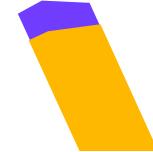


2-ELETROMAGNETISMO

(Página 24 a 115 da apostila Fundamentos do
Eletromagnetismo, do professor Fernando Luiz Rosa Mussoi)
(Slides da apresentação: Geração de Corrente Alternada do
professor Clóvis Antônio Petry)



COMPETÊNCIAS



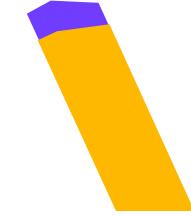
Conhecer as **leis fundamentais** do **Eletromagnetismo** e suas **aplicações**.

Analisar **situações** onde as leis fundamentais do Eletromagnetismo **são aplicadas**.

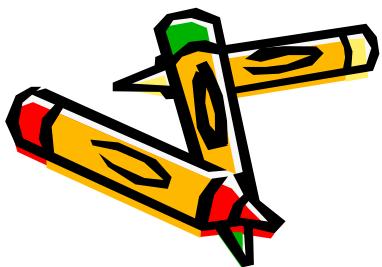
HABILIDADES

- **Analisar** situações onde a **lei de Faraday** é aplicável;
- **Analisar** situações onde a **lei de Lenz e a regra de Fleming** são aplicáveis;
- **Calcular** a **tensão induzida** em **condutores** que cortam um campo magnético;
- **Calcular** a **tensão** e a **freqüência** induzidas em **espiras** que giram no interior de um campo magnético;
- **Analisar** **acoplamentos magnéticos** em circuitos magnéticos.

CONTEÚDO



- 2.1 – DESCOBERTAS DE OERSTED**
- 2.2 – FENÔMENOS DO ELETROMAGNETISMO**
- 2.3 – INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**



2.1- Descobertas de Oersted

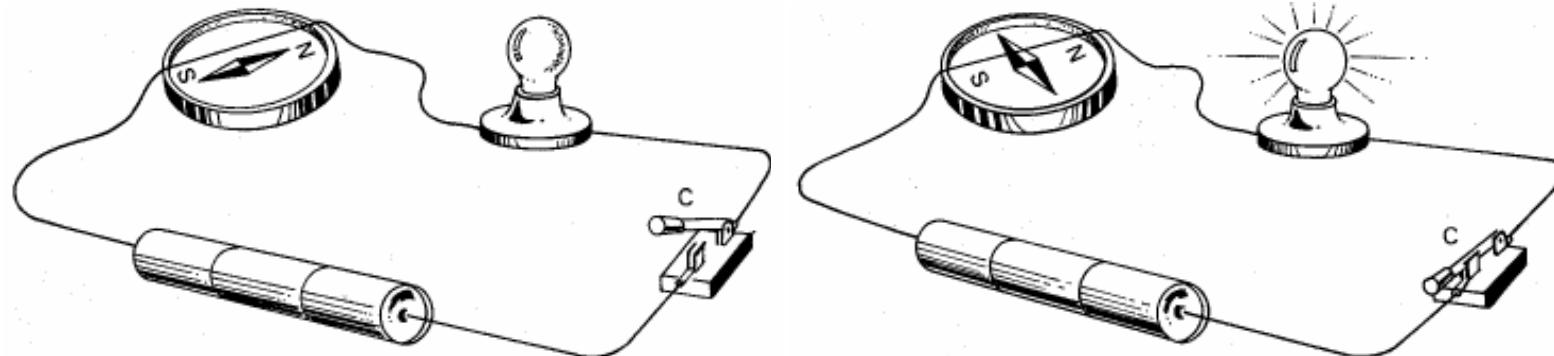


Figura 1.1 - Experiência de Oersted (Fonte: Moretto, V.P.; Eletricidade e Eletromagnetismo, Ed. Érica, 1989).

Conclusão de Oersted:

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

Como consequência desta descoberta surge o.....



ELETROMAGNETISMO:

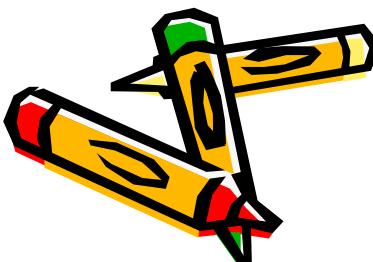
“o campo **MAGNÉTICO** criado a partir da **ELETRICIDADE**”.

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)

Orientação bússola torno de um condutor percorrido por corrente.
(Fonte: Giancoli)



Visualização das linhas de campo produzidas por um condutor percorrido por corrente.
(Fonte: Giancoli)

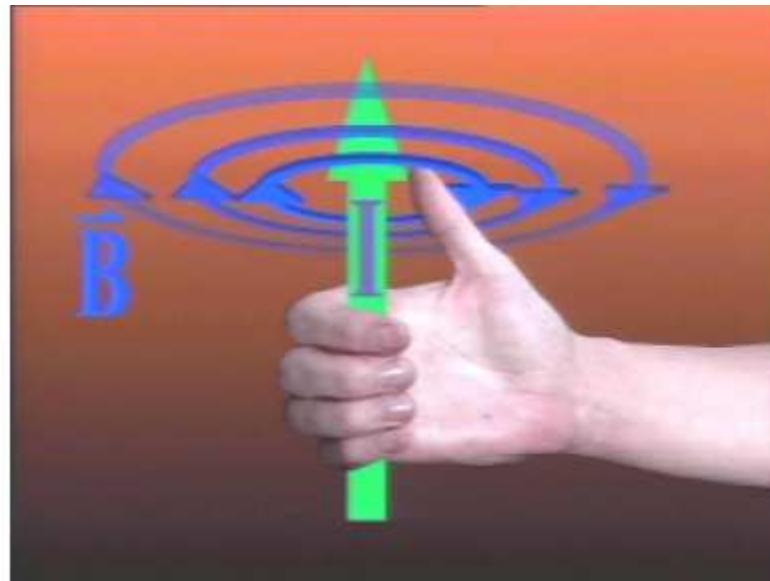
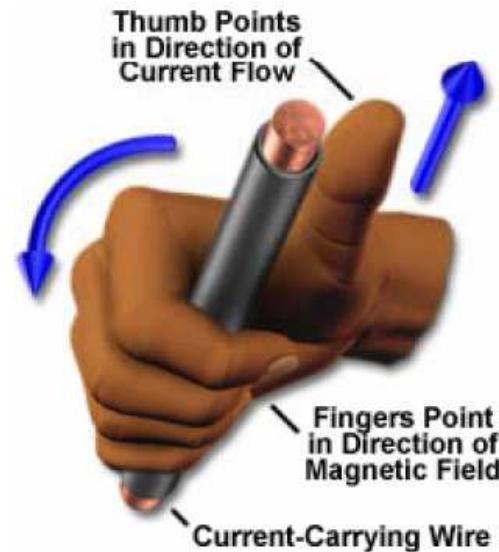
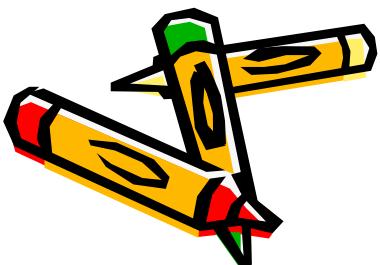


Figura 3.3 - As linhas de campo magnético criado por uma corrente elétrica são concêntricas.

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!

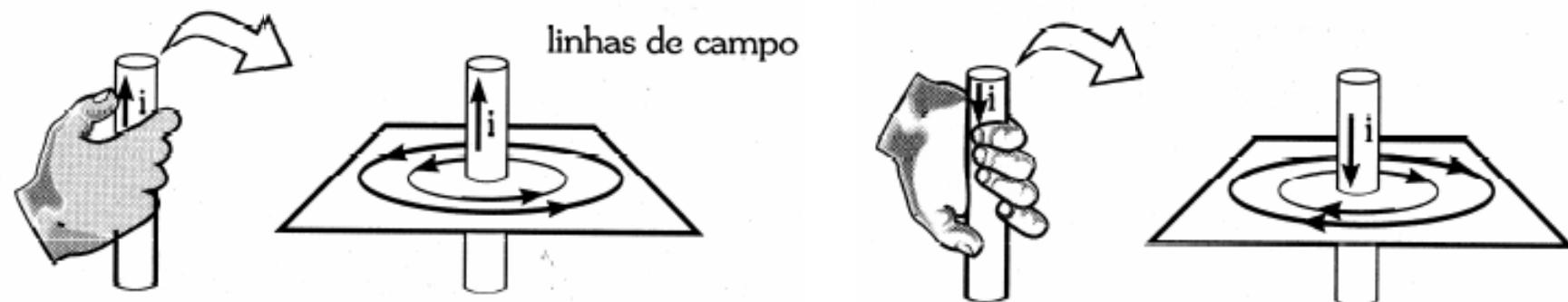


Figura 3.4 - Lei de Ampère e regra da mão direita (Fonte: Chiquetto e Parada; Física Eletricidade vol.3 ed. Scipione, 1992).

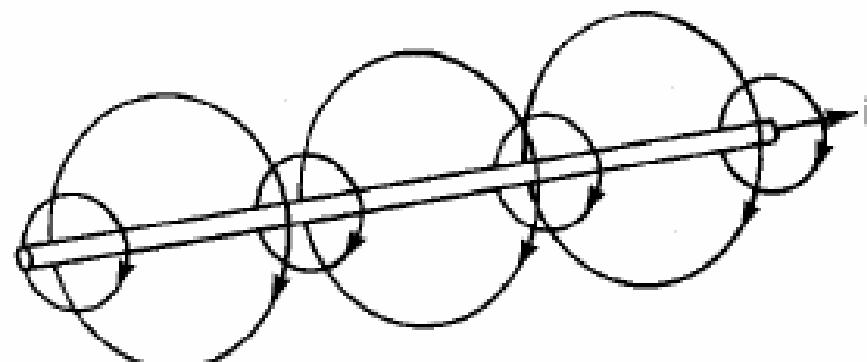
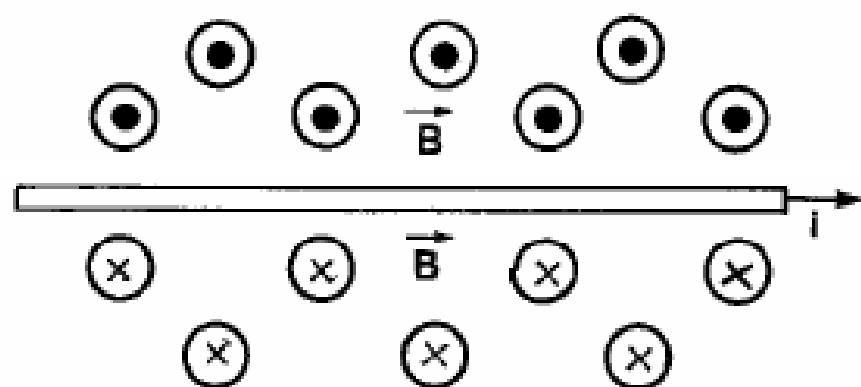


Figura 3.6 - Campo Eletromagnético produzido por um condutor; a) em perspectiva; b) indicado no plano.



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

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

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

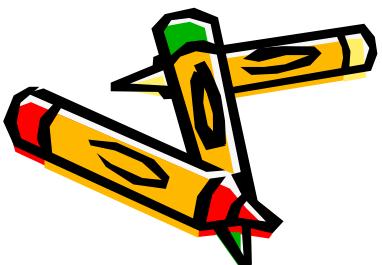
μ_r – permeabilidade relativa

μ – permeabilidade absoluta

μ_0 – permeabilidade no vácuo

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



A.1. Campo Eletromagnético gerado por um condutor.

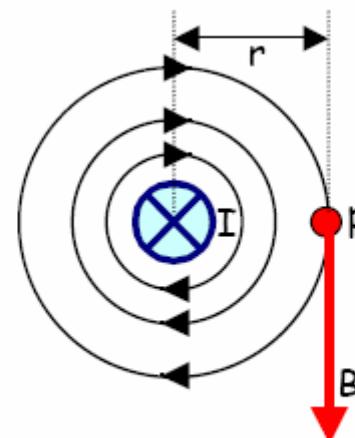
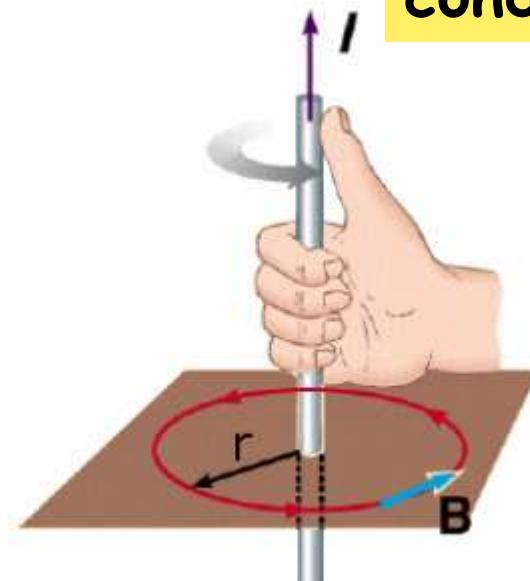


Figura 4.2 - Vetor Campo magnético tangente às linhas de campo.

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

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 ($r \ll \ell$).

A Densidade de Fluxo Magnético B é o efeito da Força Magnetizante H num dado meio μ .

$$H = \frac{B}{\mu}$$

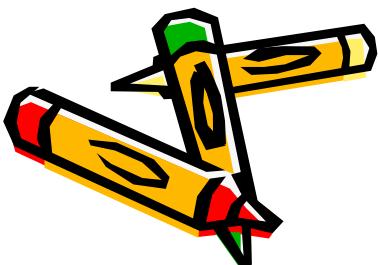
$$B = \mu \cdot H$$

Para um condutor retilíneo:

$$H = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

H – Vetor Campo Magnético Indutor ou Vetor Força Magnetizante [A/m]

B – Densidade de Campo magnético ou Densidade de fluxo magnético [T]



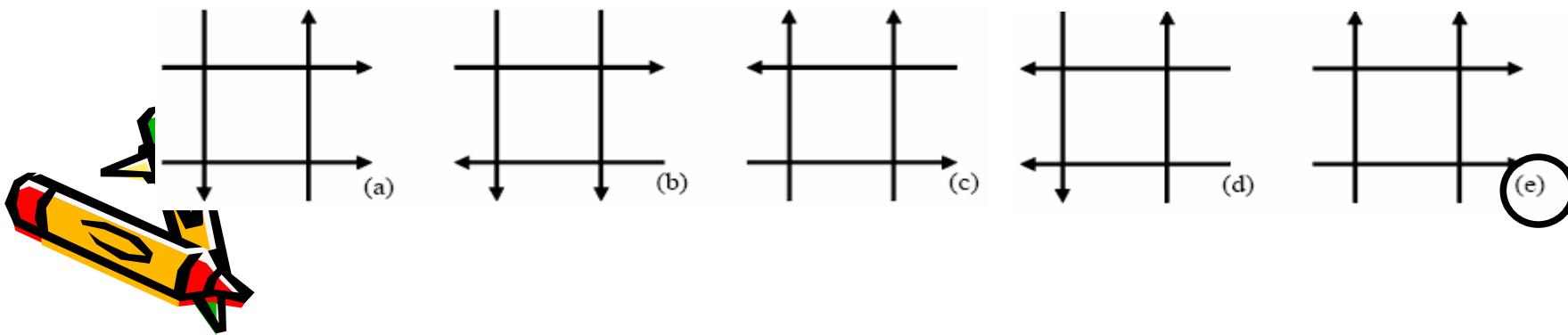
EXERCÍCIOS



1) Sejam dois fios de comprimento infinito, condutores, de seção reta desprezível, paralelos separados por uma distância d . Se em algum ponto situado entre os fios o campo magnético for nulo, quando os mesmos são percorridos por uma corrente elétrica, pode-se afirmar que:

- a) as correntes têm o mesmo sentido;
- b) as correntes têm sentidos contrários;
- c) as intensidades e sentidos de correntes são iguais;**
- d) o enunciado está errado, pois o campo magnético jamais será nulo;
- e) faltam dados para responder a questão.

2) Quatro fios longos são percorridos por correntes iguais. A área limitada pelos quatro fios é um quadrado. A disposição que apresenta um campo magnético nulo no seu centro de simetria é:



A.2. Campo Eletromagnético gerado no centro de uma Espira Circular.

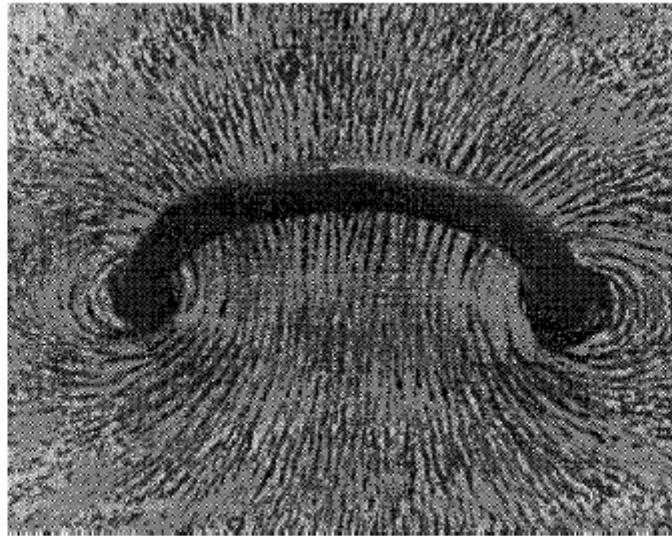


Figura 4.3 - Visualização do Campo magnético no centro de uma espira circular (Fonte: Gozzi, Giuseppe G. M., Circuitos Magnéticos, Coleção Estude e Use, Ed. Érica, 1996).

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

Onde:

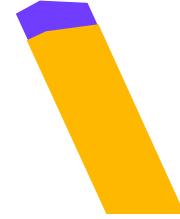
B = é a densidade de campo magnético no centro da espira circular [T, Tesla];

R = raio da espira [m];

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

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





A Densidade de Fluxo Magnético B é o efeito da Força Magnetizante H num dado meio μ .

$$H = \frac{B}{\mu}$$

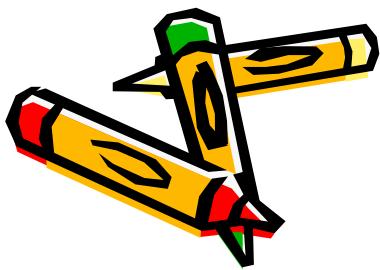
$$B = \mu \cdot H$$

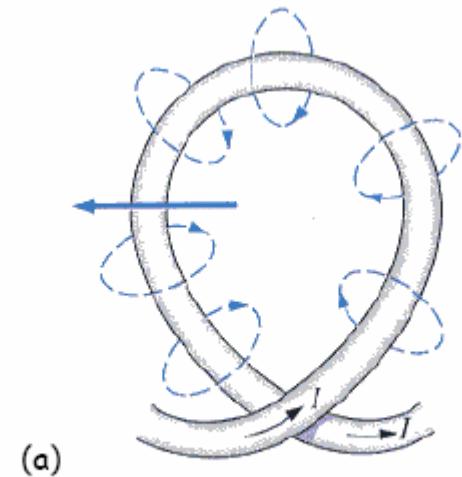
Para uma espira circular:

$$H = \frac{I}{2 \cdot R}$$

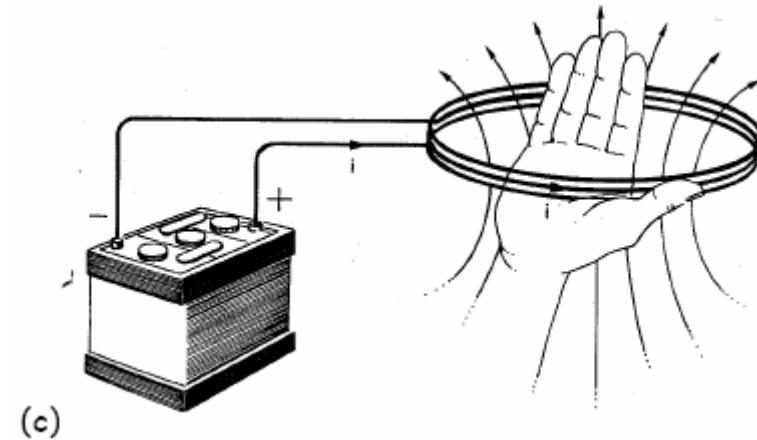
H – Vetor Campo Magnético Indutor ou Vetor Força Magnetizante [A/m]

B – Densidade de Campo magnético ou Densidade de fluxo magnético [T]

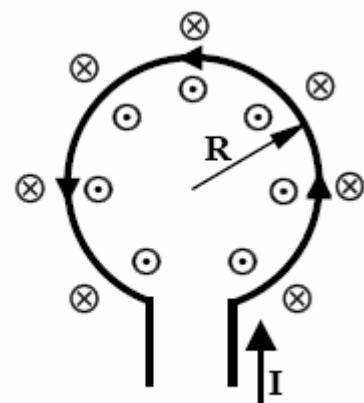




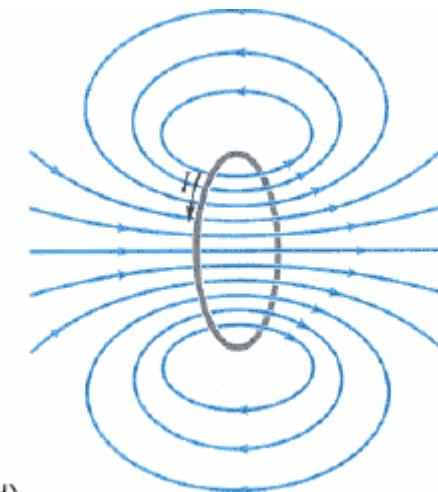
(a)



(c)



(b)



(d)



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

A.3. Campo Eletromagnético gerado no centro de uma Bobina Longa ou Solenóide.

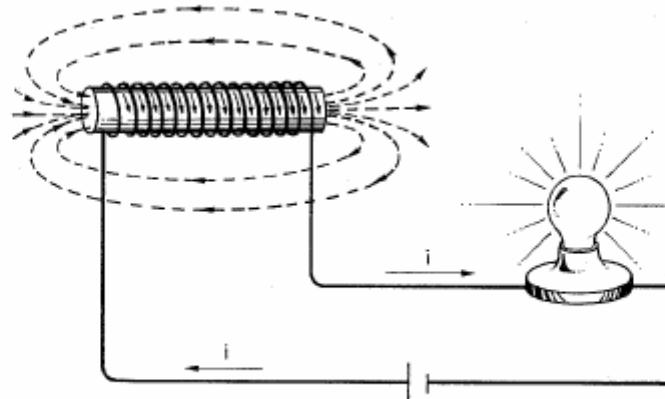


Figura 4.5 - Linhas do Campo Eletromagnético criado por uma bobina percorrida por corrente

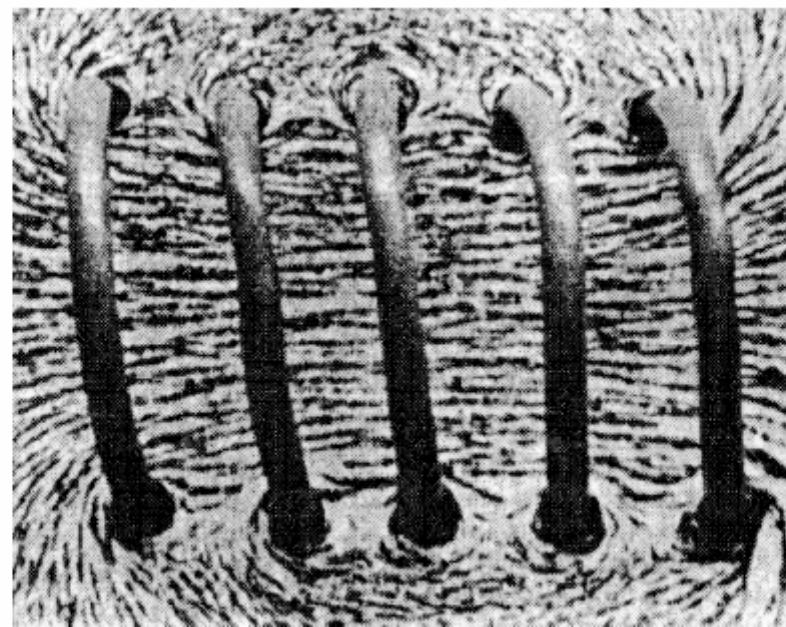
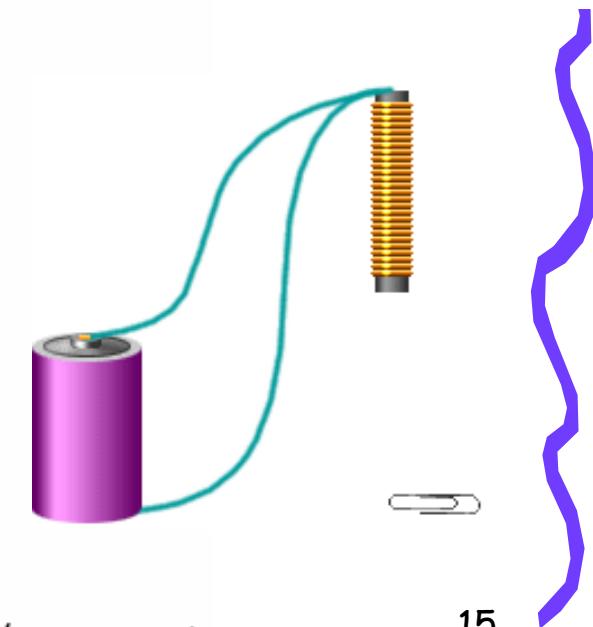


Figura 4.6 - Concentração das Linhas Campo Magnético no interior de uma bobina percorrida por corrente
(Fonte: Gozzi, Giuseppe G. M., Circuitos Magnéticos, Coleção Estude e Use, Ed. Érica, 1996).



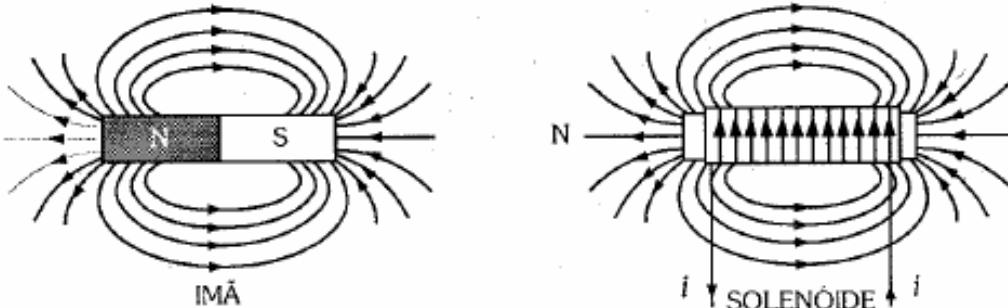


Figura 4.7. Campo Magnético de um ímã em barra e de um solenóide são semelhantes (Fonte: Gozzi, Giuseppe G. M., Circuitos Magnéticos, Coleção Estude e Use, Ed. Érica, 1996).

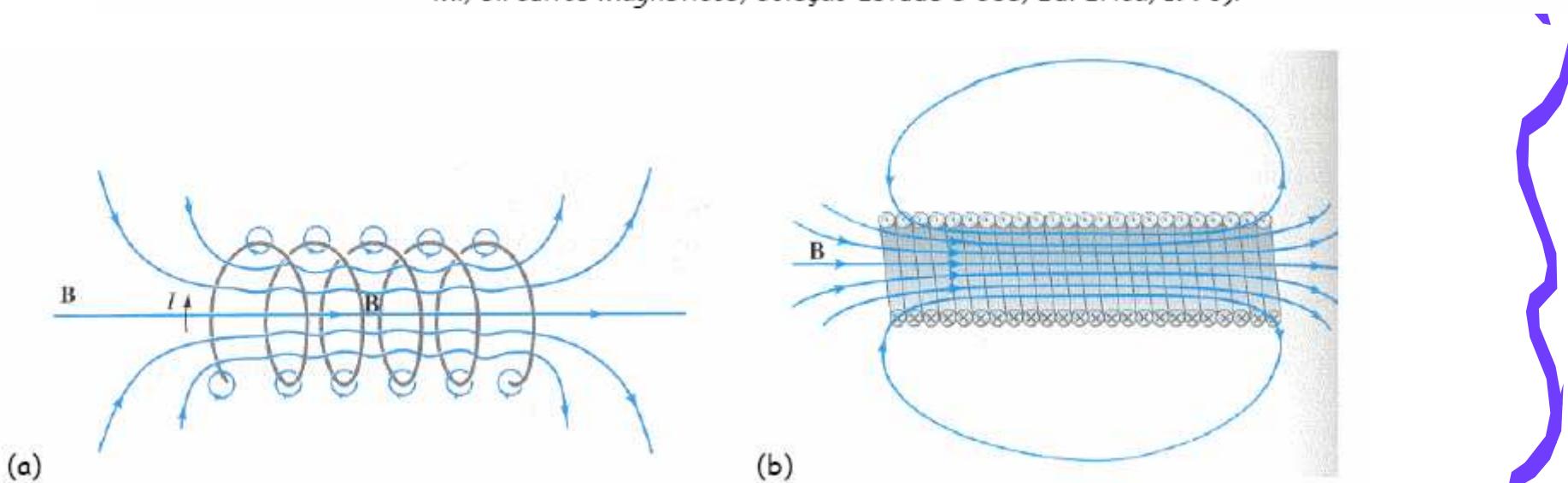


Figura 4.8 - Campo magnético no solenóide: (a) espiras separadas; (b) espiras justapostas (Fonte: Giancoli).

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

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]

A Densidade de Fluxo Magnético B é o efeito da Força Magnetizante H num dado meio μ .

$$H = \frac{B}{\mu}$$

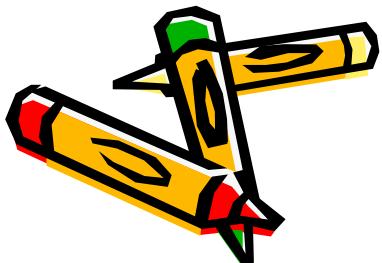
$$B = \mu \cdot H$$

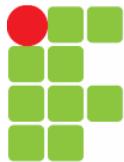
O módulo do vetor campo magnético indutor ou vetor força magnetizante H numa bobina pode ser dado por:

$$H = \frac{N \cdot I}{\ell}$$

H – Vetor Campo Magnético Indutor ou Vetor Força Magnetizante [A/m]

B – Densidade de Campo magnético ou Densidade de fluxo magnético [T]





Calcule a intensidade do campo para os três casos abaixo:

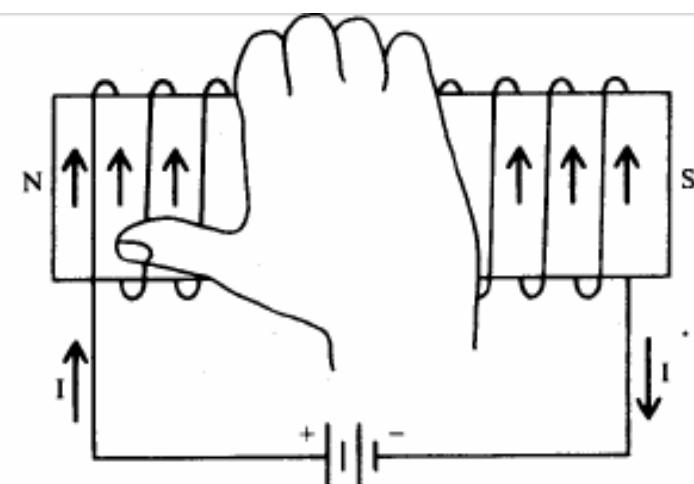
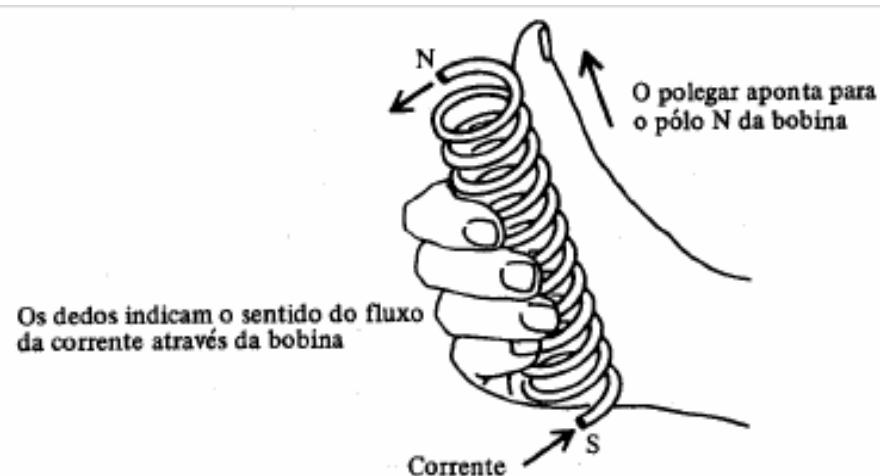
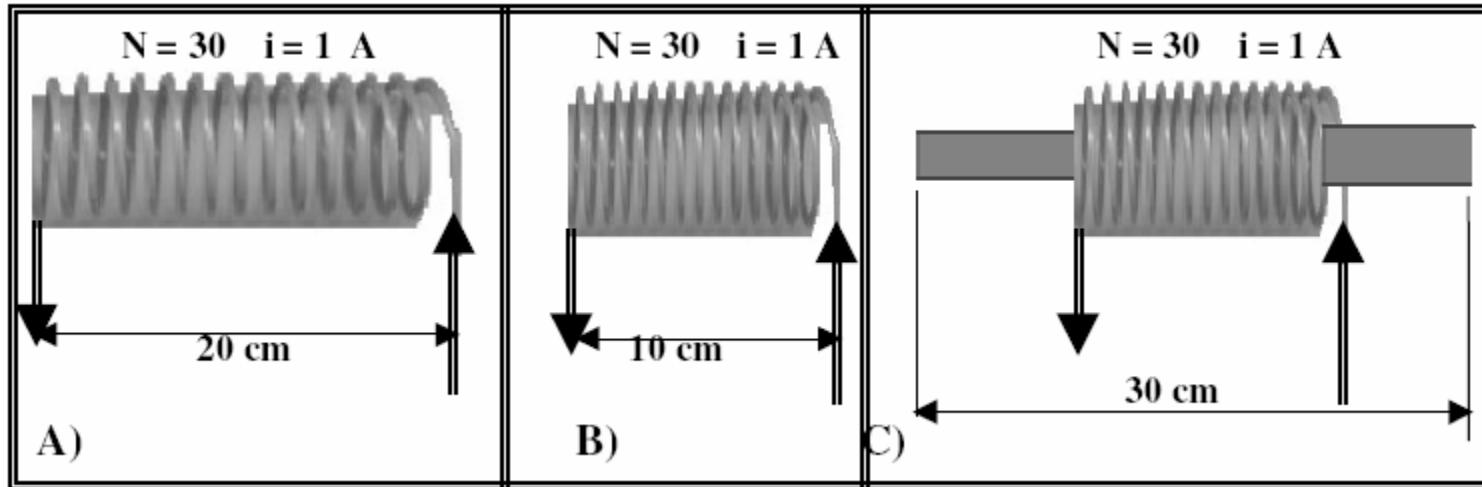


Figura 4.9 - Regra da mão direita aplicada a uma bobina.

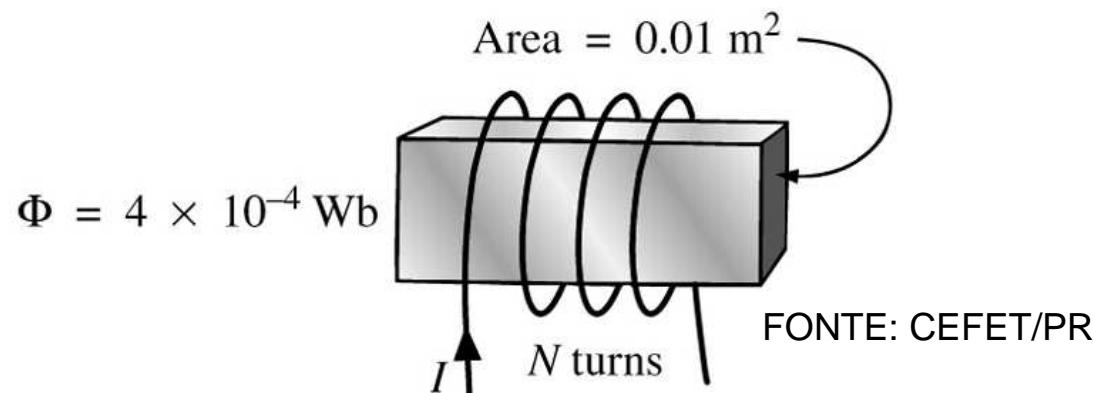
EXERCÍCIOS



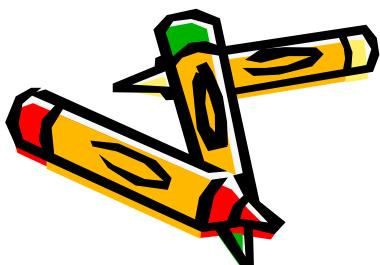
3) Calcular o campo magnético no centro de um solenóide de 10 cm de comprimento, com 600 espiras e percorrido por uma corrente de 2 A ? **R: 12000Ae/m**

4) Para o eletroímã da figura abaixo:

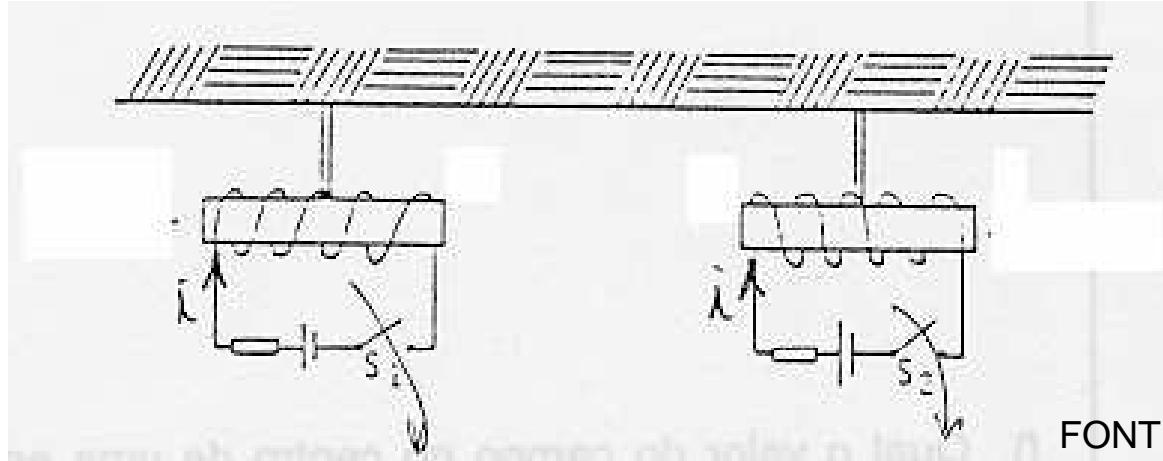
- determine a densidade de fluxo magnético no núcleo;
R: 0,04T
- desenhe as linhas de campo magnético e sua orientação;
- indique os pólos norte e sul.



FONTE: CEFET/PR



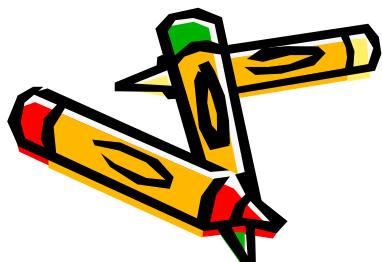
5) Dois blocos de ferro estão suspensos por fios e constituem os núcleos de dois eletroímãs, como na figura a seguir:



FONTE: CEFET/PR

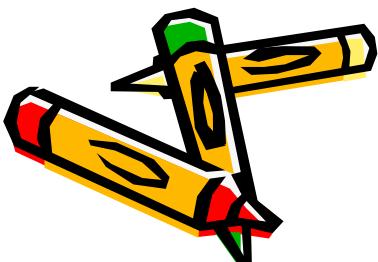
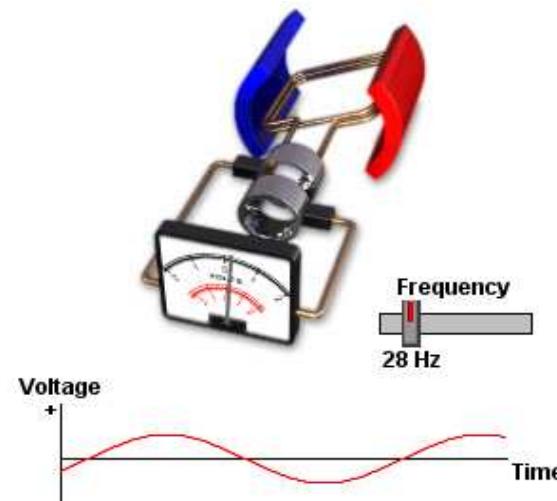
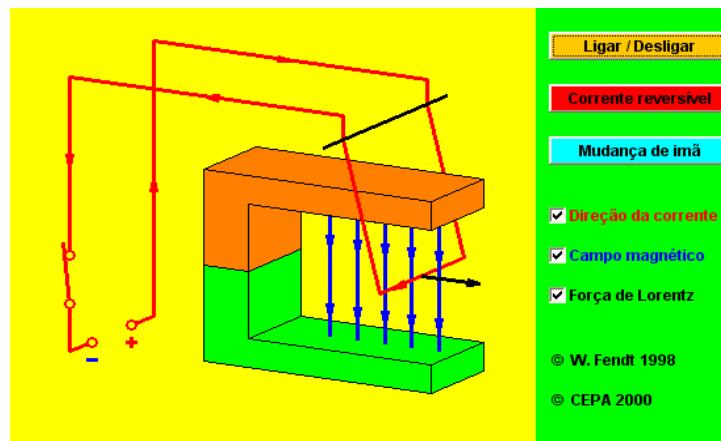
Assinale a alternativa **incorreta**:

- Fechando-se a chave S1, mantendo-se a chave S2 aberta, os dois blocos de ferro irão atrair-se;
- Fechando-se as duas chaves S1 e S2 ao mesmo tempo, os blocos irão repelir-se;
- Fechando-se a chave S2, mantendo-se a chave S1 aberta, não haverá atração entre os blocos;
- Fechando-se as duas chaves S1 e S2 ao mesmo tempo, os blocos não irão atrair-se.





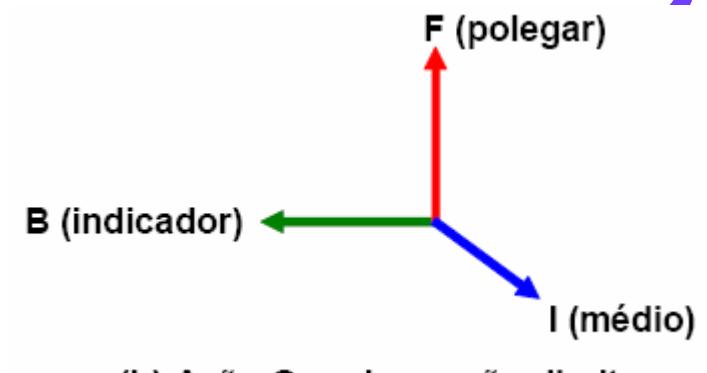
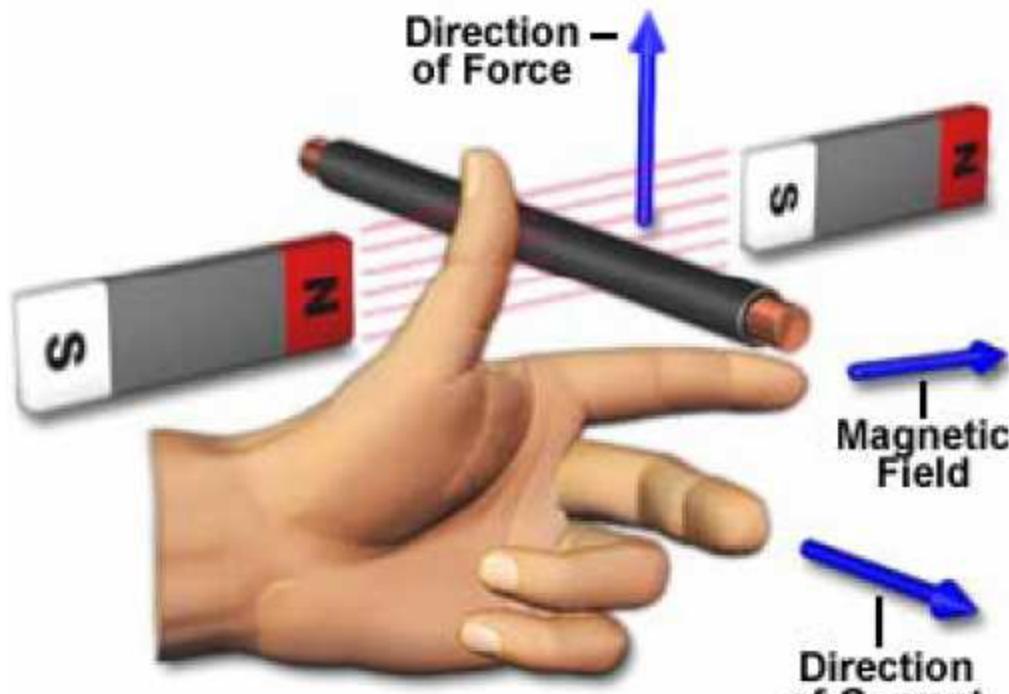
B. Campo magnético provoca ação de uma força magnética sobre um condutor percorrido por corrente elétrica. (applet Força Lorentz)



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

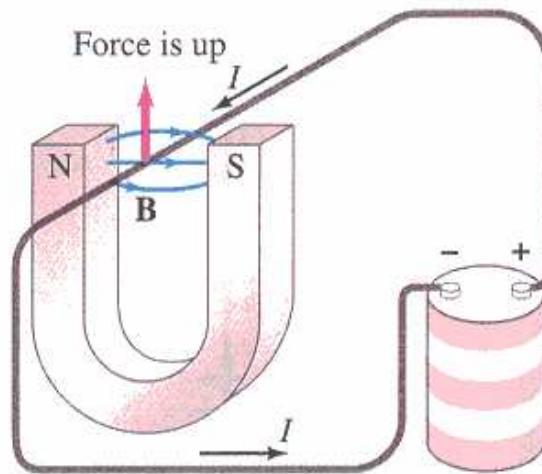
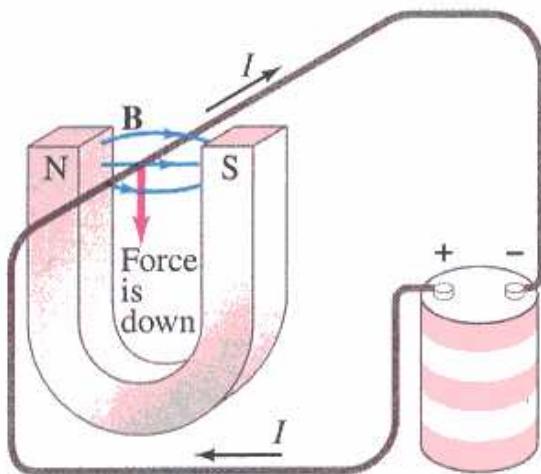
MÃO ESQUERDA PARA AÇÃO MOTRIZ

Left Hand Rule



(b) Ação Geradora: mão direita

B.1. Força Eletromagnética sobre um Condutor Retilíneo



A força age na direção perpendicular às linhas de campo.

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

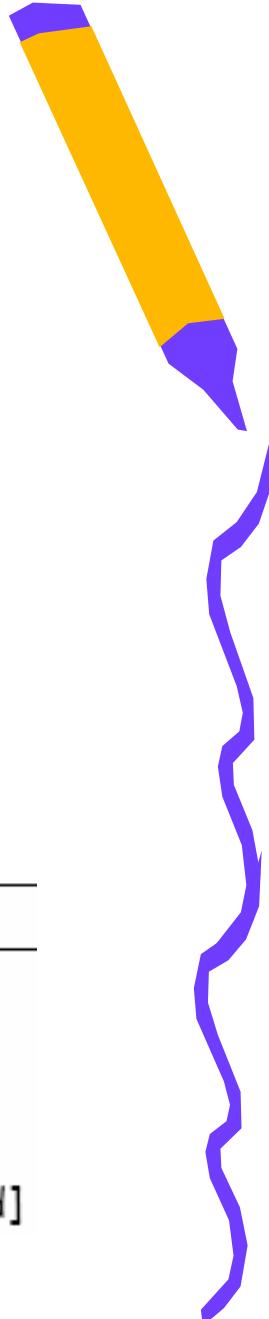
onde:

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]



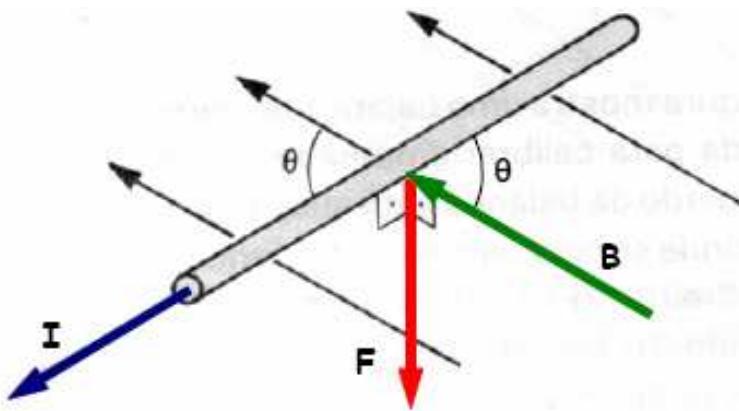


Figura 5.2 - Força magnética sobre um condutor retilíneo.

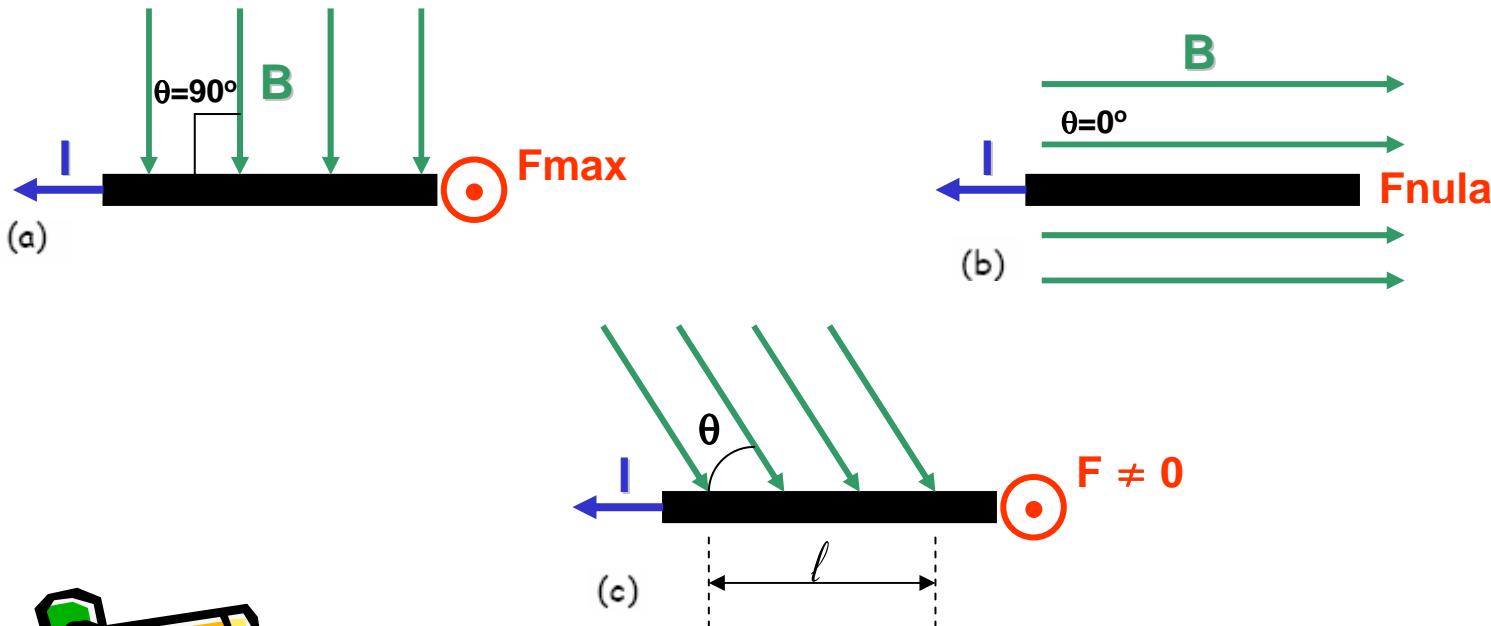
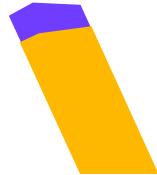


Figura 5.3 - Força magnética depende do ângulo de incidência do campo magnético.



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).

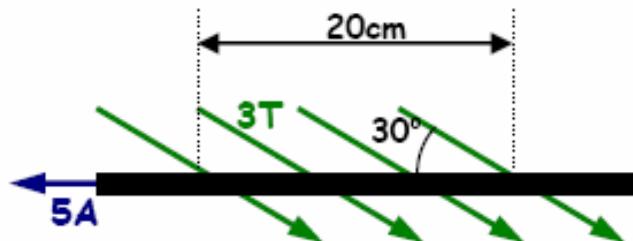
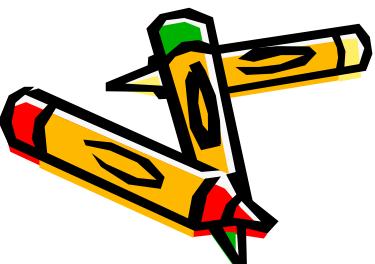


Figura 5.4 - Figura para o exemplo 5.1.1.

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

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

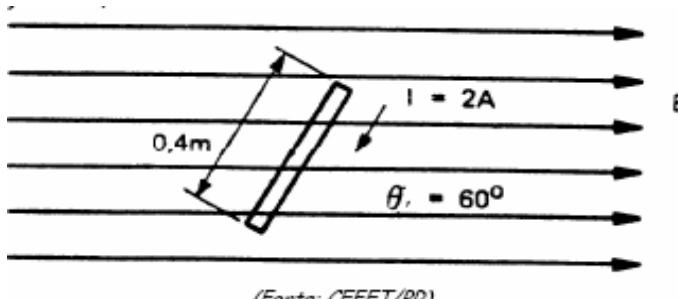
A direção deve ser perpendicular à corrente e ao plano do papel. O sentido é determinado pela Regra de Fleming para a mão esquerda, indicando sentido para fora do plano do papel (\odot).



EXERCÍCIOS

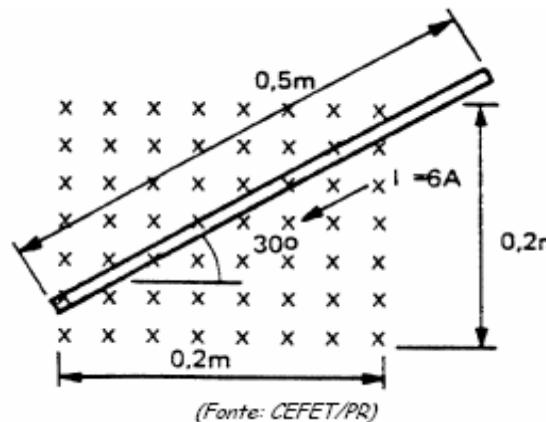


6) Calcule a intensidade e determine a direção e o sentido do vetor força a que fica sujeito o condutor no desenho abaixo ($B=0,6\text{T}$). **R: 0,42\text{N}**

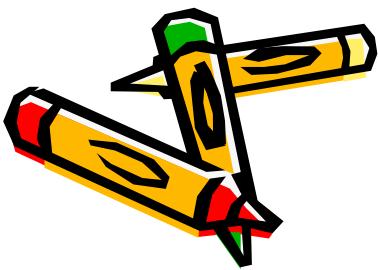


(Fonte: CEFET/PR)

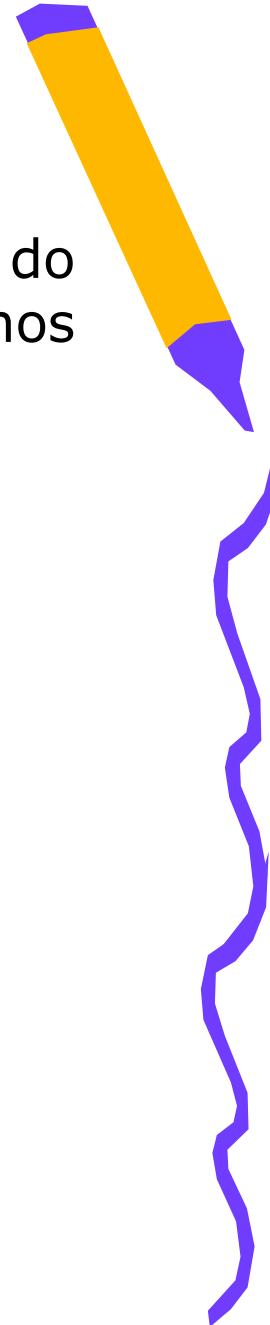
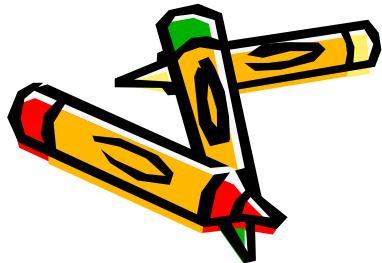
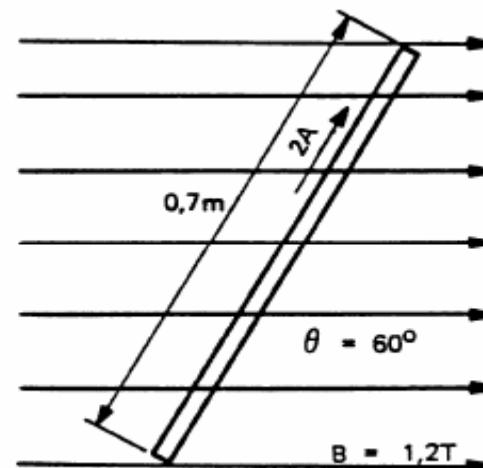
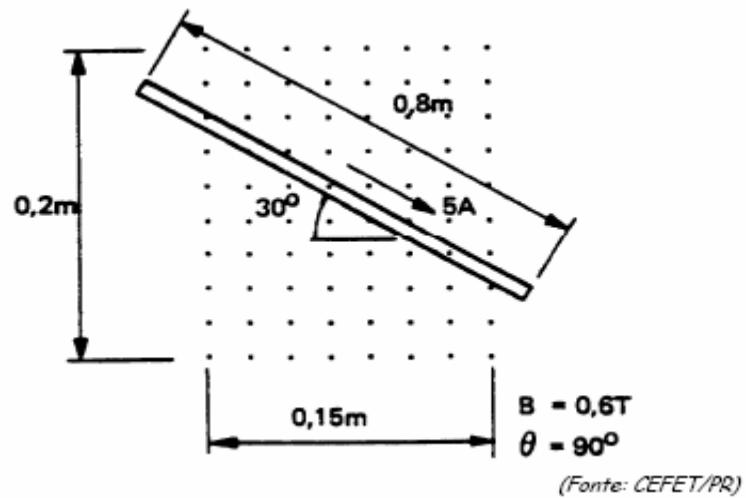
7) Calcule a intensidade e determine a direção e o sentido do vetor força a que fica sujeito o condutor no desenho abaixo ($\phi=40 \cdot 10^{-3}\text{Wb}$). **R: 1,386\text{N}**



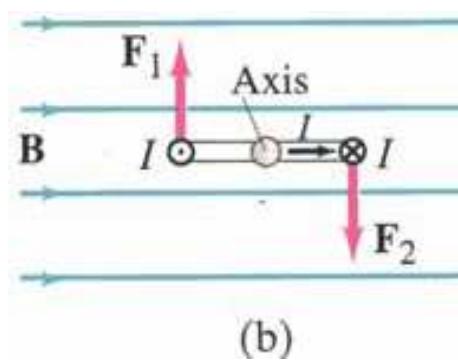
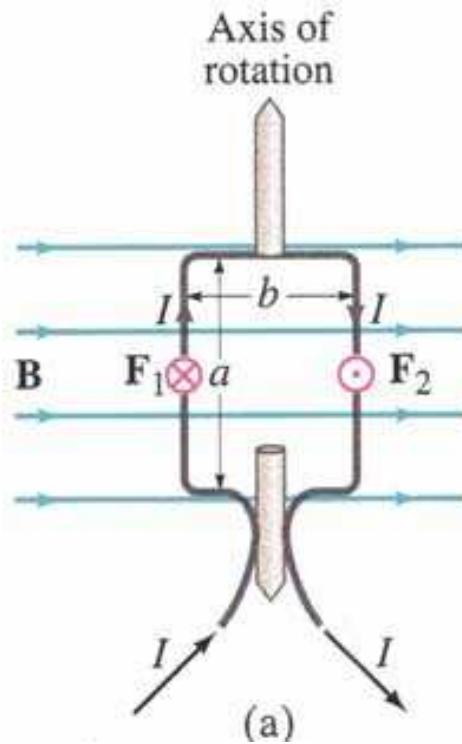
(Fonte: CEFET/PR)



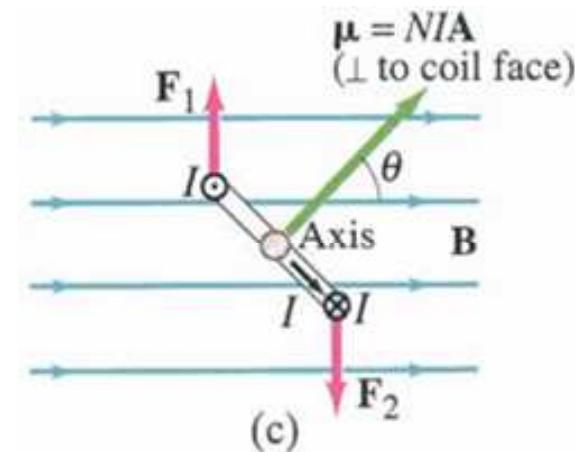
8) Calcule a intensidade e determine a direção e o sentido do vetor força a que fica sujeito o condutor nos desenhos abaixo. **R: 0,52N; 1,45N.**



B.2. 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];

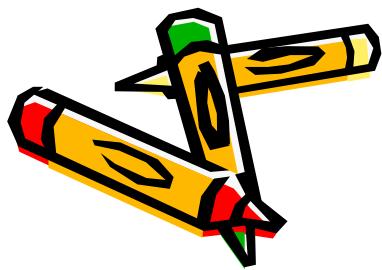
γ - ângulo da normal (perpendicular) à face da espira com a direção das linhas de campo [$^\circ$ ou rad].

EXERCÍCIOS

9) Uma bobina retangular de dimensões 5,40 cm por 8,50 cm é constituída por 25 espiras de fio condutor e percorrida por um corrente de 15 mA. Suponha que um campo magnético de módulo 0,350 T seja aplicado paralelamente ao plano da bobina. Determine o módulo do torque que atua sobre a bobina. **R.: $5,95 \cdot 10^{-4}$ Nm**

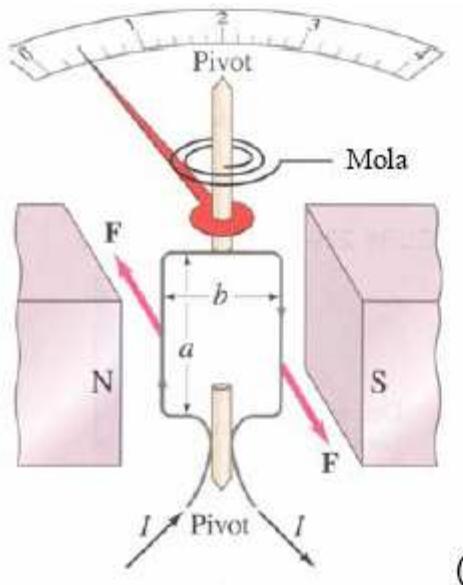
10) Uma bobina circular de raio igual à 5 cm possui 30 espiras e está situada no plano XZ. Sabendo que ela conduz uma corrente de 5 A no sentido anti-horário (vista de cima) e está imersa em um campo magnético uniforme paralelo a superfície da bobina ($B = 1,2$ T), determine o torque sobre a bobina. **R.: 1,41 Nm.**

(FONTE:<http://www.xfisica.kit.net/listaum-f3072.pdf>)

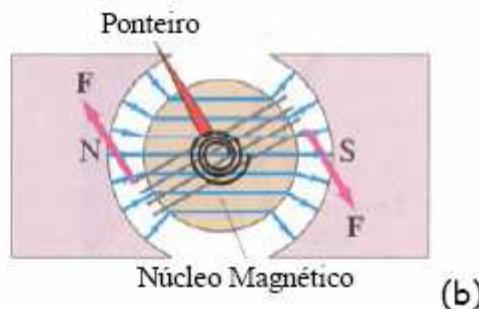




APLICAÇÕES:



(a)



(b)

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

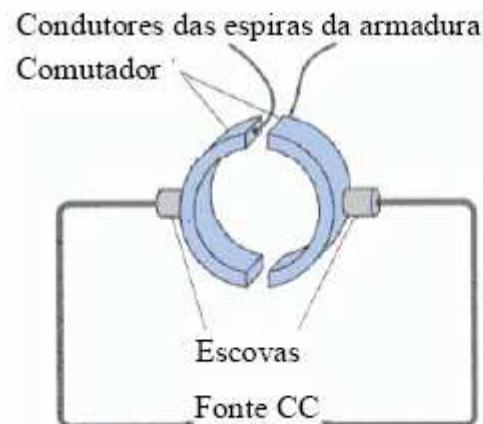
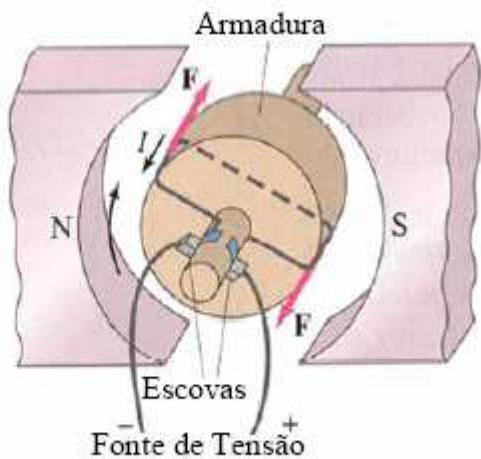


Figura 5.16 - Motor de Corrente Contínua: (a) estrutura básica; (b) detalhe do comutador (Fonte: Giancoli)

C. Fluxo Magnético variante sobre um condutor gera (induz) corrente elétrica. (applet indução magnética 1 e 2, Lei de Lenz)

FLUXO MAGNÉTICO:

É quantificado pelo **número de linhas de campo** que **atravessam** a **área** de uma **superfície**. Quanto mais linhas, maior o Fluxo Magnético.

$$\phi = B \cdot A \cdot \sin\theta$$

B - vetor densidade de campo magnético [T]

A - área de incidência das linhas [m^2]

θ - ângulo de incidência das linhas de campo com a superfície [° ou rad]

ϕ - Fluxo Magnético [Wb]

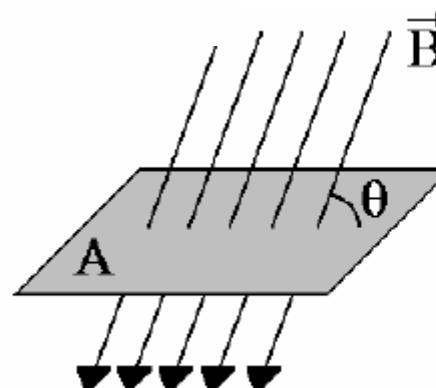
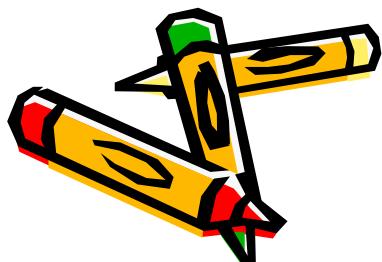


Figura 6.1 - Linhas de Campo Magnético atingindo uma superfície produzem fluxo magnético



Formas para se variar o fluxo magnético:

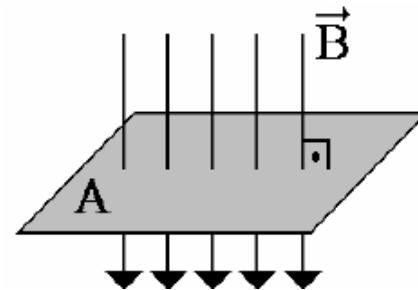


Figura 6.3 – Fluxo Máximo: Linhas de Campo Magnético incidindo perpendicularmente à superfície.

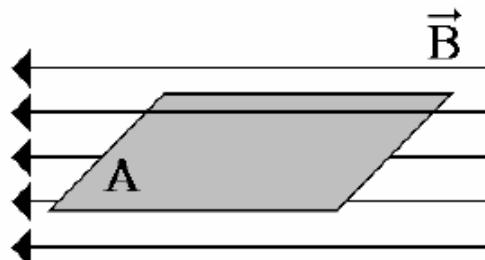


Figura 6.4 – Fluxo Nulo: Linhas de Campo Magnético incidindo paralelamente à superfície.

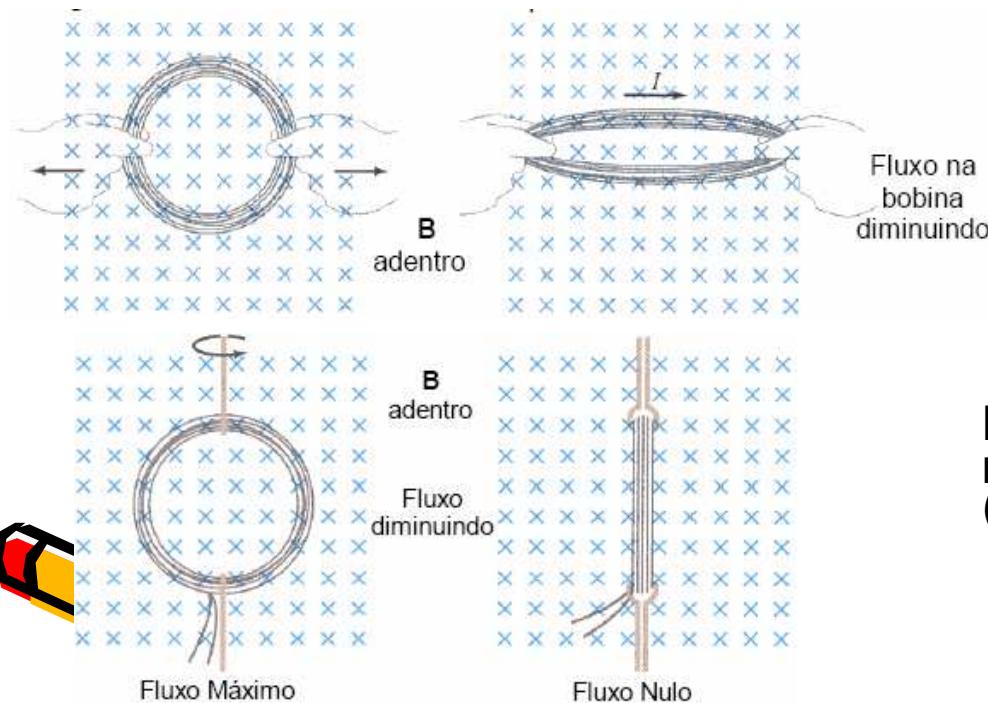


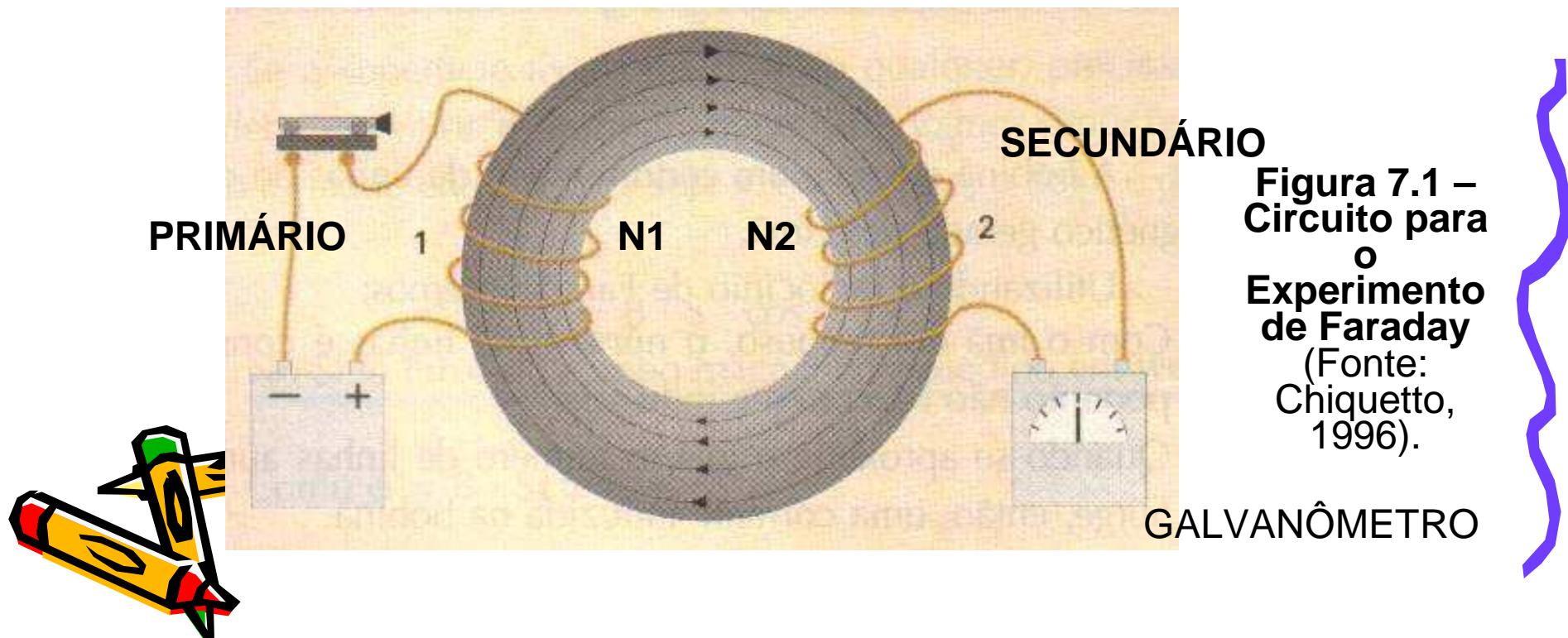
Figura 6.5 – variação de fluxo magnético pela redução da área (Fonte: Giancoli, 3ed.)

Figura 6.6 – variação do fluxo magnético numa bobina girando (Fonte: Giancoli, 3ed.)

2.3- Indução Eletromagnética

Em 1819 Oersted descobriu que uma **corrente elétrica** produz **campo magnético**.

A partir dessa descoberta, em 1831, o inglês **Michael Faraday** e o americano **Joseph Henry** dedicaram-se a obter o **efeito inverso**, ou seja, obter **corrente elétrica** a partir do **campo magnético**.



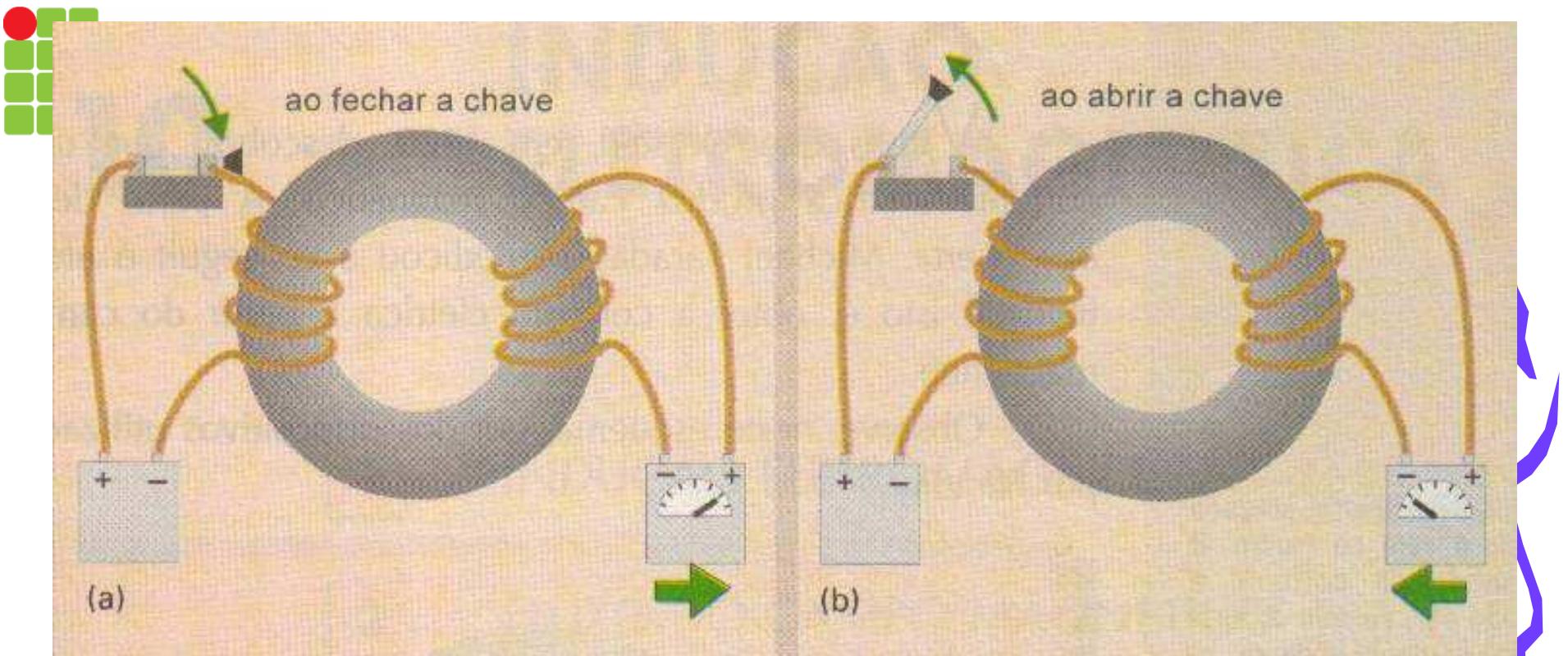


Figura 7.2 – Experimento de Faraday; a) ao fechar a chave; b) ao abrir a chave (Fonte: Chiquetto, 1996).

<http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/faraday/index.html>

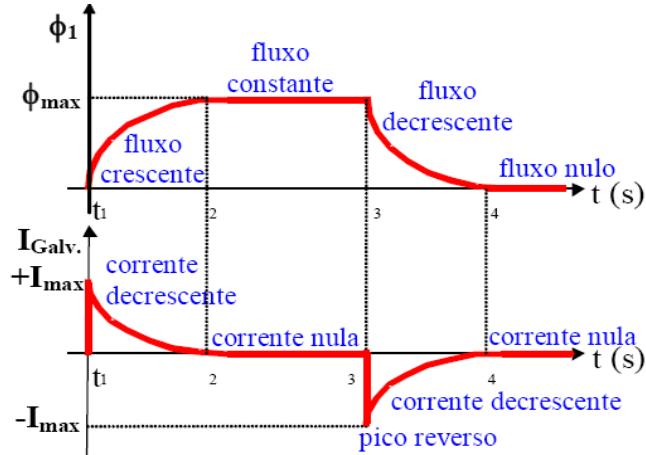
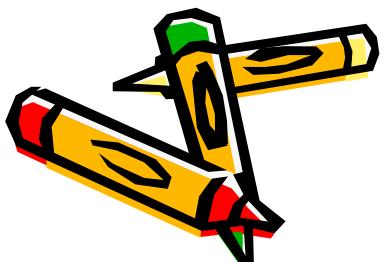


Figura 7.3 - Comportamento do Fluxo Magnético e da Corrente no Galvanômetro para o Experimento de Faraday.

A indução eletromagnética é regida por duas leis: **Lei de Faraday** e **Lei de Lenz**.

LEI DE FARADAY- Neumann

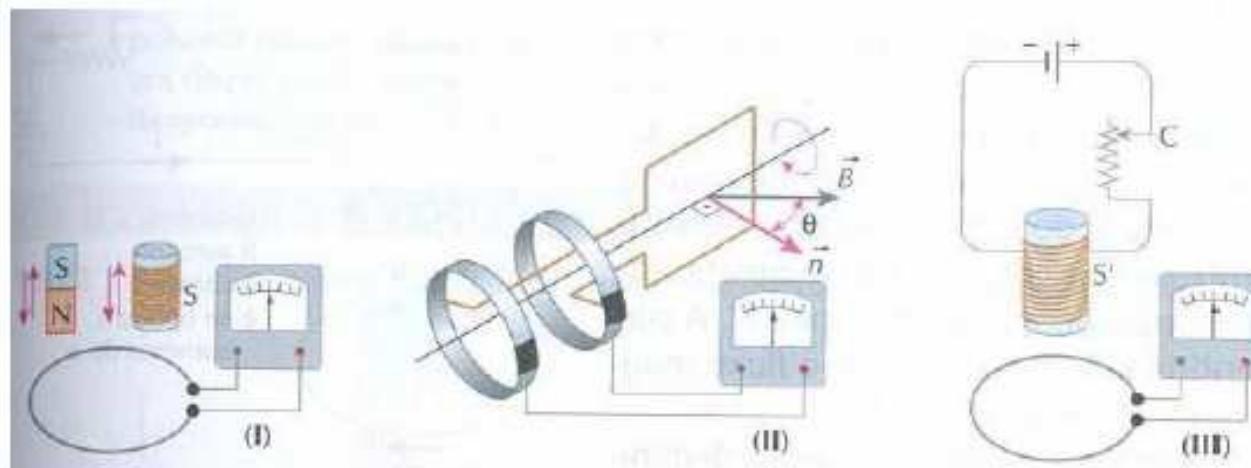
Em todo condutor enquanto sujeito a uma variação de fluxo magnético é estabelecida uma força eletromotriz (tensão) induzida.

Toda vez que o fluxo magnético através de um circuito varia, surge, neste circuito, uma fem induzida.

Fem – força eletromotriz. (e_m em Volts)

$$e_m = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$\bar{e} = -N \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$



- I – variação de B ;
- II – variação de Φ ;
- III – variação de B ;
- IV – variação de A .

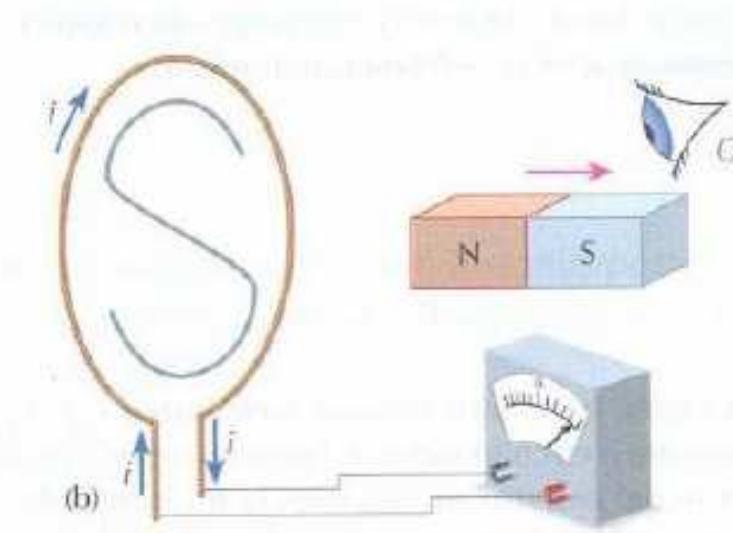
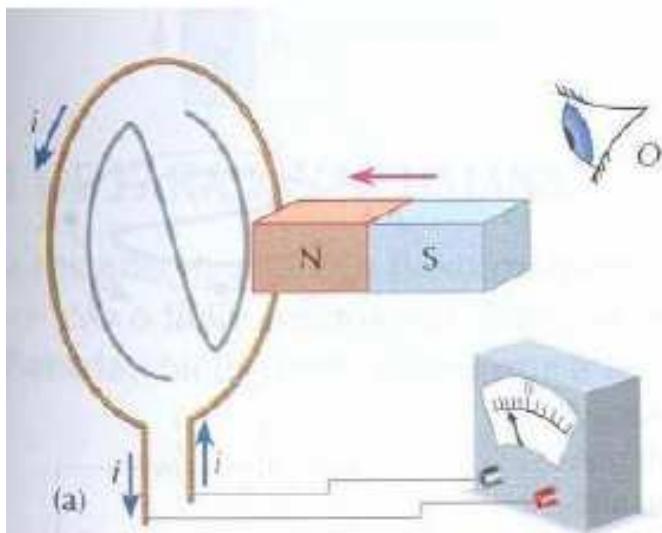
N : número de espiras.

<http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/faraday2/index.html>

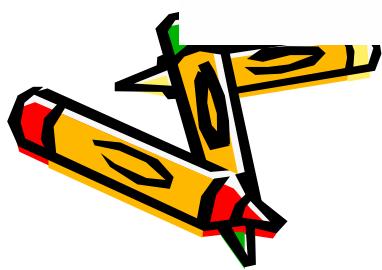
LEI DE LENZ

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

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



Sentido da corrente induzida



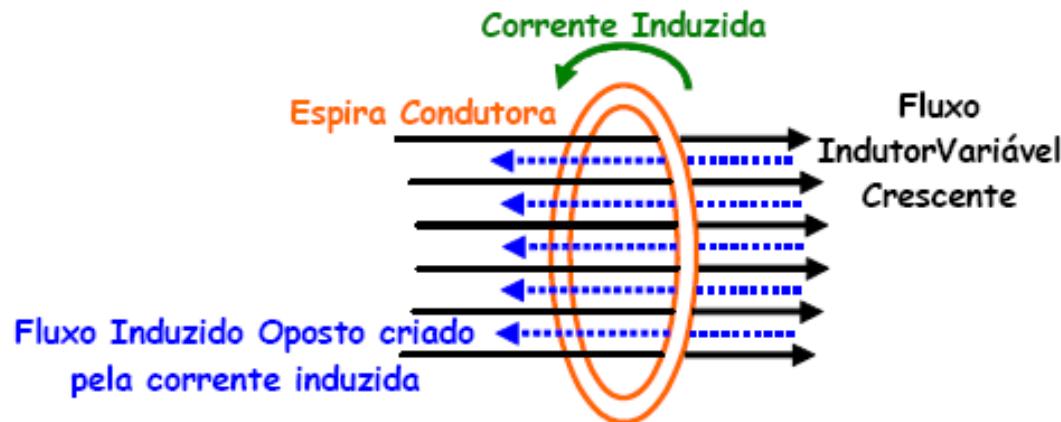
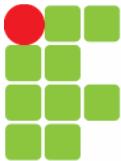


Figura 7.4 - Fluxo indutor variável crescente induz uma corrente que produz um fluxo induzido oposto.

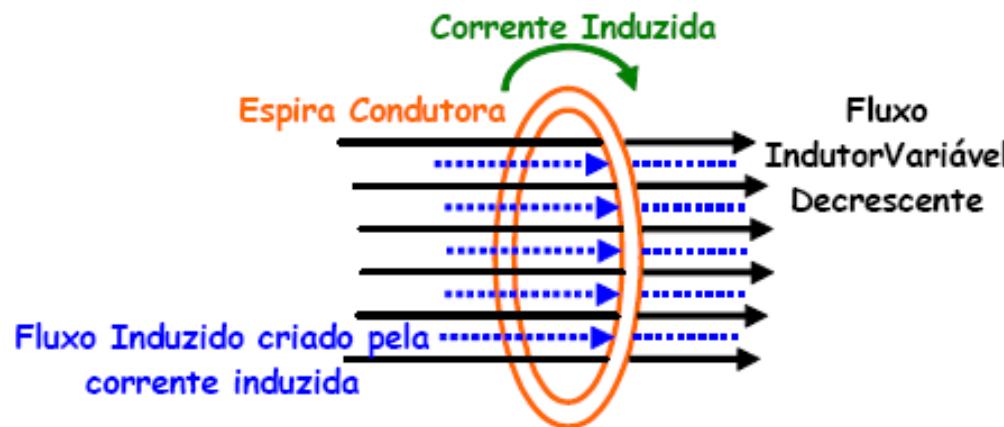
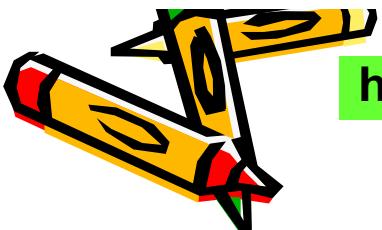


Figura 7.5 - Fluxo indutor variável decrescente induz uma corrente que produz um fluxo induzido de mesmo sentido.



<http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/lenzlaw/index.html>



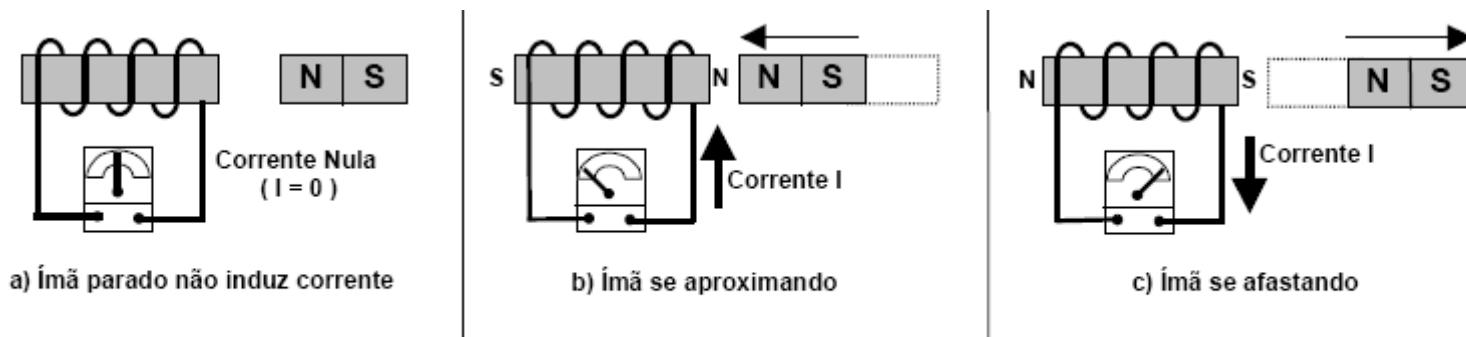


Figura 7.6 - Indução Eletromagnética

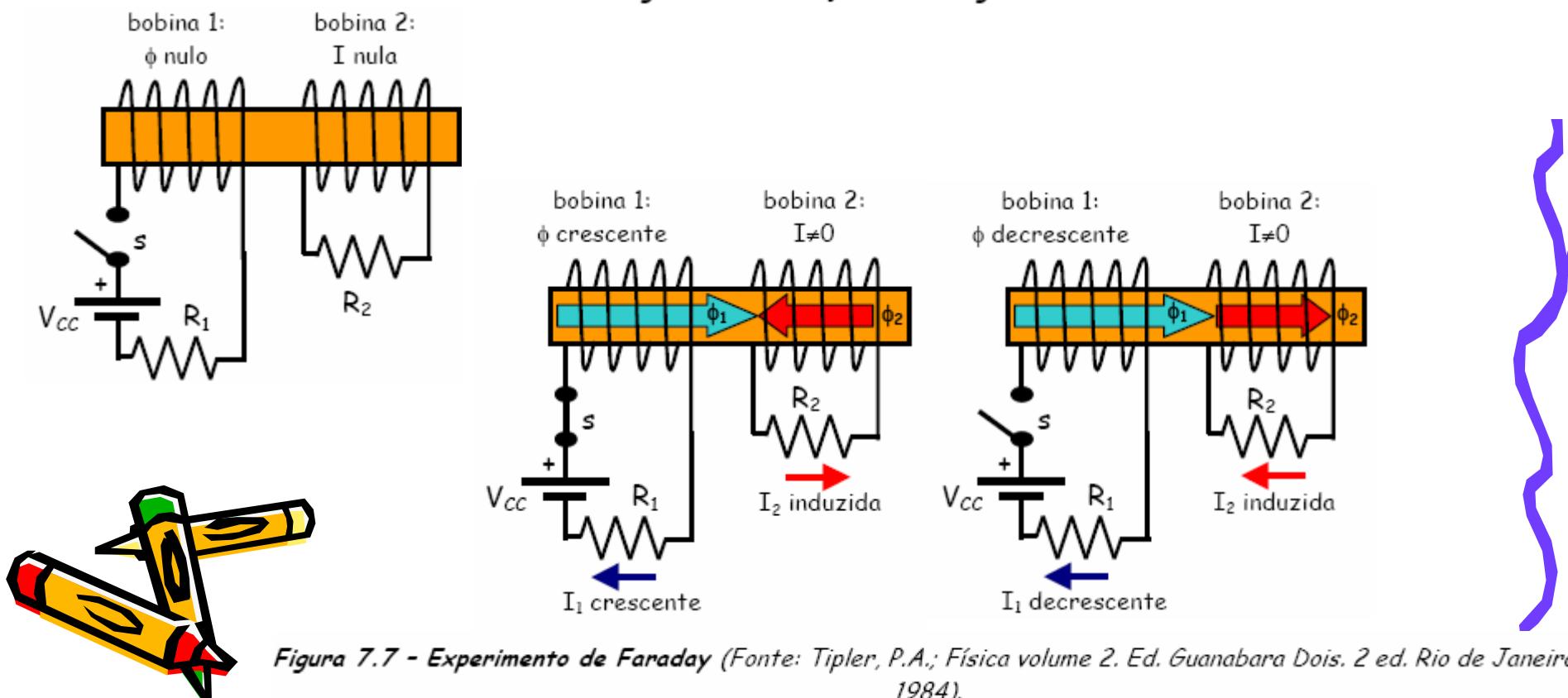


Figura 7.7 - Experimento de Faraday (Fonte: Tipler, P.A.; Física volume 2. Ed. Guanabara Dois. 2 ed. Rio de Janeiro, 1984).



2.3.1- Tensão Induzida em Condutores que Cortam um Campo Magnético

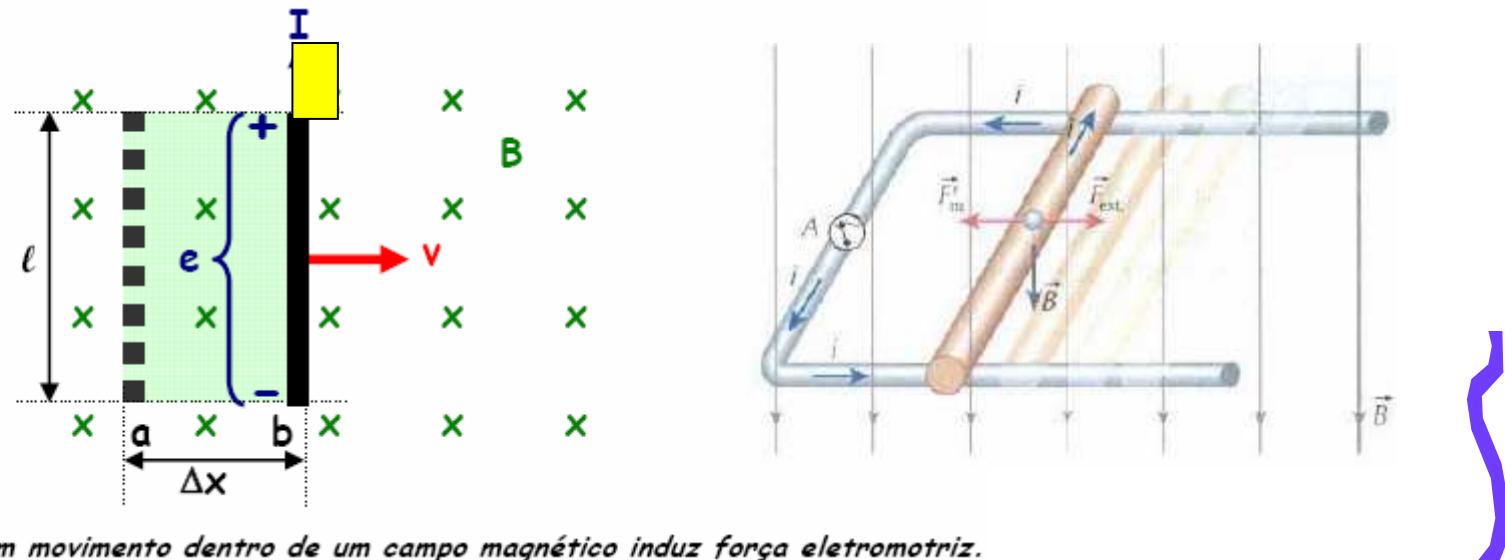


Figura 7.11 - Condutor em movimento dentro de um campo magnético induz força eletromotriz.

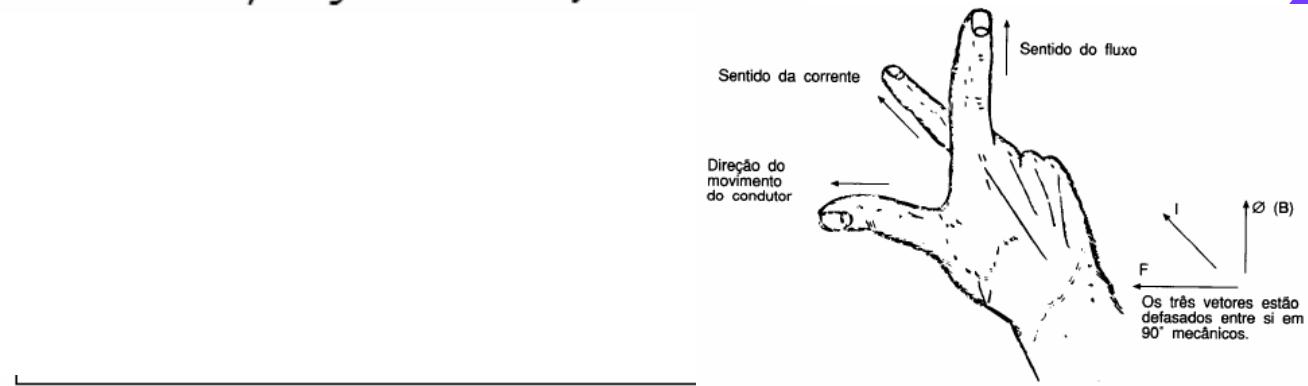
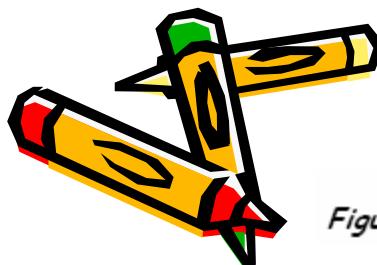


Figura 7.12 - Determinação do sentido da corrente induzida com o uso da Regra de Fleming - Ação Geradora.

Como calcular a tensão induzida?

$$\bar{e} = -B \cdot \ell \cdot v \cdot \sin\theta$$

onde:

\bar{e} - Força Eletromotriz induzida média num condutor que corta um campo magnético [V];

B - Densidade de Fluxo Magnético [T];

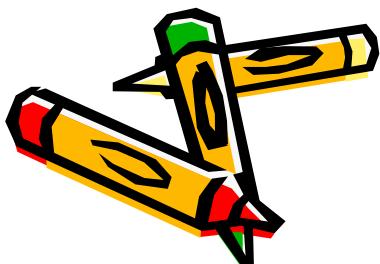
ℓ - comprimento ativo do condutor no campo magnético [m];

v - velocidade média do condutor [m/s];

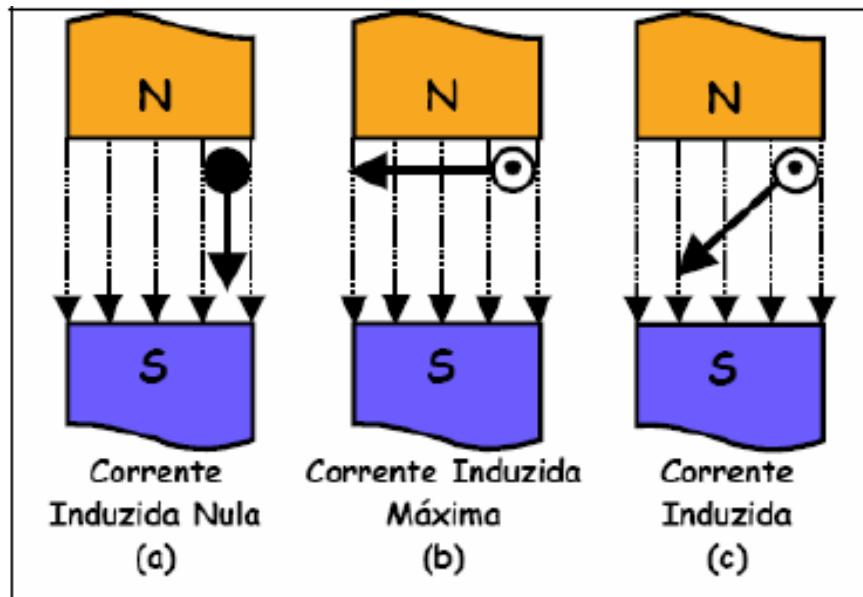
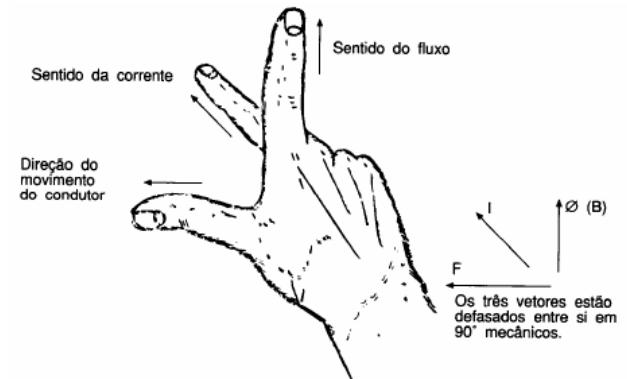
θ - ângulo do deslocamento com as linhas de campo.

Dessa forma podemos concluir que a corrente pode ser induzida em um condutor através de três maneiras:

- a) O condutor é movido através de um campo magnético estacionário. Este princípio se aplica nos geradores de corrente contínua, por exemplo.
- b) O condutor está estacionário e o campo magnético se movimenta. Este princípio se aplica nos geradores de corrente alternada, por exemplo.
- c) O condutor e o eletroímã que gera o campo magnético estão estacionários e a corrente alternando do estado ligado para desligado causa a pulsação do campo magnético. Este princípio se aplica nas bobinas das velas de ignição nos motores dos automóveis e também nos transformadores.



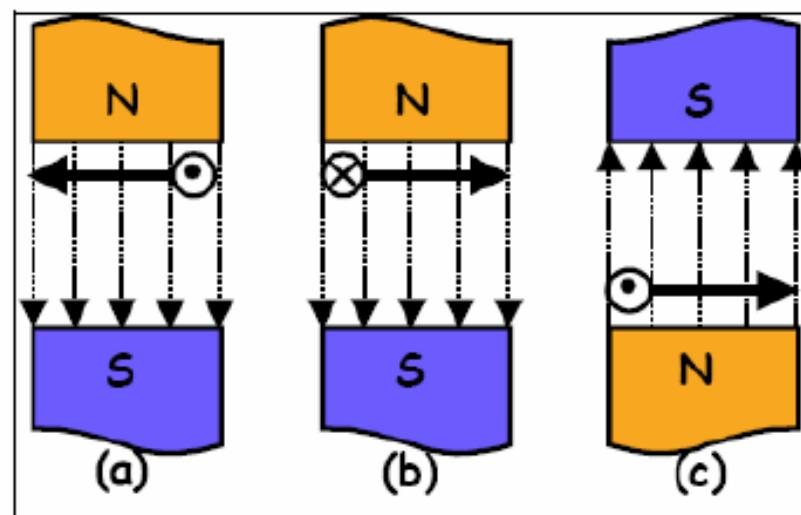
http://www.walter-fendt.de/ph14e/generator_e.htm

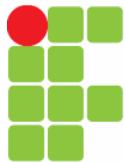


Influência do ângulo do condutor
em relação às linhas de força

Movimento de um condutor dentro de um campo magnético

Influência da direção do movimento do condutor ou a polaridade do campo





EXEMPLOS:

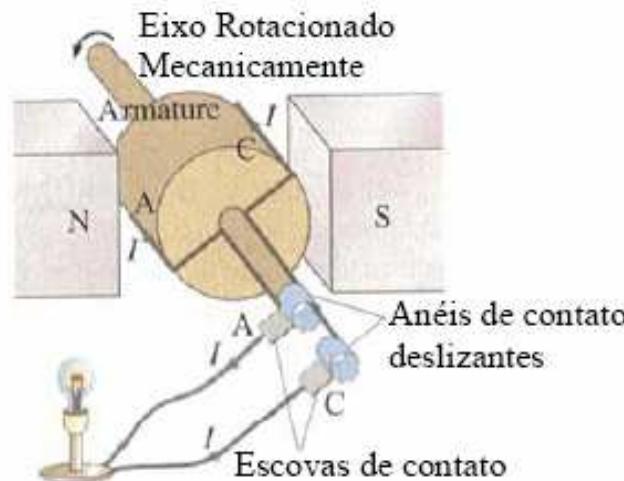


Figura 7.15 - Gerador Simplificado com campo magnético no estator e bobina indutora (armadura) no rotor.

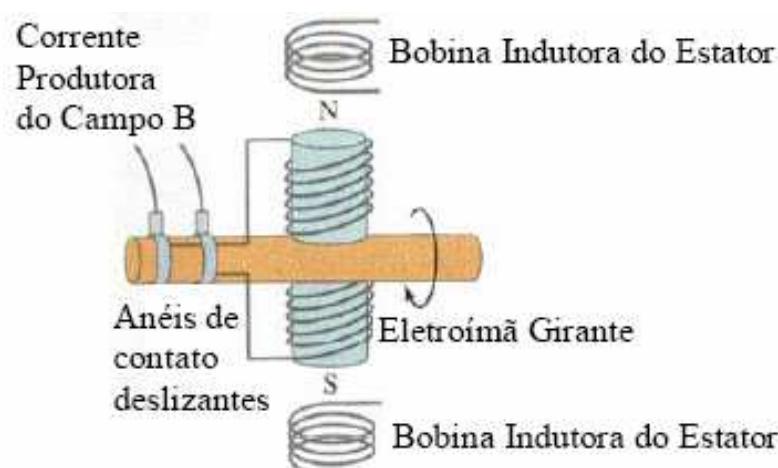


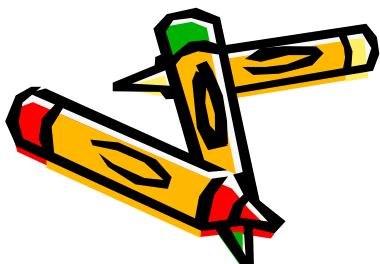
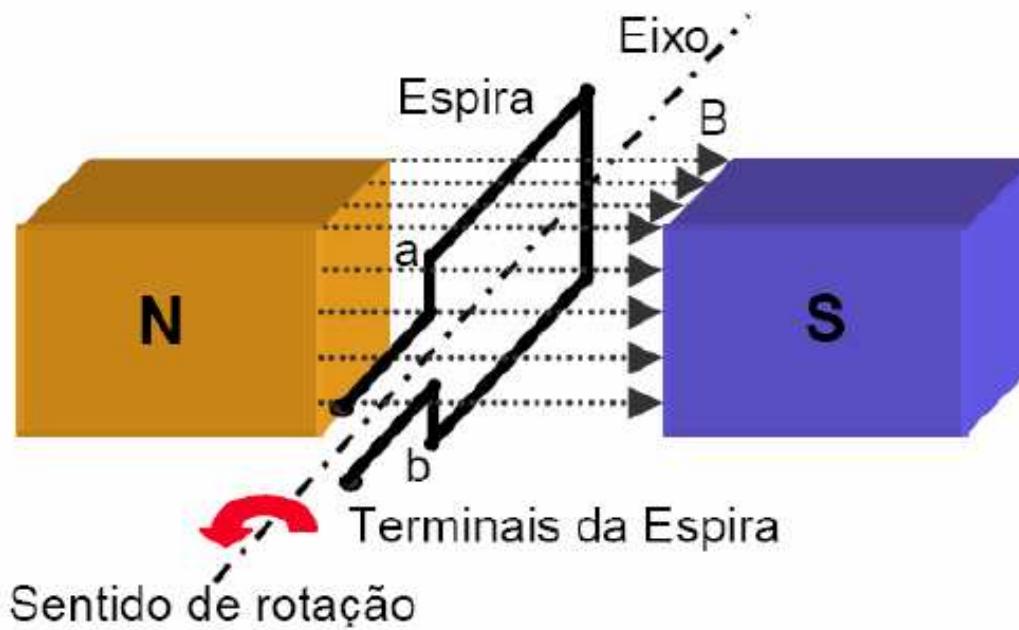
Figura 7.16 - Gerador Simplificado com campo eletromagnético girante no rotor e bobina indutora no estator.



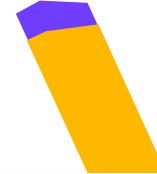
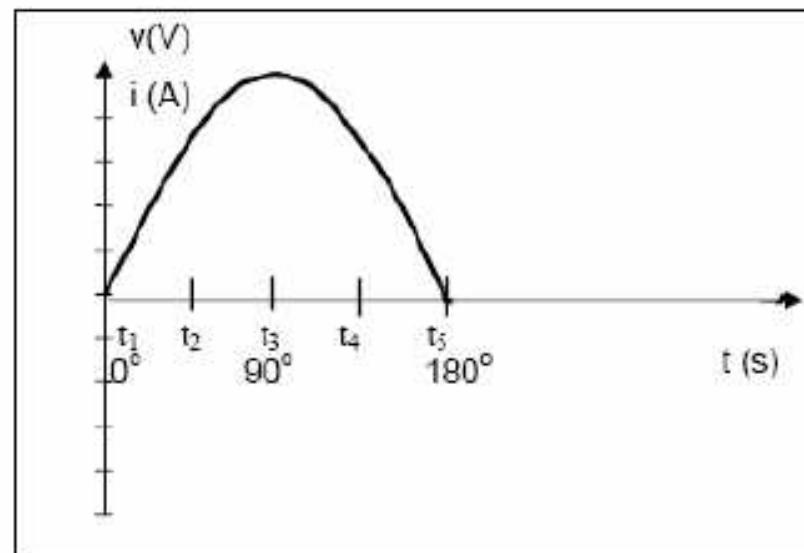
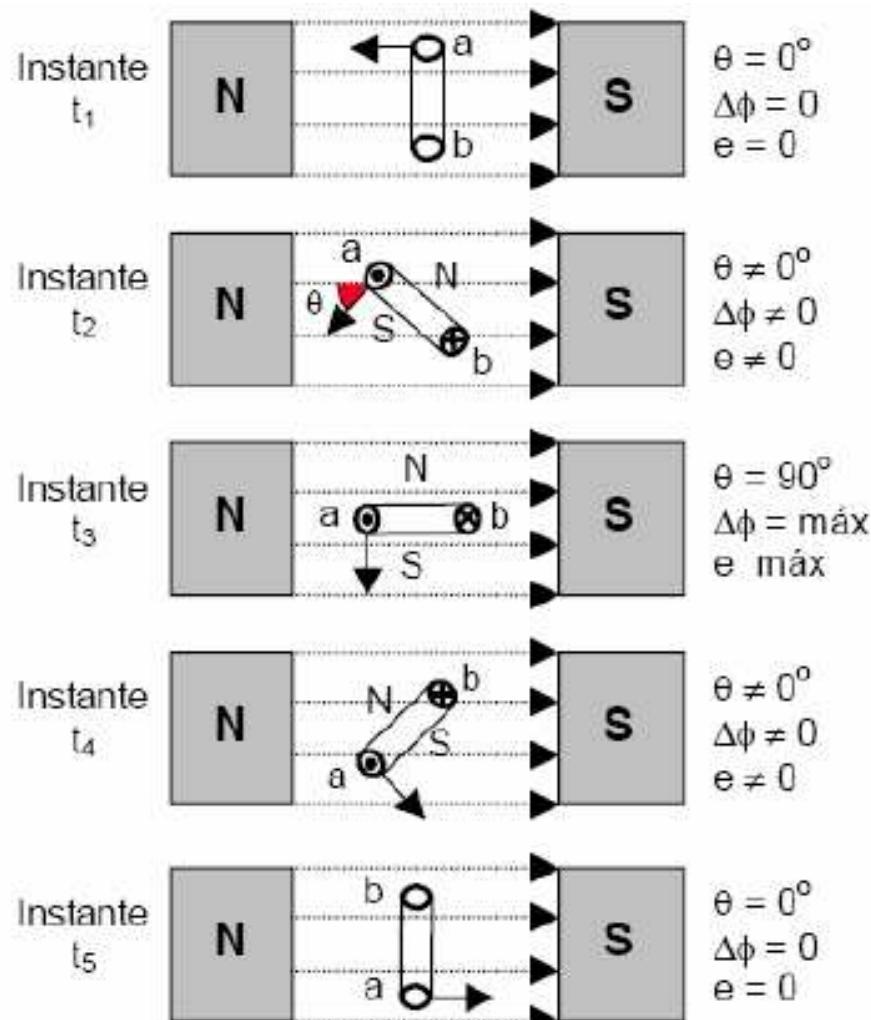
2.3.2- Tensão Induzida em Espiras que giram no interior de um Campo Magnético (GERAÇÃO DE CORRENTE ALTERNADA)

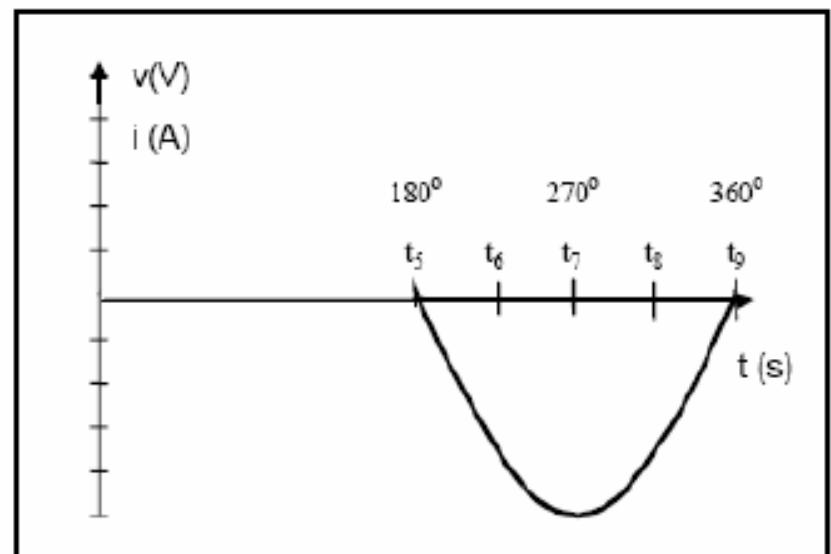
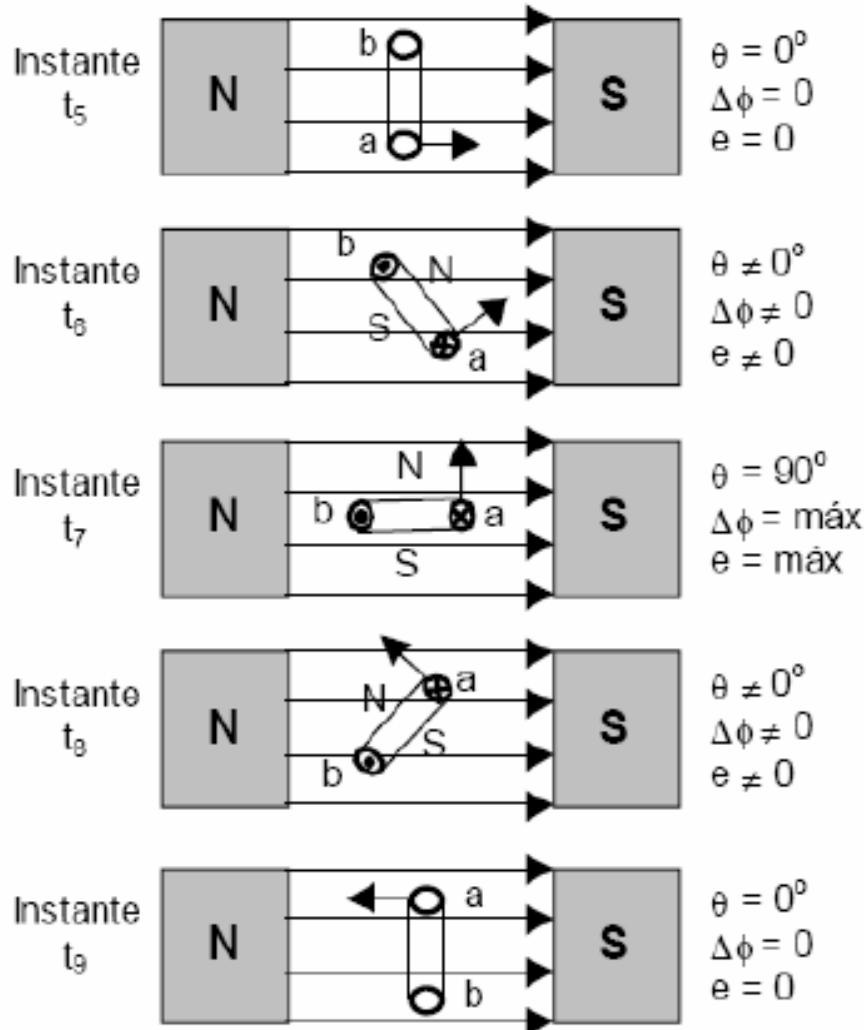
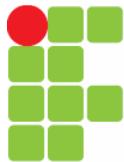
Princípio de funcionamento do Gerador CA:

Gerador de corrente alternada elementar:



$$\phi = B \cdot A \cdot \sin\theta$$







Síntese da geração de uma onda senoidal:

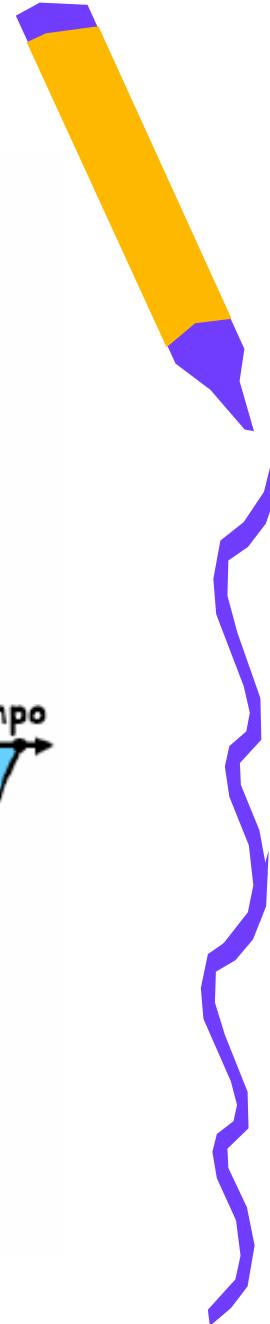
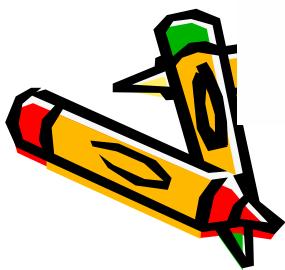
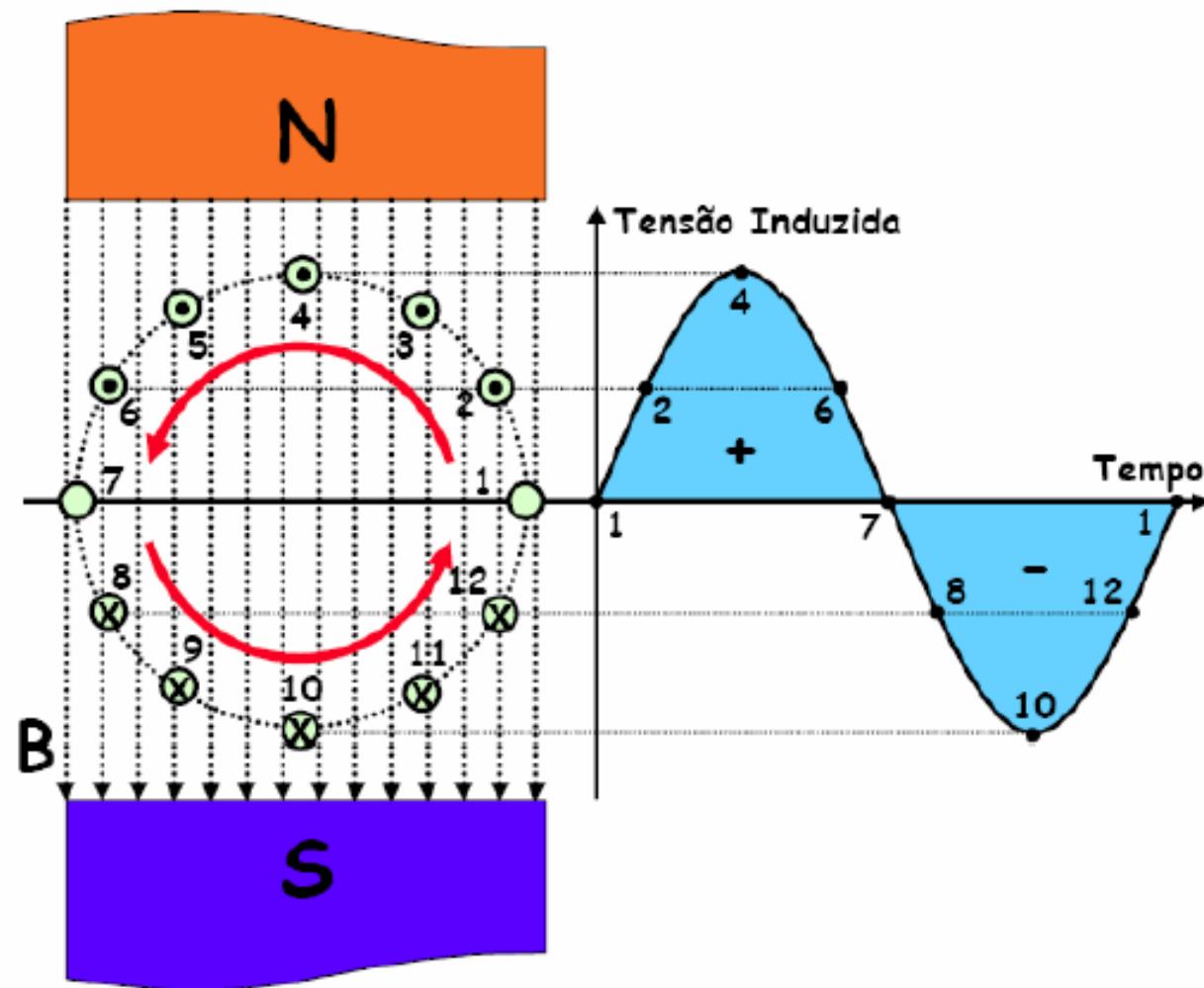
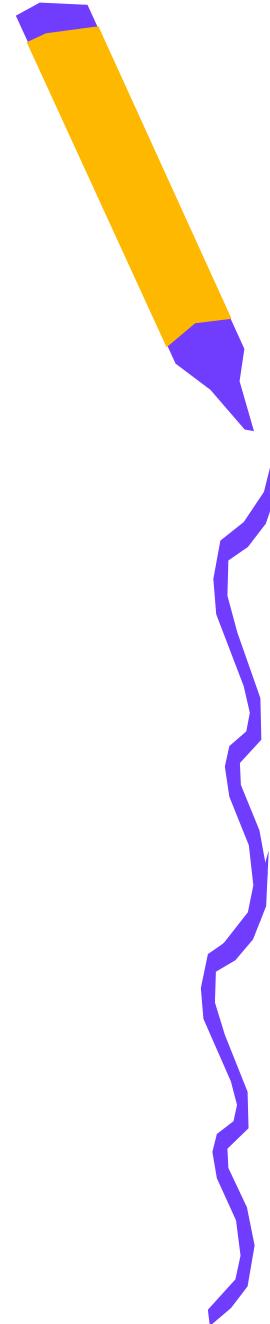
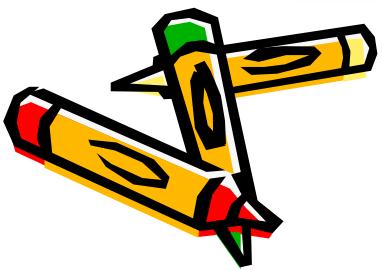
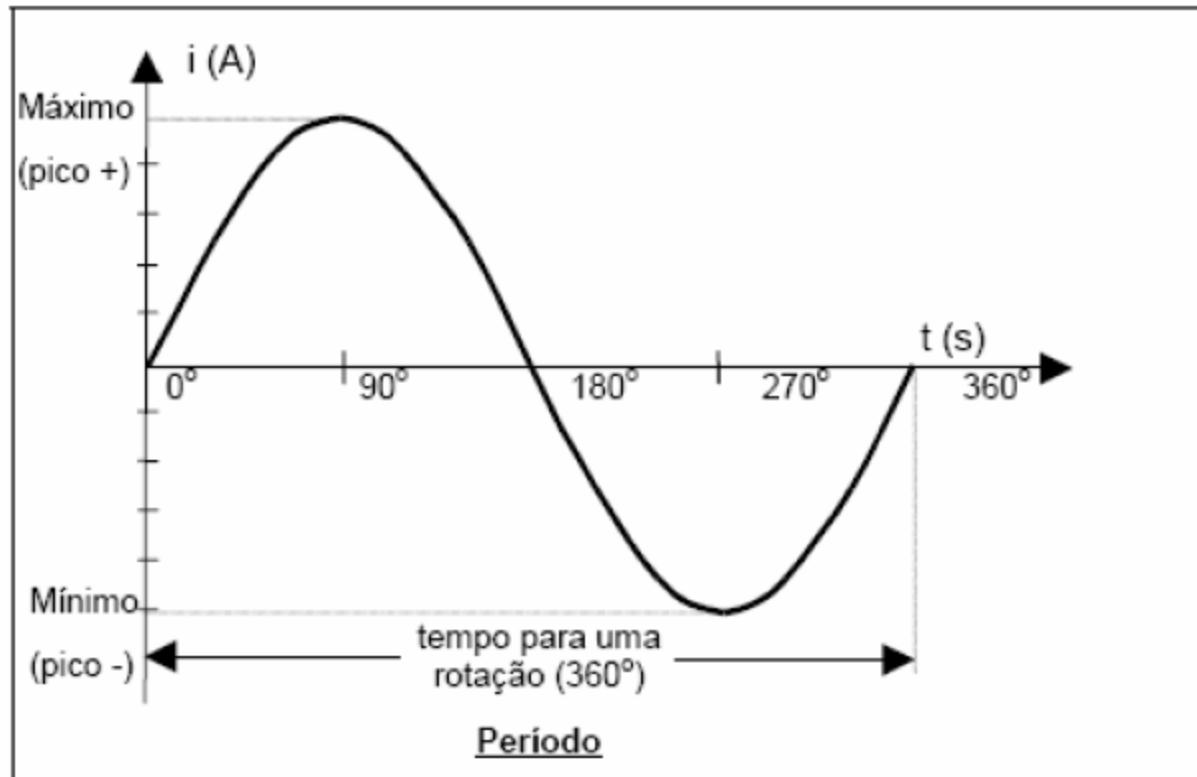


Gráfico da corrente produzida pelo gerador:



TENSÃO E FREQUÊNCIA do Gerador CA:

Para um gerador de dois pólos:

$$\Delta\phi = +\phi_{\max} - (-\phi_{\max}) = 2\phi$$

Δt — $\frac{1}{2}$ rotação

60s (1min) — n rotações

$$\Delta t = \frac{30}{n}$$

onde:

e – força eletromotriz (tensão) média induzida [V];

ϕ - fluxo magnético por pólo [Wb];

p – número de pólos;

n – velocidade [rpm];

N – número de espiras



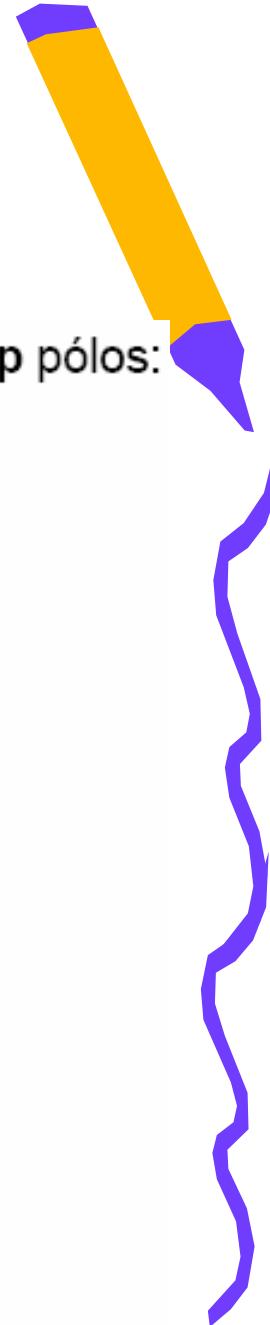
Para um gerador de p pólos:

$$\Delta\phi = p \cdot \phi$$

$$e = -N \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$e = -N \cdot \frac{p \cdot \phi}{30} \frac{1}{n}$$

$$e = -N \cdot \frac{p \cdot \phi \cdot n}{30}$$



Freqüência da corrente gerada:

2 pólos — $n/60$ rotações por segundo

p pólos — f rotações por segundo

$$f = \frac{n \cdot p}{120}$$

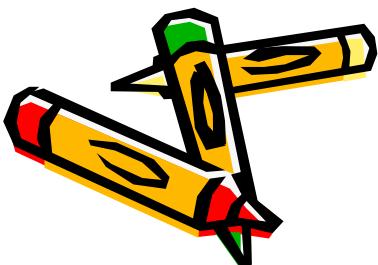
onde:

f – freqüência da tensão induzida em ciclos por segundo, Hertz [Hz];

p – número de pólos;

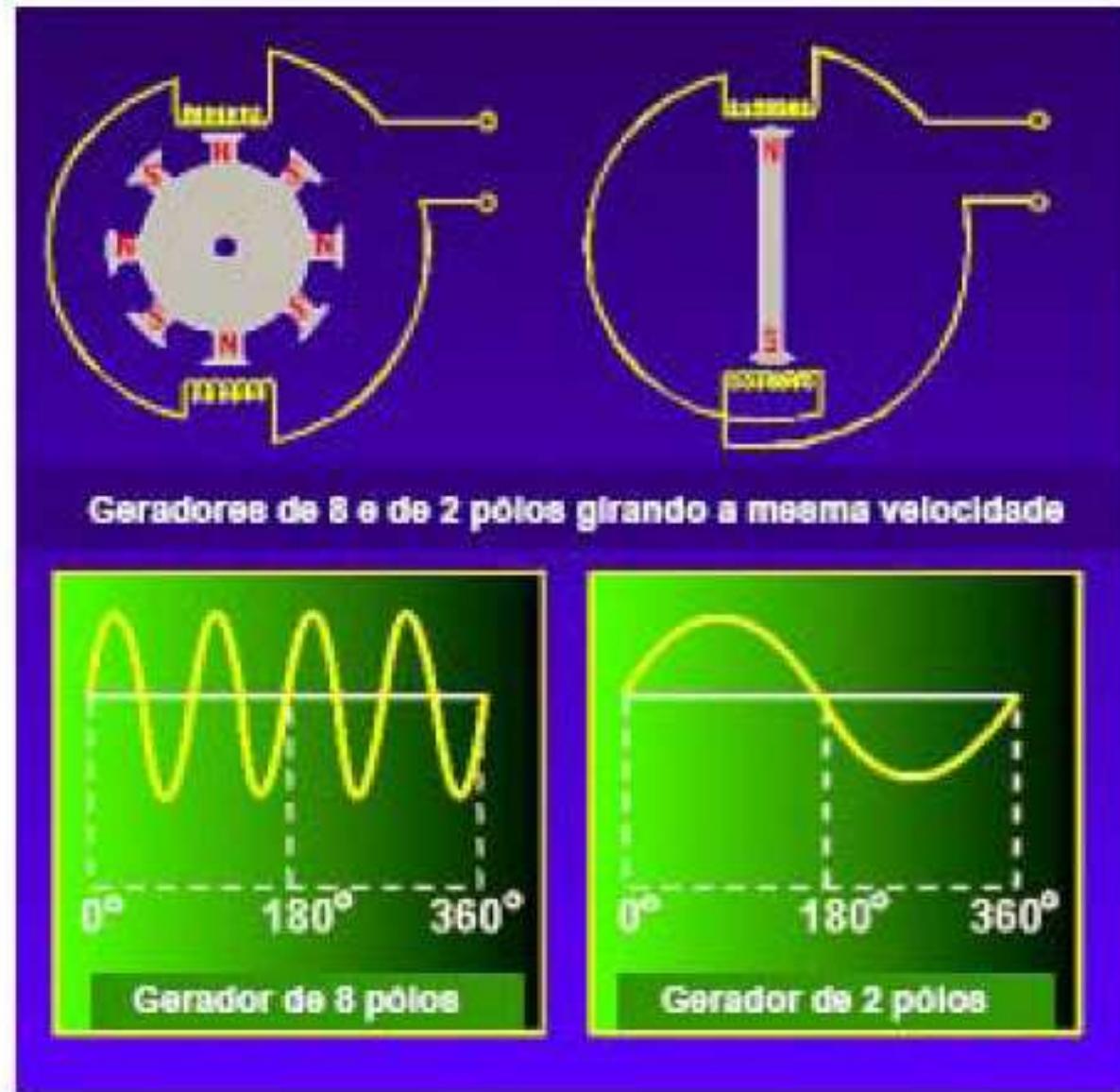
n – rotação em rpm.

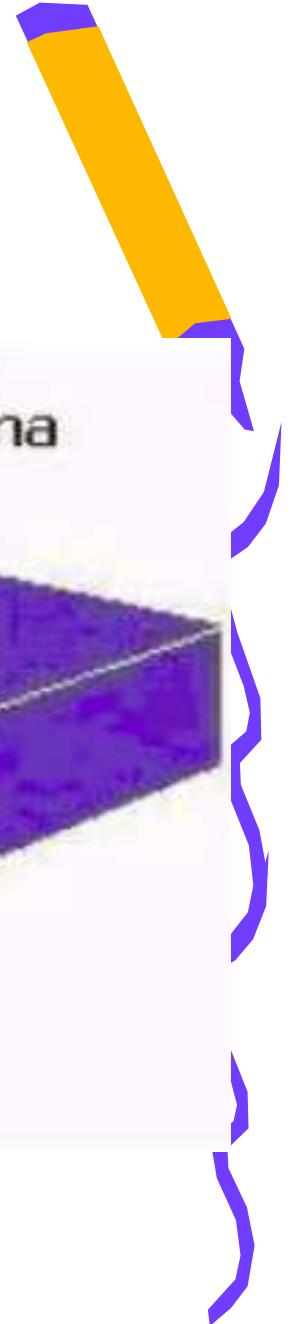
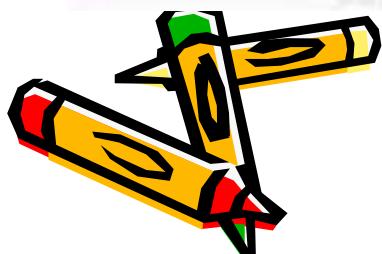
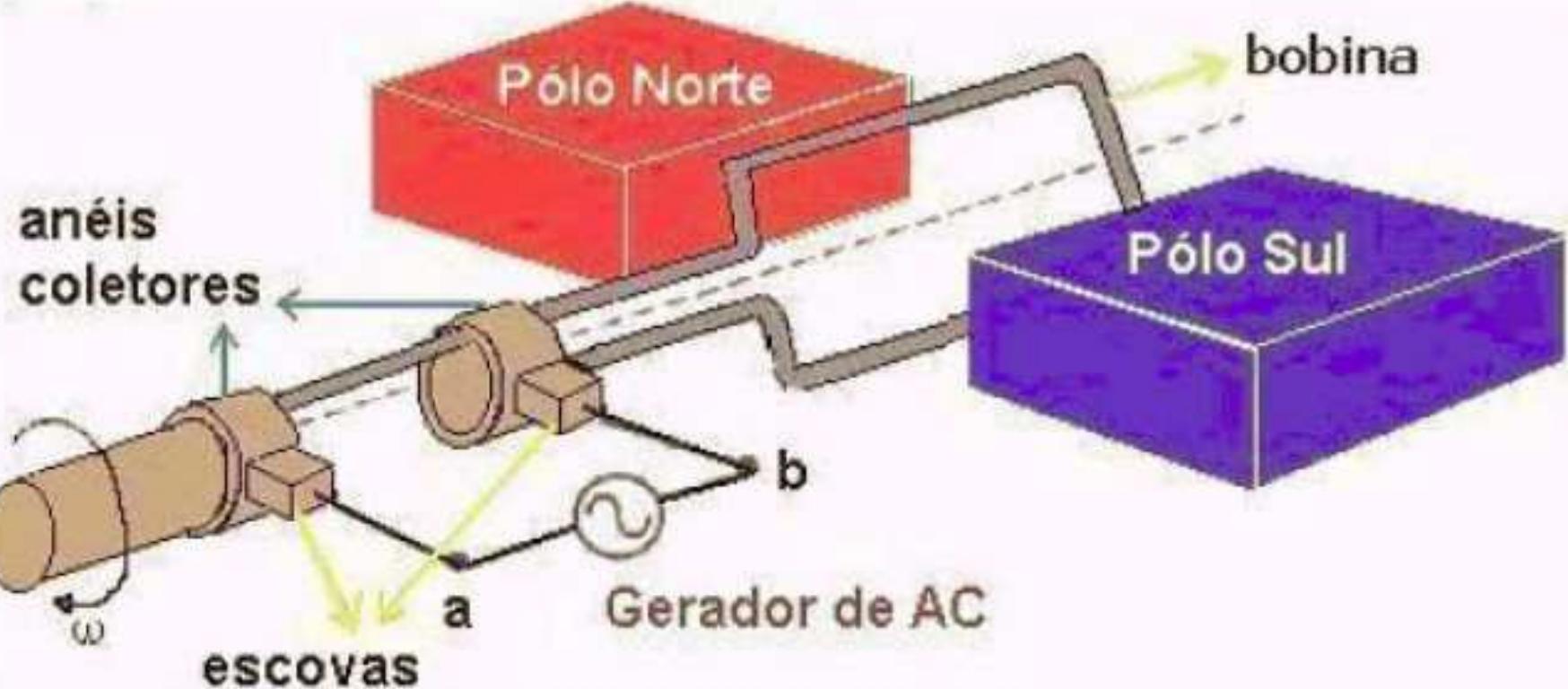
$$e = -4 \cdot \phi \cdot f \cdot N$$

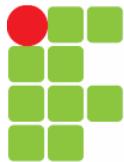




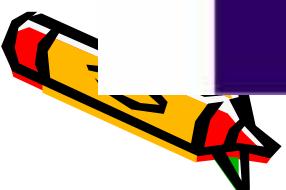
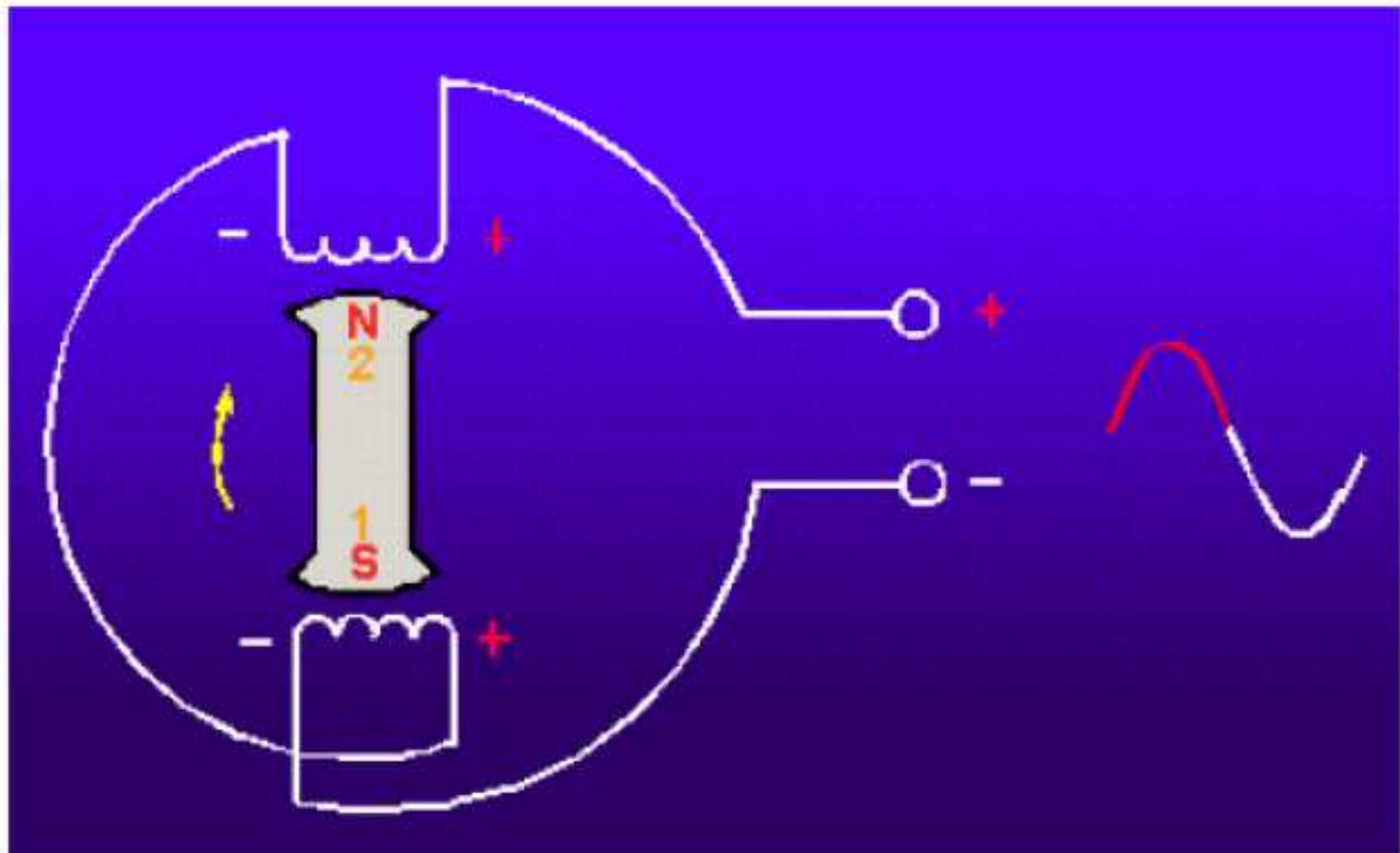
Influência do número
de pólos do gerador
na freqüência da tensão
gerada.







Gerador de corrente alternada de pólos girantes e armadura estacionária:

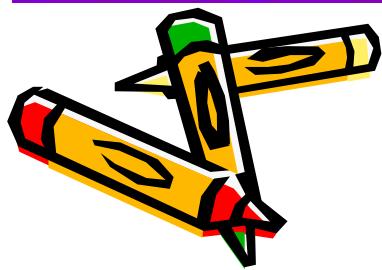
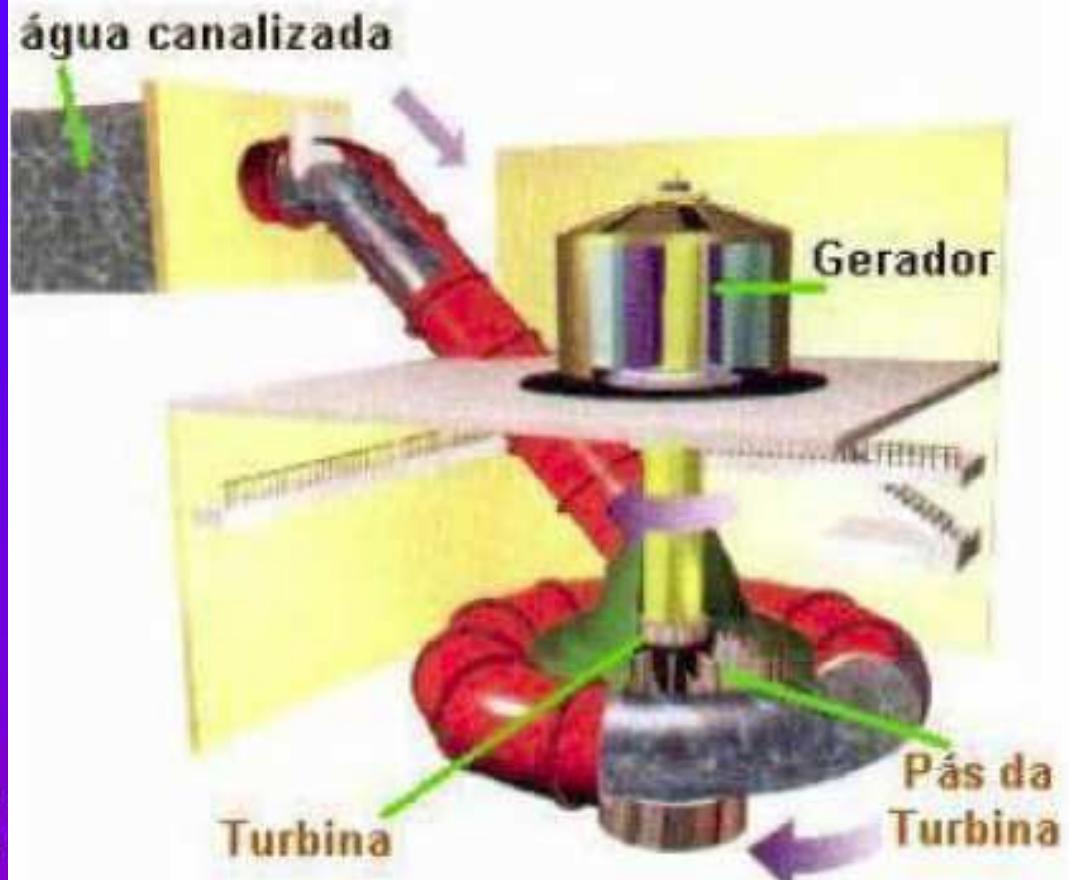


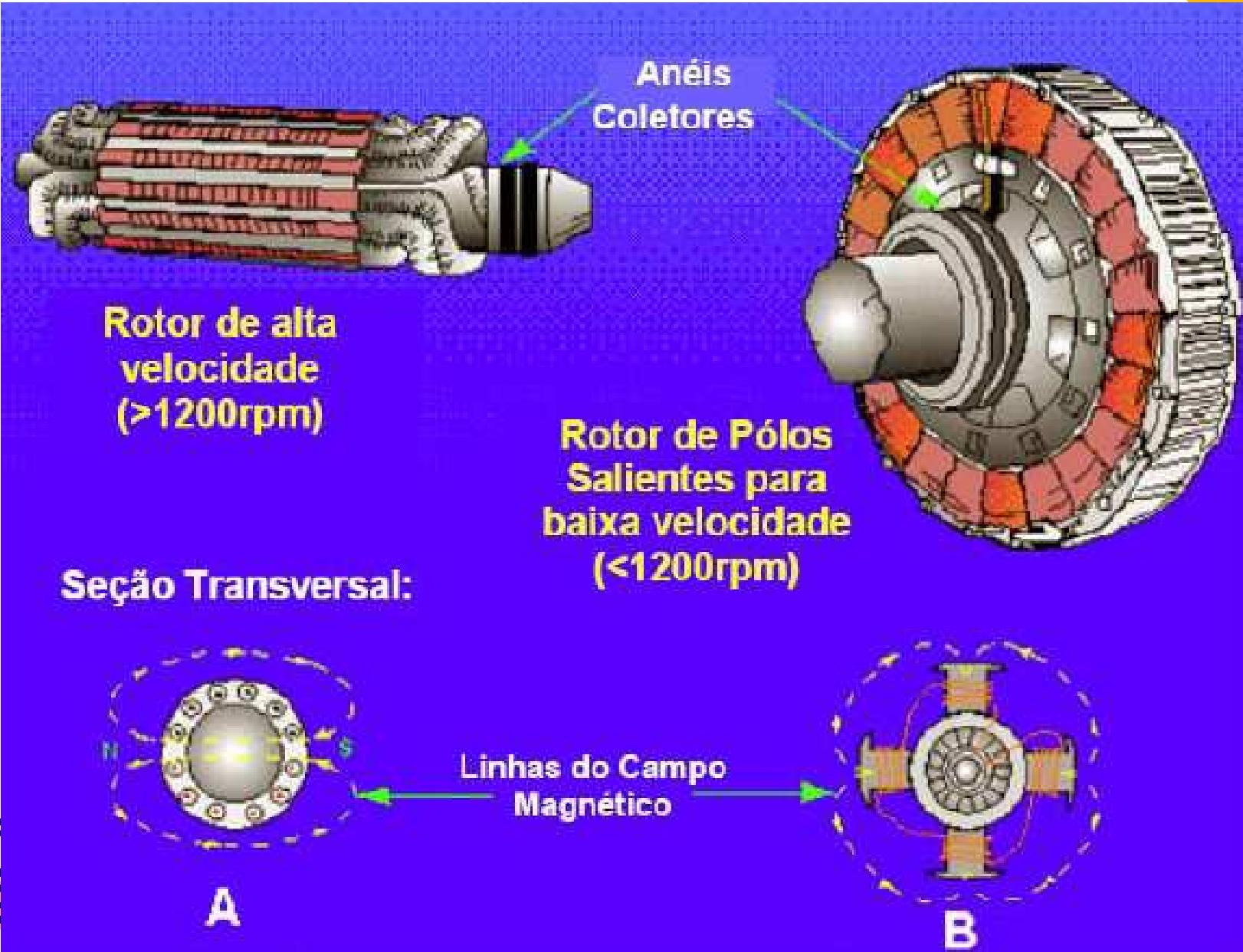


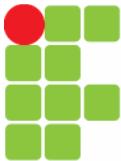
Armadura do estator de Gerador CA:



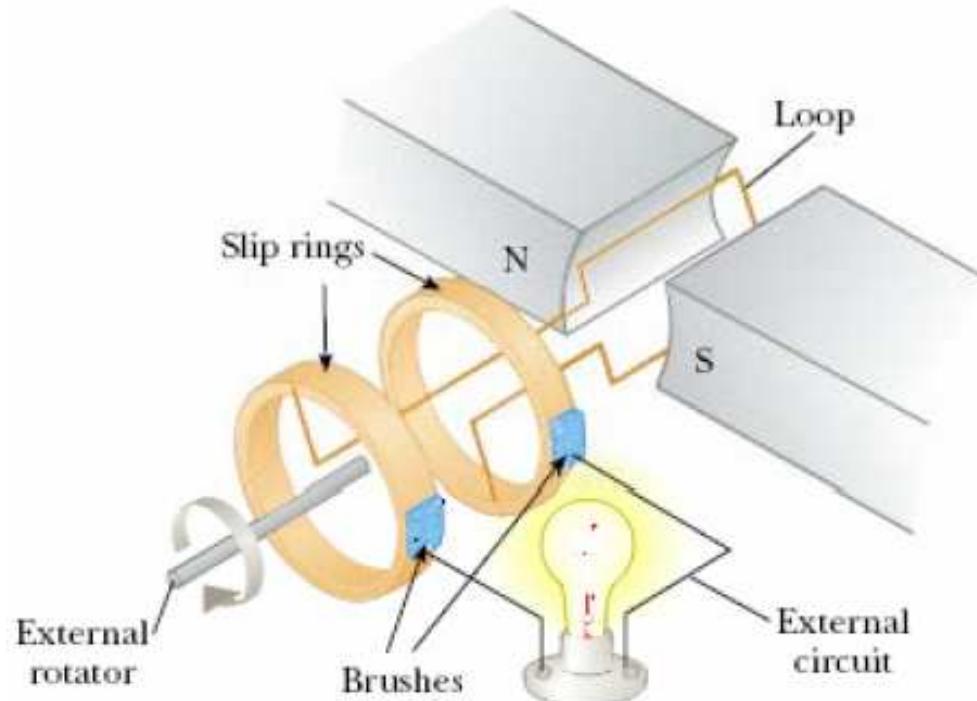
Turbina hidráulica acionando o gerador:



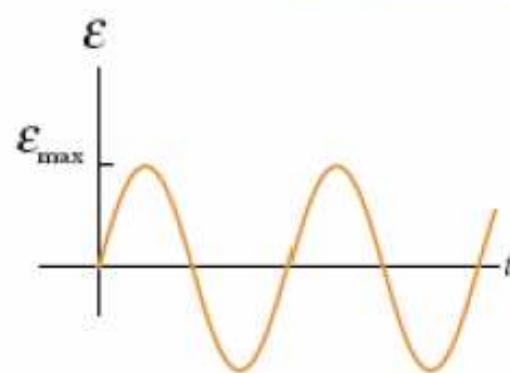
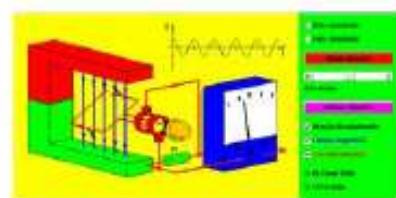




Aplicações – Geração de CA

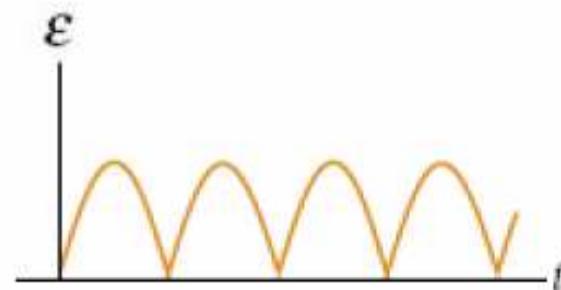
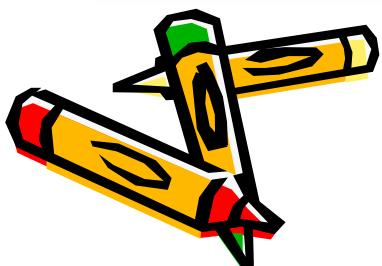
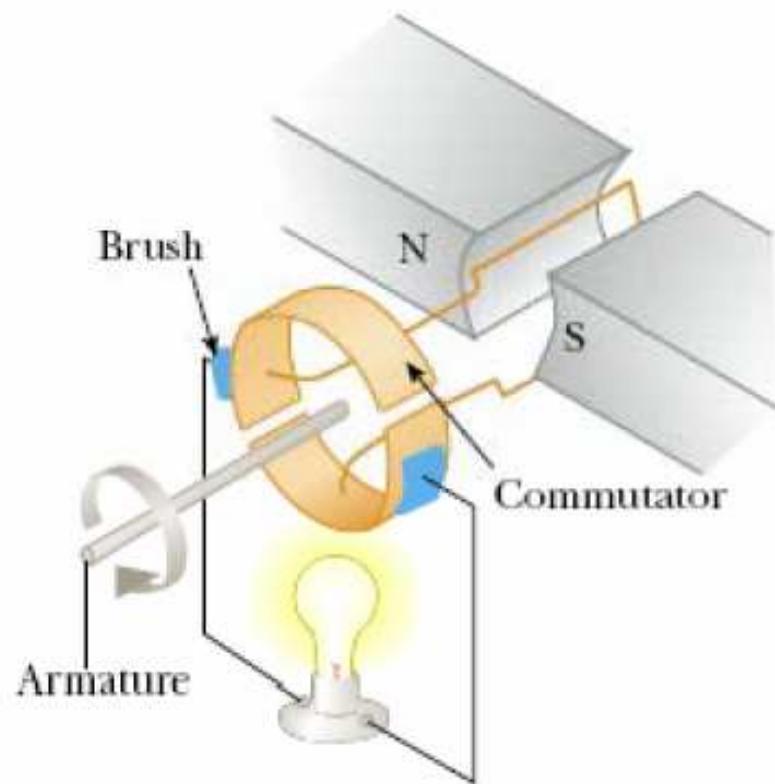


Applets em java →





Aplicações – Gerador CC



Applets em java →

