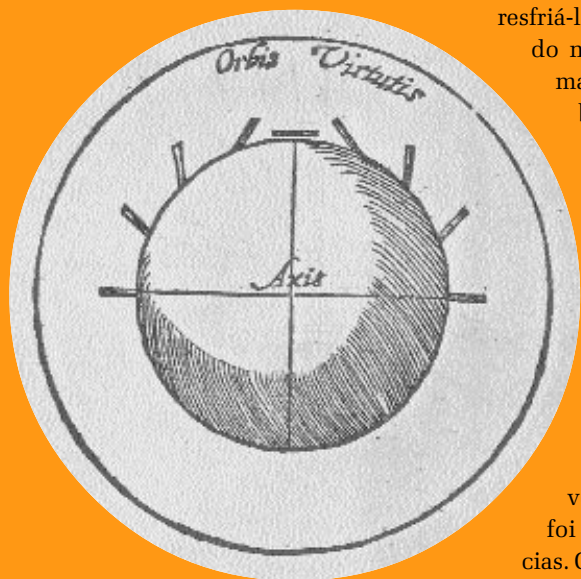
Usando de novo a terrella, ele demonstrou que a agulha da bússola é paralela à superfície da Terra em um ponto próximo do Equador e perpendicular à superfície nos pólos. Em latitudes intermediárias, o ângulo desse desvio em relação ao plano paralelo à superfície (chamado de inclinação) tem um valor entre zero e 90 graus. Em outro experimento, Gilbert afastou a agulha magnética da terrella e registrou em cada ponto a direção que a agulha tomava. A figura que mostra essas várias direções da agulha, com círculos de diferentes raios, é uma antecipação das imagens de linhas de força do campo magnético obtidas 200 anos depois pelo físico inglês Michael Faraday (1791-1867), usando limalha de ferro.

A rotação da Terra relaciona-se de muitos modos com o magnetismo, de acordo com Gilbert, que trata dessa questão no ‘livro IV’. Ele rejeita a crença de que a Terra estaria imóvel no centro do universo, atribuindo a rotação aparente das estrelas no céu à própria rotação da Terra: “Está mais de acordo com a razão que um corpo pequeno, a Terra, faça diariamente uma revolução do que o universo inteiro seja arremessado em torno desta.” Para ele, sem tal rotação, um lado da Terra congelaria com o frio profundo e o outro seria queimado, tornando a vida no planeta impossível (na verdade, isso poderia ocorrer se a Terra mantivesse sempre a mesma face voltada para o Sol, isto é, se fossem iguais o período de rotação e o de translação em torno do Sol).

Certas idéias de Gilbert enfrentaram forte oposição. Athanasius Kircher (1601-1680), pensador jesuíta adversário do heliocentrismo do astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), não aceitava que a Terra fosse um grande ímã, afirmando que nesse caso a atração seria tão intensa que nem os homens mais fortes poderiam usar ferramentas de ferro. No livro *Magnes, sive de arte magnetica* (*O ímã, ou sobre a arte magnética*), ele qualifica a opinião de Gilbert como “*absurda, indigna et intolerabilis*”.

Também no ‘livro IV’, Gilbert discutiu a aplicação do magnetismo a diferentes problemas, em sua ‘filosofia magnética’. Para ele, “as causas do movimento diurno são encontradas na energia magnética e na aliança dos corpos (...) devidas parcialmente pela energia da propriedade magnética e parcialmente pela superioridade do Sol e sua luz”. Sua cosmologia rejeita a idéia de esferas rígidas que conteriam as estrelas e os planetas. Além disso, está

Ilustração do *De magnete* mostrando como uma bússola se desvia do plano tangente a uma pedra-ímã esférica (a terrella) — o mesmo desvio, na superfície da Terra, é chamado de inclinação



implícito em sua análise, e evidente no diagrama presente em seu segundo livro, *De mundo*, que o universo é infinito.

Ao admitir que a ação magnética se estenderia a outros corpos celestes além da Terra, Gilbert transcendeu as fronteiras entre as esferas ‘sublunar’ e ‘supralunar’, o que implica uma física unificada, válida para todo o universo. Isso fica claro, por exemplo, quando ele abandona a idéia de peso como algo exclusivo da Terra e afirma que os “corpos lunares tendem para a Lua, os solares para o Sol, dentro das respectivas esferas de influência”.

As idéias de William Gilbert influenciaram o astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630), que as considerou um dos três elementos fundamentais da sua teoria das órbitas dos planetas, ao lado da hipótese heliocêntrica de Copérnico e dos dados astronômicos do dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601). “Você estará convencido após ler meu livro”, escreveu, “que eu pus um telhado celeste na filosofia de Gilbert, o qual havia construído seus alicerces terrestres”.

A nova atitude científica anunciada em *De magnete* veio a fazer parte, somada a outras influências, de uma verdadeira revolução na ciência, associada a pensadores como o francês René Descartes (1596-1650), o inglês Francis Bacon (1561-1626) e, sobretudo, o italiano Galileu Galilei (1564-1642). A mudança da prática científica e da visão de mundo atingiram seu clímax na segunda metade do século 17, com o inglês Isaac Newton (1642-1727). Na Europa, o livro influenciou muitos autores, em especial Kepler e Galileu. Em carta ao bispo e estudioso de ciências William Barlowe (?-1625), escrita entre 1600 e 1603, Gilbert cita correspondência que recebeu do italiano Giovan Francesco Sagredo (1571-1620): “Sagredo é um grande matemático (...) esteve com os professores de Pádua e encontrou maravilhosa apreciação por meu livro.” Galileu, professor em Pádua na época, certamente era um desses apreciadores.

Embora tenha elogiado *De magnete*, Galileu fez críticas à falta de medidas e observações quantitativas na obra. Em seu livro *Diálogo sobre dois grandes sistemas*, o cientista italiano escreveu: “Tenho o maior respeito, admiração e inveja desse autor, que criou tão estupendo conceito em relação a um objeto que tantos homens de esplêndido intelecto manipularam sem dar a devida atenção (...). O que eu desejaria para Gilbert é que ele tivesse sido mais matemático, especialmente com um forte fundamento em geometria, uma disciplina que o tornaria menos precipitado ao aceitar como provas rigorosas as razões que apresenta como *verae causae* [causas verdadeiras] para as conclusões corretas às quais chegou.”



Ilustração do *De magnete* mostrando como magnetizar uma barra de ferro martelando-a, enquanto ela é mantida alinhada na direção norte-sul

A importância do trabalho de Gilbert foi sentida mais fortemente na Inglaterra, onde ele é considerado o fundador do método experimental e o introdutor da teoria de Copérnico. Em 1657, o arquiteto e astrônomo inglês Christopher Wren (1632-1723), em seu discurso inaugural como professor de astronomia no Gresham College, em Londres, referiu-se a ele como “o pai da nova filosofia”. William Gilbert morreu em 1603, provavelmente da peste negra. Seus livros, pedras e instrumentos foram doados ao Colégio Real de Médicos, que infelizmente foi destruído com o grande incêndio de Londres de 1666. Outros objetos foram perdidos com a destruição parcial da casa onde Gilbert nasceu, em Colchester, durante a segunda guerra civil do país, em 1648. Por suas grandes contribuições ao magnetismo, o cientista foi homenageado com a escolha do seu nome para a unidade de força magnetomotriz, o análogo magnético da força eletromotriz – um gilbert (Gi) mede a força magnetomotriz correspondente a 0,796 ampères no sistema internacional de unidades.

Após as experiências de Gilbert, o conhecimento do magnetismo avança pouco durante 200 anos, enquanto os estudos de eletricidade ganham impulso. Somente no início do século 19 esses processos paralelos permitem um salto na compreensão dos fenômenos magnéticos, a partir da descoberta das relações entre eletricidade e magnetismo, principalmente com os experimentos de Hans C. Oersted (1777-1851) na Dinamarca e Faraday na Inglaterra. Tais avanços levam, no século 20, à invenção de dispositivos magnéticos e à descoberta de novos materiais magnéticos, e frutos distantes da obra basilar de William Gilbert.