

2.5- Força Magneto-Motriz

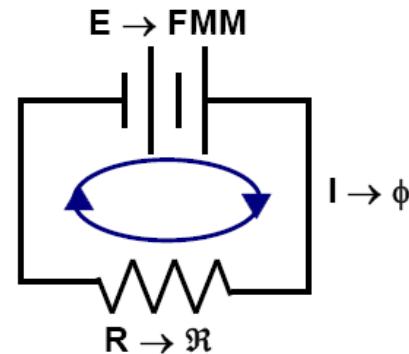
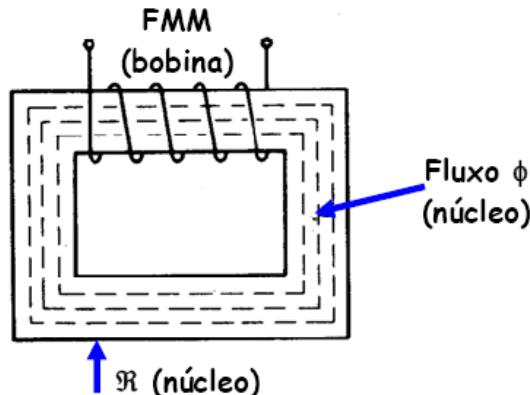


Figura 4.15 - Circuito magnético fechado com núcleo de ferromagnético e seu equivalente elétrico.

A Força Magneto-motriz produzida por uma bobina é dada pelo produto:

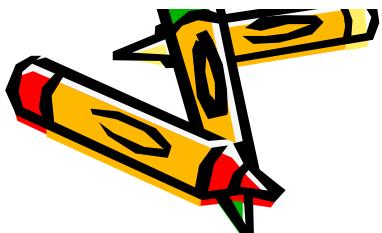
$$FMM = N \cdot I$$

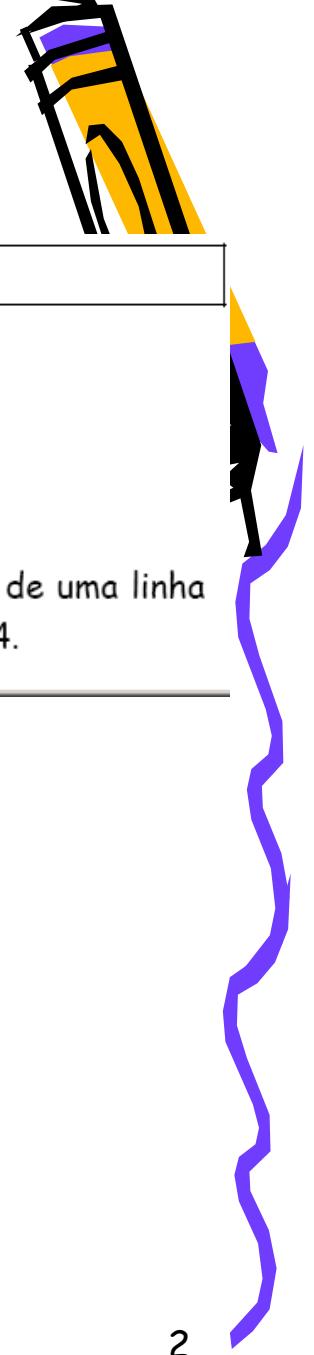
onde:

FMM - Força Magneto-Motriz, em Ampère-espira [Ae]

N - Número de espiras;

I - Intensidade da corrente elétrica, em Ampères [A].





$$FMM = H \cdot l$$

onde:

FMM - Força Magneto-Motriz, [Ae]

H - Força Magnetizante ou Campo Magnético Indutor, [Ae/m];

l - Comprimento médio do caminho do circuito magnético, [m].

Observação: O comprimento médio do caminho do circuito magnético é o comprimento total de uma linha de campo posicionada no centro do núcleo, como mostra a linha de campo grifada na figura 4.14.

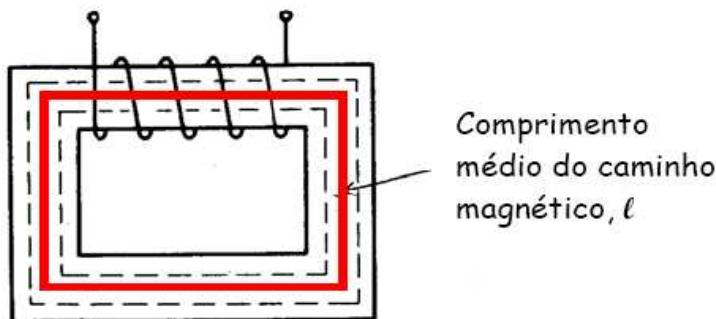
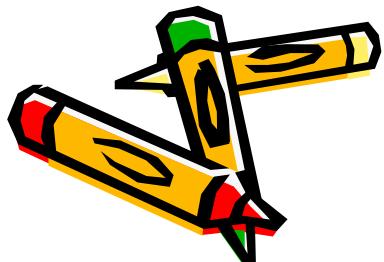


Figura 4.14 - Comprimento médio do caminho do circuito magnético.



Exemplo:

Na figura 4.15 considere que a bobina possui 120 espiras percorridas por uma corrente de 500mA e que o comprimento médio do circuito magnético é $\ell = 0,15\text{m}$ e cuja área da seção transversal do núcleo é 2 cm^2 .

- a) Determine o campo magnético indutor e a força magneto-motriz;

$$H = \frac{N \cdot I}{\ell} = \frac{120 \cdot 0,5}{0,15} = 400\text{ Ae/m}$$

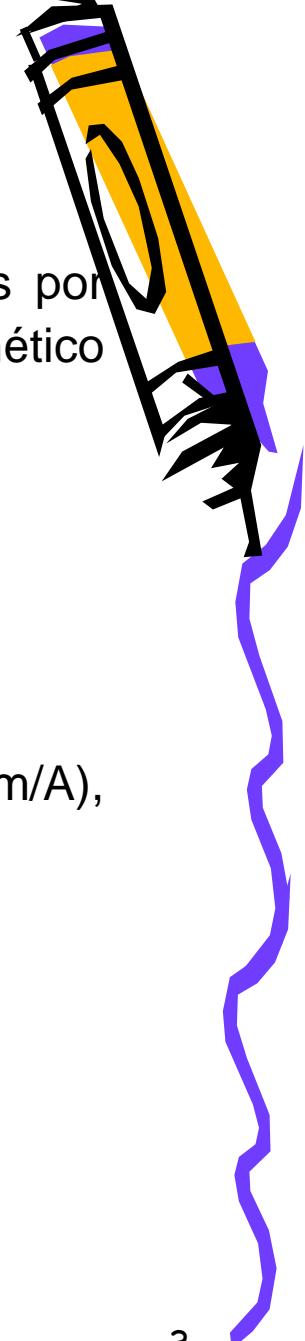
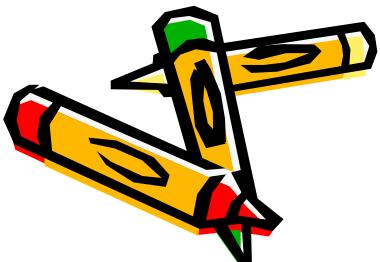
$$\text{FMM} = H \cdot \ell = 400 \cdot 0,15 = 60\text{ Ae}$$

- b) Considerando a permeabilidade do material sendo $\mu = 5 \cdot 10^{-4}\text{ (Tm/A)}$, determine a relutância magnética do núcleo;

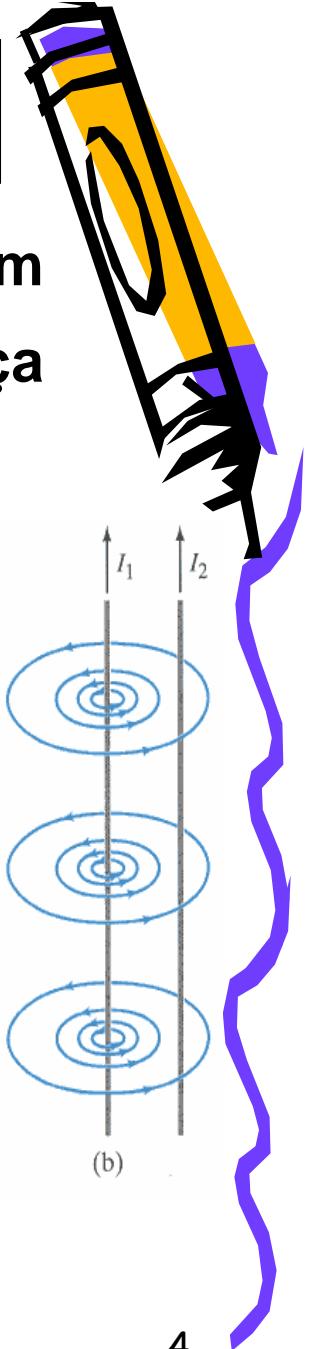
$$\mathfrak{R} = \frac{\ell}{\mu \cdot A} = \frac{0,15}{5 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-4}} = \frac{0,15}{10 \cdot 10^{-8}} = 0,15 \cdot 10^7 \text{ Ae/Wb}$$

- c) Determine a densidade de fluxo magnético no núcleo (B).

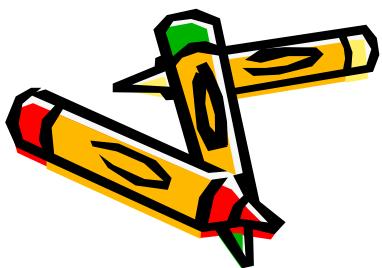
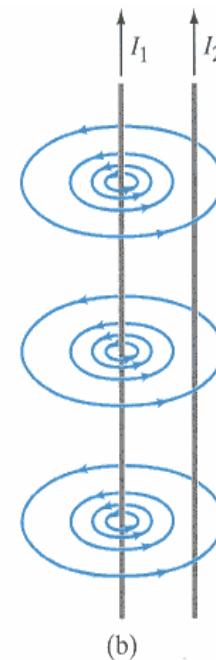
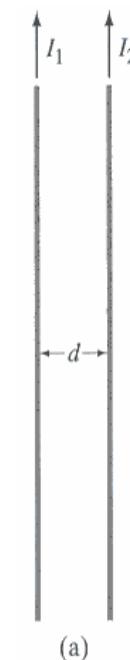
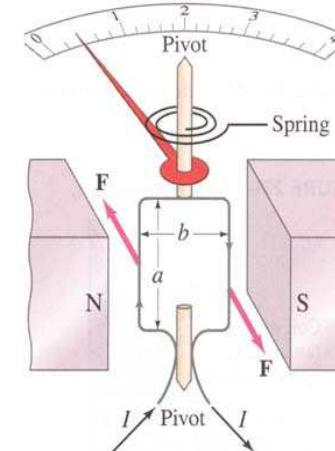
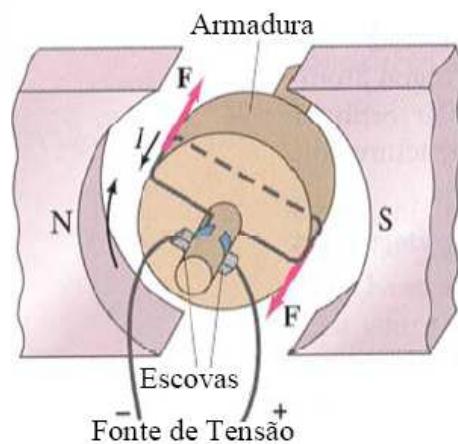
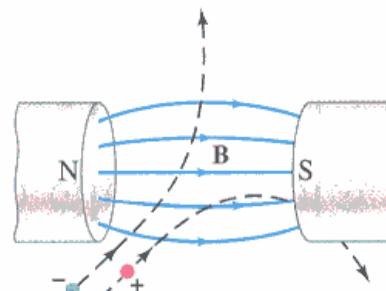
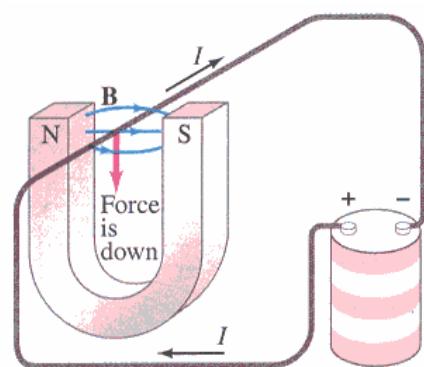
$$B = \mu \cdot H = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 400 = 0,2\text{ T}$$



2.6- Força Eletromagnética



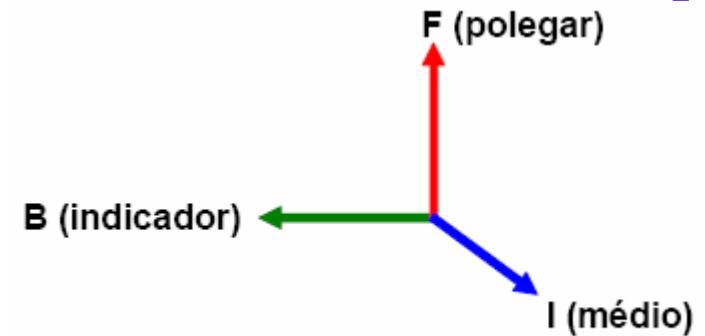
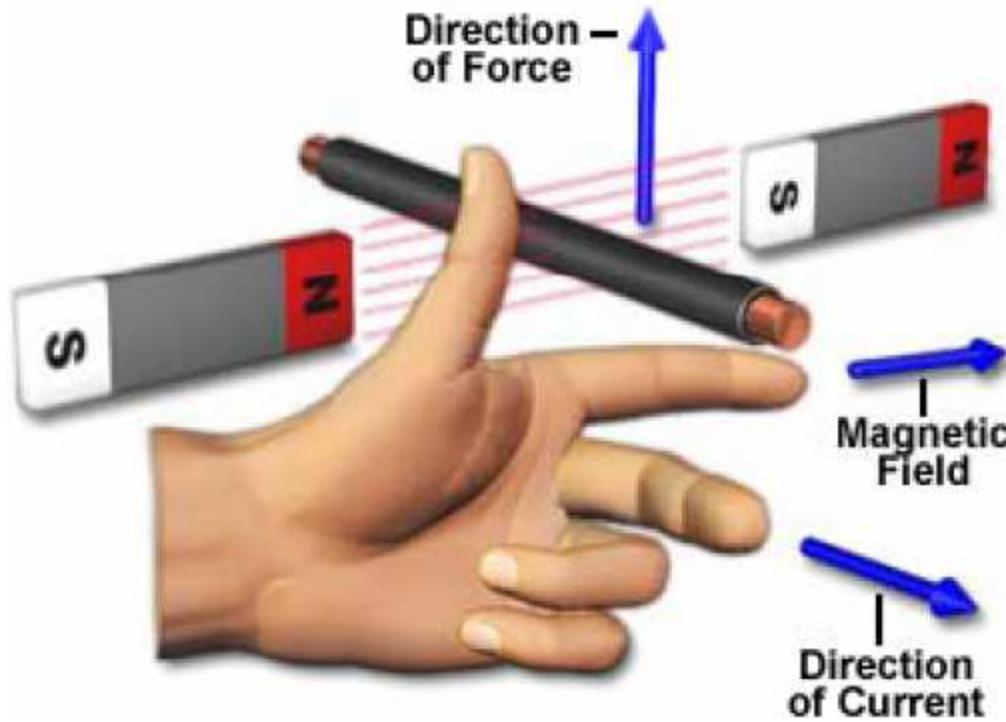
Um condutor percorrido por corrente elétrica, imerso em um campo magnético, sofre a ação de uma força eletromagnética.



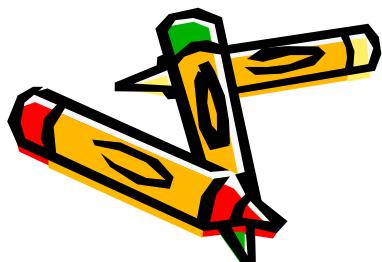
REGRA DE FLEMING: para determinar a relação entre I, H e F.

MÃO ESQUERDA PARA AÇÃO MOTRIZ

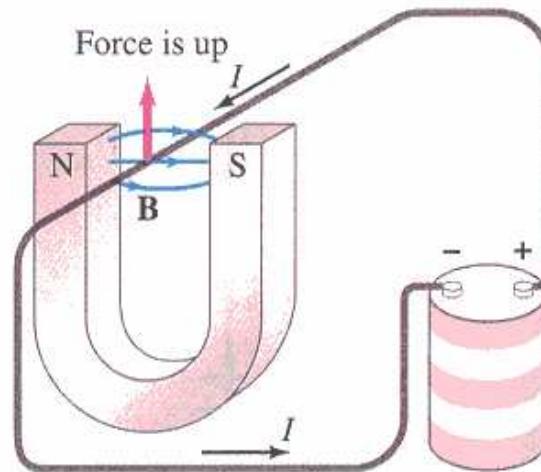
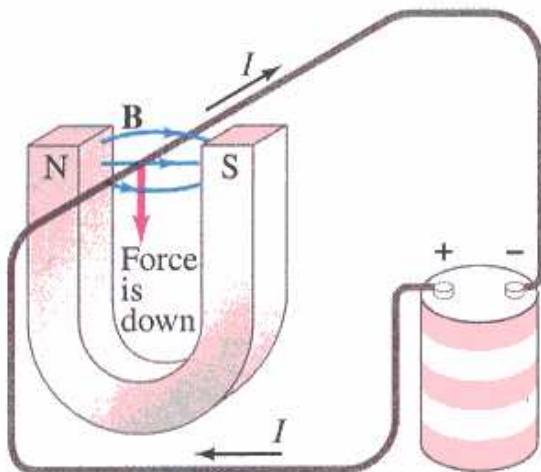
Left Hand Rule



(b) Ação Geradora: mão direita



A. Força Eletromagnética sobre um Condutor Retilíneo



A força age na direção perpendicular às linhas de campo.

$$F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin\theta$$

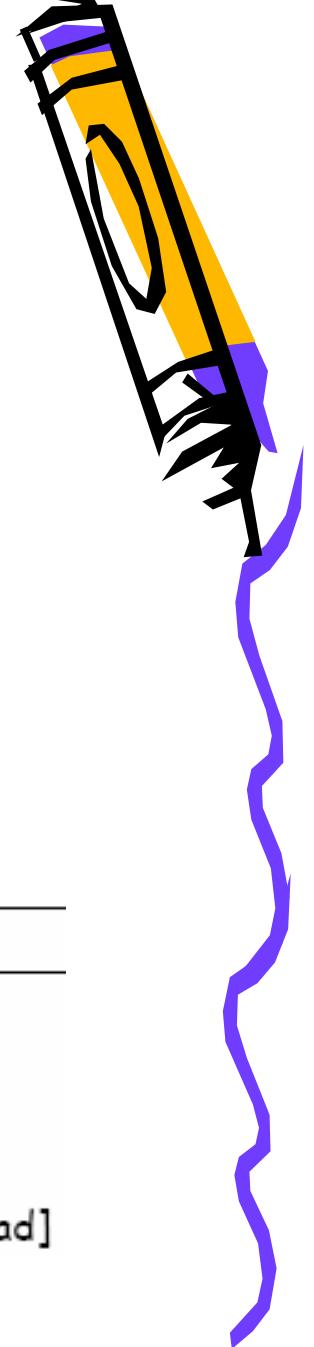
onde:

F - intensidade do vetor força eletromagnética [N];

B - densidade de campo magnético ou densidade de fluxo magnético [T];

ℓ - comprimento ativo do condutor sob efeito do campo magnético [m];

θ - ângulo entre as linhas de campo e a superfície longitudinal do condutor [° ou rad]



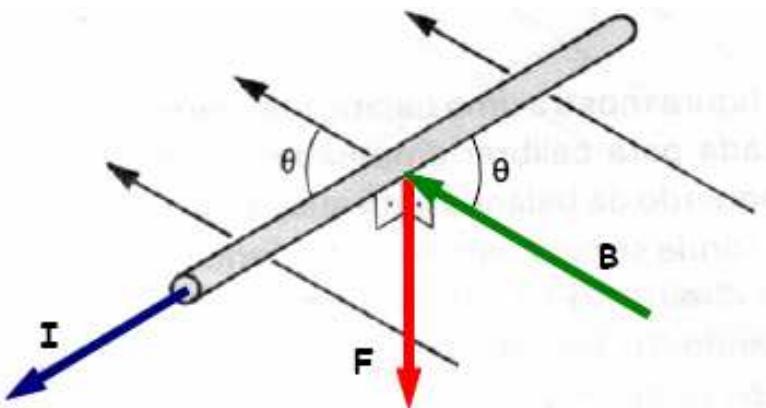


Figura 5.2 - Força magnética sobre um condutor retilíneo.

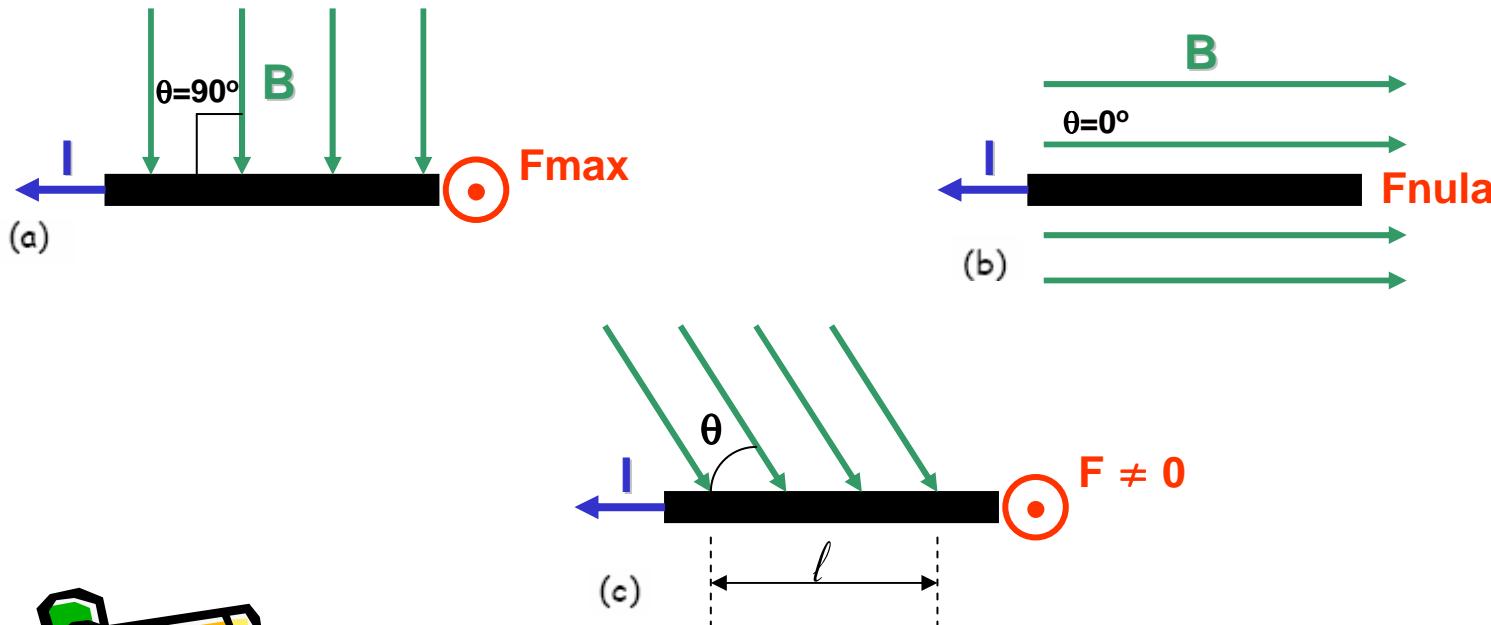
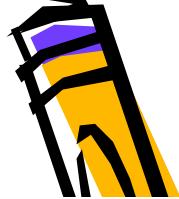


Figura 5.3 - Força magnética depende do ângulo de incidência do campo magnético.



Exemplo 5.1.1.

Um condutor retilíneo é percorrido por uma corrente elétrica de 5A e está com 20cm de seu comprimento longitudinal imerso em um campo magnético uniforme de 3T que o atinge fazendo um ângulo de 30°, como mostra a figura 5.4. Determine o vetor força eletromagnética resultante (módulo, direção e sentido).

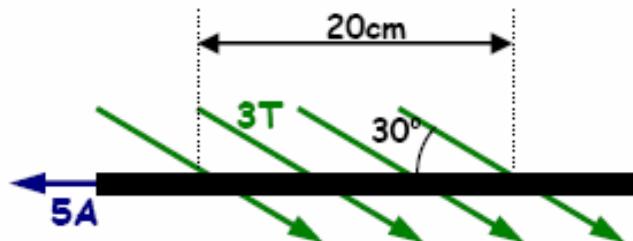
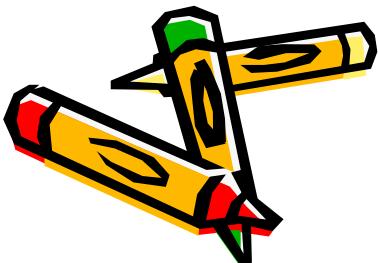


Figura 5.4 - Figura para o exemplo 5.1.1.

O módulo da força eletromagnética sobre o condutor é dado por:

$$F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin\theta = 3 \cdot 5 \cdot 0,2 \cdot \sin(30^\circ) = 1,5N$$

A direção deve ser perpendicular à corrente e ao plano do papel. O sentido é determinado pela Regra de Fleming para a mão esquerda, indicando sentido para fora do plano do papel (\odot).



C. Força Eletromagnética entre Condutores Paralelos

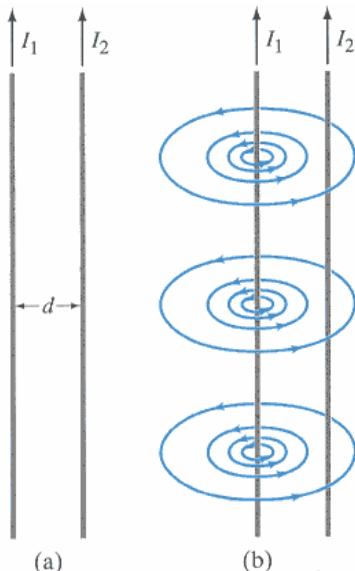
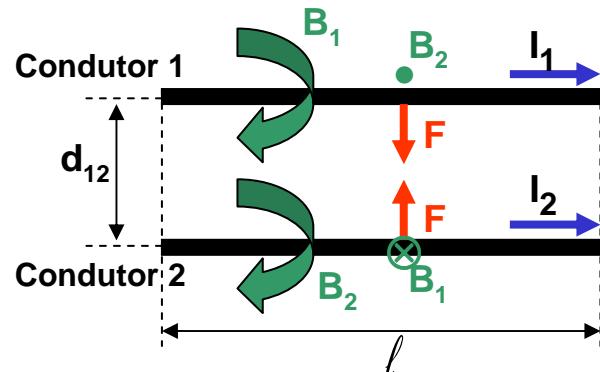
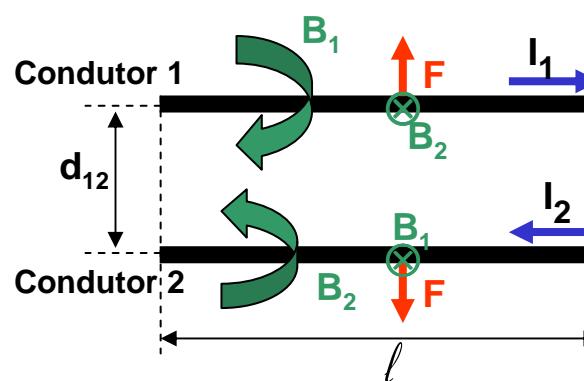


Figura 5.11 – Dois condutores paralelos percorridos por corrente sofrem interação entre seus campos magnéticos.



a) ATRAÇÃO.



b) REPULSAO.

$$F = \frac{\mu \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \ell_2}{2 \cdot \pi \cdot d_{12}}$$

onde:

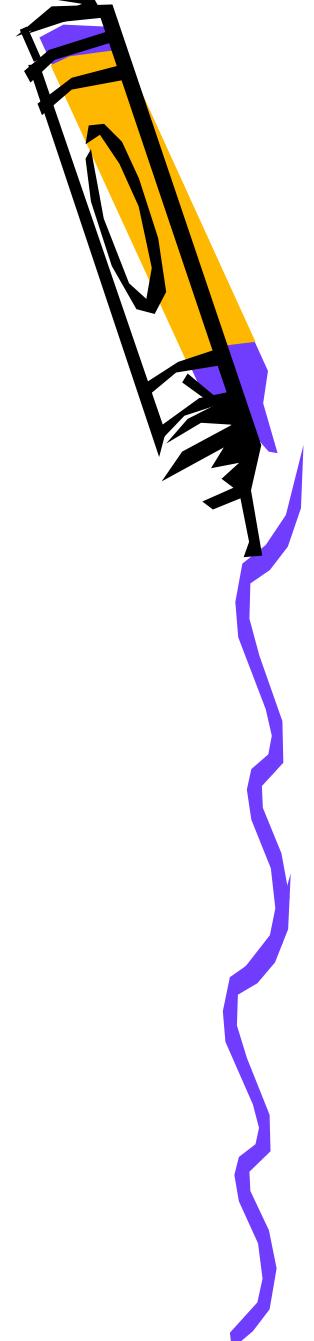
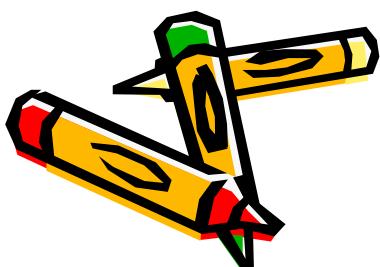
F - Força elétrica mútua de interação entre condutores paralelos [N];

μ - Permeabilidade magnética do meio;

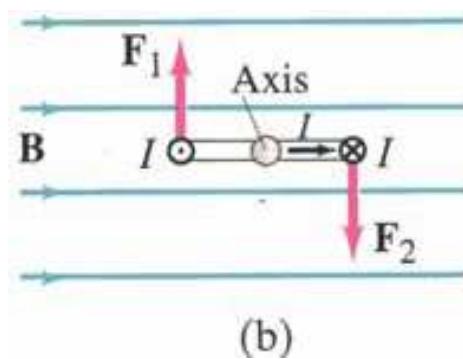
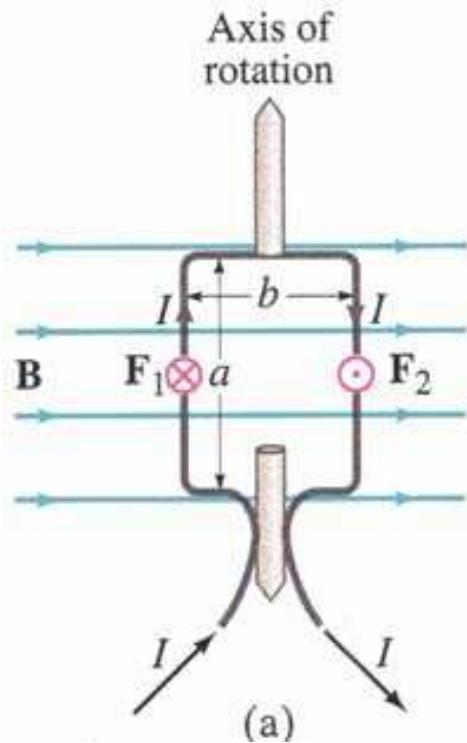
I_1, I_2 - corrente elétrica nos condutores [A];

ℓ - comprimento dos condutores [m];

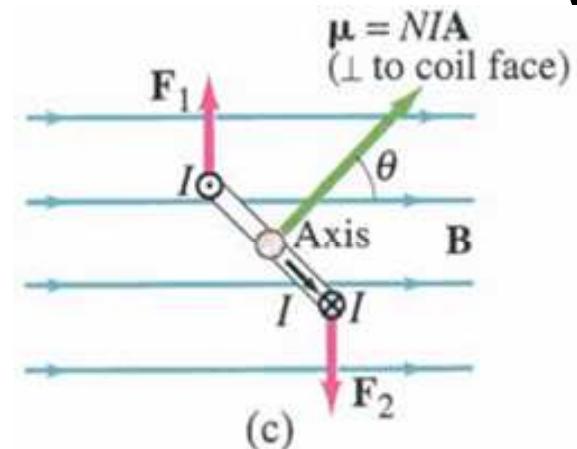
d_{12} - distância entre os centros dos condutores [m]



D. Torque de Giro de uma Espira percorrida por uma corrente



Vista superior



Composição vetorial

$$\tau = N \cdot B \cdot I \cdot A \cdot \sin \gamma$$

onde:

τ - torque de giro [N.m];

N - número de espiras;

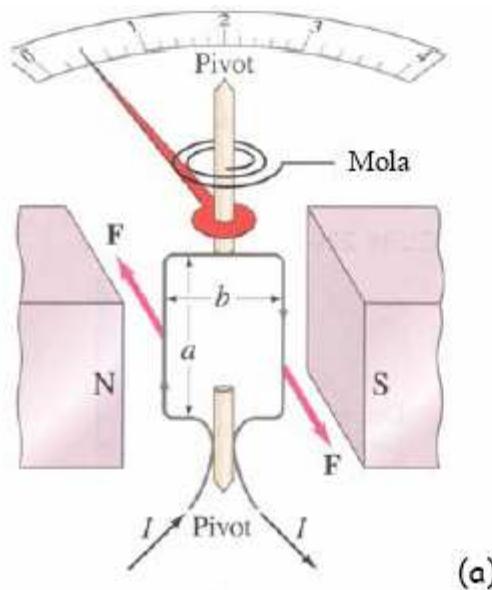
B - densidade de campo magnético [T];

I - corrente elétrica na(s) espira(s) [A];

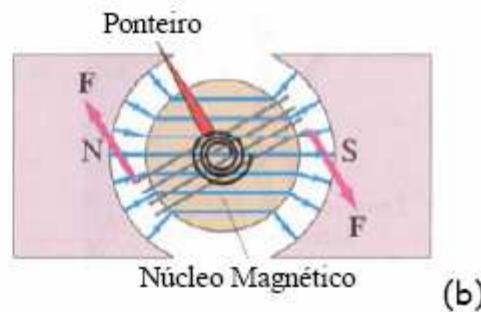
A - área das espiras ($a \times b$) [m^2];

γ - ângulo da normal (perpendicular) à face da espira com a direção das linhas de campo [$^\circ$ ou rad].

APLICAÇÕES:



(a)



(b)

Figura 5.15 - Amperímetro básico; (a) vista lateral; (b) vista superior. (Fonte: Giancoli, 2000)

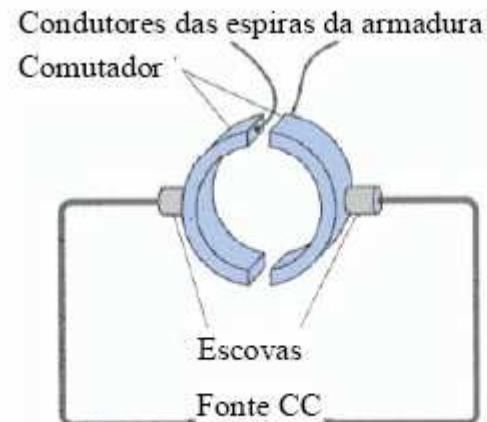
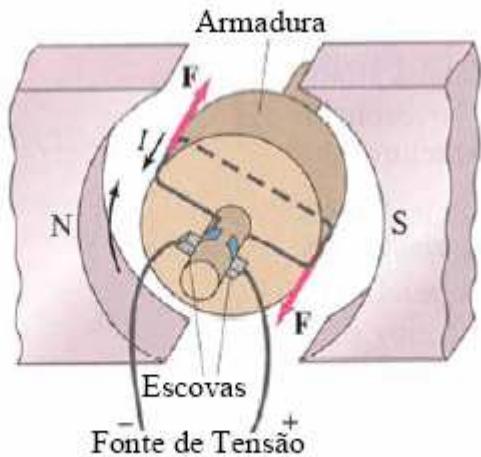


Figura 5.16 - Motor de Corrente Contínua: (a) estrutura básica; (b) detalhe do comutador (Fonte: Giancoli)