

2.1- Descobertas de Oersted

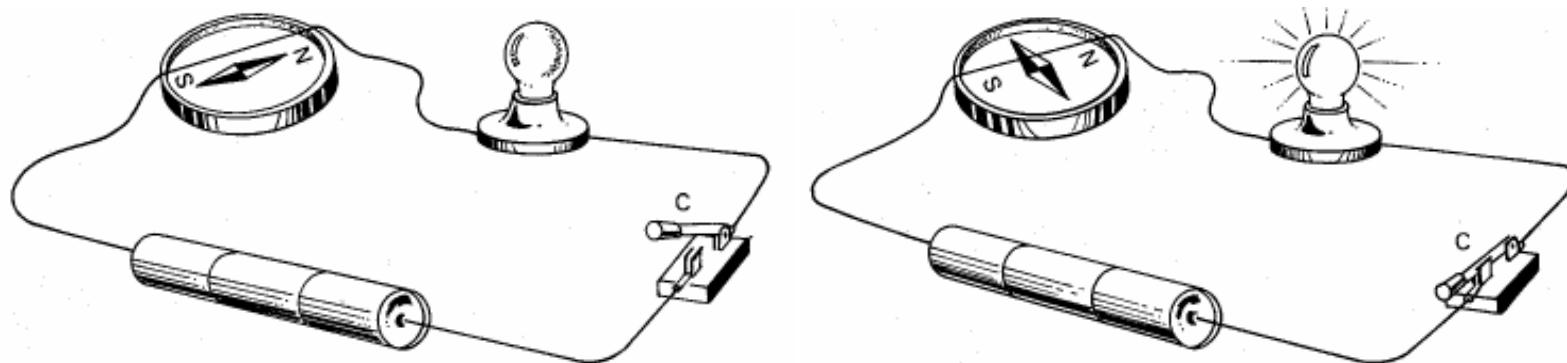
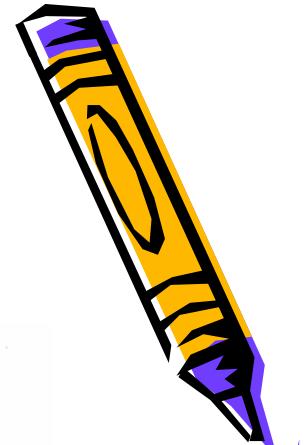
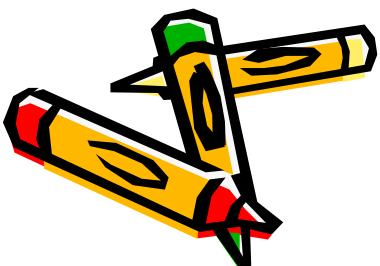


Figura 1.1 - Experiência de Oersted (Fonte: Moretto, V.P.; Eletricidade e Eletromagnetismo, Ed. Érica, 1989).

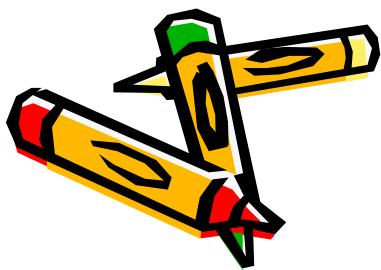
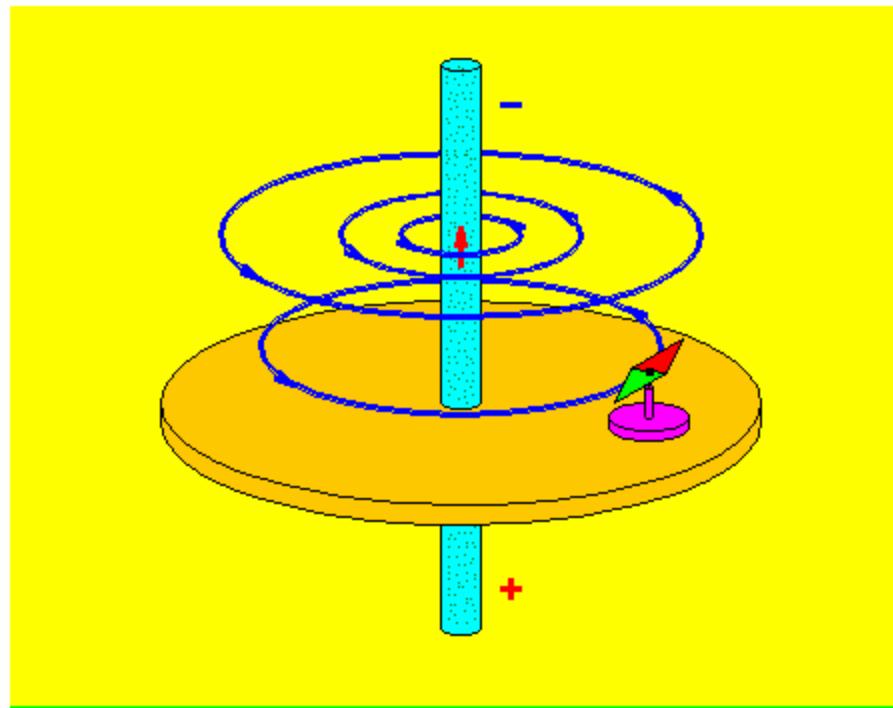
Conclusão de Oersted:

Todo condutor percorrido por corrente elétrica, cria em torno de si um campo eletromagnético.

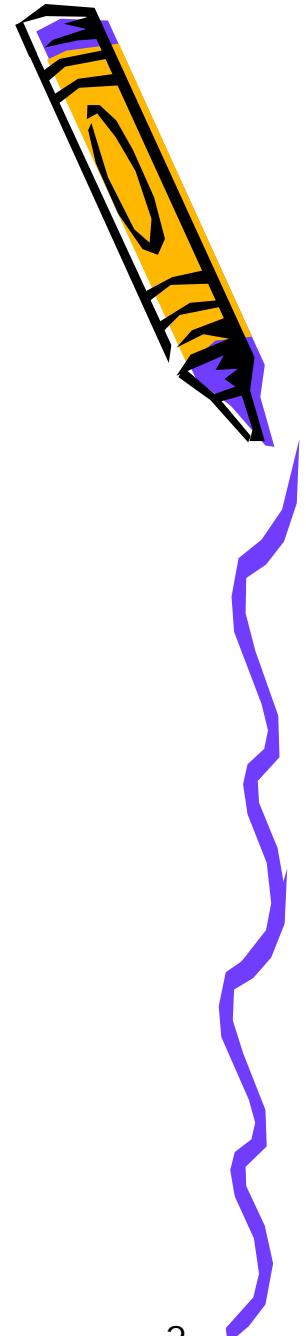


Campo Magnético de um Fio Linear

Transportando uma Corrente



Prof. Dr. Emerson Silveira
Serafim

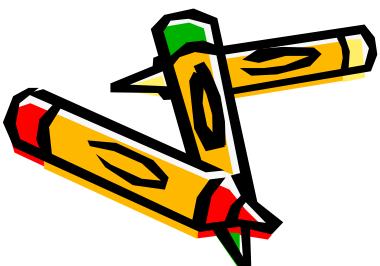


Como consequência desta descoberta surge o.....

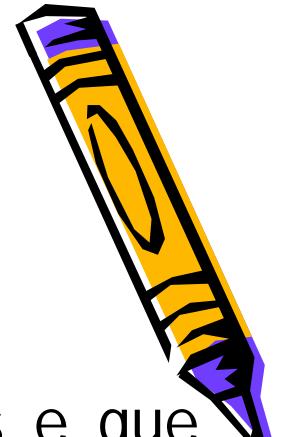


ELETROMAGNETISMO:

"o campo MAGNÉTICO criado a partir da ELETRICIDADE".



2.2-

Fenômenos do
Eletromagnetismo

São três os principais fenômenos eletromagnéticos e que regem todas as **aplicações** tecnológicas do eletromagnetismo:

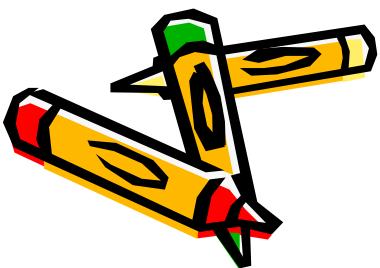
- A. **Condutor percorrido por corrente elétrica produz campo magnético;** (applet Campo Magnético de um Fio Linear Transportando uma Corrente)
- B. **Campo magnético provoca ação de uma força magnética sobre um condutor percorrido por corrente elétrica.** (applet Força Lorentz)
- C. **Fluxo Magnético variante sobre um condutor gera (induz) corrente elétrica.** (applet indução magnética 1 e 2, Lei de Lenz)



A. Campo Magnético criado por Corrente Elétrica



Figura 3.1 - Orientação da bússola em torno de um condutor percorrido por corrente (Fonte: Giancoli. Physics for engineers and scientists)



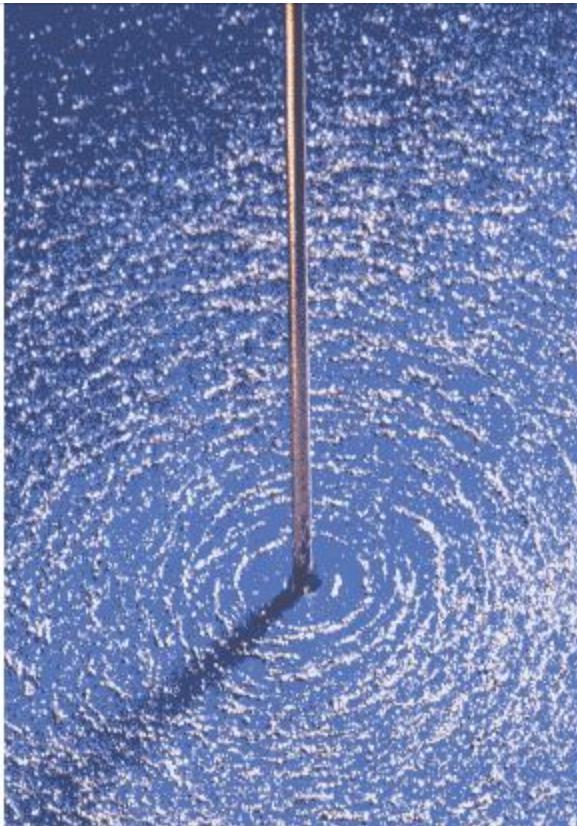
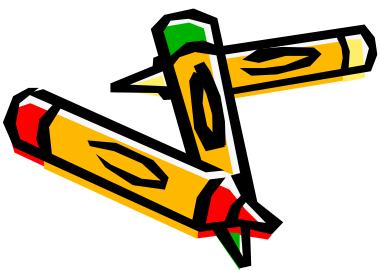
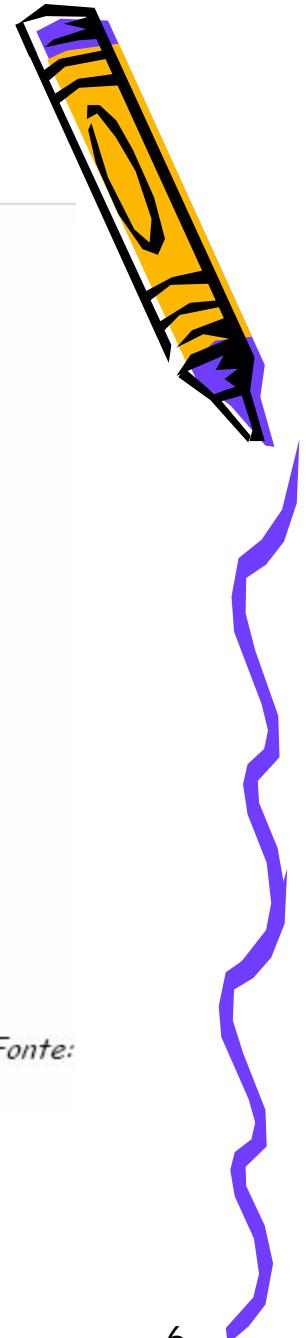


Figura 3.2 - Visualização das linhas de campo produzidas por um condutor percorrido por corrente (Fonte: Giancoli. Physics for engineers and scientists)



Prof. Dr. Emerson Silveira
Serafim



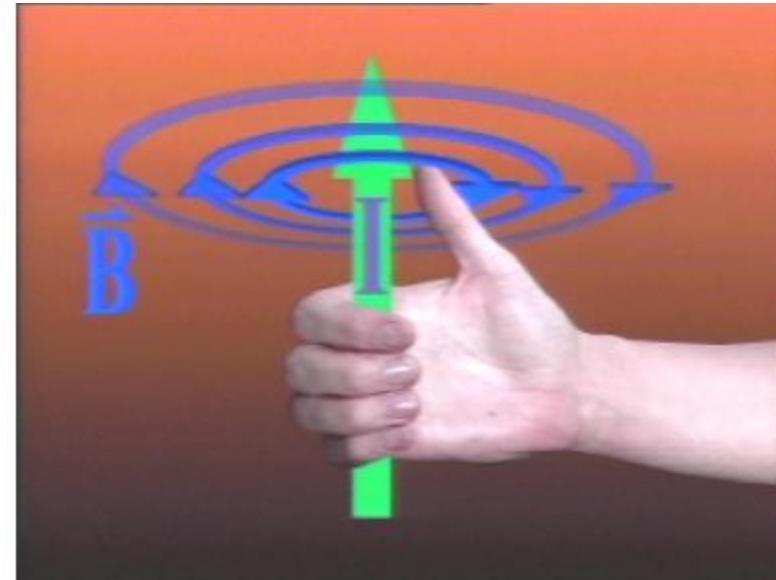
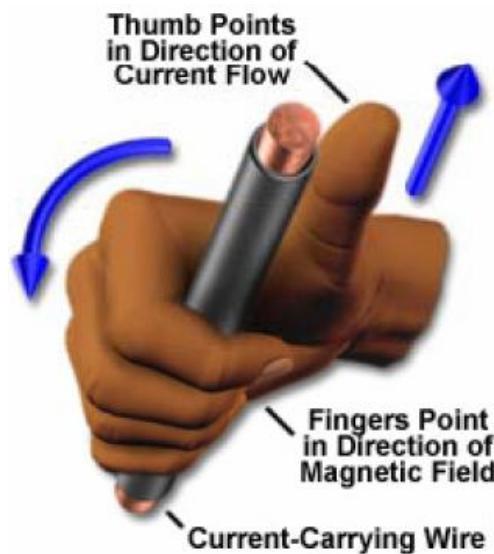
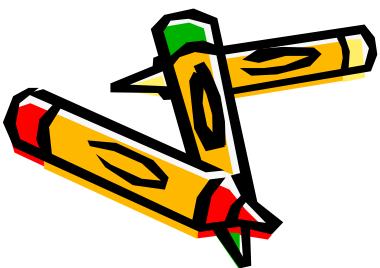


Figura 3.3 - As linhas de campo magnético criado por uma corrente elétrica são concêntricas.

Regra de Ampère - Regra da Mão Direita

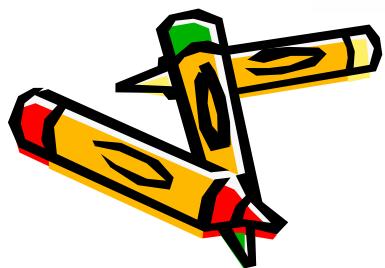
Mão **direita** envolvendo o condutor com o **polegar** apontando para o sentido **convencional** da corrente elétrica, os demais **dedos** indicam o sentido das linhas de **campo** que envolvem o condutor.



Descubra o sentido do campo magnético!



Figura 3.4 - Lei de Ampère e regra da mão direita (Fonte: Chiquetto e Parada; Física Eletricidade vol.3 ed. Scipione, 1992).



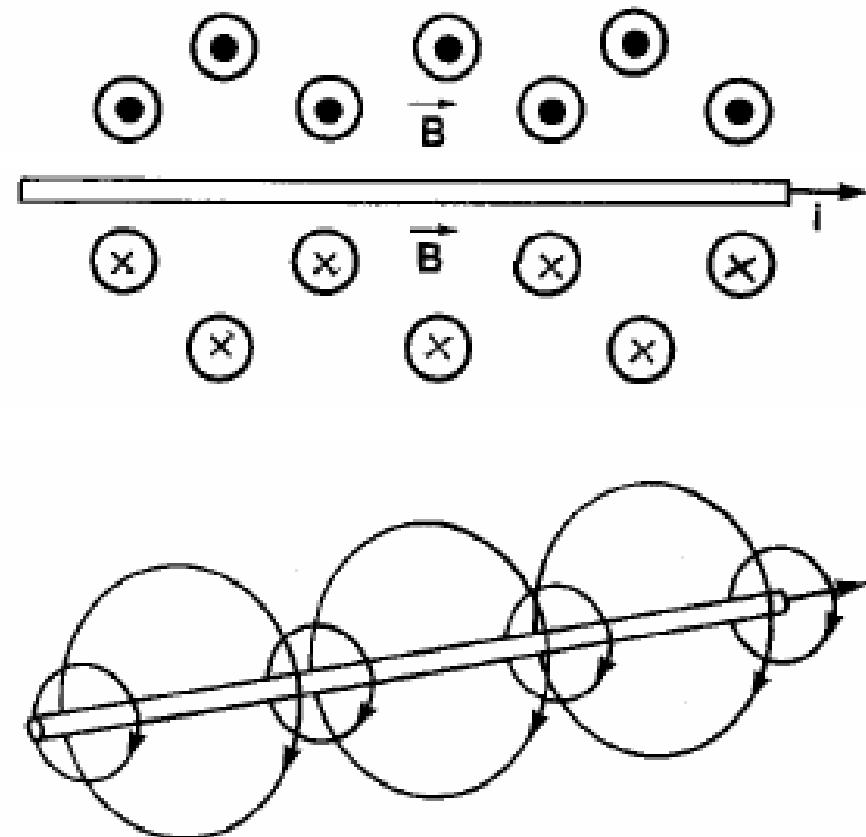
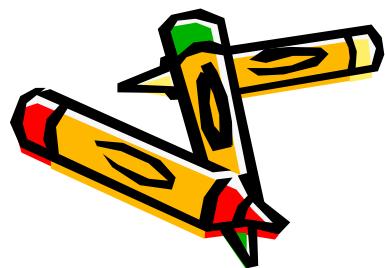


Figura 3.6 - Campo Eletromagnético produzido por um condutor; a) em perspectiva; b) indicado no plano.



2.3- Fontes do Campo Eletromagnético

A. Campo Eletromagnético gerado em torno de um Condutor Retilíneo

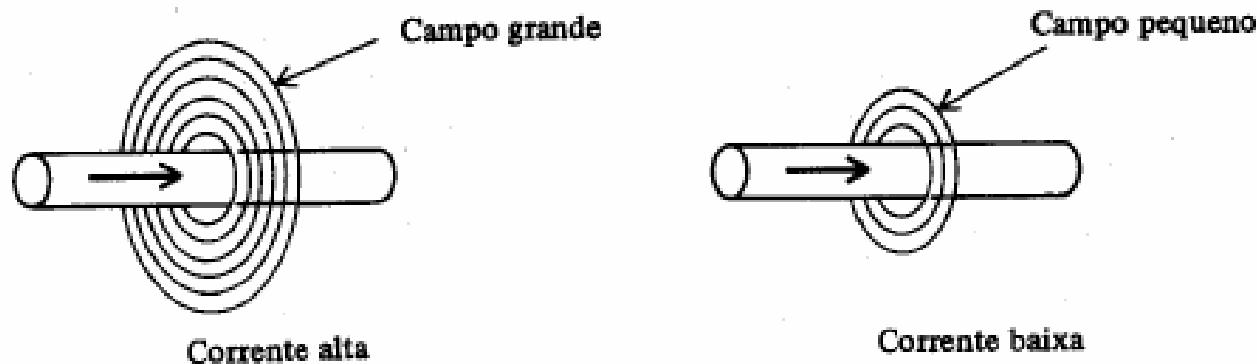


Figura 4.1 - Representação do campo magnético em função da intensidade da corrente

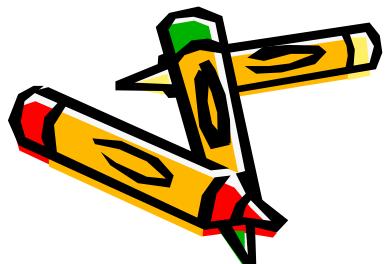


Tabela de permeabilidade

Tabela 6.1 - Materiais quanto à Permeabilidade Relativa

Permeabilidade Relativa, μ_r	Tipo de Material
$\gg 1$	Ferromagnéticos
≈ 1	Paramagnéticos
< 1	Diamagnéticos

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

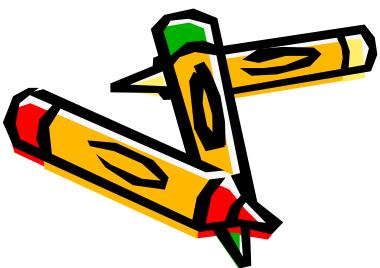
μ_r – permeabilidade relativa
 μ – permeabilidade absoluta
 μ_0 – permeabilidade no vácuo

Tabela 6.2 - Permeabilidade Relativa de Materiais Ferromagnéticos

Tipo de Material	Permeabilidade Relativa, μ_r
Ferro Comercial	9.000
Ferro Purificado	200.000
Ferro Silício	55.000
Permalloy	1×10^6
Supermalloy	1×10^7
Permendur	5.000
Ferrite	2.000

Tabela 2: Permeabilidade relativa.

Material	Permeabilidade relativa
Ar	1
Chapa para gerador (liga Fe, Si)	5.000 a 8.000
Mumetal (liga de Ni, Fe, Cu, Cr)	45.000
Liga 1040 (liga de Ni, Fe, Cu, Mo)	100.000



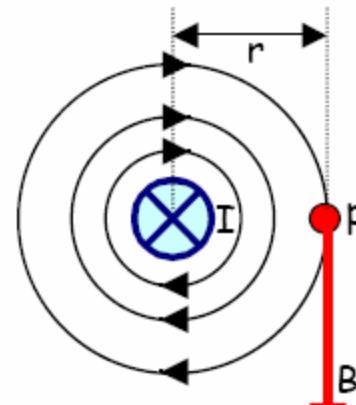
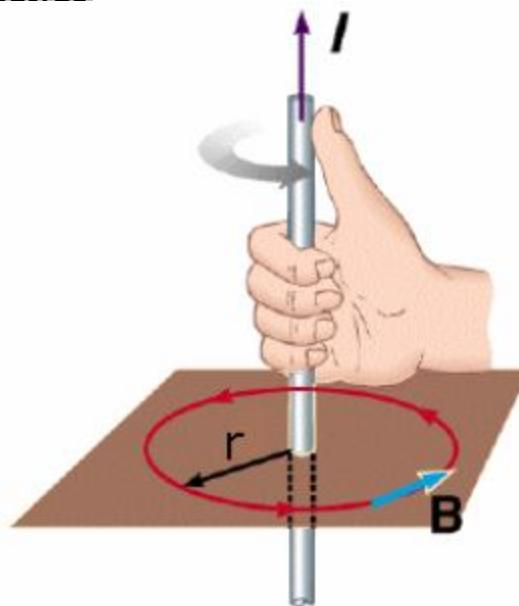


Figura 4.2 - Vetor Campo magnético tangente às linhas de campo.

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

onde:

B = Densidade de campo Magnético (ou Densidade de Fluxo Magnético) num ponto p [T, Tesla];

r = distância entre o centro do condutor e o ponto p considerado [m];

I = intensidade de corrente no condutor [A].

μ = permeabilidade magnética do meio [T.m/A]

Permeabilidade Magnética do Vácuo: $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (T.m/A)

Esta equação é válida para **condutores longos**, ou seja, quando a distância r for bem menor que o comprimento do condutor ($r \ll \ell$).

B. Campo Eletromagnético gerado no centro de uma Espira Circular.

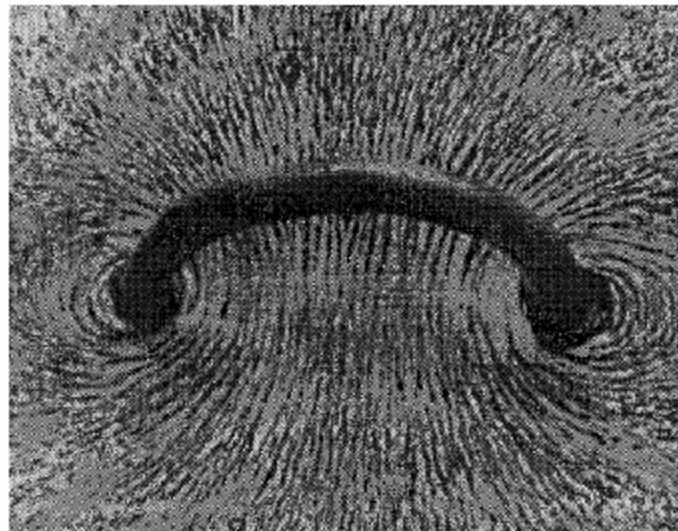


Figura 4.3 - Visualização do Campo magnético no centro de uma espira circular (Fonte: Gozzi, Giuseppe G. M., Circuitos Magnéticos, Coleção Estude e Use, Ed. Érica, 1996).

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

Onde:

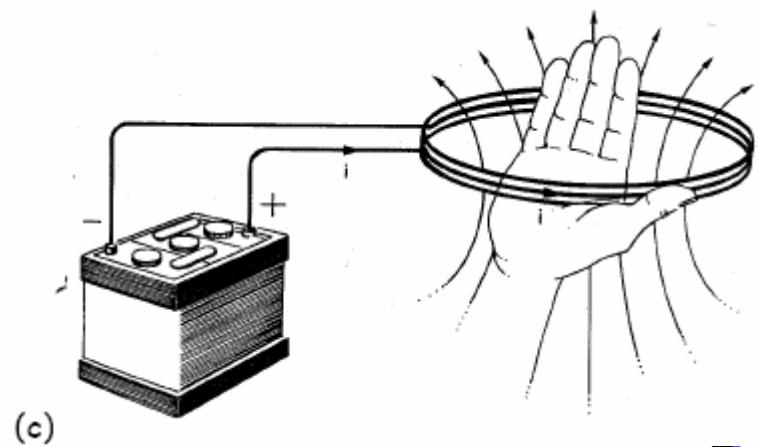
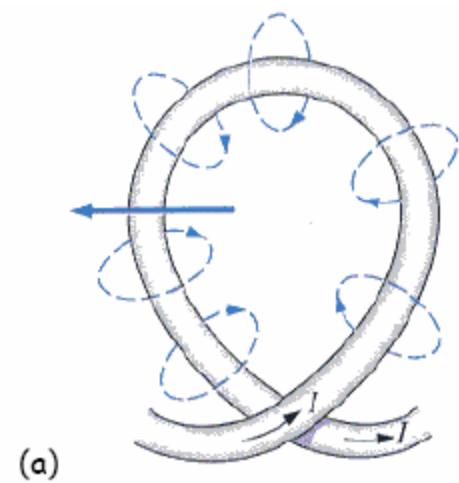
B = é a densidade de campo magnético no centro da espira circular [T, Tesla];

R = raio da espira [m];

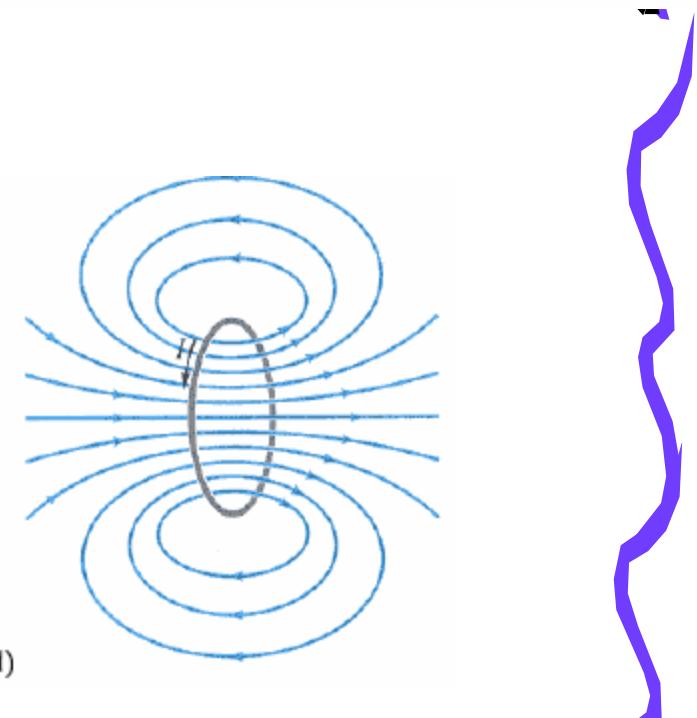
I = intensidade de corrente na espira circular [A].

μ = permeabilidade magnética do meio [T.m/A]



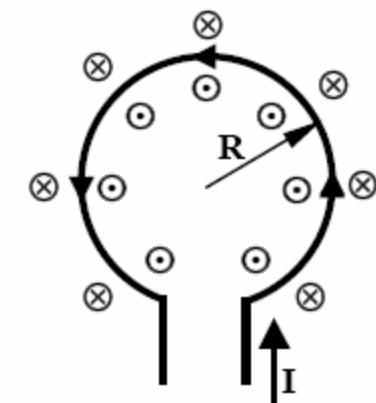


(c)

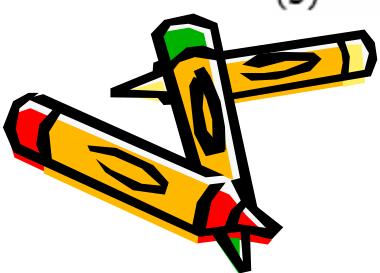


(d)

Fonte: Boylestad, R.L., *Introductory Circuit Analysis*, Prentice Hall, 2003.



(b)



Giancoli. *Physics for engineers and scientists*
 Figura 4.4 - Representação do Campo Magnético gerado por uma espira circular percorrida por corrente.

C. Campo Eletromagnético gerado no centro de uma Bobina Longa ou Solenóide.

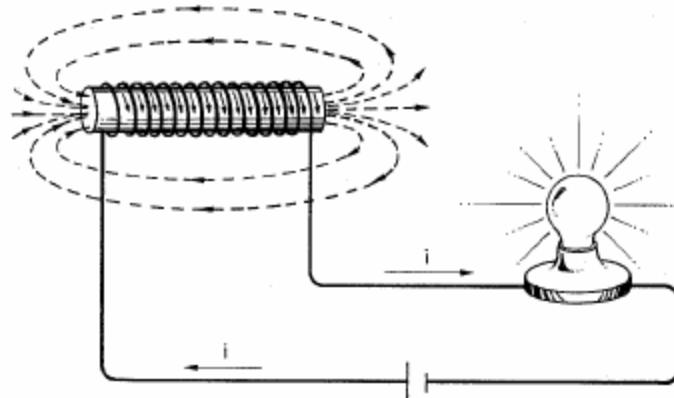


Figura 4.5 - Linhas do Campo Eletromagnético criado por uma bobina percorrida por corrente

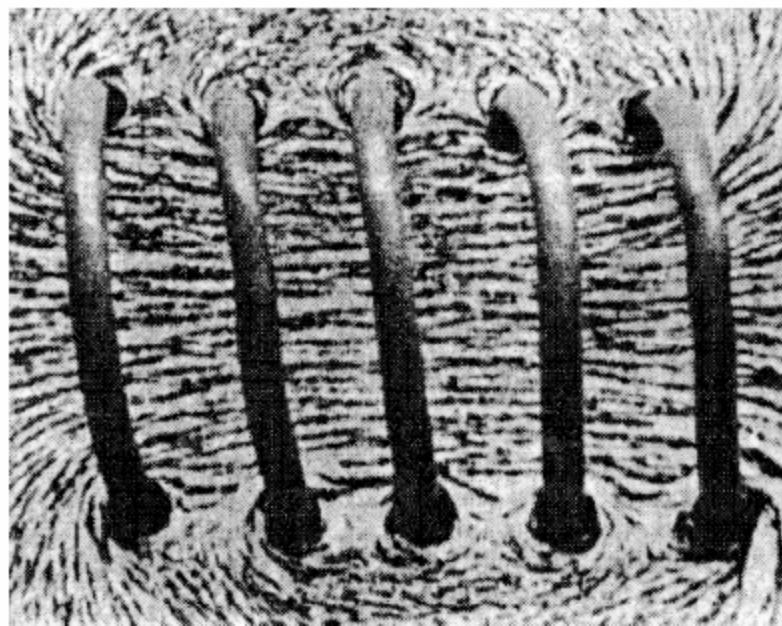


Figura 4.6 - Concentração das Linhas Campo Magnético no interior de uma bobina percorrida por corrente
(Fonte: Gozzi, Giuseppe G. M., Circuitos Magnéticos, Coleção Estude e Use, Ed. Érica, 1996).

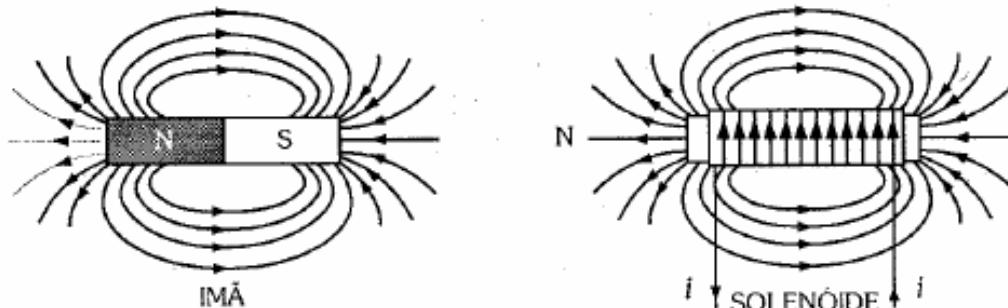


Figura 4.7. Campo Magnético de um ímã em barra e de um solenóide são semelhantes (Fonte: Gozzi, Giuseppe G. M., Circuitos Magnéticos, Coleção Estude e Use, Ed. Érica, 1996).

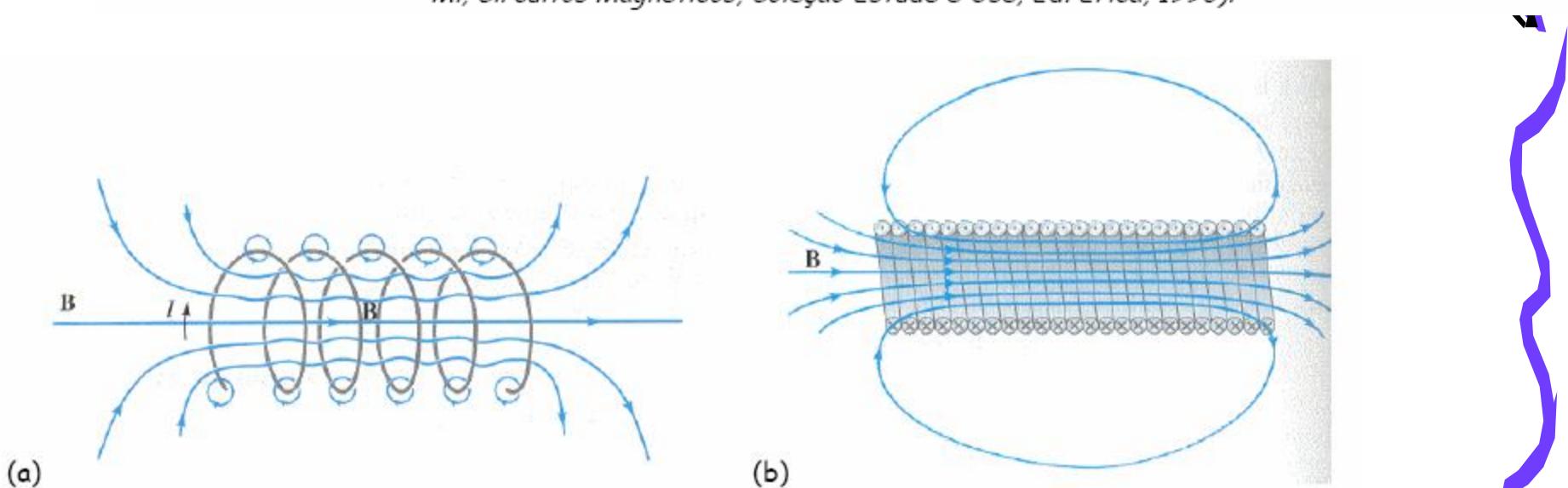


Figura 4.8 - Campo magnético no solenóide: (a) espiras separadas; (b) espiras justapostas (Fonte: Giancoli).

$$B = \frac{\mu \cdot N \cdot I}{\ell}$$

onde:

B = é a densidade de campo magnético no centro do solenóide [T, Tesla];

N = número de espiras do solenóide;

I = é a intensidade de corrente elétrica que percorre o solenóide [A];

ℓ = comprimento longitudinal do solenóide [m].

μ = permeabilidade magnética do meio (núcleo do solenóide) [T.m/A]

Os dedos indicam o sentido do fluxo da corrente através da bobina

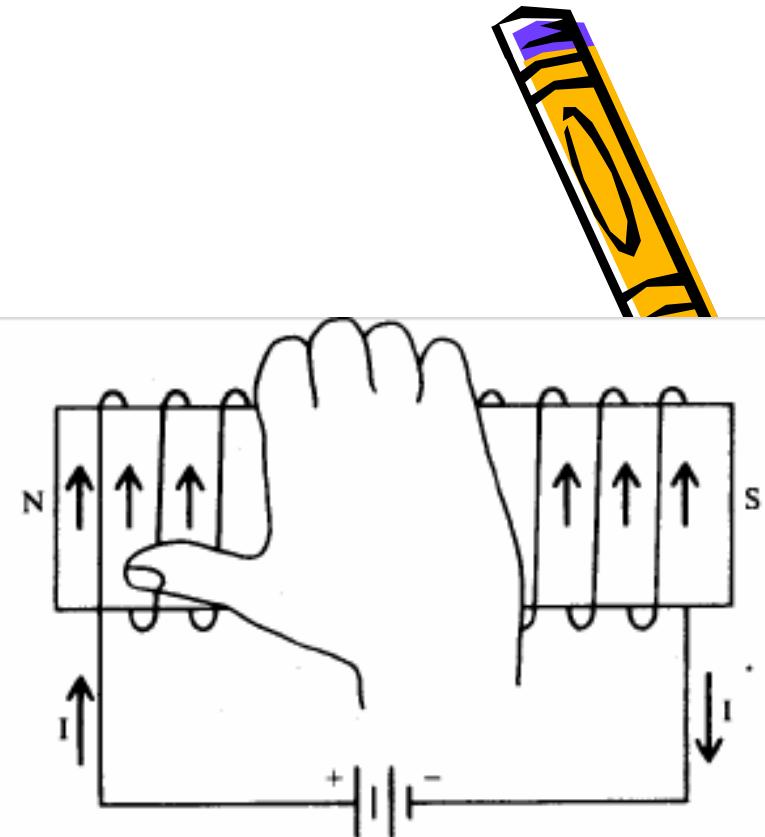
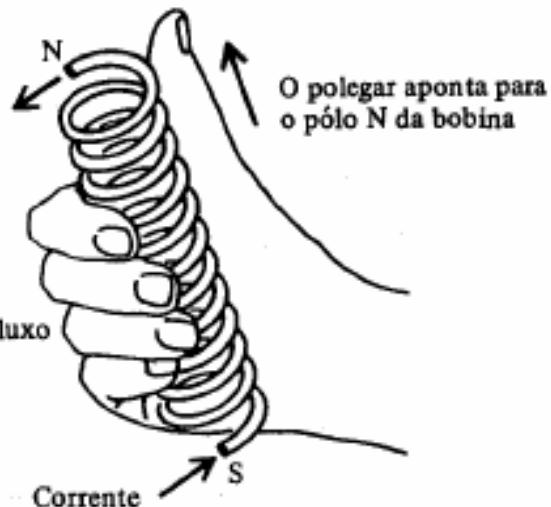
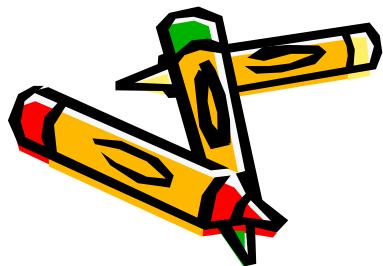


Figura 4.9 - Regra da mão direita aplicada a uma bobina.



D. Campo Eletromagnético gerado por um Toróide.

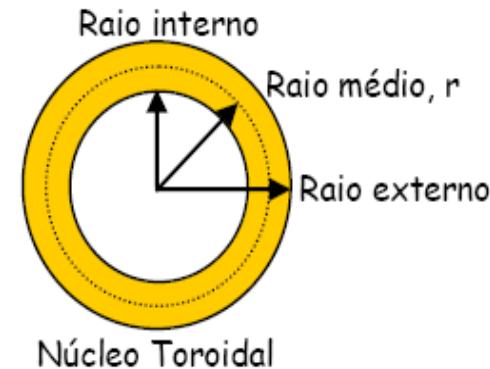
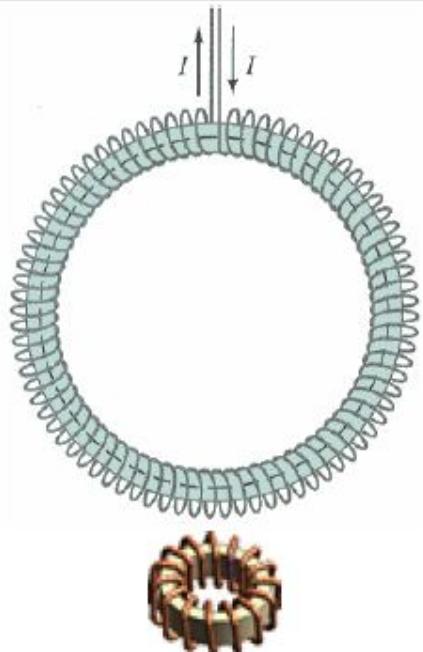


Figura 4.11 - Aspecto de um Toróide (Fonte: Giancoli).

$$B = \frac{\mu \cdot N \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

Onde:

B - densidade de campo magnético no interior do núcleo do toróide, [T];

μ - permeabilidade magnética do meio no interior das espiras do toróide (núcleo);

N - número de espiras da bobina toroidal;

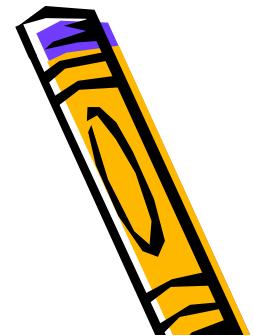
I - intensidade de corrente no condutor da bobina, [A];

r - raio médio do toróide, [m].

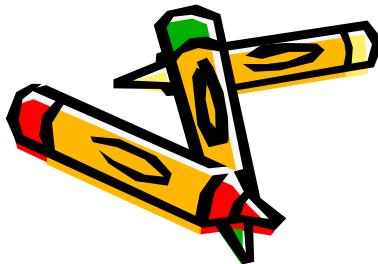


Exercícios sobre solenóides:

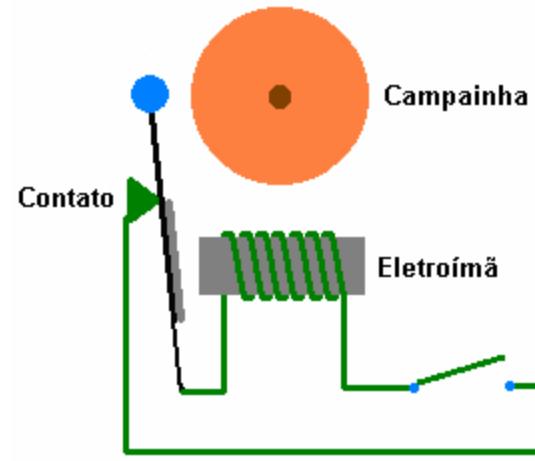
<http://br.geocities.com/saladefisica8/eletromagnetismo/solenoide.htm>



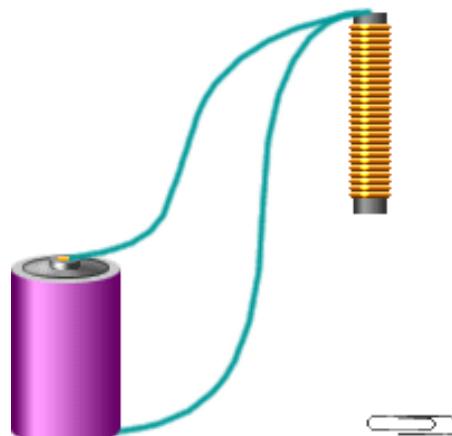
- Um solenóide de 1 metro de comprimento contém 500 espiras e é percorrido por uma corrente de 2A. Determinar a intensidade do vetor campo magnético no interior do solenóide. Adote $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T.m/A
- No interior de um solenóide de comprimento 0,16m, registra-se um campo magnético de intensidade $5 \pi \cdot 10^{-4}$ T, quando ele é percorrido por uma corrente de 8A. Quantas espiras tem esse solenóide? Adote $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T.m/A
- Considere um solenóide de 0,16m de comprimento com 50 espiras. Sabendo que o solenóide é percorrido por uma corrente de 20A, determine a intensidade do campo magnético no seu interior.
- Um solenóide de 1 metro de comprimento contém 1000 espiras e é percorrido por uma corrente de i . Sabendo que o vetor campo magnético no seu interior vale $8\pi \cdot 10^{-4}$ T, determine i . O solenóide está no vácuo.



5. Explique o princípio de funcionamento de uma campainha.



6. O que é um eletroímã? Como funciona?



Prof. Dr. Emerson Silveira
Serafim

