

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO  
PARANÁ Campus Cornélio Procopio  
COELC - Laboratório de Física III**

**PRÁTICA VI**

**Determinação do Campo Magnético Terrestre Local**

**Objetivos**

- Entender qualitativamente e quantitativamente a reação de dipolos magnéticos em presença de um campo.
- Determinar o valor local para a componente horizontal do campo magnético da terra.

**1 Fundamentação Teórica**

Nas seções seguintes serão abordados os conceitos fundamentais para a realização e análise do experimento envolvendo o campo magnético terrestre.

**Momento Magnético Dipolar**

Sabe-se que materiais magnéticos não podem ter seus polos separados, tornando-se mono- polos, isto é, um polo norte e um sul, de maneira a tornarem-se polos individuais. Para perceber essa propriedade, basta imaginar um ímã que foi partido ao meio. Mesmo separados em duas partes, ambos os polos estarão presentes implicando em um dipolo.

Os dipolos magnéticos são as estruturas mais simples que respondem ao campo magnético. Assim, quando submetidos a um campo magnético podem se orientar alinhando-se na mesma direção ou oposta ao campo, produzindo dessa maneira uma reconfiguração do sistema.

Quando um dipolo gira alinhando-se com o campo, pode-se associar a energia potencial em função da direção. Desse modo, considere a equação

$$U(\theta) = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$$

em que  $\mu$  é o momento de dipolo magnético. Observando que;

$$U(\theta) = -|\vec{\mu}||\vec{B}| \cos \theta$$

a energia  $U(\theta)$  será mínima quando o momento de dipolo estiver alinhado com o campo e na mesma direção e máxima quando estiver na direção oposta as linhas de campo.

## Campo Magnético Gerado por Dois Fios Paralelos

Gerando uma diferença de potencial nas extremidades de dois fios e os mantendo paralelos, observa-se um campo magnético devido a corrente elétrica, que fluem em sentidos opostos em cada fio. De maneira pictórica pode-se representar a situação anterior através da Figura 1:

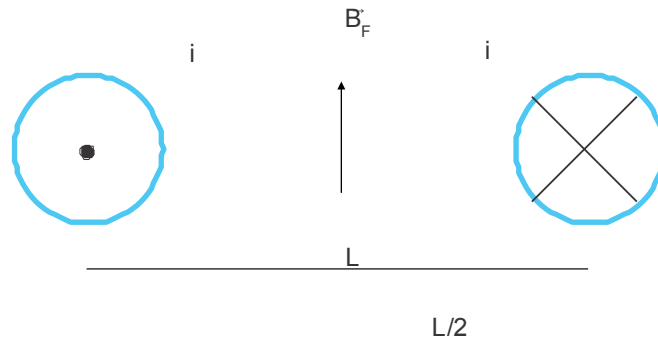


Figura 1: Fios paralelos com a corrente entrando e saindo, em que (.) significa saindo do plano da figura e (×) entrando.

A direção do campo pode ser determinado utilizando a regra da mão direita representada pela Figura 2.

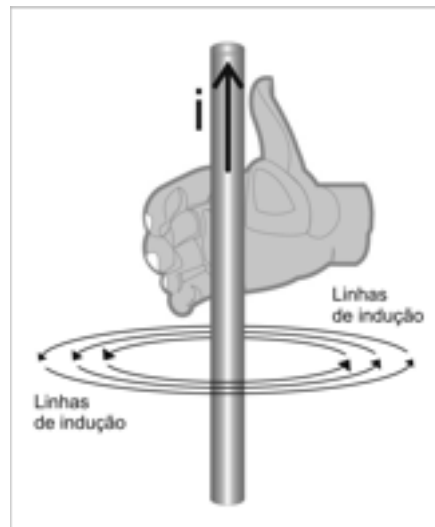


Figura 2: Regra da mão direita para a determinação da orientação do campo magnético gerado por um fio.

O campo magnético em um ponto entre os dois fio pode ser determinada aplicando a lei de Bior-Savart dada por:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{id\vec{s} \times \vec{r}}{r^3}$$

em que  $\mu_0$  é a constante de permeabilidade do campo magnético e vale

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} Tm/A.$$

Para calcular o campo, a Equação 2 deve ser integrada considerando que  $r$  é o raio vetor que liga o elemento de comprimento de fio  $ds$  ao ponto no qual se deseja determinar o campo.

Desse modo, como no fim das contas a diferencial do campo pode ser escrita como:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i \sin \theta}{r^2} ds,$$

integrando obtemos:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{i \sin \theta}{r^2} ds,$$

as variáveis  $\theta$ ,  $s$  e  $r$  não são independentes, entretanto podemos correlacioná-las geometricamente, o que permite que se faça algumas substituições de tal forma que a integral anterior fica:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$$

Para a montagem experimental a ser utilizada  $R = L/2$ , ou seja, em que  $L$  é a distância média entre os fios, O campo gerado no centro será exatamente o dobro do valor calculado. Dessa forma:

$$B = 2\left(\frac{\mu_0 i}{\pi L}\right)$$

## 2 Equipamentos e Materiais Complementares

### 2.1 Equipamentos

- X 1 Bússola;
- X Fonte de alimentação de 0 a 20 VDC - 3A;
- X Um suporte com um fio espiral em arco simulando dois fios paralelos;
- X Multímetro

## 3 Procedimentos Experimentais

Colocando uma bússola no centro entre dois fios paralelos, Figura 3 de modo que a linha Norte-Sul da bússola coincida com a linha que une os dois fios, varia-se a tensão e registra-se os valores da corrente e da deflexão  $\theta$  do ponteiro da bússola.

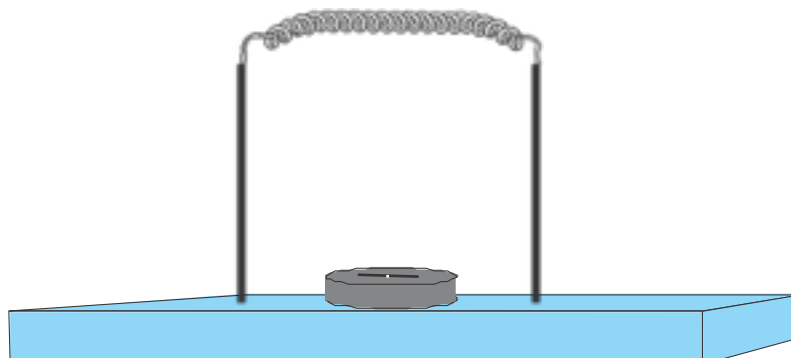


Figura 3: Representação da montagem experimental a ser utilizada na tomada de dados para o campo magnético terrestre.

Como a agulha de uma bússola está livre para girar apenas no plano horizontal, apenas a componente horizontal do campo magnético terrestre  $\vec{B}_T$  é capaz de produzir um torque sobre esta agulha. Logo, se o campo magnético aplicado  $\vec{B}_F$  for perpendicular a  $\vec{B}_T$ , então a bússola se orientará com o campo resultante  $\vec{B}$ , ou seja, defletirá de um ângulo  $\theta$  em relação à direção Norte-Sul.

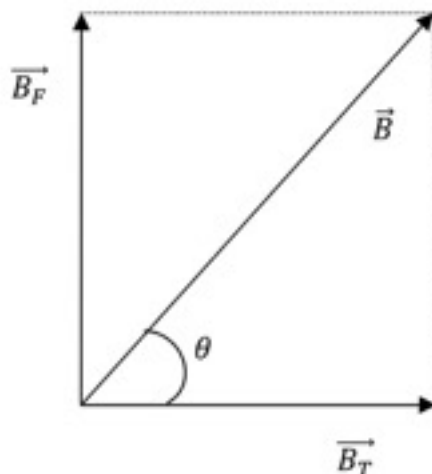


Figura 4: Representação para o Campo magnético terrestre, o campo gerado pelo corrente através do fio e o campo resultante  $\vec{B}$ . O campo magnético terrestre poderá ser determinada simplesmente se a deflexão e o campo gerado pelo fio forem conhecidos.

Observando o diagrama da Figura 4, percebe-se que:

$$\tan \theta = \frac{B_F}{B_T}$$

### Tomada de Dados

Para realizar o experimento siga os seguintes passos:

1. Posiciona a Bússola no centro do fio e alinhe o ponteiro da bússola com a linha que liga os fios.
2. Alinhe o norte (marcação 0 na régua da bússola) com a orientação do ponteiro bússola.
3. Varia a tensão anotando a corrente e medindo para cada valor de  $i$  a deflexão da agulha,  $\theta$ .
4. Repita o item 3 vinte vezes, ou seja, varie a tensão de maneira a se produzir uma variação na corrente de 0,1 A.
5. Registre os Dados Experimentais na Tabela 1:

Tabela 1: Dados experimentais

N	$i_A$ (A)	$\theta$ (graus)	$Tg\theta$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

## 4 Resultados Obtidos e Análise dos Resultados

### Incertezas

Para calcular as incertezas considere os dados abaixo:

- O erro de calibragem da corrente é dado por  $2\% + 5D$ , usando um fundo de escala de 20 A, com resolução  $D = 10 \text{ mA}$ .
- Uma vez que a resolução da bússola é de  $5^\circ$ , ao se coletarem os dados varia-se a corrente a intervalos de 0,1 A, registrando-se apenas os algarismos corretos da deflexão da bússola  $\theta$  (sem o algarismo duvidoso).

Por exemplo, se o ângulo estiver no intervalo entre  $5^\circ$  e  $10^\circ$  e mais próximo a  $5^\circ$ , então registra-se o valor  $5^\circ$ . Deste modo, o erro estatístico da corrente pode ser estimado ordenando-se a tabela de dados em ordem crescente da deflexão  $\theta$  e anotando-se a faixa de variação da corrente correspondente a cada ângulo.

- Adota-se como erro estatístico da corrente  $\sigma_m$  o maior valor entre a metade desta faixa de variação. A incerteza da corrente é dada por:

$$\sigma = \sqrt{\epsilon_C^2 + \sigma_m^2}$$

- Pode-se desprezar a incerteza de  $\tan \theta$  quando comparada com a de B (obtida por propagação de erros).

### Regressão Linear e Teste de Hipótese

1. Obtenha a expressão:

$$i(\theta) = B_T \left( \frac{\pi L}{2\mu_0} \right) \tan \theta,$$

2. A partir dos dados obtidos, faça um gráfico de  $i(\theta) \times \tan \theta$  contendo as incertezas sobre a corrente.
3. Faça a regressão linear do gráfico e identifique na equação acima quem são y, x, a, e b, se a reta tiver a forma:

$$y = ax + b$$

4. Realize o teste de  $\chi^2$  e apresente e compare com  $\chi$  crítico.
5. Determine o valor da componente horizontal do campo magnético terrestre e com sua incerteza.

## 5 Conclusões

Faça uma discussão a partir dos resultados encontrados e se possível compare o valor obtido para o campo terrestre com o valor aceito. O campo magnético da terra em Cornélio Procópio:

$$B_T^{CP} = (1,92 \pm 0,02) \cdot 10^{-5} T$$

## Referências

- [1] Sears, Francis; Zemansky, Mark W.; Young, Hugh D. Física 3 - Eletromagnetismo, 12a Edição, Livros Técnicos e Científicos, 2009
- [2] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física. 6. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2002. V3.
- [3] Sears, Francis; Zemansky, Mark W.; Young, Hugh D. Física 4 - Ótica e Física Moderna, 12a Edição, Livros Técnicos e Científicos, 2009
- [4] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física. 6. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2002. V4.
- [5] TIPLER, Paul Allen; LIEWELLYN, Ralph A. Física Moderna. 5a. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2010.