

# LEI DE AMPÈRE

## Introdução

A lei de Ampère é análoga à lei de Gauss para o campo elétrico. Essa lei foi proposta originalmente por André-Marie Ampère no século XVIII e diz que “a circulação do campo magnético ao longo de um percurso fechado é igual à permeabilidade magnética no vácuo vezes a corrente total que atravessa a área envolvida”, dada pela seguinte integral de linha:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I \quad (1)$$

A lei de Ampère é útil quando envolve situações com simetria que permitem o cálculo da integral, tais como o cálculo do campo de um fio condutor longo e retilíneo, campo no interior de um cilindro condutor, campo de um solenoide linear, campo de um solenoide toroidal, entre outros.

Um solenoide é constituído por um enrolamento como uma hélice cilíndrica com as espiras muito próximas (

Figura 1). Todas as espiras conduzem a mesma corrente  $I$ , e o campo magnético total  $B$  em cada ponto é a soma vetorial dos campos produzidos pelas espiras individuais. No seu interior, os campos se somam e o campo total é aproximadamente constante e uniforme. No seu exterior, os campos se cancelam, e o campo é aproximadamente nulo.

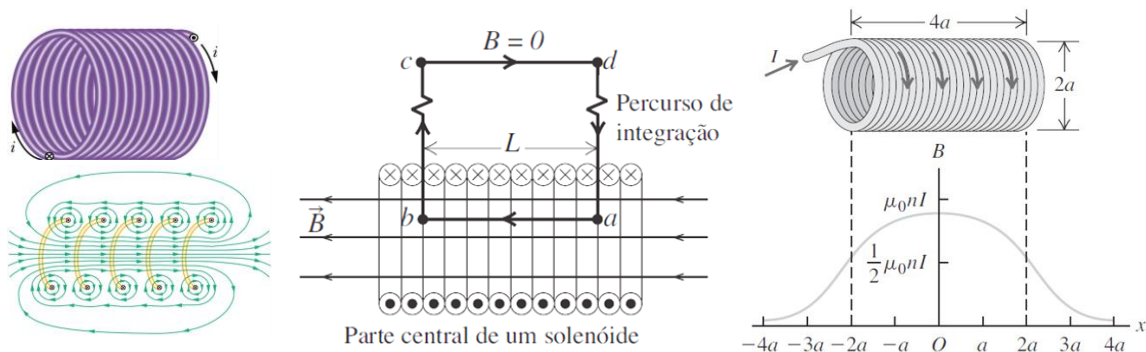


Figura 1: Campo magnético ao longo do eixo de um solenoide, cujo comprimento é igual a quatro vezes o seu raio (Halliday; Sears & Zemansky).

Pela figura anterior, o número de espiras para um dado comprimento  $L$  é igual a  $N$ . Cada uma dessas espiras passa uma vez pelo retângulo  $abcd$  e a corrente total que passa pelo retângulo  $abcd$  é  $I_T = NI$

De acordo com a lei de Ampère, o módulo do campo magnético para um solenoide longo é dado por:

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I \quad (2)$$

onde  $\mu_0$  = permeabilidade magnética do vácuo =  $4\pi \cdot 10^{-7}$  (T.m/A),  $I$  é a corrente elétrica que passa pelo solenoide e  $N$  é o número de espiras em um dado comprimento  $L$ .

Entretanto, o campo só é uniforme e constante na porção central do solenoide, pois os solenoides reais têm comprimento limitado e os campos próximos os limites do solenoide sofrem um efeito de borda, região na qual o campo cai do valor do campo magnético no interior do solenoide até o campo magnético nulo no exterior do solenoide. O comportamento do campo magnético ao longo de um solenoide, incluindo a região de bordas, é representado na Figura 2 a seguir. Nesta figura, o valor do campo magnético em cada ponto foi dividido pelo valor do campo máximo ( $B$ ), no centro do solenoide ( $B_0$ ), e o comprimento do solenoide pode ser estimado pela largura a meia altura, conforme indicado no gráfico.

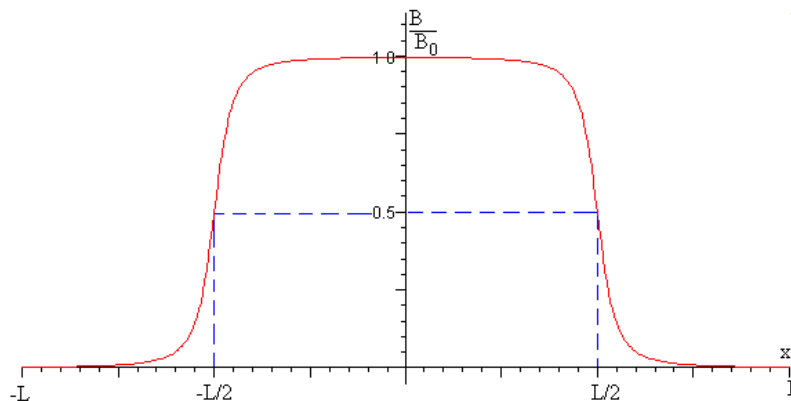


Figura 2: Gráfico da razão entre o campo magnético ( $B$ ) e o campo magnético máximo ( $B_0$ ) no interior de um solenoide.

## Atividade experimental

### 1. Objetivos

O objetivo desta atividade prática é contribuir para a compreensão da Lei de Ampère.

### 2. Materiais e Métodos

Os materiais necessários para realização deste experimento são:

- Fonte de tensão elétrica contínua;
- Cabos;
- Teslâmetro;
- Solenoide com 300 espiras;

- Trena;
- Suportes diversos.

Roteiro Experimental:

**1ª Parte:** Campo magnético central com diferentes correntes

- i. Meça o comprimento do solenoide e determine seu centro;
- ii. Insira a haste do teslômetro no interior do solenoide até que a extremidade coincida com o centro do solenoide. Essa será a posição  $x = 0$ ;
- iii. Meça o valor campo magnético no centro do solenoide para 10 valores de corrente distintos, menores do que 1,5 A, para determinar o valor de corrente. Use o display da fonte como indicador da corrente.

**2ª Parte:** Campo magnético ao longo do eixo x

- i. Com o teslômetro posicionado inicialmente na posição  $x = 0$ , ligue a fonte de tensão e ajuste a corrente para 1 A;
- ii. Meça o valor do campo magnético na posição inicial e varie a posição da extremidade da haste com relação ao centro do solenoide, medindo o campo em cada posição, até que tenha sido possível obter os dados necessários para construir um gráfico como o da Figura 2.

**3. Tabela de Dados**

Embora os dados sejam obtidos de forma automática, os alunos devem montar tabelas semelhantes às apresentadas a seguir para mostrar os dados no relatório.

Tabela 1: Valores de campos magnéticos no centro do solenoide para diferentes correntes.

Campo magnético central ( $x=0$ )				
	Corrente (A)	$\sigma_{bcorrente}$ (A)	<b>B</b> (mT)	$\sigma_{bcampo}$ (mT)
$i_1$				
$i_2$				
$i_3$				
$i_4$				
$i_5$				
$i_6$				
$i_7$				
$i_8$				
$i_9$				
$i_{10}$				

Tabela 2: Valores de campos magnéticos ao longo do eixo central do solenoide.

Campo magnético ao longo do eixo x					
Corrente =					
Deslocamento direção positiva			Deslocamento direção negativa		
Posição (cm)	B (mT)	$\sigma_b$ (mT)	Posição (cm)	B (mT)	$\sigma_b$ (mT)
0,0			0,0		
1,0			-1,0		
2,0			-2,0		
3,0			-3,0		
4,0			-4,0		
5,0			-5,0		
6,0			-6,0		
7,0			-7,0		
7,5			-7,5		
8,0			-8,0		
8,5			-8,5		
9,0			-9,0		
9,5			-9,5		
10,0			-10,0		
10,5			-10,5		
11,0			-11,0		
11,5			-11,5		
12,0			-12,0		
12,5			-12,5		
13,0			-13,0		
13,5			-13,5		
14,0			-14,0		

#### 4. Discussão

##### 1ª Parte:

1. Construa o gráfico de B versus I e determine  $\mu_0$  com incerteza (propagada) a partir do coeficiente angular da reta, utilizando o valor de L determinado com a régua e sabendo que o número de espiras do solenoide utilizado era 300.
2. Compare o valor do item anterior com a permeabilidade magnética do vácuo ( $4\pi \cdot 10^{-7}$  T.m/A), mais uma vez determinando um erro relativo em percentual.

##### 2ª Parte:

1. Construa o gráfico de B/B<sub>0</sub> versus a posição e verifique sua similaridade com o gráfico da Figura 2. Note que B<sub>0</sub> é o campo em x = 0 (valor máximo).
2. Determine o comprimento L do solenoide a partir do gráfico e compare com o valor medido em sala.