

# Eletrromagnetismo

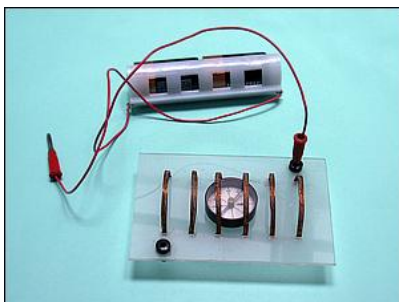
## Histórico

Desde a antiguidade quando os fenômenos elétricos e magnéticos foram descobertos, se acreditava que o magnetismo e a eletricidade eram fenômenos distintos sem nenhuma relação entre eles.

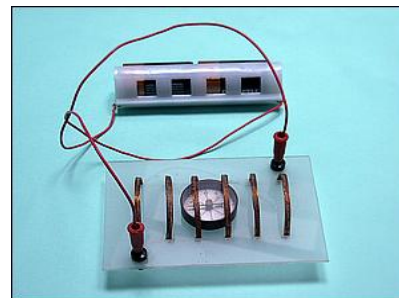
Somente em 1820 o físico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851) observou e através de um experimento, quando a agulha de uma bússola é colocada próxima de uma corrente elétrica, essa agulha é desviada de sua posição. Ora, já vimos que quando uma agulha magnética é suspensa pelo centro de gravidade, só entra em movimento quando está sujeita a ação de um campo magnético. Sendo assim, o deslocamento da agulha só pode ser explicado pela formação de um campo magnético em torno do condutor percorrido por corrente elétrica. Foi essa a primeira vez que se observou o aparecimento de um campo magnético juntamente com uma corrente elétrica surgindo então o ramo hoje chamado de eletromagnetismo.

Segue abaixo a experiência realizada por Oersted

Inicialmente, um condutor retilíneo horizontal é colocado paralelamente a uma agulha imantada. Esse condutor é ligado em série com os seguintes elementos: um acumulador, que fornece corrente; um reostato, que controla a intensidade da corrente; e uma “chave” (interruptor), para abrir e fechar o circuito. Inicialmente, esta chave está aberta, e a agulha se mantém paralela ao condutor (figura a). Quando se fecha a chave, passa corrente, produz-se o campo magnético, e a agulha é desviada (figura b).

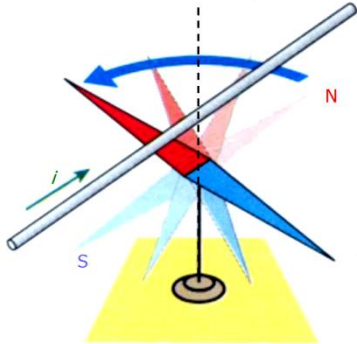


*Figura a*



*Figura b*

Observa-se ainda que quando a corrente elétrica “  $i$  ” se estabelece no condutor, a agulha magnética assume uma posição perpendicular ao plano definido pelo fio e pelo centro da agulha.



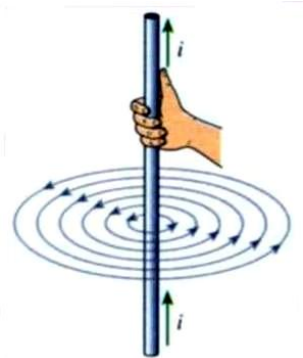
### Campo magnético produzido por correntes

Como acabamos de ver, quando um condutor é percorrido por uma corrente elétrica, forma-se em torno do mesmo um campo magnético. A partir de agora vamos determinar este campo em algumas situações, lembrando que como se trata de uma grandeza vetorial, em cada caso temos que determinar o módulo, a direção e o sentido do vetor campo magnético.

Porém, antes de estudarmos cada caso particularmente, temos que entender como determinar o sentido do campo magnético, que foi estudado por Ampère que estabeleceu uma regra que ficou conhecida por **regra da mão direita**.

Observe a figura a seguir:

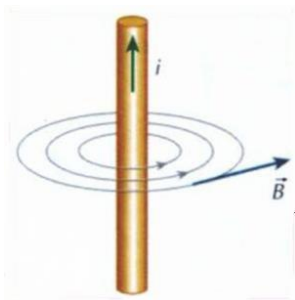
Segure o condutor com a mão direita e aponte o polegar no sentido da corrente. Os demais dedos dobrados fornecem o sentido do vetor  $B$ .



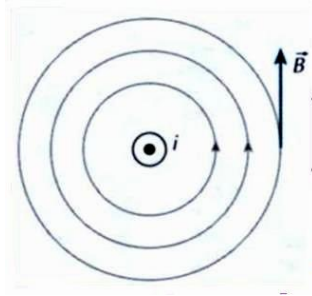
Para que possamos enxergar melhor o sentido do campo em relação ao plano, foram estabelecidas duas representações para o sentido do vetor campo magnético

- ⊙ → Grandeza orientada do plano para o observador (saindo do plano)
- ⊗ → Grandeza orientada do observador para o plano (entrando no plano)

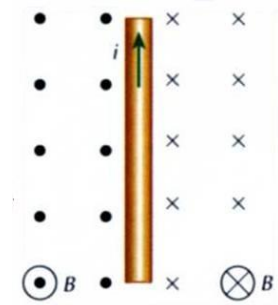
Sendo assim, podemos agora visualizar este campo por ângulos diferentes. Siga os exemplos:



Vista em perspectiva



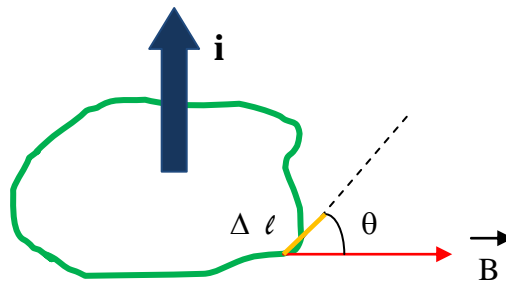
Vista de cima



Vista de lado

### Intensidade do vetor indução magnética

O cálculo da intensidade do campo magnético  $\vec{B}$  em torno de um condutor reto muito longo percorrido por uma corrente elétrica é determinado com base na **Lei de Ampère**. Aqui vamos apresentá-la a partir de uma linha curva qualquer, fechada, contida em um meio onde existe um campo magnético  $\vec{B}$ . vamos chamar de  $\Delta \ell$  um trecho infinitesimal dessa linha e por  $i$  a corrente que atravessa a região envolvida pela linha de acordo com a figura abaixo



A lei de Ampère é dada por;

$$\sum B \Delta \ell \cos \theta = \mu \cdot i$$

O somatório deve ser feito ao longo de toda linha fechada.

$\mu$  corresponde a permeabilidade magnética do meio, tratando-se portanto de uma característica do meio, e sua unidade no S.I. é T.m/A (Tesla. metro / ampère)

vamos usar esta lei para determinar a intensidade do vetor campo magnético em torno de um condutor retilíneo.

Para isso, vamos aplicar a lei de Ampère, usando qualquer curva fechada de forma que :

$$\sum B \Delta \ell \cos\theta = \mu \cdot i$$

Como  $\theta = 0^\circ \implies \sum B \Delta \ell = \mu \cdot i$

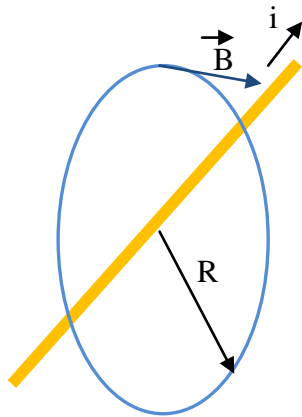
Por simetria, a intensidade do campo é a mesma em todos os pontos então

$$B \sum \Delta \ell = \mu \cdot i \text{ e se notarmos que } \sum \Delta \ell \text{ é o comprimento da circunferência temos que}$$

$$B 2\pi R = \mu \cdot i \text{ então}$$

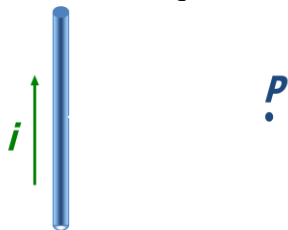
$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi R}$$

A permeabilidade magnética no vácuo vale  $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$

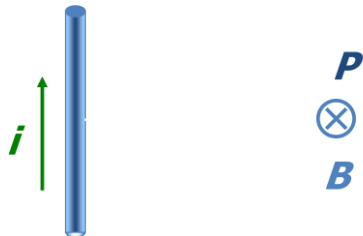


**Exemplo**

Um condutor reto e extenso no vácuo é percorrido por uma corrente de 5A. Calcule o valor da intensidade do vetor indução magnética em um ponto P que dista 20cm do condutor. Indique o sentido do vetor.



Pela regra da mão direita, o vetor tem o sentido indicado na figura a seguir:



**Dados :**

$$i = 5A$$

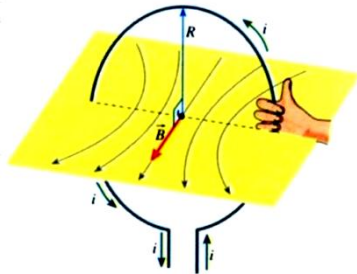
$$d = 20cm = 2 \cdot 10^{-1} m$$

$$\mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$$

$$B = \frac{\mu_o \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot d} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 5}{2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 10^{-1}} \implies B = 5 \cdot 10^{-6} T$$

## 2. Campo Magnético em uma Espira Circular

Considere uma espira circular (condutor dobrado segundo uma circunferência) de centro  $O$  e raio  $R$  e percorrido por uma corrente elétrica. As características do campo magnético em torno de uma espira circular percorrida por corrente são:



a) Direção: perpendicular ao plano da espira

b) Sentido: dado pela regra da mão direita

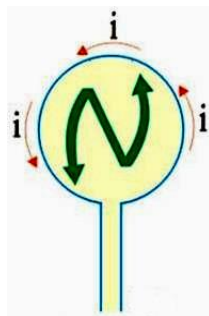
c) Módulo:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2R}$$

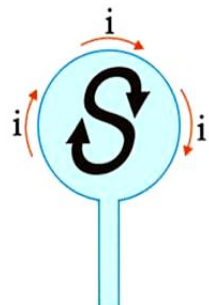
$R$  = raio da espira

Veja agora uma regra prática para a determinação dos pólos magnéticos nas faces de uma espira

1) Se a espira for percorrida por uma corrente no sentido anti-horário, a face voltada para o observador corresponde ao pólo Norte



2) Se a espira for percorrida por uma corrente no sentido horário, a face voltada para o observador corresponde ao pólo Sul



### Exemplo

Dada uma espira circular no vácuo com raio de  $4 \cdot \pi \text{ cm}$ , sendo percorrida por uma corrente elétrica de  $2,0 \text{ A}$ , determine a intensidade do vetor  $B$  no centro da espira.

**Dados :**

$$i = 2 \text{ A}$$

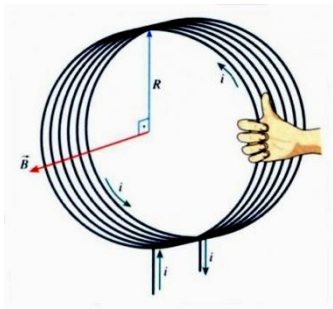
$$R = 4 \cdot \pi \text{ cm} = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}$$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot R} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 2}{2 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-2}}$$
$$B = 10^{-5} \text{ T}$$

### 3. Campo em bobina chata

Uma bobina chata é constituída de várias espiras justapostas.



a) Direção: perpendicular ao plano da bobina

b) Sentido: dado pela regra da mão direita

c) Módulo:

$$B = \frac{N \cdot \mu \cdot i}{2R}$$

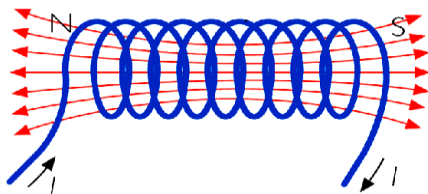
R = raio da espira

N = número de espiras

#### 4. Campo Magnético em um Solenóide

O solenóide é um dispositivo em que um fio condutor é enrolado em forma de espiras não justapostas.

O campo magnético produzido próximo ao centro do solenóide (ou bobina longa) ao ser percorrido por uma corrente elétrica  $i$  é praticamente uniforme (intensidade, direção e sentido constantes)



a) Direção : paralela ao eixo do solenóide

b) Sentido: dado pela regra da mão direita

c) Módulo:

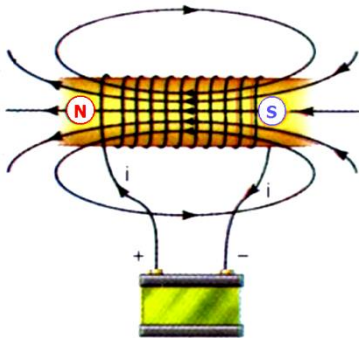
$$B = \frac{N \cdot \mu \cdot i}{l}$$

Onde:

$N$  = número de espiras

$l$  = comprimento do solenóide

O solenóide se comporta como um ímã, no qual o pólo sul é o lado por onde “entram” as linhas de indução e o lado norte, o lado por onde “saem” as linhas de indução



#### Exemplo

Um solenóide de 1000 espiras por metro está no vácuo e é percorrido por uma corrente de 5,0A. Qual a intensidade do vetor indução magnética no interior do solenóide?

Dados :

$$i = 5A$$

$$N = 1000 \text{ espiras}$$

$$L = 1m$$

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot i}{L}$$

$$B = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 10^3 \cdot 5}{1}$$

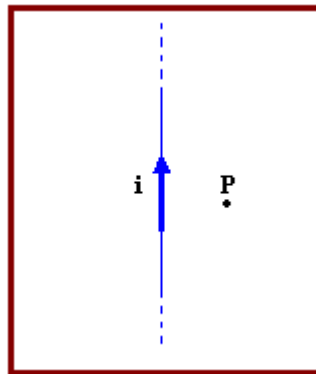
$$B = 2 \cdot \pi \cdot 10^{-3} T$$

## Exercícios

**01.** (UNESP) Um fio longo e retilíneo é percorrido por uma corrente elétrica constante  $I$  e o vetor indução magnética em um ponto próximo ao fio tem módulo  $B$ . Se o mesmo fio for percorrido por uma corrente elétrica constante igual a  $3I$ , o valor do módulo do vetor indução magnética, no mesmo ponto próximo ao fio, será:

- a)  $B/3$
- b)  $B$
- c)  $2B$
- d)  $3B$
- e)  $6B$

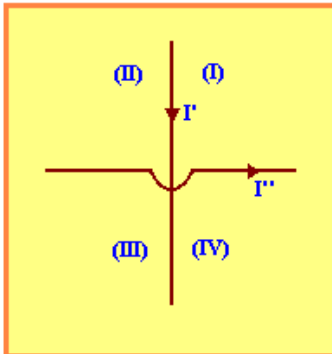
**02.** (UNESP) A figura abaixo representa um condutor retilíneo, percorrido por uma corrente  $I$ , conforme a convenção indicada. O sentido do campo magnético no ponto  $P$ , localizado no plano da figura, é:



- a) contrário ao da corrente;
- b) saindo perpendicularmente da página;
- c) entrando perpendicularmente na página;
- d) para sua esquerda, no plano do papel;
- e) para sua direita, no plano do papel.



**03.** (SANTA CASA) Dois fios dispostos como indica a figura, determinam as quatro regiões do plano. As correntes elétricas  $I'$ ,  $I''$ , pelos condutores, podem produzir campos de intensidade nula:



- a) Somente em (I)
- b) Somente em (II).
- c) Somente em (III)
- d) Em (II) e (IV)
- e) Em (I) e (III)

**04.** (FUND. CARLOS CHAGAS / PUC - BA) Uma espira circular é percorrida por uma corrente elétrica contínua, de intensidade constante. Quais são as características do vetor campo magnético no centro da espira?

- a) É constante e perpendicular ao plano da espira.
- b) É constante e paralelo ao plano da espira.
- c) No centro da espira é nulo.
- d) É variável e perpendicular ao plano da espira.
- e) É variável e paralelo ao plano da espira.

**05.** (OSEC) Nos pontos internos de um longo solenóide percorrido por corrente elétrica contínua, as linhas de indução do campo magnético são:

- a) radiais com origem no eixo do solenóide;
- b) circunferências concêntricas;
- c) retas paralelas ao eixo do solenóide;
- d) hélices cilíndricas;
- e) não há linhas de indução pois o campo magnético é nulo no interior do solenóide.

**06.** (OSEC) As espiras adjacentes de um solenóide no qual circula uma corrente elétrica:

- a) repelem-se mutuamente;
- b) atraem-se mutuamente;
- c) não exercem nenhuma ação mútua;
- d) possuem uma tensão induzida;
- e) n.d.a

**07.** (CESESP - PE) Dois fios longos e paralelos, colocados a uma pequena distância um do outro, são percorridos por correntes de intensidade  $i_1$  e  $i_2$ . Nestas condições, pode-se afirmar que:

- a) A força magnética induzida será de atração se as correntes tiverem o mesmo sentido e de repulsão se tiverem sentidos opostos.
- b) A força magnética induzida será sempre de atração.
- c) A força magnética induzida será sempre de repulsão.
- d) Não aparece força alguma entre os condutores desde que as correntes tenham a mesma intensidade e o mesmo sentido.
- e) Não aparece força alguma entre os condutores desde que as correntes tenham a mesma intensidade e o mesmo sentido.

**08.** (USP) Dois fios retilíneos, percorridos por uma corrente  $i$ , de mesma intensidade e sentido em ambos os fios, são dispostos paralelamente entre si. Considere as proposições:

- I. A força magnética que estabeleceu entre eles tende a aproximá-los.
- II. Uma carga elétrica pontual, lançada ao longo do plano médio perpendicular ao plano dos fios, não é desviada de sua trajetória qualquer que seja sua localização no plano.
- III. Os fios tendem a girar um em volta do outro.

É (são) verdadeira(s) a(s) proposição(ões):

- a) I e II
- b) II e III
- c) Apenas I
- d) Apenas II
- e) Apenas III

**09.** (FESP) Dois condutores retilíneos muito longos e paralelos são percorridos por correntes de mesma intensidade. Podemos afirmar que:

- a) só existem pontos onde o campo magnético resultante é nulo, se as correntes tiverem sentidos opostos;
- b) só existem pontos onde o campo magnético resultante é nulo, se as correntes tiverem o mesmo sentido;
- c) existem pontos onde o campo magnético resultante é nulo qualquer que sejam os sentidos das correntes;
- d) não existem pontos onde o campo magnético resultante é nulo quaisquer que sejam o sentido das correntes;
- e) n.d.a

**10.** (FATEC) Em uma fábrica existe um condutor reto e horizontal fixo ao teto, no meridiano local. Por baixo do condutor situa-se uma mesa, na qual repousa uma bússola comum. O condutor é percorrido por corrente elétrica dirigida de sul para norte. A corrente gera um campo que age sobre a agulha da bússola.

- a) O campo, devido à corrente, exerce na bússola força dirigida de sul para norte.
- b) O campo, devido à corrente, exerce na bússola força dirigida de norte para sul.
- c) O pólo norte da bússola desvia-se para leste.
- d) O pólo norte da bússola desvia-se para oeste.
- e) n.d.a.

**Gabarito**

**01-D**

**02-C**

**03-D**

**04-A**

**05-C**

**06-B**

**07-A**

**08-C**

**09-B**

**10-D**