

**INSTITUTO  
FEDERAL**

Paraíba

Campus  
Campina Grande

# Campo Magnético e a Lei de Ampère

---

Antonio Gabriel Araújo Silva

Igor Henrique Martins Araújo

Jackson Platiny Soares Leite

João Edinaldo Gomes dos Santos Júnior

João Henrique Andrade da Silva

Campina Grande, PB

# 1. Magnetismo

---

- O que é Magnetismo?
- Fenômeno de atração e repulsão
- Os pólos de um ímã são inseparáveis
- Campo Magnético



fonte: pixabay.com



fonte: pixabay.com

## 2. Campo Magnético

---

- Definição de Campo Magnético
- O que produz um Campo Magnético?
  - 1ª Forma: Campo Magnético produzido por um ímã elementar
  - 2ª Forma: partículas eletricamente carregadas em movimento



Digital Vision/Getty Images, Inc.

### 3. A definição de $\vec{B}$

---

- Vetor Campo Elétrico X vetor Campo Magnético
- Partícula de prova carregada eletricamente e em movimento
- Definir o módulo do Campo Magnético em termos do módulo da força
- OBS.: Unidade no SI é o T (tesla)

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

1ª

$$F_B = |q| v B \sin\phi$$

2ª

$$B = \frac{F}{|q|v}$$

3ª

## 4. Determinação da Força Magnética

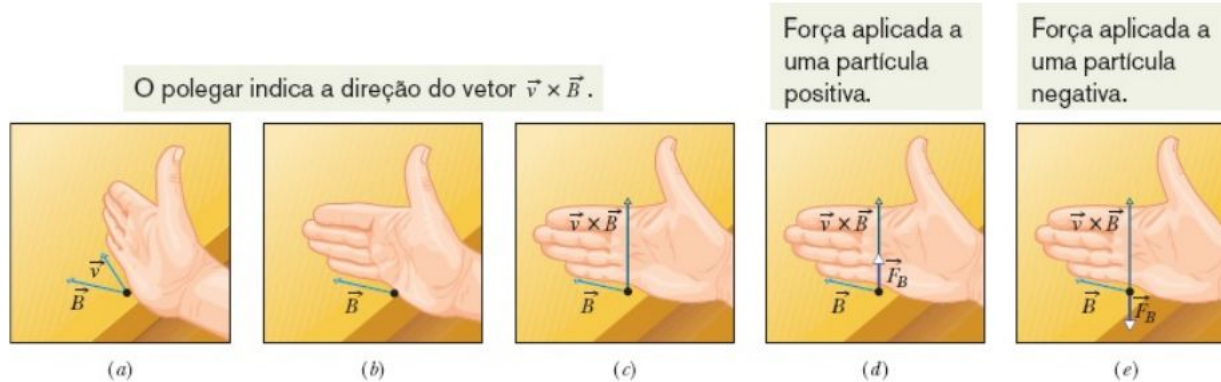
---

$$F_B = |q| v B \sin\phi$$

- Para o caso da fórmula da força magnética:
  - $F \propto q$  (a força é proporcional à carga)
  - $F \propto v$  (a força é proporcional à velocidade)
  - $F \propto \sin\phi$  (a força é proporcional ao ângulo entre o campo e a velocidade)
- **Assim**, a força é zero se a carga é zero ou se a partícula está parada. Também é possível notar pela fórmula que a força é zero se a velocidade e o campo são paralelos ( $\phi = 0^\circ$ ) ou antiparalelos ( $\phi = 180^\circ$ ), e é máxima, se estas forem perpendiculares.

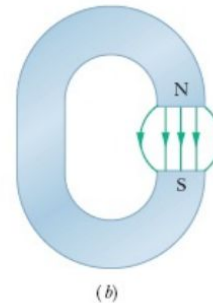
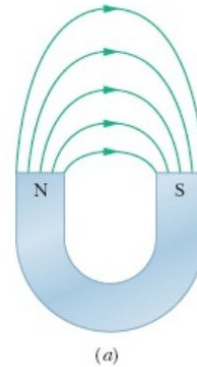
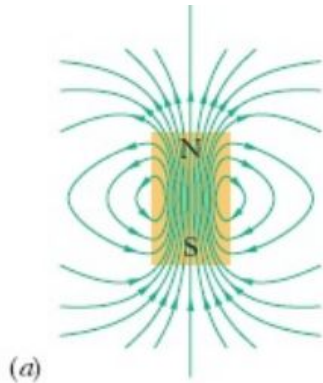
# 5. Orientação

- **É possível** obter a orientação pelo produto vetorial da velocidade vezes o campo na fórmula de força magnética vista anteriormente.
- Regra da mão direita



# 6. Linhas de Campo Magnético

- As regras são as mesmas das linhas de Campo Elétrico
  - 1ª A direção da tangente a uma linha de campo magnético em qualquer ponto fornece a direção do vetor  $B$  nesse ponto
  - 2ª o espaçamento das linhas representa o módulo do vetor  $B$  (quanto mais intenso o campo mais próximas estão as linhas, e vice-versa).



As linhas de campo vão do polo norte para o polo sul.

## 6. Linhas de Campo Magnético

---



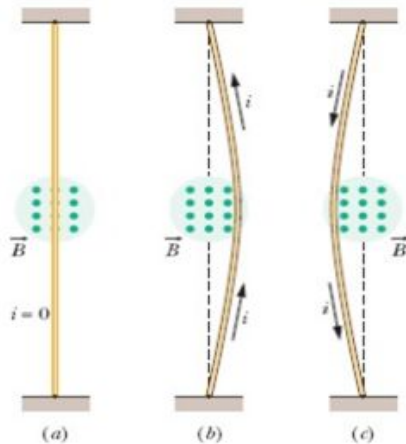
(b)

**Figura (b)** Um “ímã de vaca” (ímã em forma de barra introduzido no rúmen das vacas para evitar que pedaços de ferro ingeridos acidentalmente cheguem ao intestino do animal. A limalha de ferro revela as linhas de campo magnético.



# 7. Força magnética em um fio percorrido por uma corrente

- Como é gerado uma força magnética em um fio percorrido por uma corrente?
  - Campo magnético gerado pelo movimento de uma partícula com carga elétrica (campo 1);
  - Campo magnético por onde o fio está passando (campo 2);
  - Interação campo 1 X campo 2.

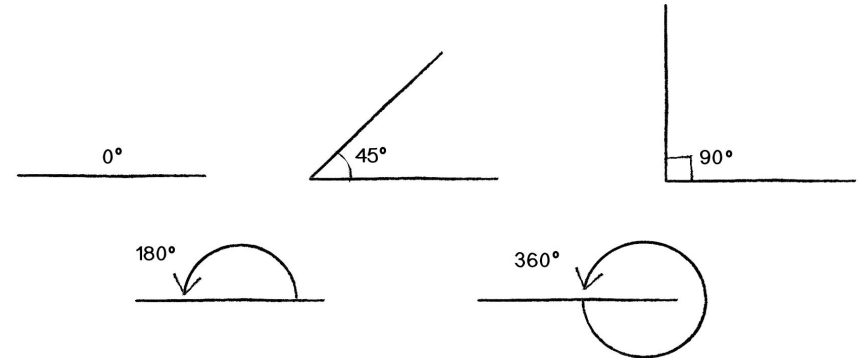


1.  $F_B = iLB$

2.  $F_B = iLB \sin \phi$

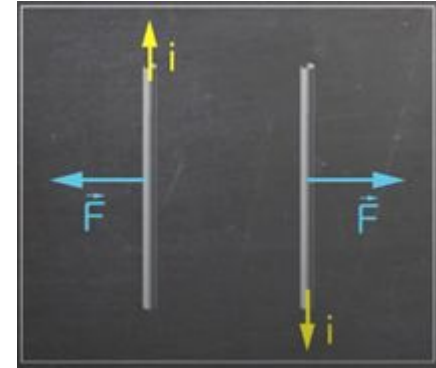
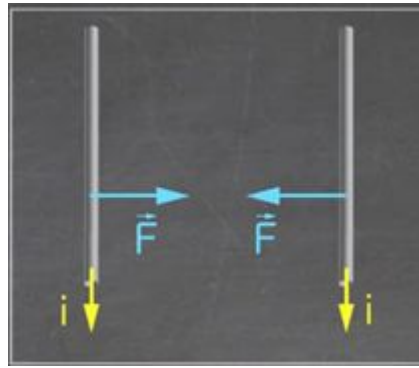
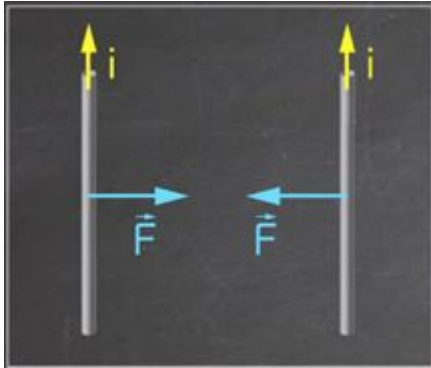
3.  $d\vec{F}_B = i d\vec{L} \times \vec{B}$

- Que valor corresponde ao  $\phi$ ?
- Quais cenários a FB é nula?
- Cenário com fio curvo.



# 7. Força magnética em um fio percorrido por uma corrente

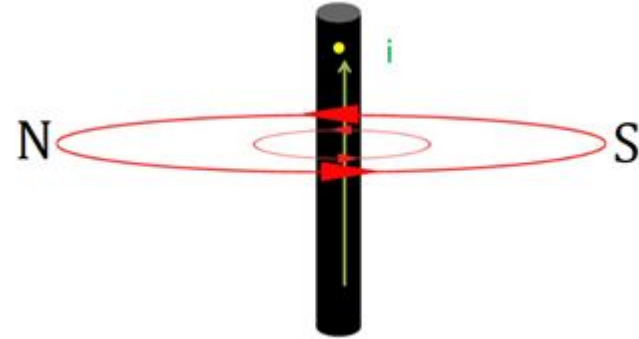
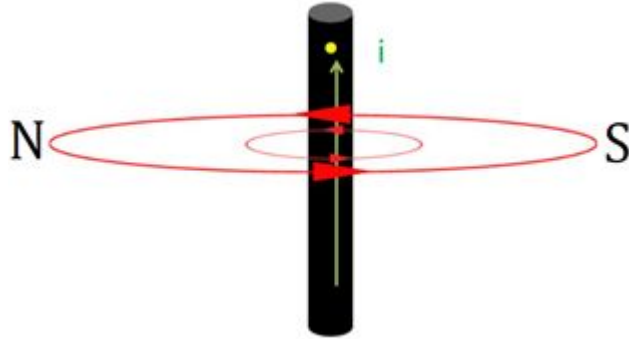
- Interação entre o campo magnético produzido por 2 fios que são percorridos por corrente elétrica.



## 7. Força magnética em um fio percorrido por uma corrente

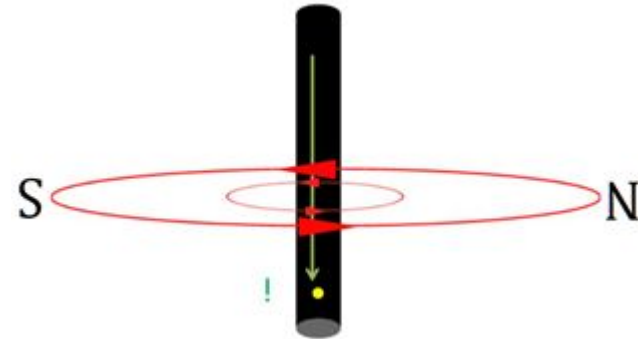
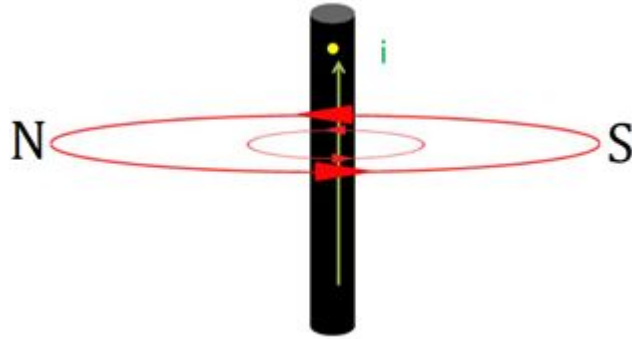
---

- Corrente no mesmo sentido resulta na atração dos fios.



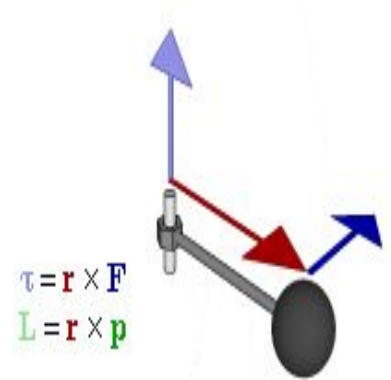
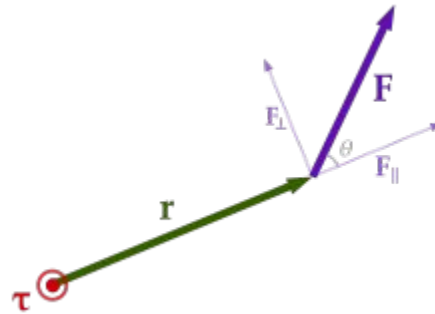
# 7. Força magnética em um fio percorrido por uma corrente

- Corrente em sentido oposto resulta na repulsão dos fios.



# 8. Torque

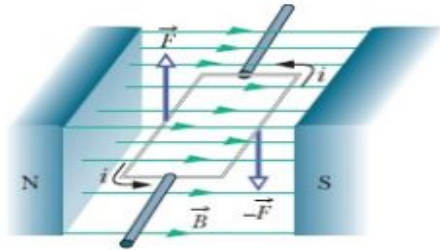
- O Que é torque?
  - $\boldsymbol{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$
- Conceito histórico.
- Sinônimos para a palavra torque:



## 8. Torque em uma Espira Percorrida por Corrente

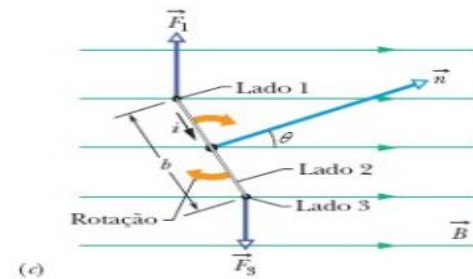
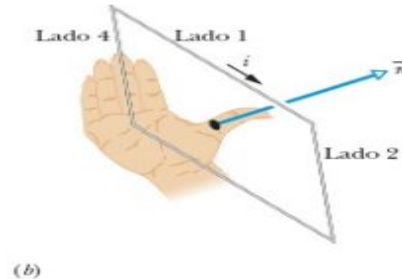
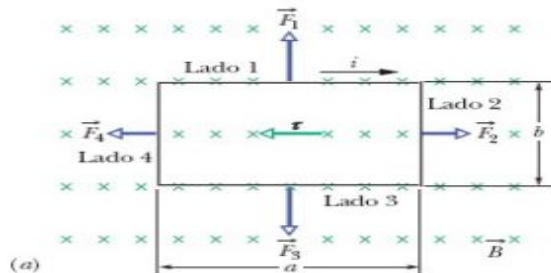
Boa parte do trabalho do mundo é realizada por motores elétricos. As forças responsáveis por esse trabalho são as forças magnéticas, ou seja, as forças que um campo magnético exerce sobre fios percorridos por correntes elétricas.

A Figura abaixo mostra um motor simples, constituído por uma espira percorrida por uma corrente e submetida a um campo magnético. As forças magnéticas  $f$  e  $-f$  produzem um torque na espira que tende a fazê-la girar em torno do eixo central. Embora muitos detalhes essenciais tenham sido omitidos, a figura mostra como o efeito de um campo magnético sobre uma espira percorrida por corrente produz um movimento de rotação, com isso a força total e o torque total que agem sobre a espira gera a energia necessária.

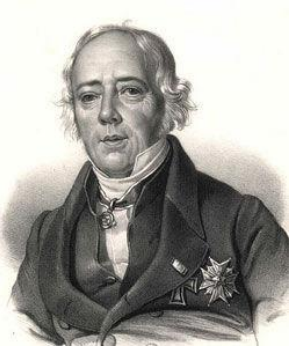


# 8. Torque em uma Espira Percorrida por Corrente

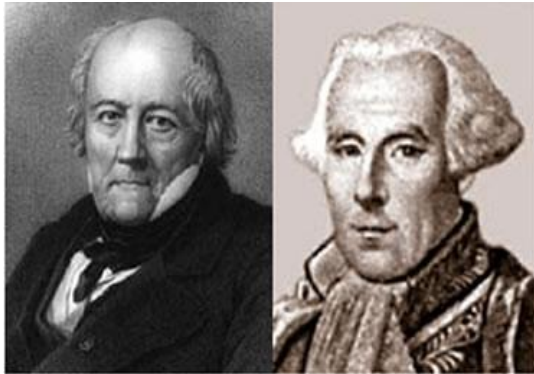
Na figura (a) abaixo a mostra uma espira retangular de lados  $a$  e  $b$  percorrida por uma corrente  $i$  e submetida a um campo magnético uniforme. Colocamos a espira no campo de tal forma que os lados mais compridos, 1 e 3, estejam sempre perpendiculares ao campo (que aponta para dentro do papel), mas o mesmo não acontece com os lados mais curtos, 2 e 4. Fios para introduzir e remover a corrente da espira são necessários, mas não aparecem na figura. Para definir a orientação da espira em relação ao campo magnético, usamos um vetor normal que é perpendicular ao plano da espira. Na figura (b) também ilustra o uso da regra da mão direita para determinar a direção do vetor  $\vec{n}$ . Quando os dedos da mão direita apontam na direção da corrente em um lado qualquer da espira, o polegar estendido aponta na direção do vetor normal.



# 9. Campo Magnético Gerado Por Uma Corrente Elétrica



**Hans Christian Oersted** verificou através de um experimento que a corrente elétrica é capaz, assim como os ímãs, de desviar uma bússola, e portanto, ela também é capaz de gerar campo magnético.



**Jean-Baptiste Biot e Félix Savart** são os físicos que deram os primeiros passos nesse campo de estudo e desenvolveram a lei de Biot-Savart, que é a fórmula base para diversas outras em eletromagnetismo.

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{id\vec{s} \times \hat{r}}{r^2} \quad (\text{lei de Biot-Savart}),$$

Jean-Baptiste Biot & Félix Savart



# 10. Campo Magnético Gerado Por Um Fio Longo Retilíneo

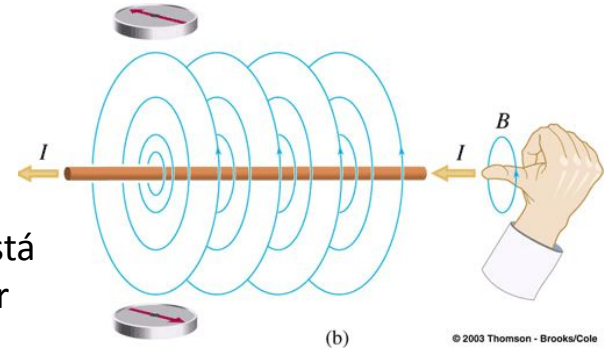
É possível identificarmos o sentido do campo magnético em um fio ao utilizarmos a Regra da Mão Direita envolvente! ←



Esta é uma das fórmulas obtidas através da lei de Biot-Savart, que permite calcular o módulo do campo magnético nesse caso.



Dependendo da forma que o fio está sendo visualizado, é preciso utilizar também a “regra da flecha” para melhor ilustrar o sentido!



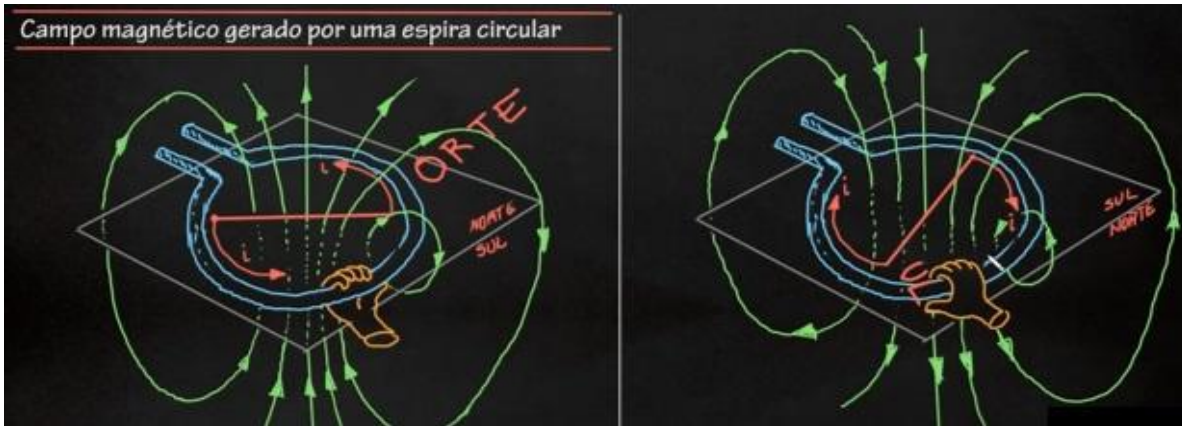
$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R} \quad (\text{fio longo retilíneo}).$$

Unidade no SI: Tesla (T).

←  
 $B$  É o módulo do Campo Magnético  
 $\mu_0$  É a constante Permeabilidade Magnética  
 $i$  É a corrente elétrica  
 $R$  É a distância percorrida do fio

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

# 11. Campo Magnético gerado Por Uma Espira Circular



Observe que é possível fazer um paralelo com um Ímã!

$$B = \frac{\mu_0 i (2\pi)}{4\pi R} = \frac{\mu_0 i}{2R} \quad (\text{no centro de uma circunferência completa}).$$

Unidade no SI: Tesla (T).

$B$  É o módulo do Campo Magnético

$\mu_0$  É a constante Permeabilidade Magnética

$i$  É a corrente elétrica

$R$  É a distância percorrida do fio

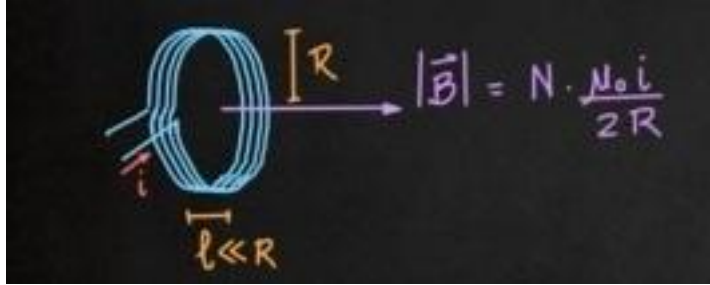
$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \cdot \text{m/A}$$



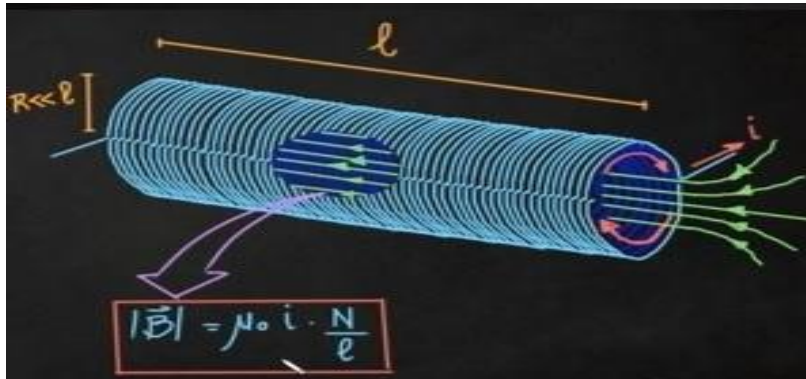
A espira forma uma circunferência completa, e portanto, pode-se calcular o módulo do campo magnético em seu centro através da fórmula derivada da Lei de Biot-Savart para tal.

## 12. Campo Magnético Gerado Por Uma Bobina Chata VS Campo Magnético Gerado Por Um Solenoide

---



- . Qual a diferença entre eles?
- . Como é calculado o módulo do campo magnético em cada caso?
- . Sugestões

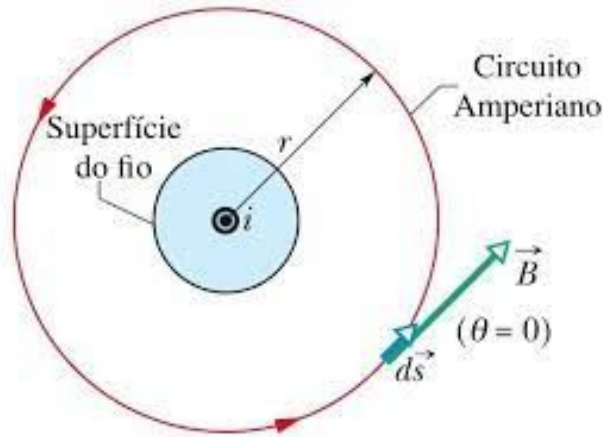


## 13. Lei de Ampère

---

- . O nome da lei é um reconhecimento ao físico francês André-Marie Ampère que a descobriu em 1826
- . A partir da Lei de Biot-Savart é possível calcular o campo magnético associado a uma distribuição estacionária de corrente somando-se as contribuições ao campo de todos os elementos infinitesimais de corrente ao longo do circuito em questão.

## 13. Lei de Ampère



Lei de Ampère:  $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$

Biot-Savart:  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

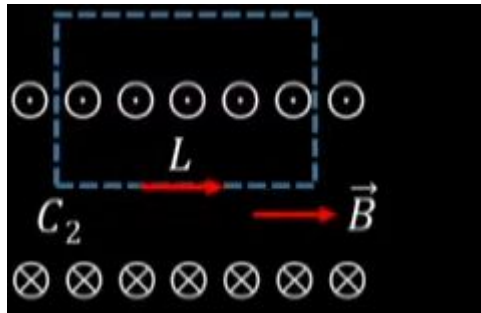
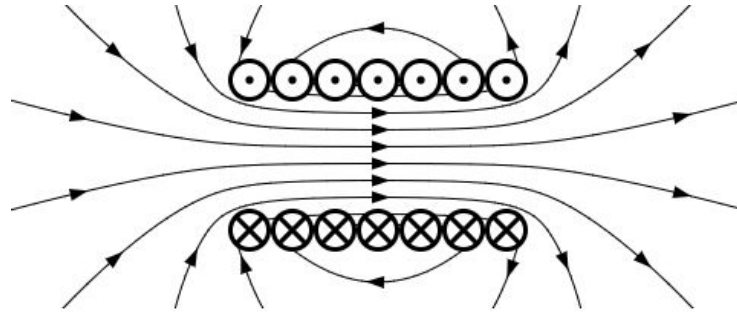
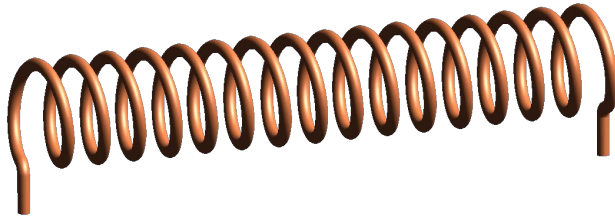
Assim temos:  $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} 2\pi r = \mu_0 I$

Portanto, no final  
podemos determinar :

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I$$

Sendo:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ m/A}$

## 14. Lei de Ampère no solenoide infinito



$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I L$$

---

Muito obrigado!