

1.05.99 - Física.

**DETERMINANDO O MOMENTO MAGNÉTICO DE UM ÍMÃ**Roberto Macêdo Araújo<sup>1</sup>, Erick Santana dos Santos<sup>2</sup>

1. Estudante do curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, Campus Salvador
2. Doutor em Física e Chefe do Departamento de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA, Campus Salvador / Orientador

**Resumo:** Neste artigo é apresentado um procedimento experimental para determinar o momento magnético de ímãs, baseado no cálculo da variação da força peso, com a massa sendo obtida pela leitura de uma balança. Para tanto, além da balança, utilizamos uma bobina com um número de espiras conhecido e um teslâmetro para medir a intensidade do campo magnético gerado pela bobina, ao ser atravessada por uma corrente, com um ímã disposto em seu interior. Os valores encontrados para o momento magnético aproximam-se do valor teórico encontrados em algumas referências à medida em que a intensidade do campo magnético gerado pela bobina aumenta. O principal objetivo deste trabalho é complementar as atividades práticas sobre Eletromagnetismo, nos aprofundamentos de alguns conceitos importantes a respeito dos aspectos teórico/experimentais, além de apresentarmos os resultados obtidos a partir desta metodologia, com algumas discussões.

**Palavras-chave:** Momento magnético; Lei de Biot-Savart; Força magnética.

**Apoio financeiro:** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Salvador.

**Introdução:** A atividade experimental é uma importante parte que integra o ensino de física (FORÇA *et al.*, 2011) e essa importância tem sido, já há algum tempo, amplamente discutida por diversos pesquisadores. Uma consequência dessas discussões é a grande quantidade de propostas dessas atividades surgidas nos últimos anos, nos diversos níveis de ensino (MOREIRA; PENIDO, 2009; AZEVEDO *et al.*, 2009), porém essa tendência ainda não é devidamente acompanhada pelas instituições de ensino básico. Assim, a proposta de atividades experimentais, principalmente no campo da física clássica, que utilizem, em parte, materiais de fácil aquisição configura-se como uma alternativa a esta escassez.

Uma boa classe de experimentos em eletricidade e magnetismo consiste na visualização dos campos elétricos e magnéticos, na verificação de leis existentes e análise de circuitos que envolvem resistores, capacitores e indutores. Os efeitos do magnetismo são conhecidos desde a antiguidade, quando foram observados pela primeira vez em um ímã natural e permanente conhecido como magnetita. As propriedades de orientação norte sul deste material tiveram uma grande influência no desenvolvimento da navegação e exploração primitiva. Apesar desta aplicação extremamente útil do magnetismo, o fenômeno era ainda muito pouco conhecido até que no início do século XIX, Ørsted descobriu que correntes elétricas produzem campos magnéticos. Com esta descoberta, juntamente com os trabalhos de Gauss, Faraday, entre outros, conseguiu-se associar o campo magnético a campos elétricos. Anos mais tarde, os trabalhos teóricos de Maxwell e outros demonstraram que esta associação é real e que estes dois campos estão intrinsecamente entrelaçados. Desta forma, o magnetismo dos materiais poderia ser explicado por correntes microscópicas. Os movimentos orbitais e os *spins* inerentes aos elétrons presentes em um átomo sobre seu próprio eixo podem ser representados por pequenos circuitos de corrente, ou seja, dipolos magnéticos. Essas minúsculas correntes ficaram conhecidas como correntes de Ampère. Um dipolo magnético é considerado como uma pequena espira com uma corrente contínua circulando sobre ela e que pode ser caracterizada pelo seu momento magnético.

Nesse sentido, pretendemos apresentar um experimento de possível realização em algumas instituições de ensino, que se enquadra no contexto da física clássica e que permita que façamos uma discussão fenomenológica e conceitual acerca do momento magnético de um ímã.

**Metodologia:** O experimento consiste em determinar o momento magnético de alguns ímãs. Os materiais aqui empregados são: uma balança de baixo custo *Eletronic Compact Scale* (se comparado com outras utilizadas em pesquisa) com resolução de 0,5g e capacidade máxima de 2000g; um ímã cilíndrico comum (que pode ser retirado de um alto falante automotivo, por exemplo) com dimensões de 20,3 mm ± 0,05 mm de comprimento e 34,6 mm ± 0,05 mm de diâmetro; uma bobina com um número conhecido de 500 espiras de cobre e dimensões de 71,4 mm ± 0,05 mm de comprimento e 41,2 mm ± 0,05 mm de diâmetro; uma fonte da Cidepe com saída variável com tensão máxima de 30V e corrente máxima de 5A; um teslâmetro da Phywe com uma sonda, além de garras metálicas para segurar a bobina. As dimensões do ímã e da bobina foram medidas com um paquímetro, cuja resolução é de 0,05 mm. Com o aparato completamente montado, dispozo o ímã em cima da balança e dentro da bobina (a bobina não tocava a superfície da balança, estava elevada alguns poucos milímetros acima com a ajuda da garra metálica), com a sonda perpendicular à direção do campo magnético gerado, a corrente aplicada na bobina foi variada. Com isso, foram anotados dados de que mostraram uma dependência linear; à medida que a corrente aumentava, a massa registrada na balança aumentava ou diminuía (isso depende da polarização da fonte de tensão) e, conseqüentemente, o campo magnético

registrado no teslômetro aumentava ou diminuía.

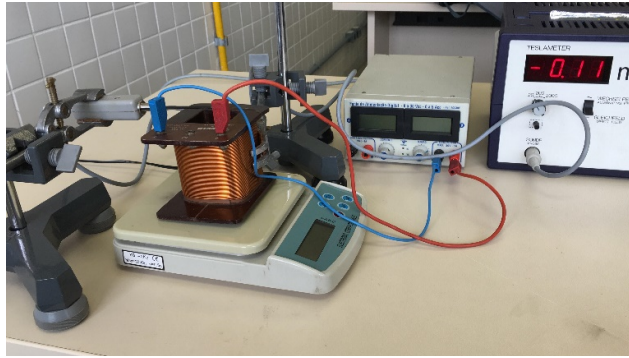


Figura 1. Aparato experimental montado Bobina, balança, teslômetro, fonte de tensão e garra metálica. Fonte: Acervo pessoal.

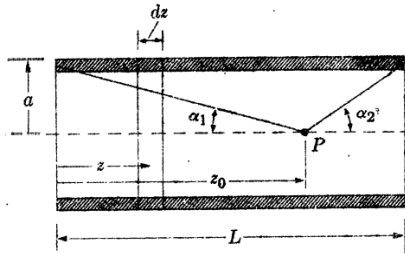


Figura 2. Determinação do campo magnético de um solenoíde a partir da lei de Biot-Savart. Fonte: Reitz e Milford – **Fundamentos da Teoria Eletromagnética**.

O resultado é dado por:

$$B_z(z_0) = \frac{\mu_0 NI}{L} \left[ \frac{\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2}{2} \right] = \frac{\mu_0 NI}{2L} \left[ \frac{z_0}{\sqrt{z_0^2 + a^2}} + \frac{L - z_0}{\sqrt{(L - z_0)^2 + a^2}} \right] \quad (1)$$

Considerando que o ponto P está localizado no centro de massa do ímã, podemos fazer (Griffiths, 2011):

$$\vec{F} = \nabla(\vec{m} \cdot \vec{B}) \quad (2)$$

Em relação ao eixo z, a força resultante medida pela balança será a soma da força peso mais a força do campo magnético sobre o ímã, ou seja:

$$F = F_z + F_p = \frac{d(m_z B_z)}{dz} + F_p \quad (3)$$

Realizando a derivada da função, vem:

$$F = F_p + \left\{ \frac{\mu_0 m_z N}{2L} \left[ \frac{1}{(z_0^2 + a^2)^{1/2}} - \frac{z_0^2}{(z_0^2 + a^2)^{3/2}} + \frac{(L - z_0)^2}{[(L - z_0)^2 + a^2]^{3/2}} - \frac{1}{[(L - z_0)^2 + a^2]^{1/2}} \right] \right\} I \quad (4)$$

Que é uma equação do tipo  $F = F_p + bI$  (o termo entre chaves é o coeficiente angular da função). Considerando que a variação na posição do centro de massa do ímã possa ser desprezada, o momento magnético do ímã pode ser obtido a partir da inclinação da reta formada pelo gráfico da força (F) em função da corrente (I), ou seja:

$$m_z = \frac{2bL}{\mu_0 N} \left[ \frac{1}{(z_0^2 + a^2)^{1/2}} - \frac{z_0^2}{(z_0^2 + a^2)^{3/2}} + \frac{(L - z_0)^2}{[(L - z_0)^2 + a^2]^{3/2}} - \frac{1}{[(L - z_0)^2 + a^2]^{1/2}} \right]^{-1} \quad (5)$$

**Resultados e Discussão:** Os dados adquiridos, da força peso em função da corrente e da força peso em função do campo magnético foram anotados e dispostos em tabelas. Com isso, foi traçado o gráfico com o *software* Origin® para mostrar a dependência linear das grandezas.

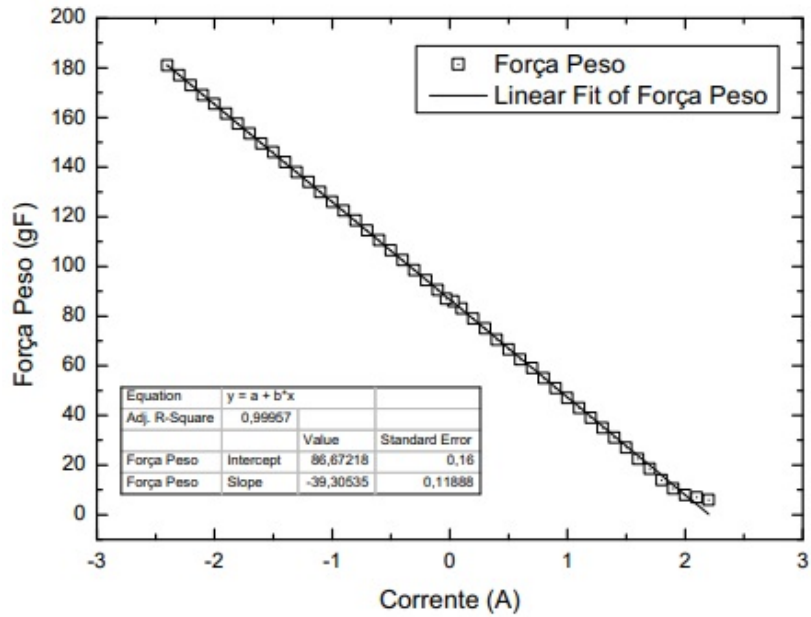


Figura 3. Gráfico da força peso em relação à corrente.

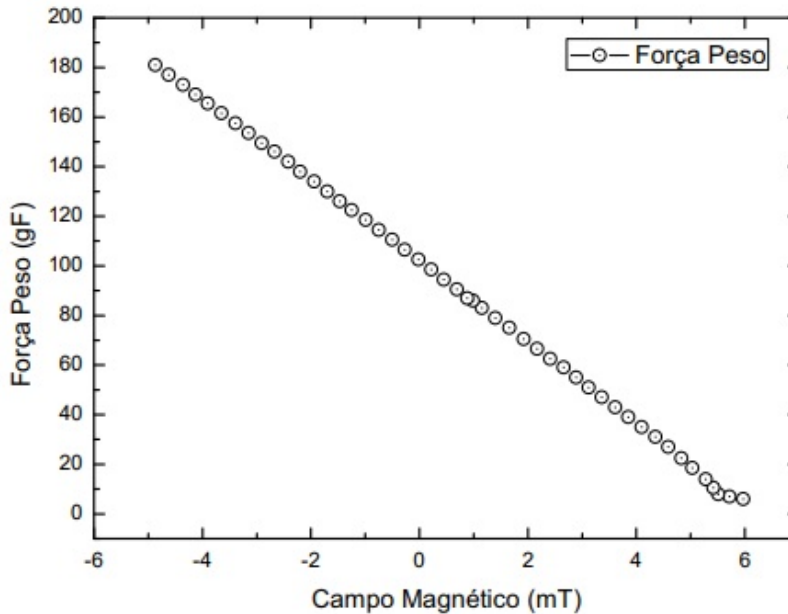


Figura 4. Gráfico da força peso em relação ao campo magnético.

A partir da figura 3 foi determinado o coeficiente linear da reta, que representa o valor de  $b$  na equação (5). Utilizando as dimensões do ímã, da bobina, a permeabilidade magnética no ar, encontramos o seguinte resultado, levando em consideração apenas a flutuação estatística servida pela medida do coeficiente angular da reta gerada, visto que o erro de  $L$ ,  $a$  e  $z_0$  são da ordem de 100 vezes menores em relação a  $b$ , podemos realizar o tratamento de dados através da propagação de erro a partir da expressão:

$$\Delta m_z = \frac{2L}{\mu_0 N} \Delta b \quad (6)$$

Encontramos o resultado do momento magnético dado por:

$$m_z = 221 \pm 27 \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

**Conclusões:** Com o experimento descrito acima, foi possível encontrar o momento magnético de um ímã cilíndrico comum, respeitando a proporção das dimensões do ímã, da bobina e dos materiais utilizados. Como todo material pode ser magnetizado, o experimento pode ser utilizado para calcular o momento magnético de outros materiais magnéticos, como barras de ferro, o que será desenvolvido e verificado a partir de futuras pesquisas. O resultado pode ser discutido nas aulas práticas de Eletromagnetismo, verificando a

teoria encontrada em manuais de Física para o ensino superior.

**Referências bibliográficas:**

AZEVEDO, H. L. *et al.* **O uso do experimento no ensino de Física: Tendências a partir do levantamento dos periódicos da área no Brasil.** ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. Anais. Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

FORÇA, A. C.; LABURÚ, L. C.; SILVA, O. H. M. **Atividades experimentais no ensino de Física: Teoria e Práticas.** ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011, Campinas, Anais. ABRAPEC, 2011.

GRIFFITHS, David J. **Eletrodinâmica.** 3ª Edição. Editora Pearson. 2011.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Física 4.** 5ª Edição. Rio de Janeiro. Editora LCT. 2004.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual.** Porto Alegre: Bookman, 2011.

MOREIRA, A. C. S.; PENIDO, M. C. M. **Sobre as propostas de utilização das atividades experimentais no ensino de Física.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. Anais. Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

REITZ, J.R.; MILFORD, F.J. **Fundamentos da Teoria Eletromagnética.** 3ª Edição. Editora Campus.