

# Magnetismo

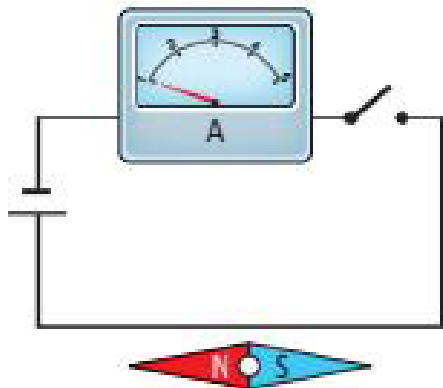
## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### A experiência de Oersted

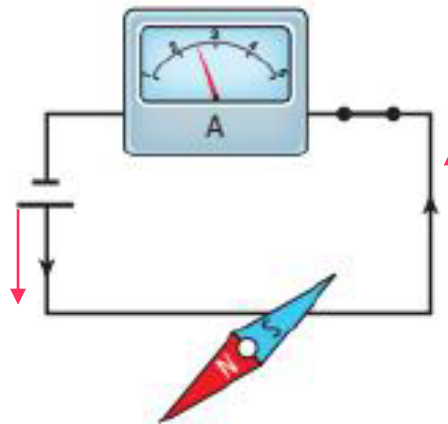
Hans Christian Oersted descobriu em 1820, que um fio percorrido por corrente elétrica, colocado nas proximidades de uma bússola, era capaz de provocar desvio na agulha magnética.

Dessa maneira, comprovou-se a relação existente entre eletricidade e magnetismo.

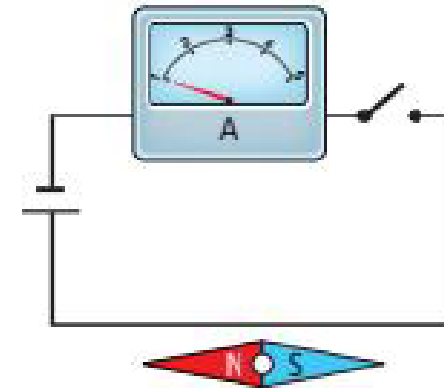
Chave aberta -  $i = 0$



Chave fechada -  $i > 0$



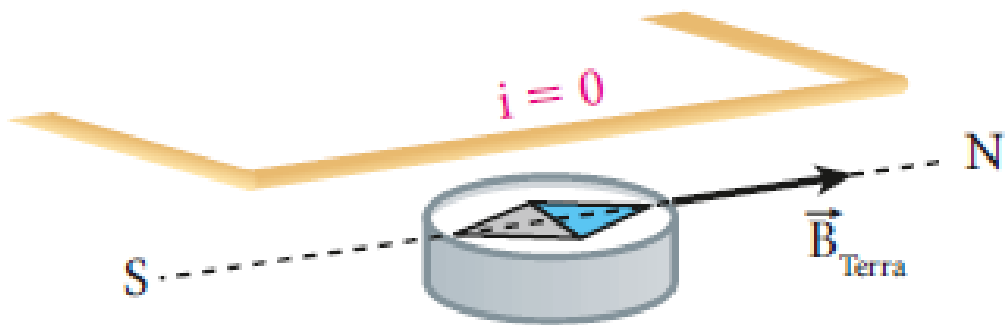
Chave aberta -  $i = 0$



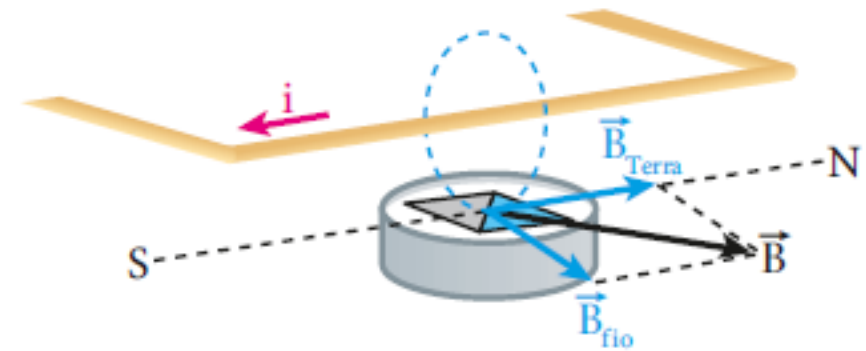
# Magnetismo

## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### A experiência de Oersted



A agulha alinha-se com  $\vec{B}_{Terra}$ , com seu polo norte apontando no sentido de  $\vec{B}_{Terra}$ .

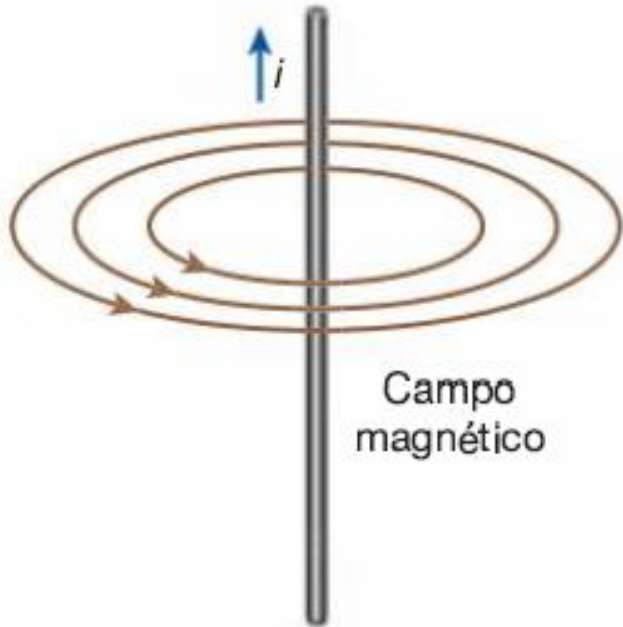


A agulha alinha-se com  $\vec{B}$  e seu polo norte aponta no sentido de  $\vec{B}$ .

# Magnetismo

## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### CASO 01 – Condutor Retilíneo muito longo



Módulo (Lei de Ampere):

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

Direção: Tangente a linha de indução

Sentido: O sentido é dado pela regra da mão direita.

$B$  – Vetor Indução Magnética - Unidade (T – Tesla)  
(Campo Magnético)

$\mu$  – Permeabilidade Magnética - Unidade (T · m/A)  
do meio. (Cada meio tem a sua)

No vácuo:  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  (T·m/A)

$i$  – corrente elétrica no condutor - Unidade (A)

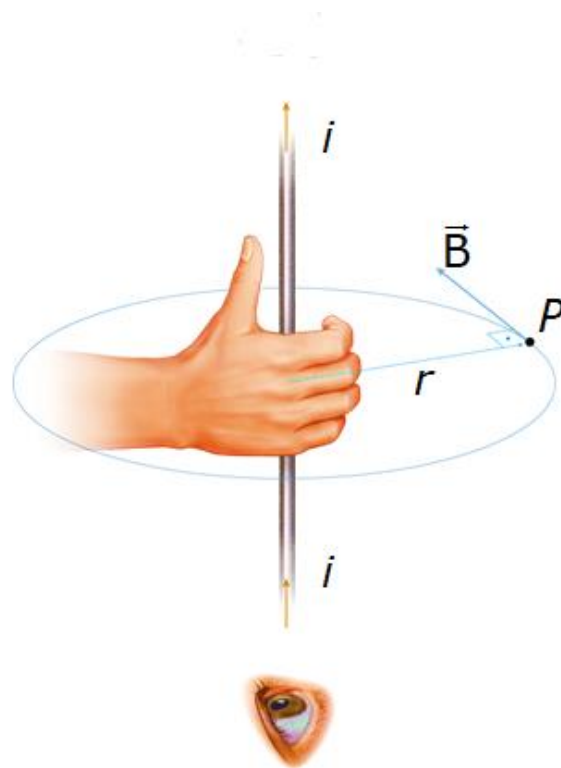
$d$  – distância do ponto ao condutor - Unidade (m)

# Magnetismo

## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### CASO 01 – Condutor Retilíneo muito longo

Regra da mão direita



Em cada ponto, o vetor campo magnético  $\vec{B}$  é tangente à linha de campo e tem o sentido indicado por ela.

**Direção:** perpendicular ao plano que contém o condutor.

Ou...

A direção é a da reta perpendicular ao plano definido pelo ponto  $P$  e pelo condutor.

Ou...

Tangente a linha de indução

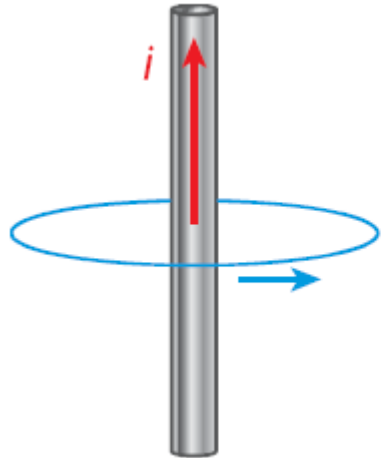
**Sentido:** O sentido é dado pela regra da mão direita.

# Magnetismo

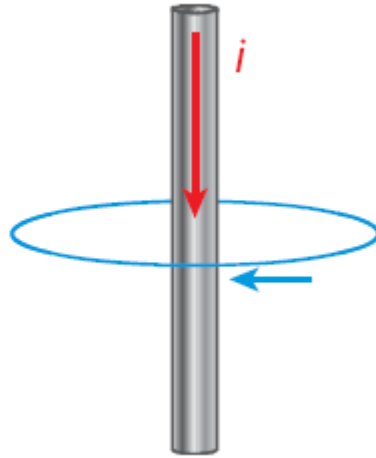
## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### CASO 01 – Condutor Retilíneo muito longo

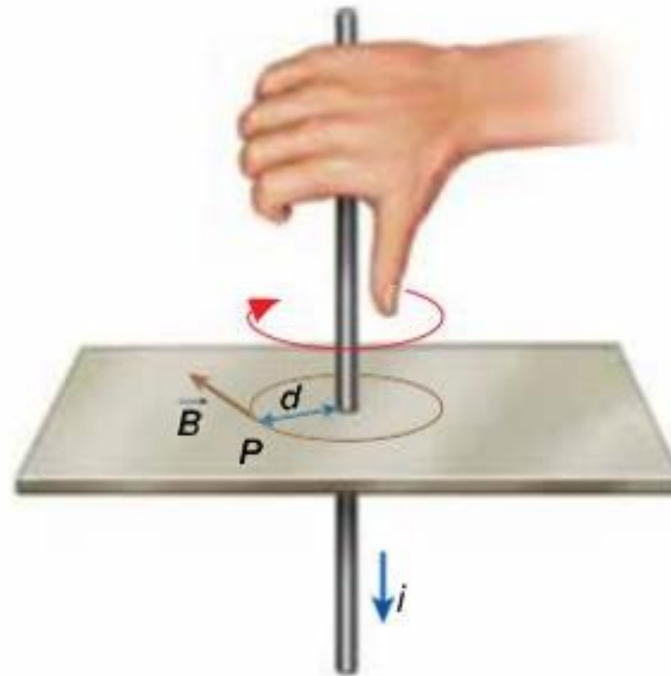
Regra da mão direita



Corrente para cima  
Sentido anti-horário



Corrente para baixo  
Sentido horário



**Direção:** perpendicular ao plano que contém o condutor.

Ou...

A direção é a da reta perpendicular ao plano definido pelo ponto P e pelo condutor.

Ou...

Tangente a linha de indução

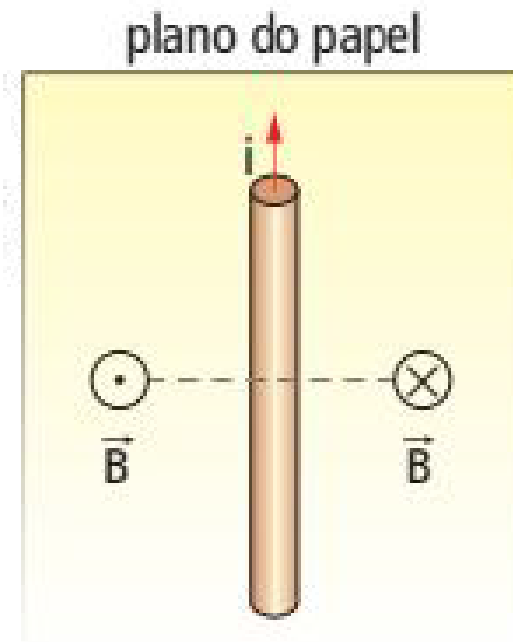
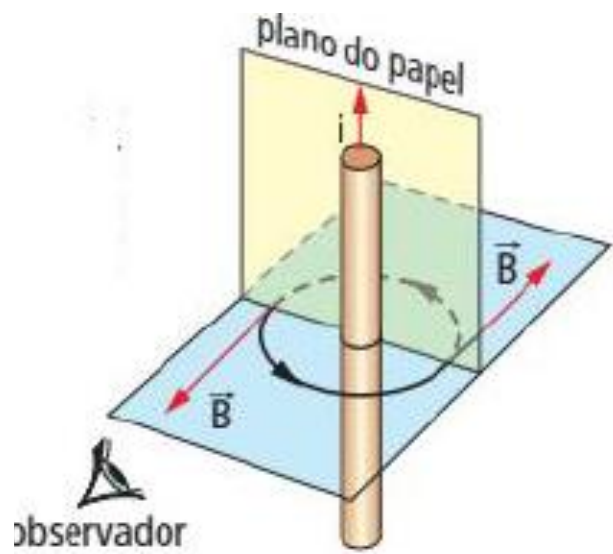
**Sentido:** O sentido é dado pela regra da mão direita.

# Magnetismo

## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

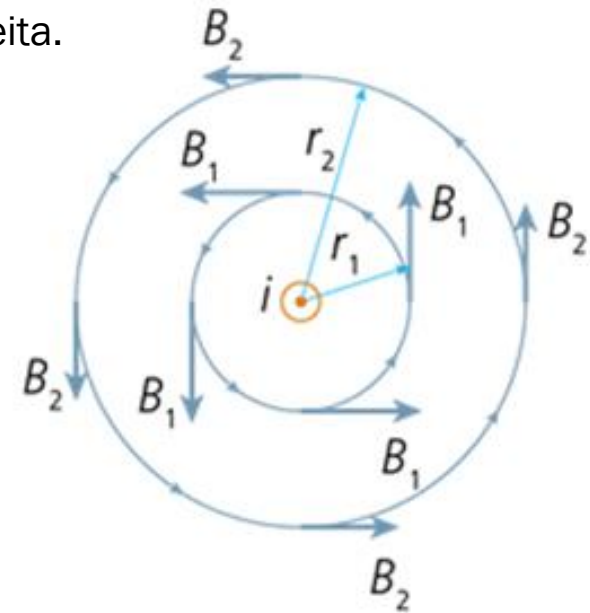
### CASO 01 – Condutor Retilíneo muito longo

Regra da mão direita



Direção: perpendicular ao plano

Sentido: O sentido é dado pela regra da mão direita.

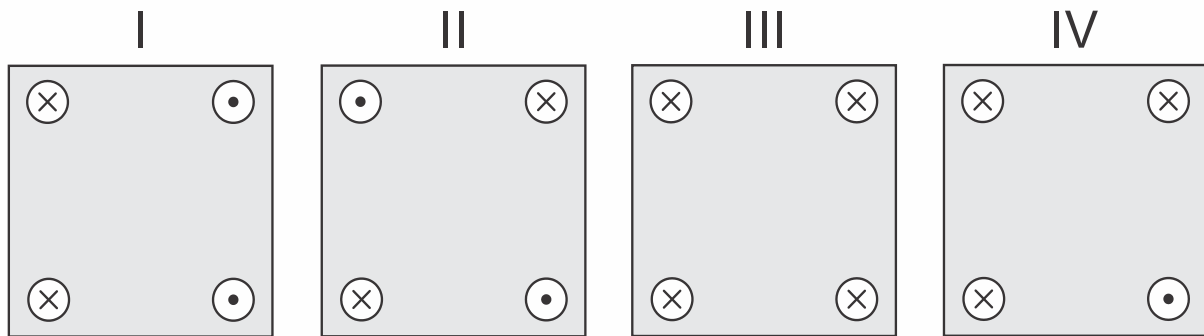


# Magnetismo

## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### EXEMPLO 01 – Campo magnético em um condutor retilíneo

(Fuvest 2017) As figuras representam arranjos de fios longos, retilíneos, paralelos e percorridos por correntes elétricas de mesma intensidade. Os fios estão orientados perpendicularmente ao plano desta página e dispostos segundo os vértices de um quadrado. A única diferença entre os arranjos está no sentido das correntes: os fios são percorridos por correntes que entram  $\otimes$  ou saem  $\odot$  do plano da página.



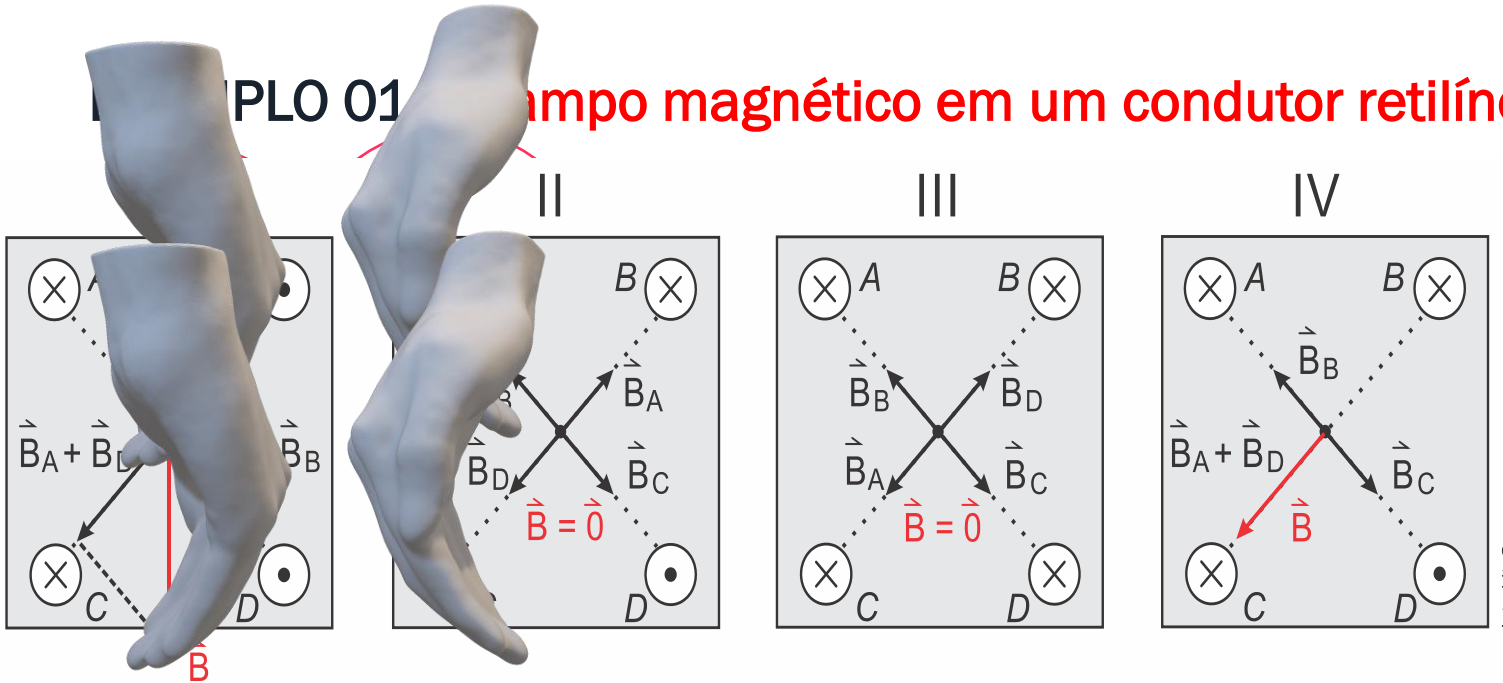
O campo magnético total é nulo no centro do quadrado apenas em

- a) I.
- b) II.
- c) I e II.
- d) II e III.
- e) III e IV.

# Magnetismo

## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### EXEMPLO 01 Campo magnético em um condutor retilíneo



O campo magnético total é nulo no centro do quadrado apenas em

- a) I.
- b) II.
- c) I e II.
- d) II e III.**
- e) III e IV.

AGORA PAUSE O VÍDEO E TENDE ENCONTRAR AS SITUAÇÕES EM QUE O VETOR RESULTANTE SERÁ NULO.

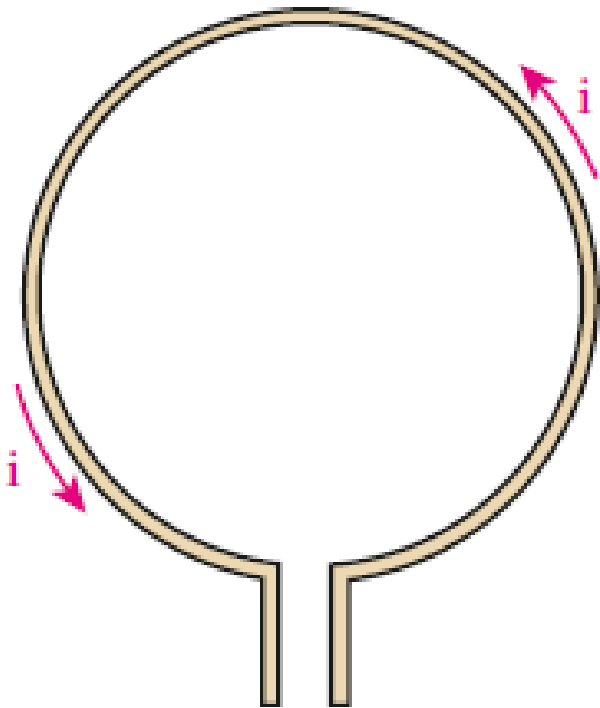
A RESPOSTA VIRÁ ADIANTE.



# Magnetismo

## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### CASO 02 – Espira circular



Módulo:

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

**B** – Vetor Indução Magnética - Unidade (T – Tesla)  
(Campo Magnético)

**$\mu$**  – Permeabilidade Magnética - Unidade (T · m/A)  
do meio. (Cada meio tem a sua)

No vácuo:  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  (T·m/A)

**i** – Corrente elétrica na espira - Unidade (A)

**R** – Raio da espira - Unidade (m)

**Direção:** Perpendicular a face da espira

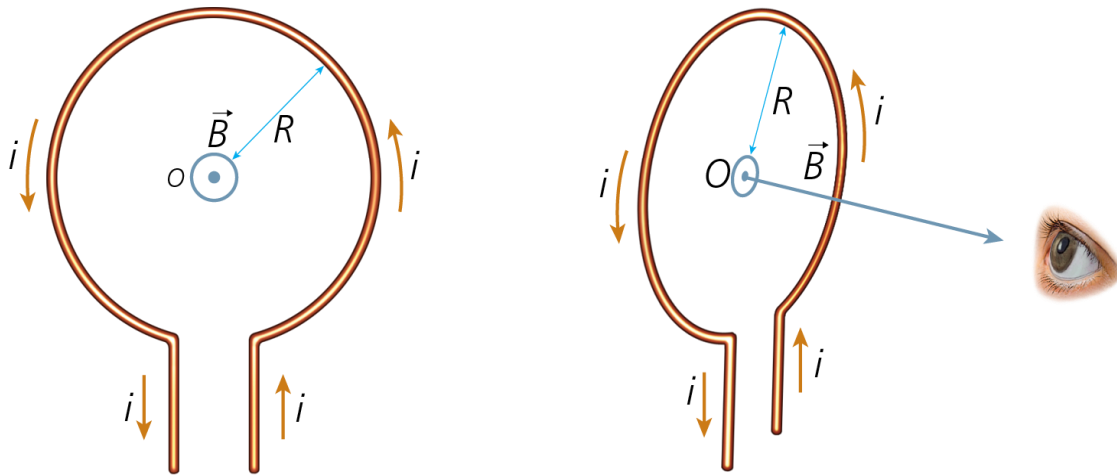
**Sentido:** O sentido é dado pela regra da mão direita.

# Magnetismo

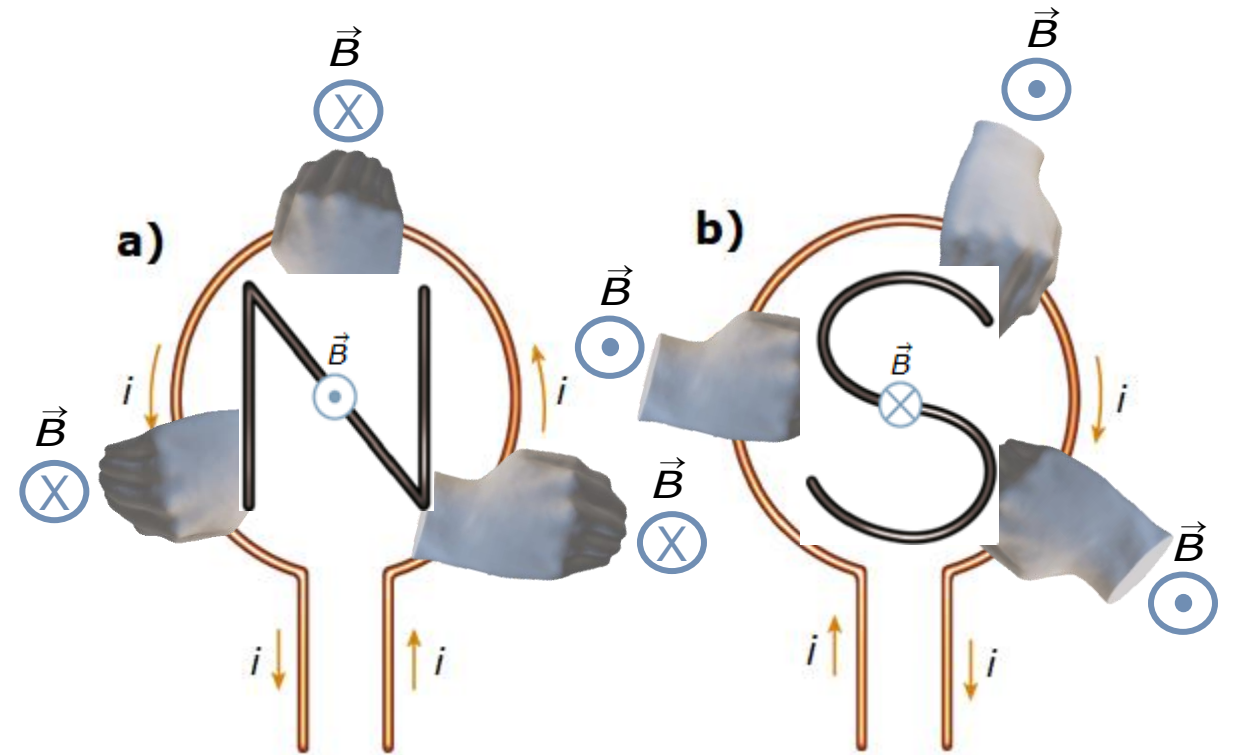
## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### CASO 02 – Espira circular

Aplicando a regra da mão direita



Vista de frente e em perspectiva.



a) Corrente elétrica no sentido anti-horário – Polo Norte

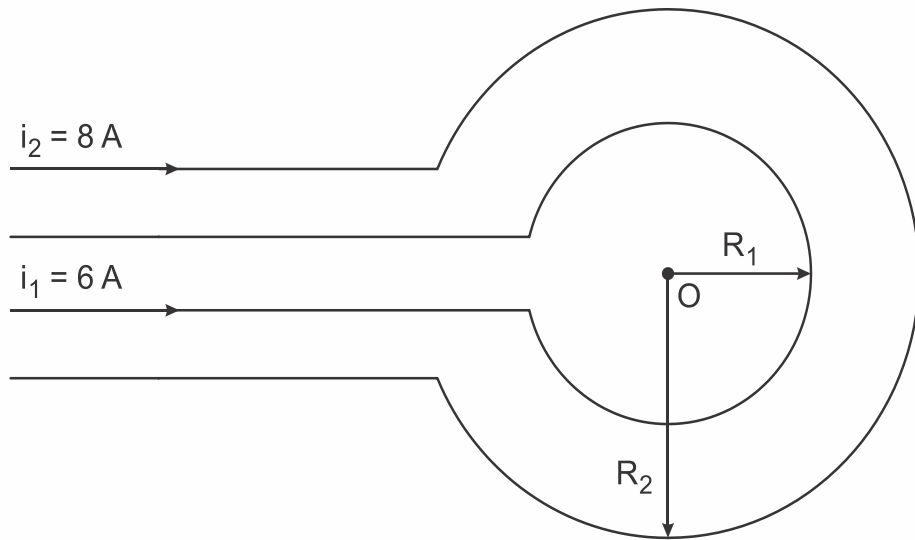
b) Corrente elétrica no sentido horário – Polo Sul

# Magnetismo

## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### EXEMPLO 02 – Campo magnético em uma espira

(Espcex (Aman) 2020) Duas espiras circulares, concêntricas e coplanares de raios  $R_1 = 2\pi$  m e  $R_2 = 4\pi$  m são percorridas, respectivamente, por correntes de intensidades  $i_1 = 6$  A e  $i_2 = 8$  A conforme mostra o desenho.



Desenho ilustrativo - fora de escala

Interfisis®

A intensidade (módulo) do vetor indução magnética no centro das espiras “O” é

Dado: o meio é o vácuo e a permeabilidade magnética do vácuo  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$

a)  $2 \cdot 10^{-7}$  T

b)  $3 \cdot 10^{-7}$  T

c)  $6 \cdot 10^{-7}$  T

d)  $8 \cdot 10^{-7}$  T

e)  $9 \cdot 10^{-7}$  T

Dados Espira 1

$R_1 = 2\pi$  m

$i_1 = 6$  A

Dados Espira 2

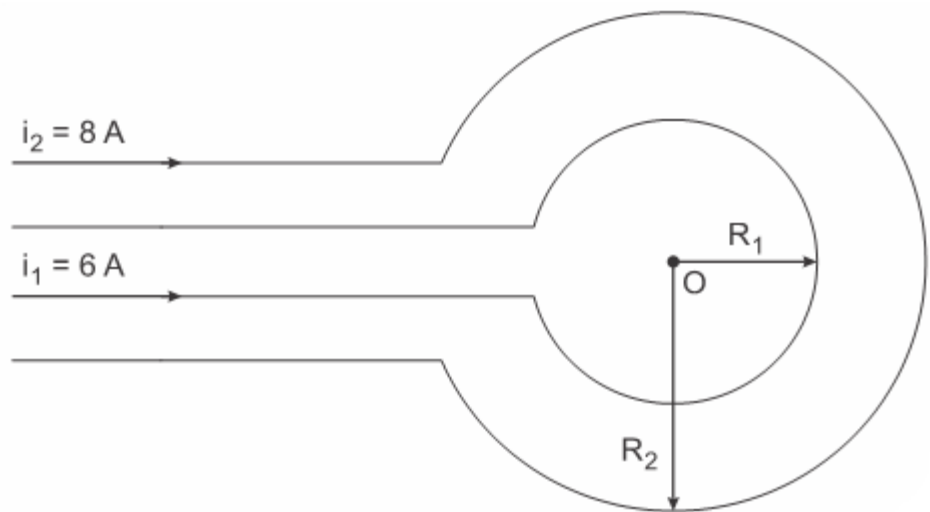
$R_2 = 4\pi$  m

$i_2 = 8$  A

# Magnetismo

## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### EXEMPLO 02 – Campo magnético em uma espira



Dados Espira 1

$$R_1 = 2\pi \text{ m}$$

$$i_1 = 6 \text{ A}$$

Dados Espira 2

$$R_2 = 4\pi \text{ m}$$

$$i_2 = 8 \text{ A}$$

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

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

$$B_1 = \frac{\mu_0 \cdot i_1}{2 \cdot R_1} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 6}{2 \cdot 2\pi} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ T}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 \cdot i_2}{2 \cdot R_2} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 8}{2 \cdot 4\pi} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ T}$$

$$B = B_1 - B_2 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ T}$$

Corrente no sentido anti-horário

POLO NORTE



Corrente no sentido horário  
POLO SUL

a)  $2 \cdot 10^{-7} \text{ T}$

b)  $3 \cdot 10^{-7} \text{ T}$

c)  $6 \cdot 10^{-7} \text{ T}$

d)  $8 \cdot 10^{-7} \text{ T}$

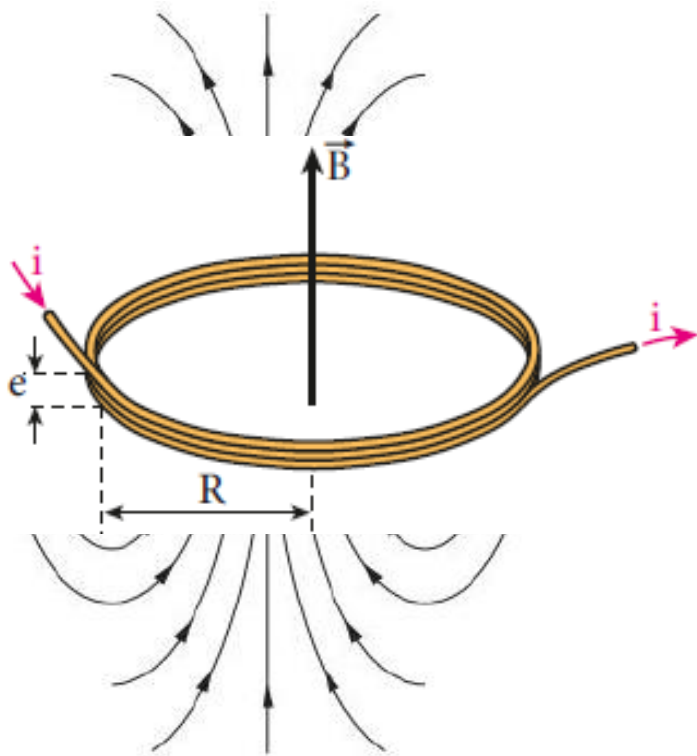
e)  $9 \cdot 10^{-7} \text{ T}$

# Magnetismo

## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### CASO 03 – Bobina chata

um enrolamento condutor cilíndrico constituído de  $n$  espiras, em que a espessura  $e$  é bem menor que o diâmetro  $2R$ ,



Módulo:

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

Direção: perpendicular a face da bobina

Sentido: O sentido é dado pela regra da mão direita.

$B$  – Vetor Indução Magnética - Unidade (T – Tesla)  
(Campo Magnético)

$\mu$  – Permeabilidade Magnética - Unidade (T · m/A)  
do meio. (Cada meio tem a sua)

No vácuo:  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  (T · m/A)

$i$  – Corrente elétrica no condutor - Unidade (A)

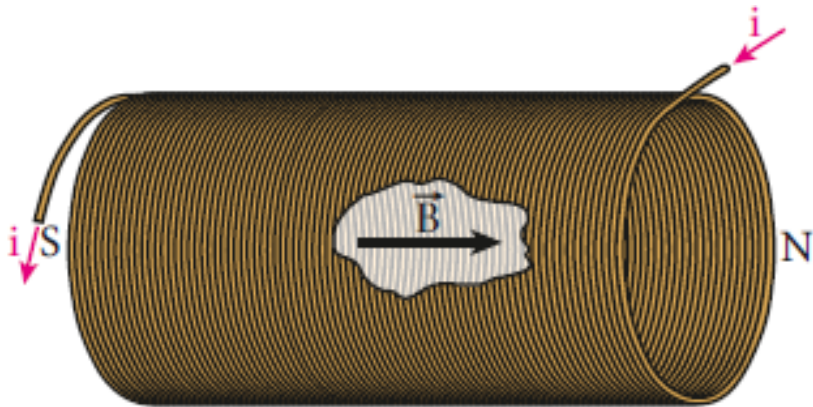
$R$  – Raio das espiras - Unidade (m)

$N$  – Número de espiras

# Magnetismo

## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### CASO 04 – Solenoide



Módulo:

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

$$\frac{N}{L} \quad \text{Densidade linear de espiras}$$

**B** – Vetor Indução Magnética - Unidade (T – Tesla)  
(Campo Magnético)

**$\mu$**  – Permeabilidade Magnética - Unidade (T · m/A)  
do meio. (Cada meio tem a sua)

No vácuo:  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  (T·m/A)

**i** – Corrente elétrica no condutor - Unidade (A)

**L** – Comprimento do Solenoide - Unidade (m)

**N** – Número de espiras

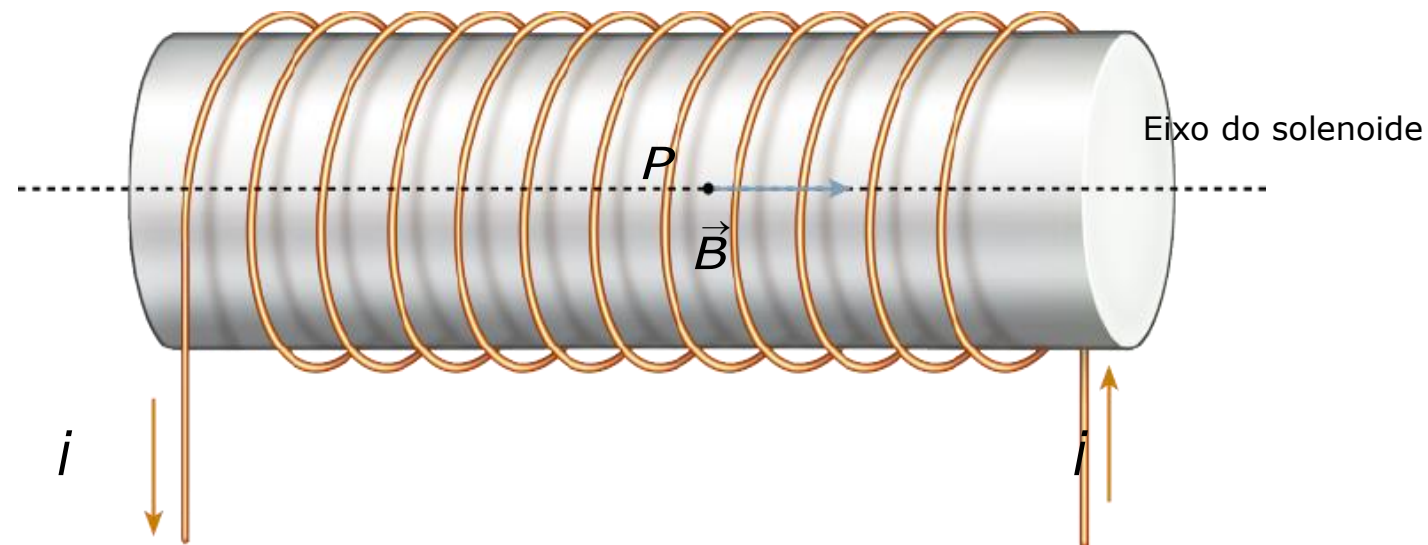
**Direção:** A direção é a do eixo do solenoide.

**Sentido:** O sentido é dado pela regra da mão direita.

# Magnetismo

## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### CASO 04 – Solenoide



No interior de um solenoide, o campo magnético é uniforme.

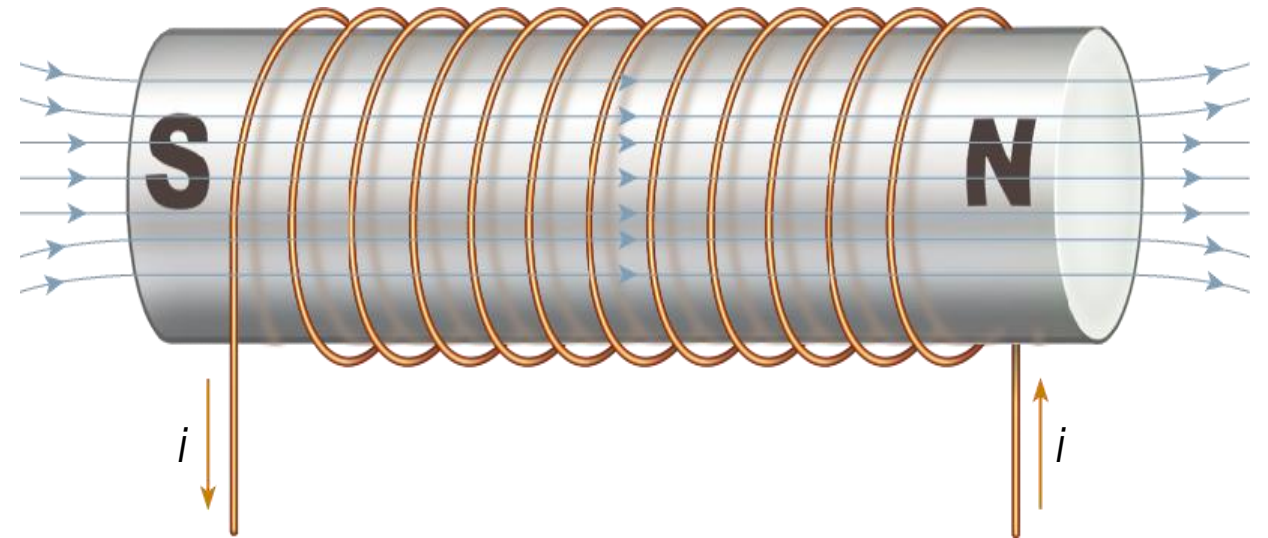
Portanto, as linhas de indução em seu interior são retas paralelas igualmente orientadas e igualmente espaçadas.

# Magnetismo

## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### CASO 04 – Solenoide

O polo norte do solenoide é a extremidade de onde partem as linhas de indução e o polo sul é a extremidade por onde entram as linhas de indução.





# Magnetismo

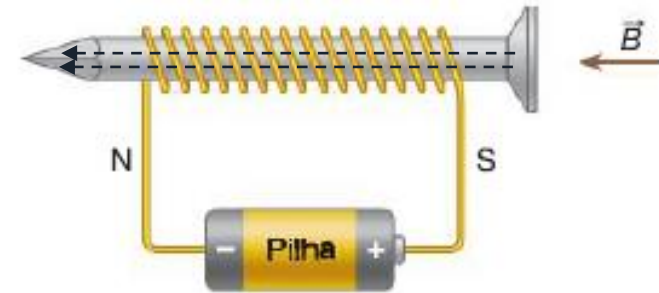
## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### CASO 04 – Solenoide

- É possível aumentar muitas vezes o campo magnético gerado pela corrente que passa por um solenoide preenchendo-o com um núcleo de material ferromagnético (ferro, cobalto ou níquel).
- Isso ocorre porque, inserindo um material ferromagnético no núcleo, muda-se o valor de  $\mu$  (**permeabilidade magnética**), que é maior que  $\mu_0$  (permeabilidade magnética no vácuo -  $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T.m/A}$ ).
- Ao fazer isso, obtém-se um eletroímã que tem em cada uma de suas extremidades polaridade idêntica à anterior, todavia a intensidade do campo magnético será muito maior que o anterior.

#### Aplicações:

- Campainha;
- Alto-falante;
- Eletroímã



# Magnetismo

## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### EXEMPLO 03 – Campo magnético em um solenoide

(ENEM/2017) Um guindaste eletromagnético de um ferro-velho é capaz de levantar toneladas de sucata, dependendo da intensidade da indução magnética em seu eletroímã. O eletroímã é um dispositivo que utiliza corrente elétrica para gerar um campo magnético, sendo geralmente construído enrolando-se um fio condutor ao redor de um núcleo de material ferromagnético (ferro, aço, níquel, cobalto).

Para aumentar a capacidade de carga do guindaste, qual característica do eletroímã pode ser reduzida?

- a) Diâmetro do fio condutor.
- b) Distância entre as espiras.
- c) Densidade linear de espiras.
- d) Corrente que circula pelo fio.
- e) Permeabilidade relativa do núcleo.

# Magnetismo

## E – O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES

### EXEMPLO 03 – Campo magnético em um solenoide

Para aumentar a capacidade de carga do eletroímã, deve ser aumentada a intensidade do campo magnético por ele gerado. A intensidade desse campo é dada pela expressão:

$$\uparrow B = \frac{\mu \cdot i}{\downarrow L} \cdot N$$

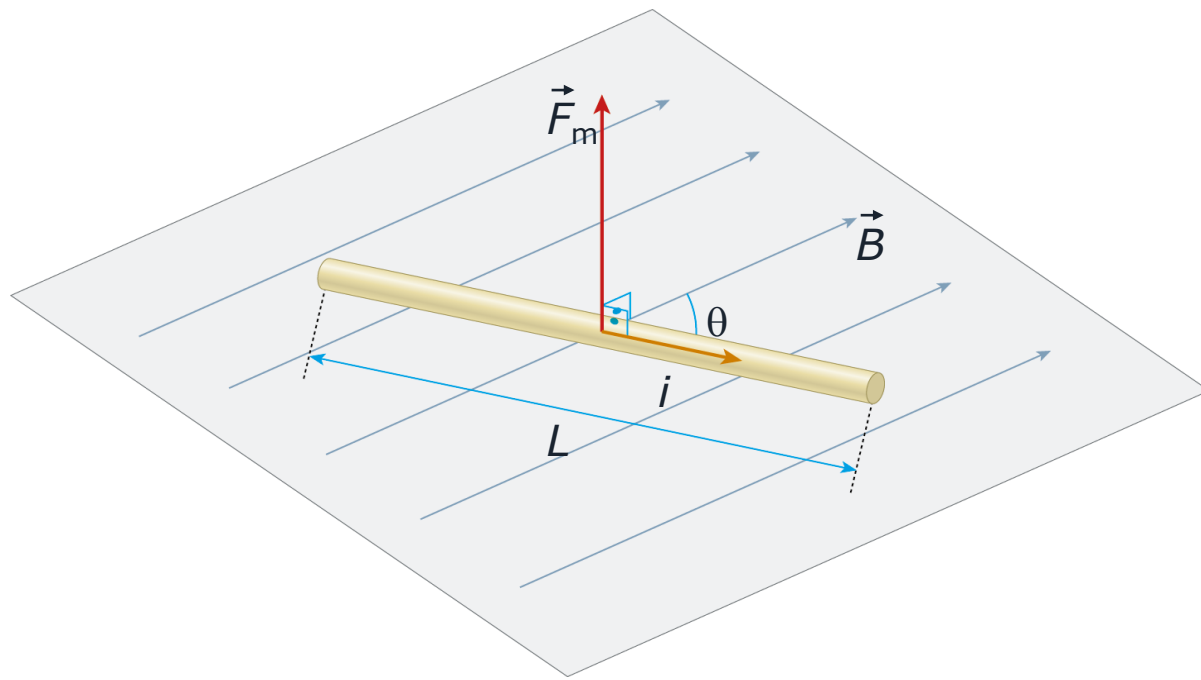
Para aumentar a capacidade de carga do guindaste, qual característica do eletroímã pode ser reduzida?

- a) Diâmetro do fio condutor.
- b) Distância entre as espiras.
- c) Densidade linear de espiras.
- d) Corrente que circula pelo fio.
- e) Permeabilidade relativa do núcleo.

# Magnetismo

## F – FORÇA MAGNÉTICA

### Condutores percorridos por correntes elétricas



Condutor reto imerso num campo magnético uniforme  $B$ .

Um condutor imerso em um campo magnético, ao ser percorrido por uma corrente elétrica, haverá uma FORÇA MAGNÉTICA produzida neste condutor.

A Força magnética será perpendicular ao plano que contém:

O campo magnético ( $B$ ) e a corrente ( $i$ )

# Magnetismo

## F – FORÇA MAGNÉTICA

### Condutores percorridos por correntes elétricas

Módulo:

$$F_M = B \cdot i \cdot L \cdot \text{sen}\theta$$

**B** – Vetor Indução Magnética - Unidade (T – Tesla)  
(Campo Magnético)

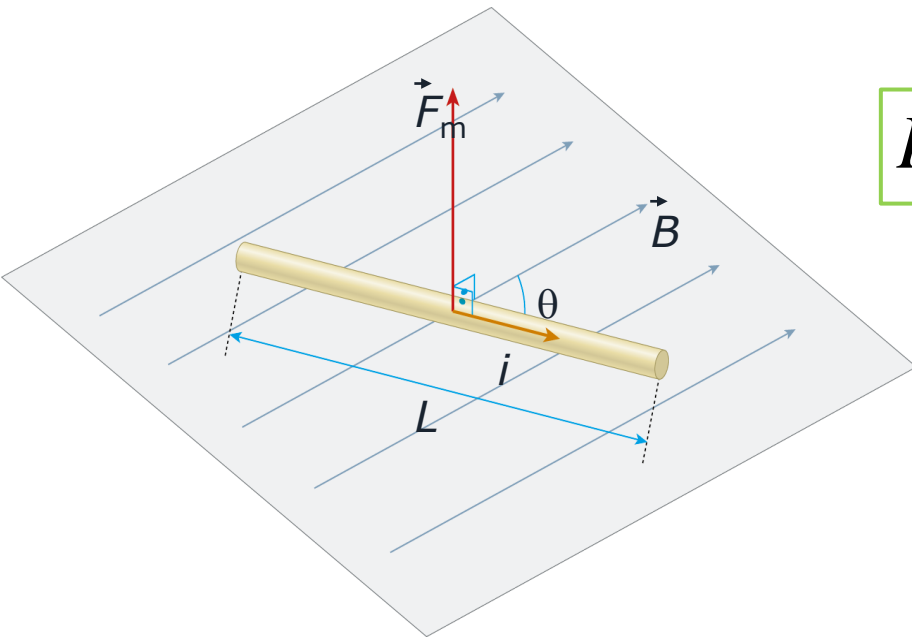
**i** – Corrente elétrica no condutor - Unidade (A)

**L** – Comprimento do condutor - Unidade (m)

**$\theta$**  – Ângulo entre **B** e **i**

**Direção:** Perpendicular ao plano que contem **B** e **i**

**Sentido:** O sentido é dado pela regra da mão esquerda.

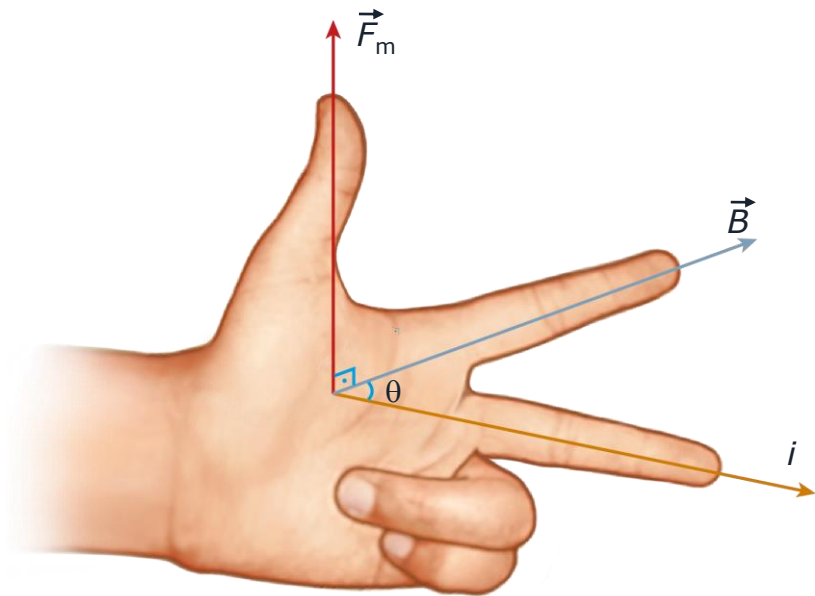


# Magnetismo

## F – FORÇA MAGNÉTICA

### Condutores percorridos por correntes elétricas

#### Regra da mão Esquerda (Regra de Fleming)



Regra da mão esquerda

Dedão – Força Magnética

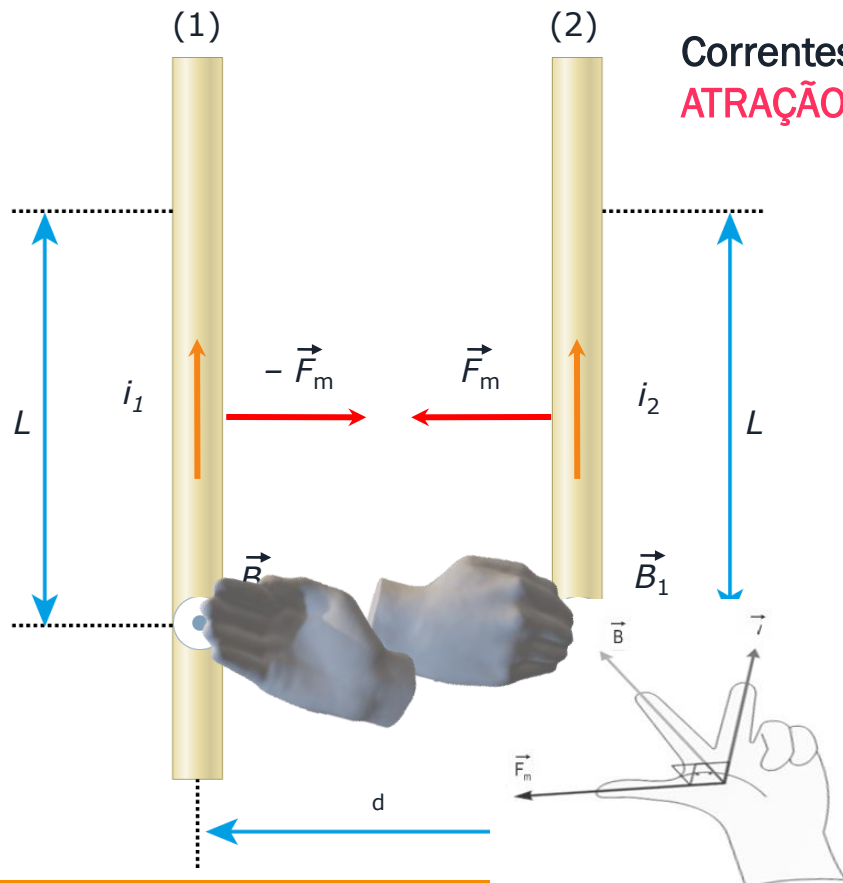
Indicador – Campo magnético (vetor Indução Magnética)

Médio – Corrente elétrica

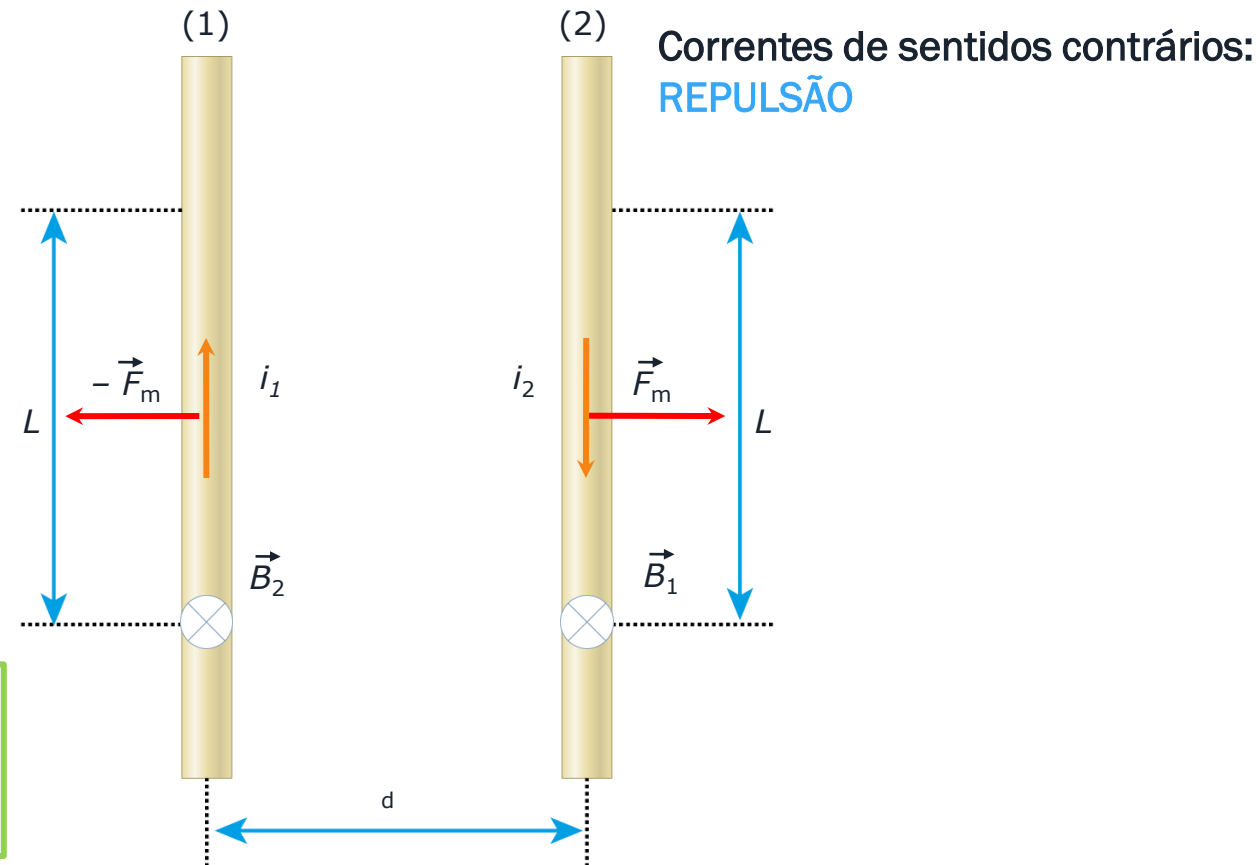
# Magnetismo

## F – FORÇA MAGNÉTICA

### Condutores percorridos por correntes elétricas



$$F = \frac{\mu \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot L}{2\pi \cdot d}$$



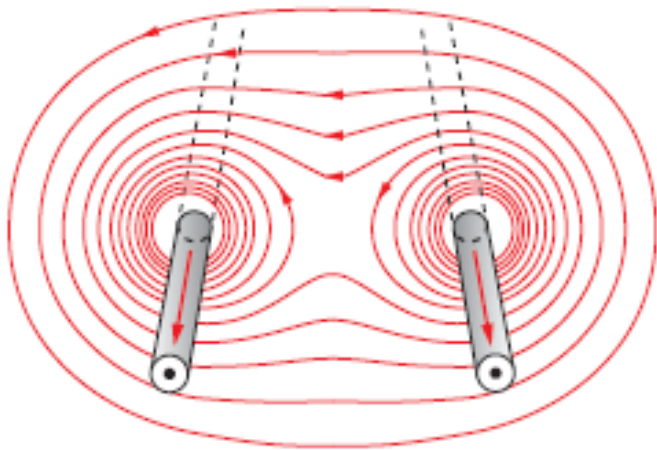
# Magnetismo

## F – FORÇA MAGNÉTICA

### Condutores percorridos por correntes elétricas

Correntes de mesmo sentido:

**ATRAÇÃO**

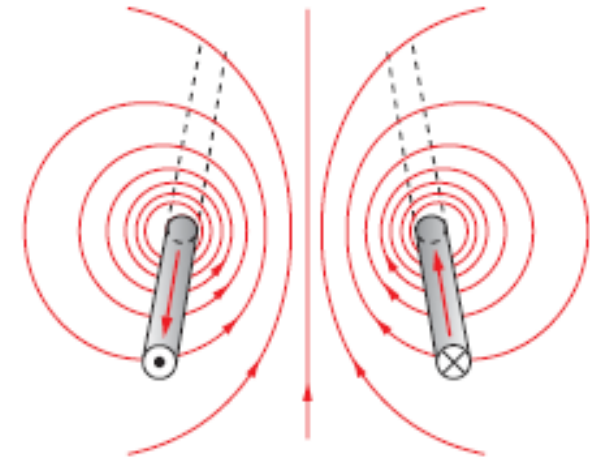


Correntes elétricas de mesmo sentido.

$$F_M = \frac{\mu \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot L}{2\pi \cdot d}$$

Correntes de sentidos contrários:

**REPULSÃO**



Correntes elétricas de sentidos opostos.

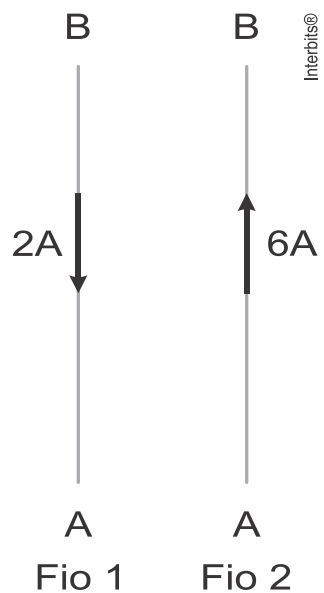


# Magnetismo

## F – FORÇA MAGNÉTICA

### EXEMPLO 04 – FORÇA MAGNÉTICA EM CONDUTORES

(Fac. Albert Einstein - Medicina 2018) Dois fios condutores retos, muito compridos, paralelos e muito próximos entre si, são percorridos por correntes elétricas constantes, de sentidos opostos e de intensidades 2 A e 6 A conforme esquematizado na figura.



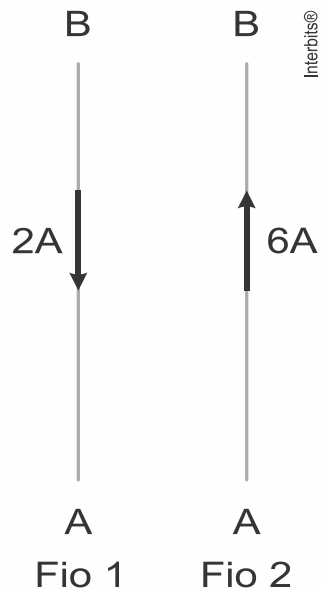
A razão entre os módulos das forças magnéticas de um fio sobre o outro e o tipo de interação entre essas forças é igual a:

- a) 1, repulsiva
- b) 3, atrativa
- c) 12, atrativa
- d) a resultante das forças será nula, portanto, não haverá interação entre elas.

# Magnetismo

## F – FORÇA MAGNÉTICA

### EXEMPLO 04 – FORÇA MAGNÉTICA EM CONDUTORES



O Fio 1 produz a Força de Repulsão no Fio 2

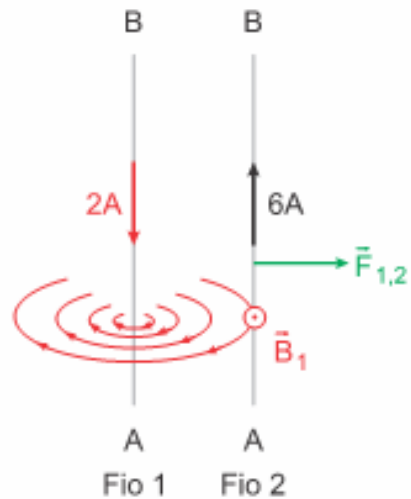


FIG I

O Fio 2 produz a Força de Repulsão no Fio 1

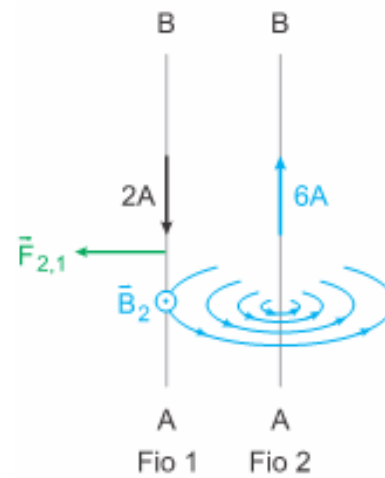


FIG II

Como essas forças se comportam como um par ação-reação, elas têm mesma intensidade. Então:

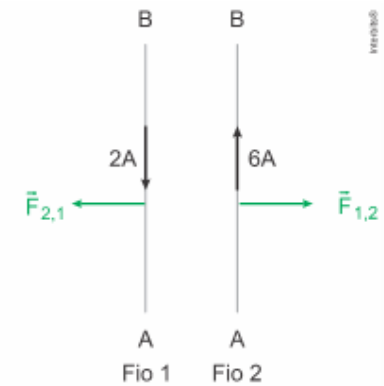


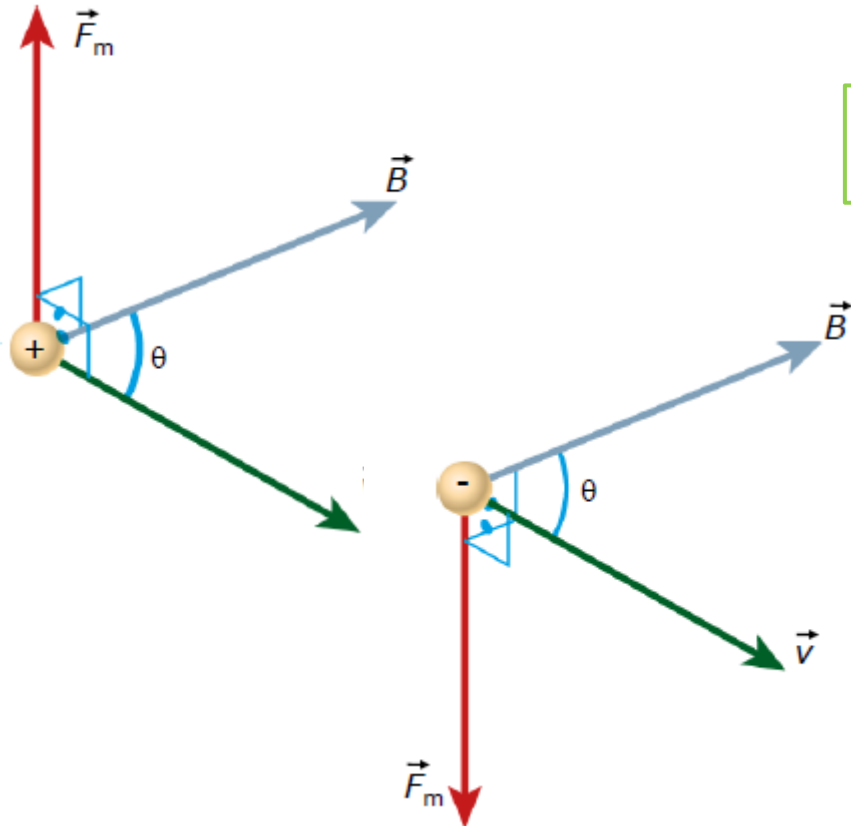
FIG III

$$\frac{F_{1,2}}{F_{2,1}} = 1.$$

# Magnetismo

## F – FORÇA MAGNÉTICA

### Partículas eletrizadas



Módulo:

$$F_M = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\theta$$

$|q|$  – módulo da carga elétrica da partícula -  
Unidade (C – Coulomb\_)

$v$  – velocidade da partícula - Unidade (m/s)

$B$  – Vetor Indução Magnética - Unidade (T – Tesla)  
(Campo Magnético)

$\theta$  – Ângulo entre  $B$  e  $v$

Direção: Perpendicular ao plano que contem  $B$  e  $v$

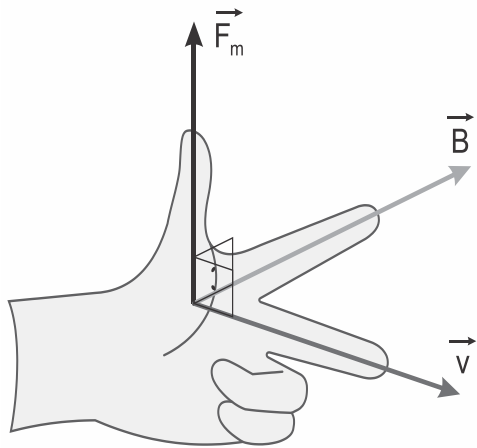
Sentido: O sentido é dado pela regra da mão esquerda  
(ou mão direita espalmada).

# Magnetismo

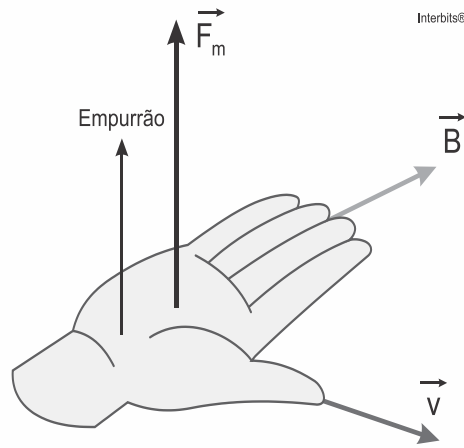
## F – FORÇA MAGNÉTICA

### Partículas eletrizadas

#### Regra da mão Esquerda (Regra de Fleming)



Regra da mão esquerda



Regra da mão direita

#### REGRA DA MÃO ESQUERDA

**Dedão** – Força Magnética

**Indicador** – Campo magnético (vetor Indução Magnética)

**Médio** – Velocidade da partícula

#### REGRA DA MÃO DIREITA (ESPALMADA)

**Dedão** – Velocidade

**Outros dedos** – Campo magnético (vetor Indução Magnética)

**Palma** – Força Magnética

# Magnetismo

## F – FORÇA MAGNÉTICA

### Condutores percorridos por correntes elétricas

#### CASO 01 – Partícula em **repouso** no interior de uma campo magnético

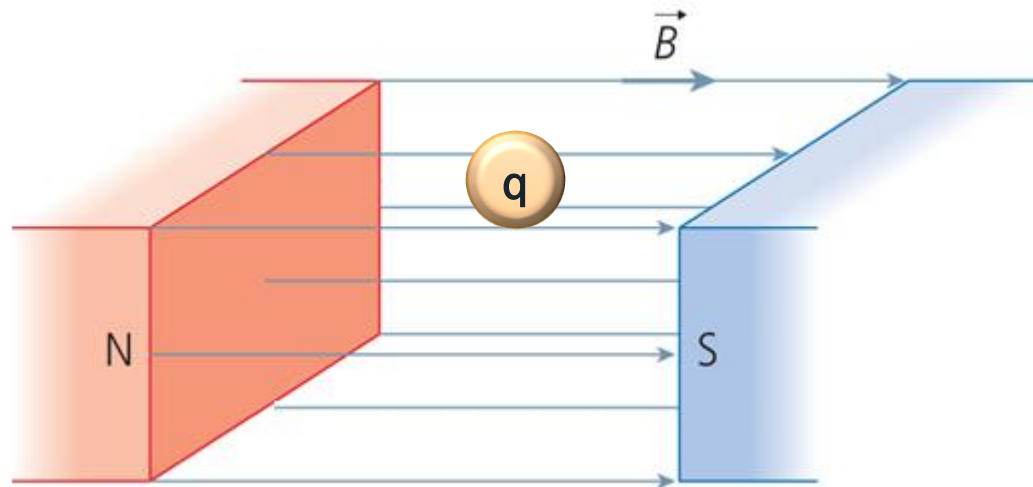
Nesse caso,  $\vec{v} = 0$  e, portanto, a força magnética é nula ( $\vec{F}_m = 0$ ).

Assim, a partícula não fica sujeita à ação de força magnética.

$$F_M = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\theta$$

$$F_M = |q| \cdot 0 \cdot B \cdot \text{sen}\theta$$

$$F_M = 0$$

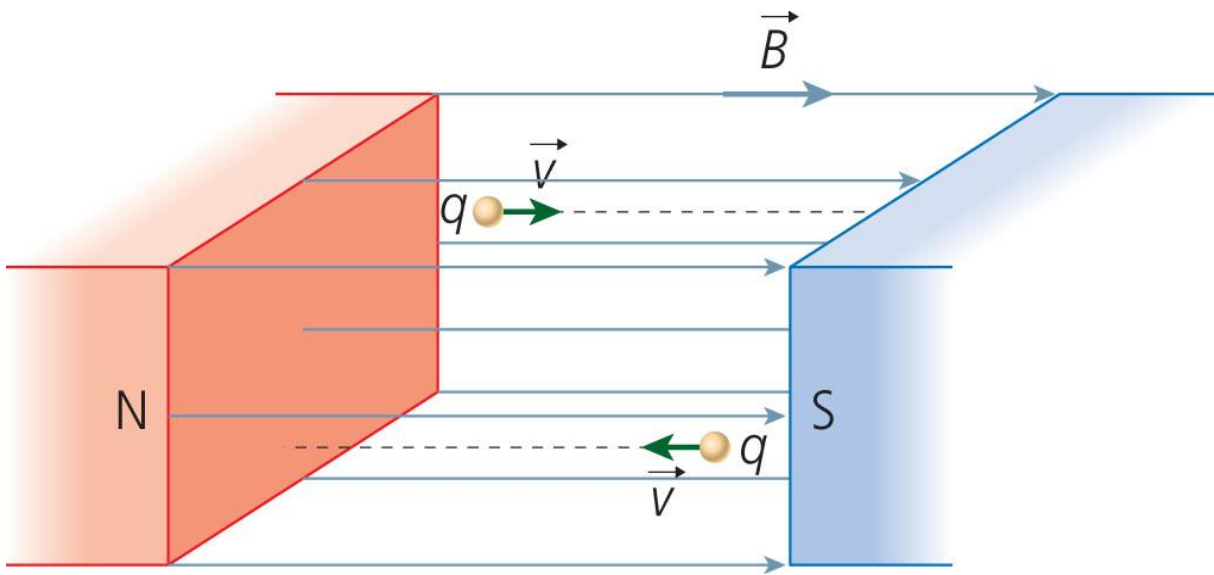


# Magnetismo

## F – FORÇA MAGNÉTICA

Condutores percorridos por correntes elétricas

CASO 02 – Partícula lançada **paralelamente** as linhas de indução de um campo magnético



Partículas eletrizadas lançadas paralelamente às linhas de indução.

Nesse caso, a partícula se desloca livre da ação de força magnética, realizando um **movimento retilíneo e uniforme (MRU)**.

$$F_M = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\theta$$

$$F_M = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}0$$

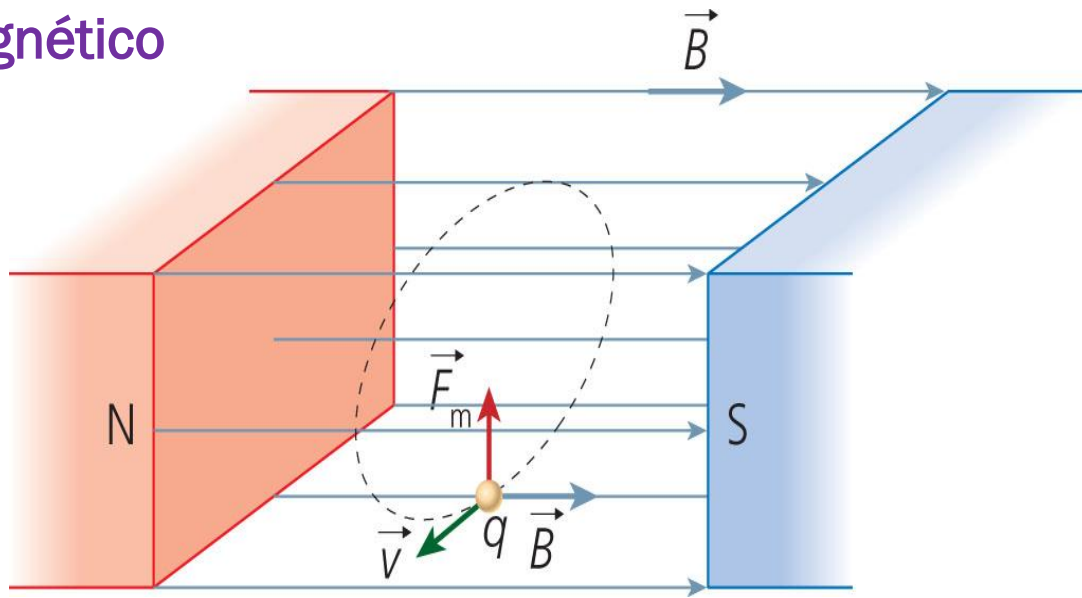
$$F_M = 0$$

# Magnetismo

## F – FORÇA MAGNÉTICA

Condutores percorridos por correntes elétricas

CASO 03 – Partícula lançada **perpendicularmente** as linhas de indução de um campo magnético



Nesse caso, a partícula realiza um **movimento circular e uniforme (MCU)**, num plano perpendicular às linhas de indução.

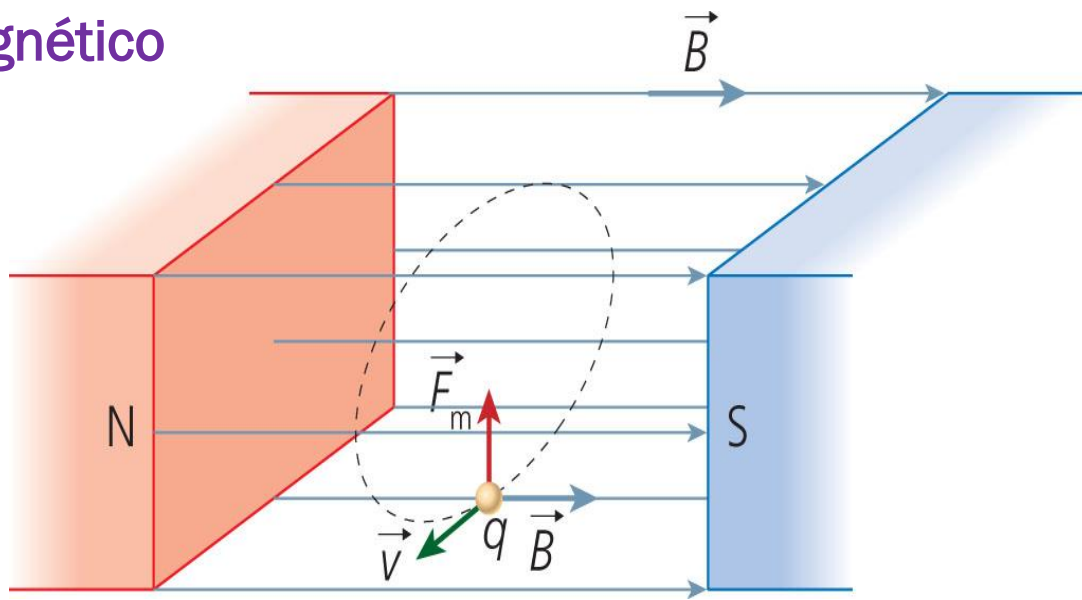
A trajetória circular pertence a um plano perpendicular às linhas de indução.

# Magnetismo

## F – FORÇA MAGNÉTICA

Condutores percorridos por correntes elétricas

CASO 03 – Partícula lançada **perpendicularmente** as linhas de indução de um campo magnético



$$F_{CP} = F_{MAG}$$
$$\frac{m \cdot v^2}{R} = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\theta$$

$$R = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B}$$

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta T}$$
$$V = \frac{2\pi \cdot R}{T}$$

$$T = \frac{2\pi \cdot m}{|q| \cdot B}$$

A trajetória circular pertence a um plano perpendicular às linhas de indução.

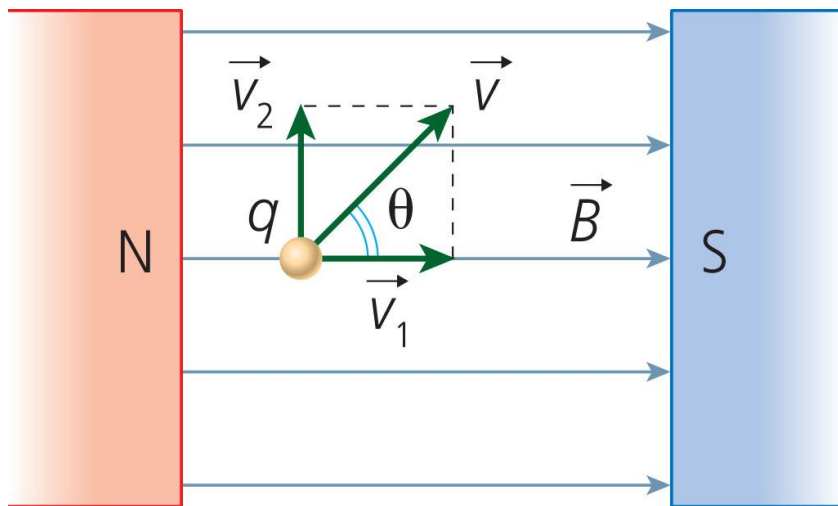


# Magnetismo

## F – FORÇA MAGNÉTICA

Condutores percorridos por correntes elétricas

CASO 04 – Partícula lançada **obliquamente** as linhas de indução de um campo magnético



$\vec{v}_1$  – CASO 02 – Paralela as linhas de indução magnética

$\vec{v}_2$  – CASO 03 – Perpendicular as linhas de indução magnética

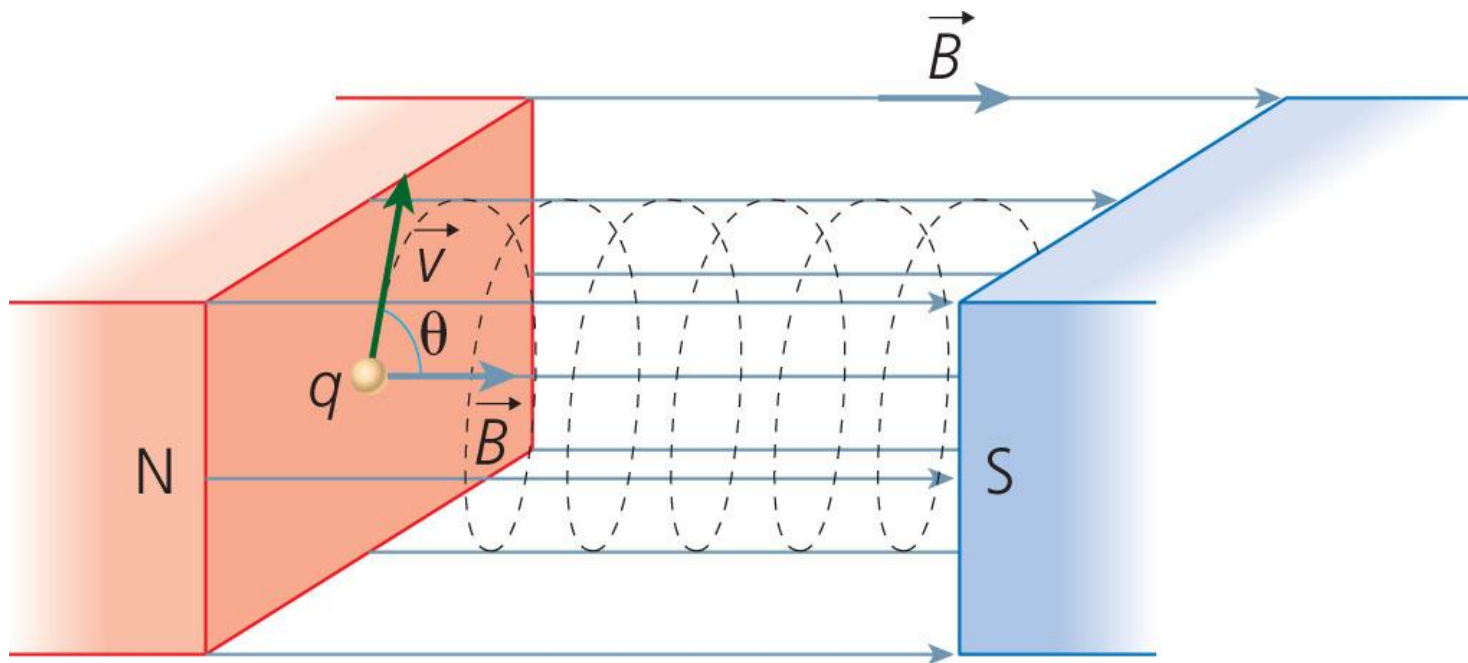
A velocidade  $v$  é decomposta nas componentes  
 $v_1$  e  $v_2$ .

# Magnetismo

## F – FORÇA MAGNÉTICA

Condutores percorridos por correntes elétricas

CASO 04 – Partícula lançada **obliquamente** as linhas de indução de um campo magnético



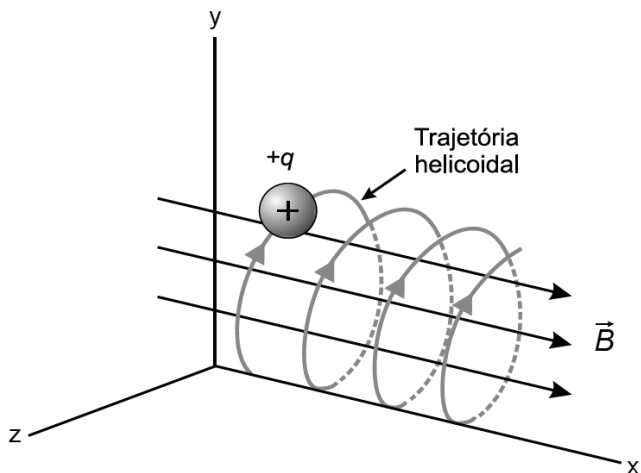
A composição de um MRU com um MCU determina um **movimento helicoidal uniforme**, e a trajetória é denominada **hélice cilíndrica**.

# Magnetismo

## F – FORÇA MAGNÉTICA

### EXEMPLO 04 – FORÇA MAGNÉTICA

(ENEM/2019) O espectrômetro de massa de tempo de voo é um dispositivo utilizado para medir a massa de íons. Nele, um íon de carga elétrica  $q$  é lançado em uma região de campo magnético constante  $\vec{B}$ , descrevendo uma trajetória helicoidal, conforme a figura. Essa trajetória é formada pela composição de um movimento circular uniforme no plano  $yz$  e uma translação ao longo do eixo  $x$ . A vantagem desse dispositivo é que a velocidade angular do movimento helicoidal do íon é independente de sua velocidade inicial. O dispositivo então mede o tempo  $t$  de voo para  $N$  voltas do íon. Logo, com base nos valores  $q$ ,  $B$ ,  $N$  e  $t$ , pode-se determinar a massa do íon.



A massa do íon medida por esse dispositivo será

a)  $\frac{qBt}{2\pi N}$

d)  $\frac{qBt}{N}$

b)  $\frac{qBt}{\pi N}$

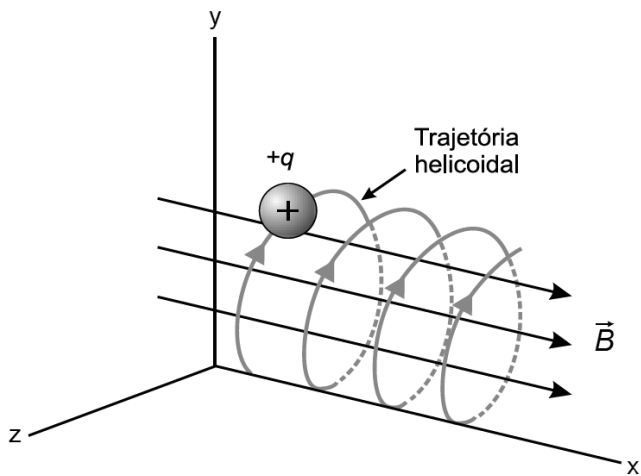
e)  $\frac{2qBt}{N}$

c)  $\frac{2qBt}{\pi N}$

# Magnetismo

## F – FORÇA MAGNÉTICA

### EXEMPLO 04 – FORÇA MAGNÉTICA



A massa do íon medida por esse dispositivo será

- a)  $\frac{qBt}{2\pi N}$    b)  $\frac{qBt}{\pi N}$    c)  $\frac{2qBt}{\pi N}$    d)  $\frac{qBt}{N}$    e)  $\frac{2qBt}{N}$

$$T = \frac{2\pi \cdot m}{|q| \cdot B} \quad \text{Eq. 01}$$

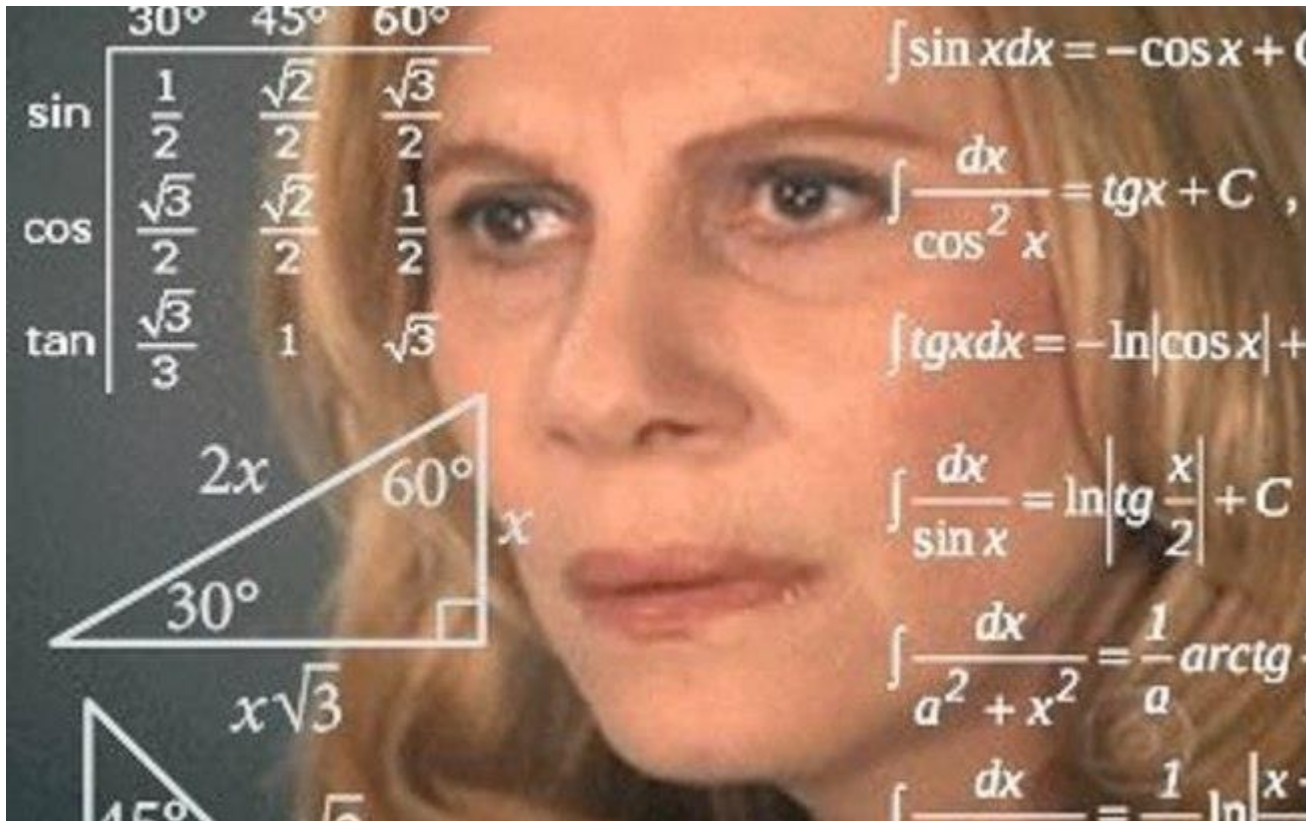
O íon descreve N voltas (ciclos) em um tempo t  $t = T \cdot N$  Eq. 02

Multiplicando por N em ambos lados da Eq.01

$$T \times N = \frac{2\pi \cdot m}{|q| \cdot B} \times N \quad \text{Substituindo-se a Eq.02}$$

$$t = \frac{2\pi \cdot m \cdot N}{|q| \cdot B} \rightarrow t \cdot |q| \cdot B = 2\pi \cdot m \cdot N \rightarrow m = \frac{q \cdot B \cdot t}{2\pi N}$$

# Magnetismo

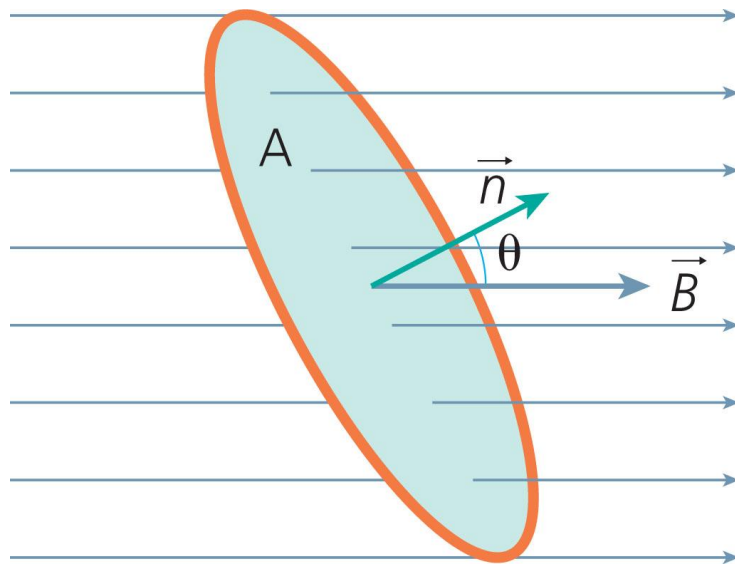


# Magnetismo

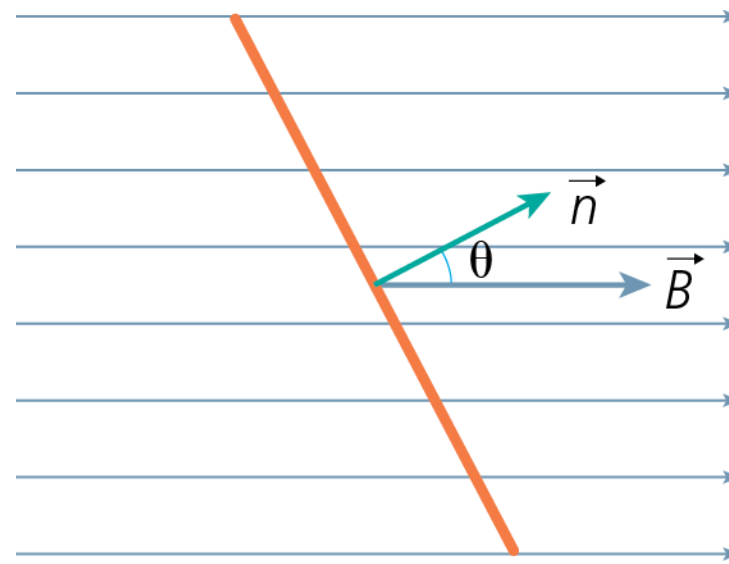
## G – INDUÇÃO MAGNÉTICA

### Fluxo Magnético

O fluxo magnético é uma grandeza proporcional ao número de linhas de indução que atravessam a superfície delimitada pela espira.



Vista em perspectiva



Vista de perfil

$$\varphi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

$\varphi$  – Fluxo Magnético (Wb – Weber)

$B$  – Campo Magnético (T – Tesla)

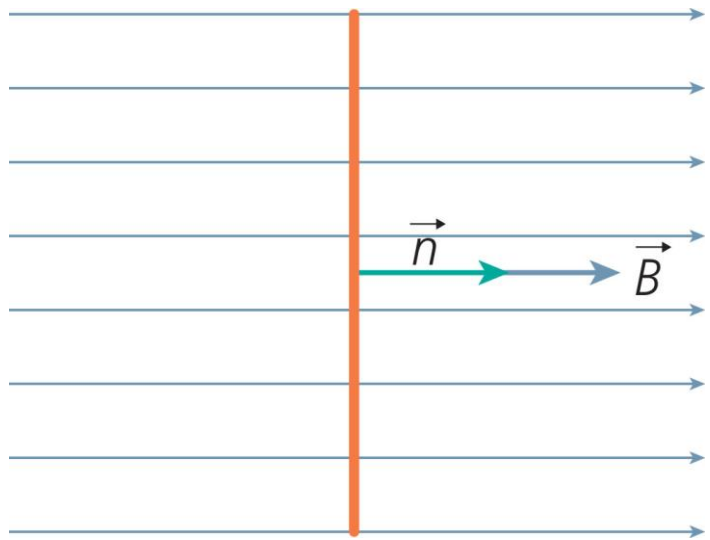
$A$  – Área da espira ( $m^2$ )

$\theta$  – Ângulo entre a reta normal  $n$  a espira e o campo magnético  $B$

# Magnetismo

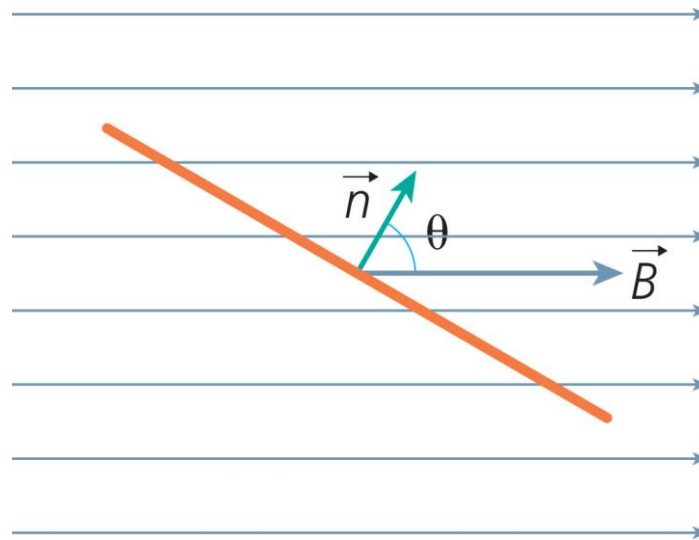
## G – INDUÇÃO MAGNÉTICA

### Fluxo Magnético



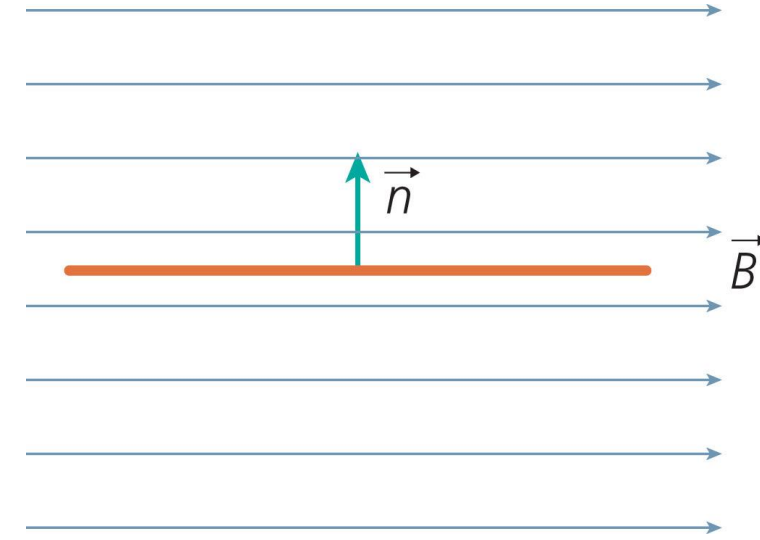
a)  $\theta = 0^\circ$

$$\varphi = B \cdot A$$



b)  $\theta = 60^\circ$

$$\varphi = B \cdot A \cdot 0,5$$



c)  $\theta = 90^\circ$

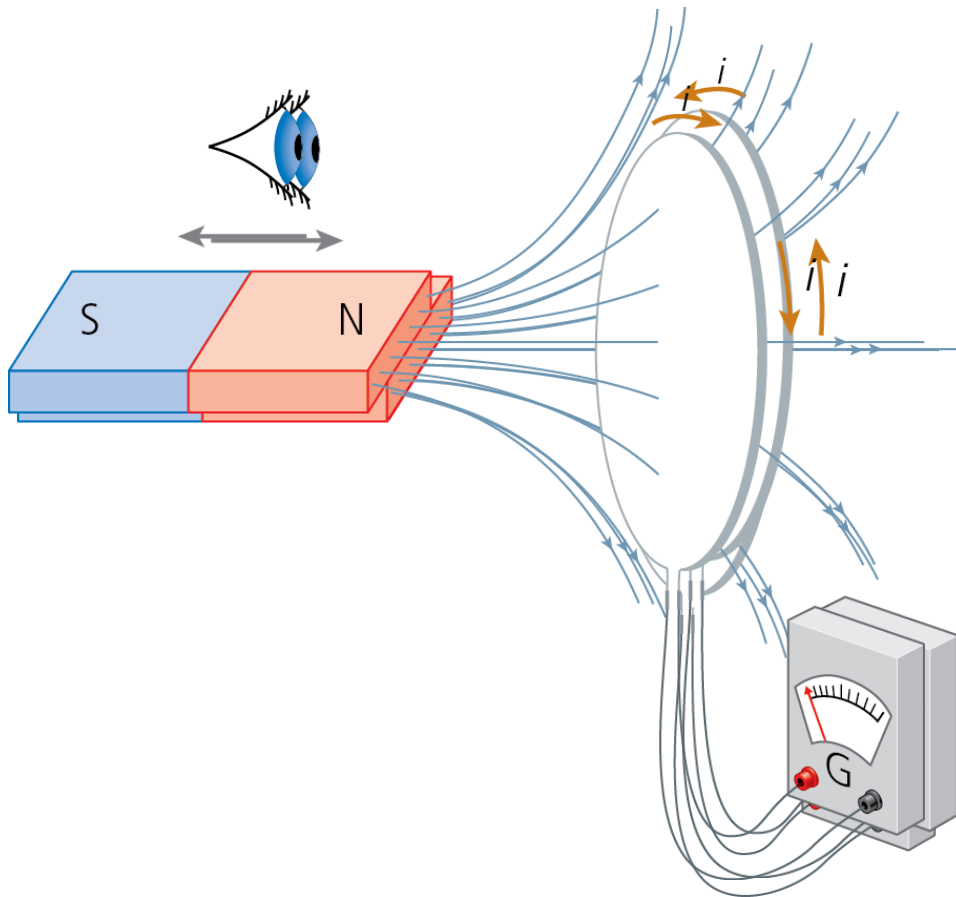
$$\varphi = 0$$



# Magnetismo

## G – INDUÇÃO MAGNÉTICA

### A Indução Magnética



Quando o ímã está parado em relação à espira, o amperímetro não registra passagem de corrente.

O fluxo magnético não varia.

Quando o ímã se aproxima ou se afasta em relação a espira, haverá uma corrente elétrica sendo registrada no amperímetro, pois houve uma variação do fluxo magnético.



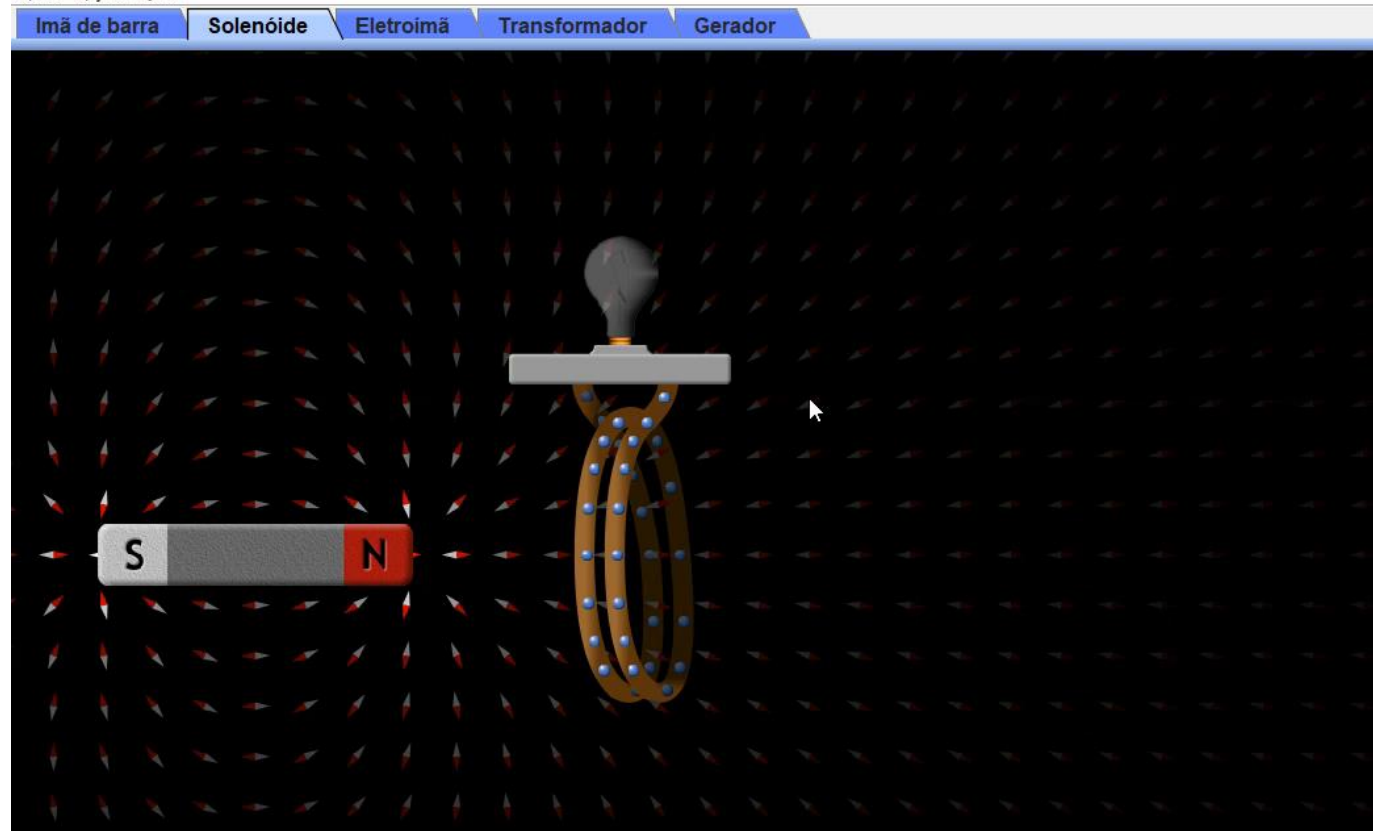
# Magnetismo

## G – INDUÇÃO MAGNÉTICA

### Condutores percorridos por correntes elétricas

Laboratório de Eletromagnetismo (2.07)

Arquivo Opções Ajuda



Esse circuito foi produzido com o simulador do site:

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)

# Magnetismo

## G – INDUÇÃO MAGNÉTICA

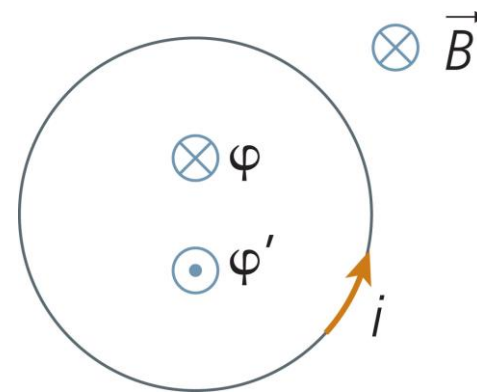
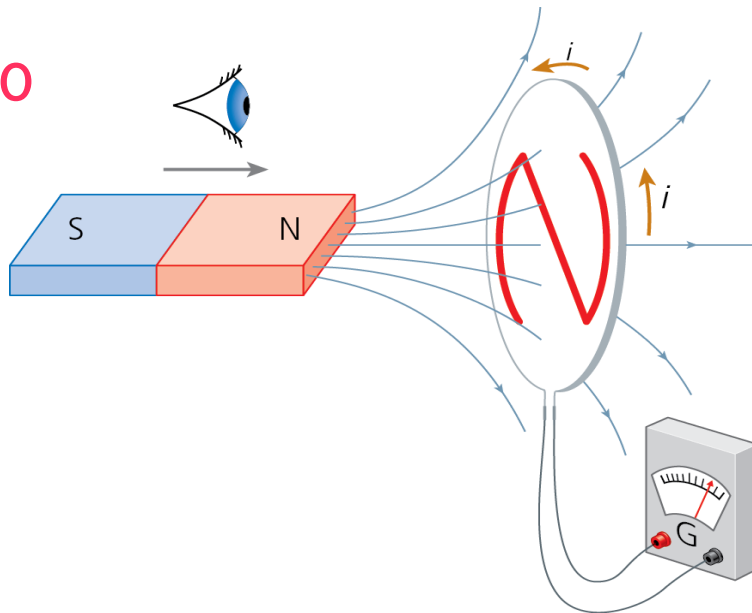
### Lei de Lenz

O sentido da corrente induzida é tal que, por seus efeitos, opõe-se à causa que lhe deu origem.

Ou

O sentido da corrente induzida é tal que origina um fluxo induzido que se opõe à variação do fluxo magnético indutor.

**APROXIMAÇÃO**



$B$  aumenta  
 $\varphi$  aumenta  
 $\varphi'$  surge em  
sentido oposto

**Corrente induzida no sentido anti-horário**

# Magnetismo

## G – INDUÇÃO MAGNÉTICA

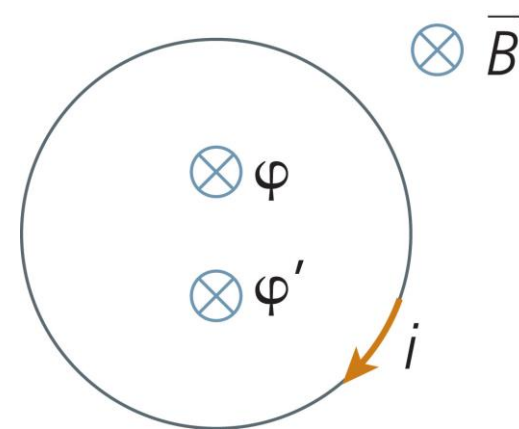
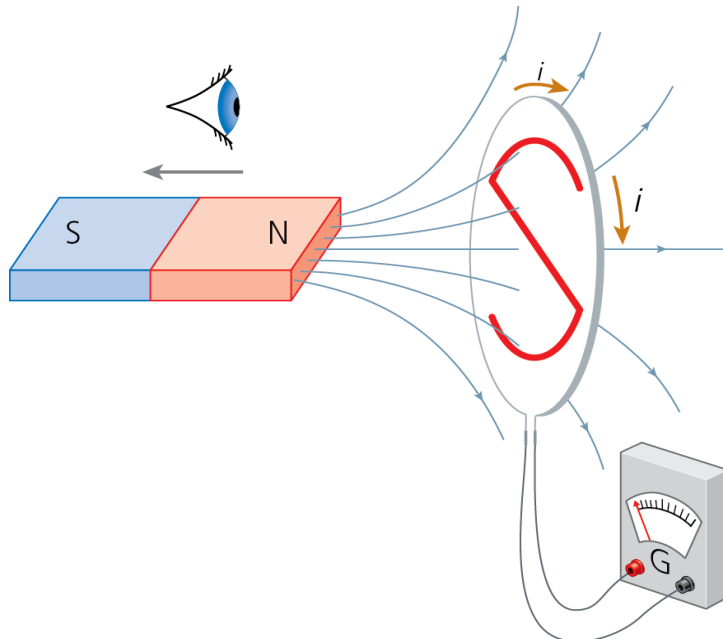
### Lei de Lenz

O sentido da corrente induzida é tal que, por seus efeitos, opõe-se à causa que lhe deu origem.

Ou

O sentido da corrente induzida é tal que origina um fluxo induzido que se opõe à variação do fluxo magnético indutor.

### AFASTAMENTO



$B$  diminui  
 $\varphi$  diminui  
 $\varphi'$  surge no mesmo sentido

Corrente induzida no sentido horário

# Magnetismo

## G – INDUÇÃO MAGNÉTICA

### Lei de Faraday

O módulo da força eletromotriz média é dado pela rapidez com que o módulo do fluxo magnético varia. Isto é:

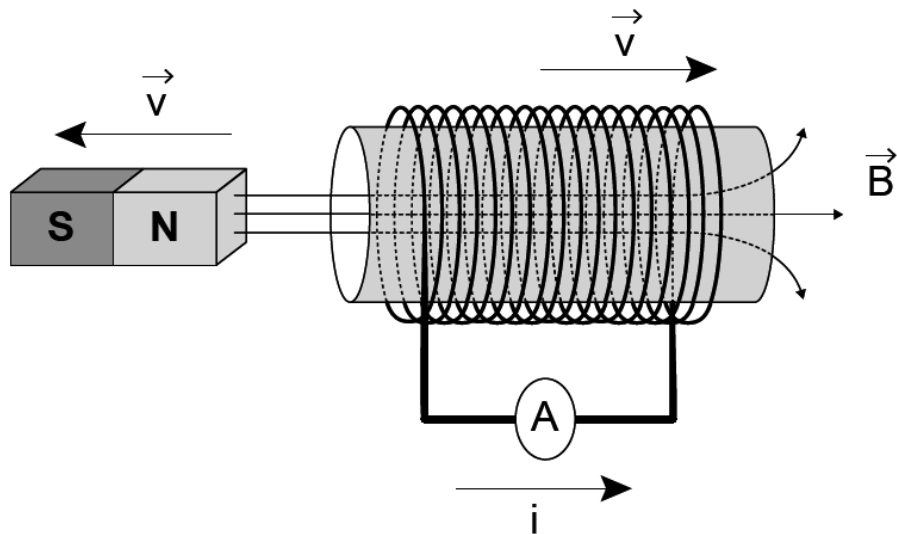
$$|\varepsilon_m| = \frac{|\Delta\phi|}{\Delta t}$$

# Magnetismo

## G – INDUÇÃO MAGNÉTICA

### EXEMPLO 05 – INDUÇÃO MAGNÉTICA

(ENEM/2014) O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Michael Faraday no século XIX. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a  $v$ , induzindo uma corrente elétrica de intensidade  $i$ , como ilustrado na figura.



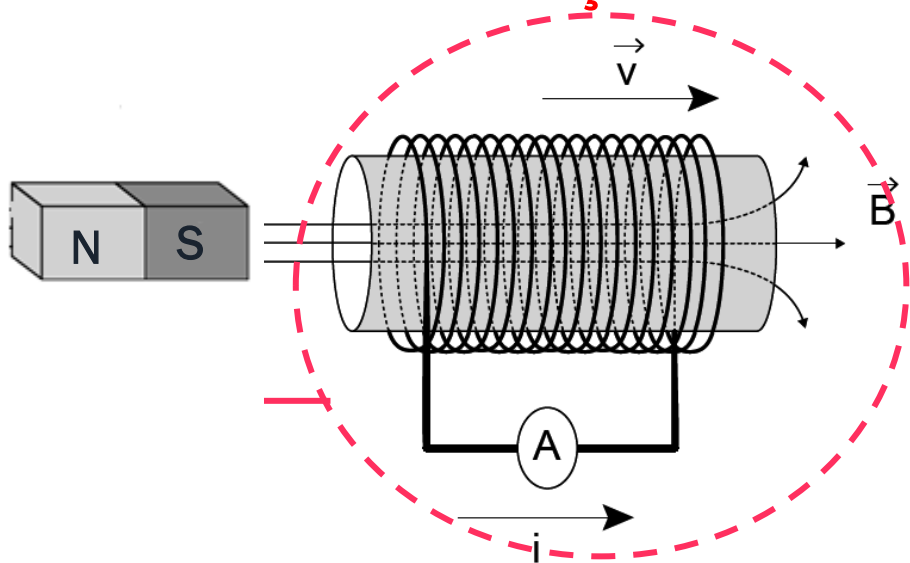
A fim de se obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais, outra possibilidade é mover a espira para a

- a) esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida.
- b) direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida.
- c) esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade.
- d) direita e manter o ímã em repouso com polaridade invertida.
- e) esquerda e manter o ímã em repouso com mesma polaridade.

# Magnetismo

## G – INDUÇÃO MAGNÉTICA

### EXEMPLO 05 – INDUÇÃO MAGNÉTICA



O Afastamento – corrente sentido horário

O Aumento de Linhas saindo da face da bobina (SUL), produz, pela lei de Lenz, uma corrente no sentido horário (NORTE), para equilibrar o aumento de linhas saindo

A fim de se obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais, outra possibilidade é mover a espira para a

- a) esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida.
- b) direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida.
- c) esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade.
- d) direita e manter o ímã em repouso com polaridade invertida.
- e) esquerda e manter o ímã em repouso com mesma polaridade.

# Magnetismo

## G – INDUÇÃO MAGNÉTICA

### EXEMPLO 06 – INDUÇÃO MAGNÉTICA

(Enem 2ª aplicação 2010) Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontram-se um ímã e uma bobina.



O princípio de funcionamento desse equipamento é explicado pelo fato de que a

- a) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
- b) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- c) bobina em atrito com o campo magnético no circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- d) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético.
- e) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

# Eletricidade

ITALOVECTOR

[italovector.com.br](http://italovector.com.br)

[@italovector.com.br](https://www.instagram.com/italovector.com.br)

[@curso\\_cerebros](https://www.instagram.com/curso_cerebros)



Muito obrigado!





# Referências

## Bibliografia

[1] Ramalho, Nicolau e Toledo. Os Fundamentos da Física. Vol 03, 9° Ed. Editora Moderna.

[2] Helou, Gualter e Newton, Tópicos de Físicas, Vol. 03, 18ª Ed. Editora Saraiva.

Vereda Digital Física, Livro por: Nicolau Gilberto Ferraro e Paulo Cesar M. Penteado.

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)

