

# Capítulo 14

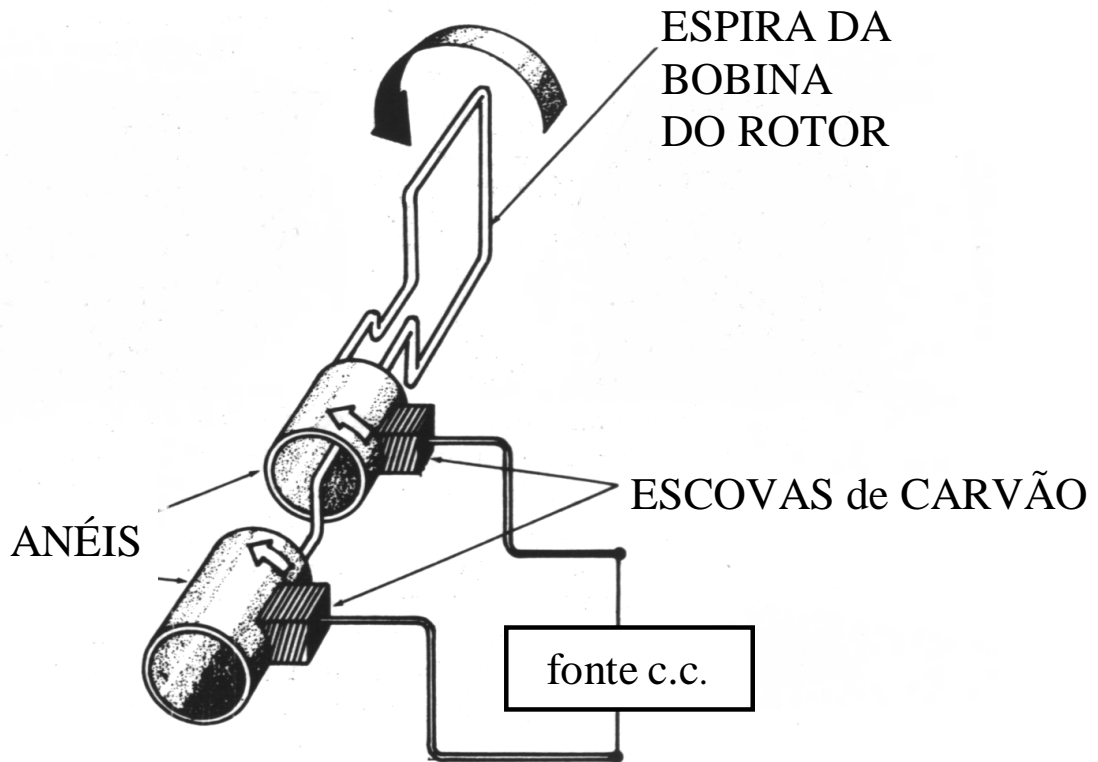
## Motor de Corrente Contínua e Motor Universal

### Objetivos:

Entender o princípio de  
funcionamento

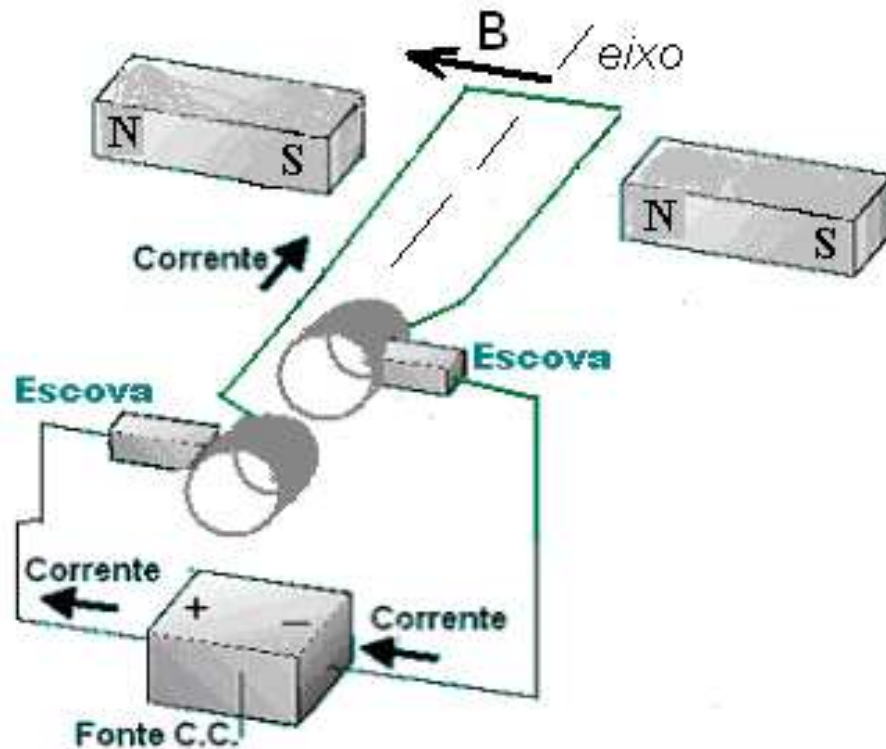
Analisar as características  
operacionais destes motores

# ONDE EXISTE ESTE TIPO DE ROTOR?



**É O ROTOR BOBINADO DO  
ALTERNADOR (GERADOR c.a.)**

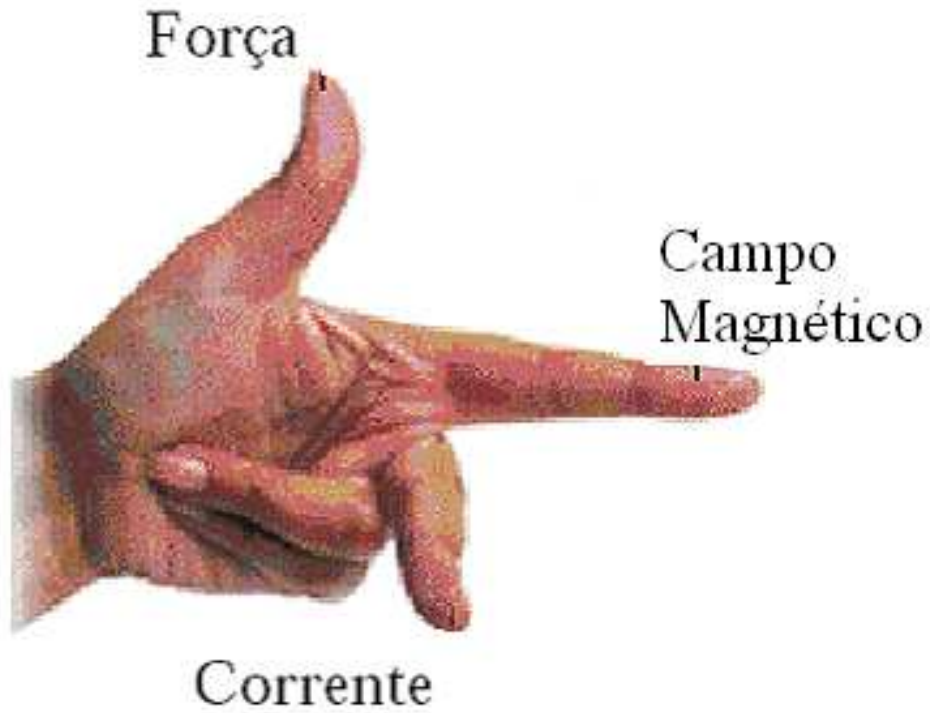
SE ESTE ROTOR FOR COLOCADO ENTRE DOIS IMÃS, O QUE OCORRERÁ?



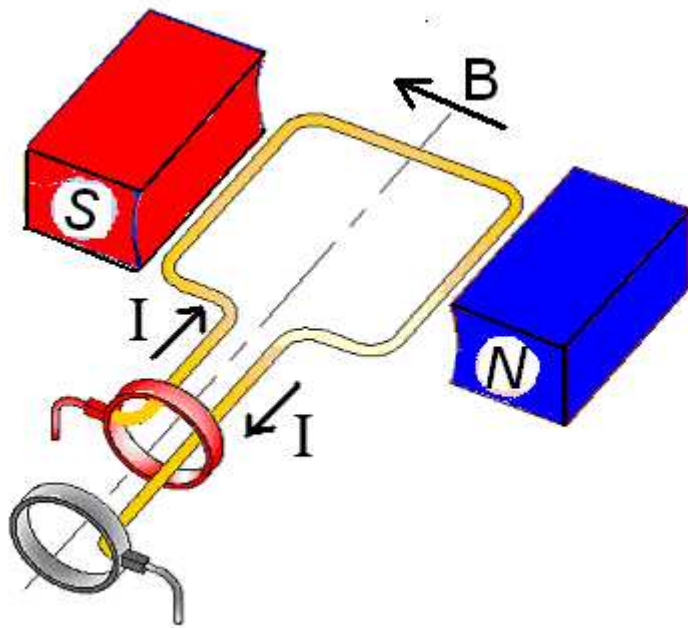
Ocorrerá algum movimento do rotor a partir do instante em que uma corrente contínua é injetada no rotor?

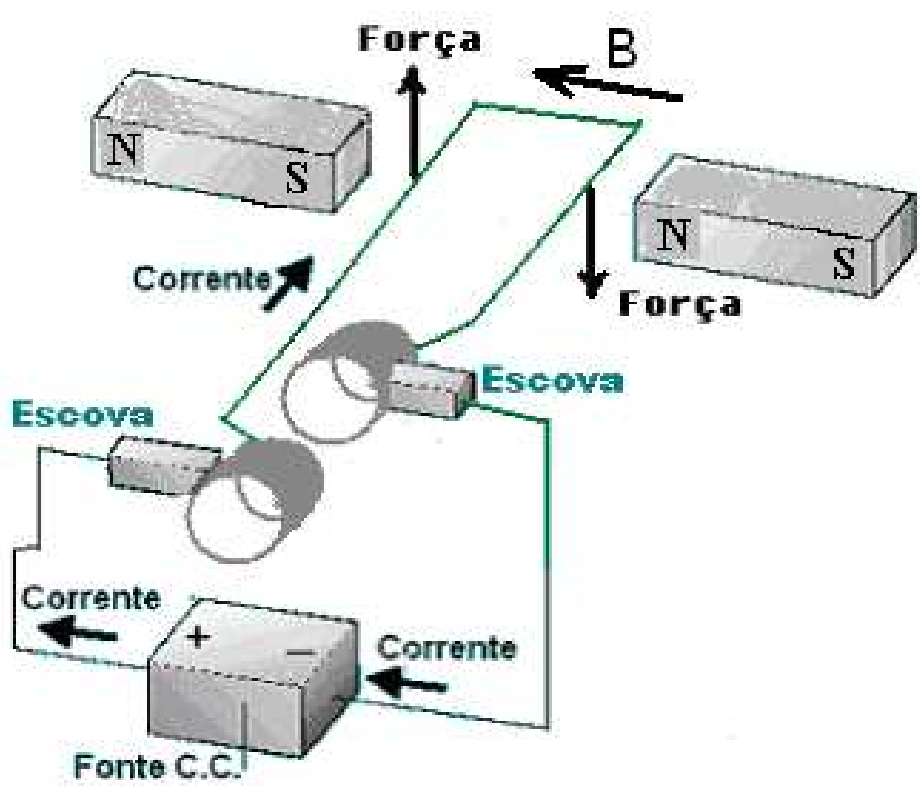
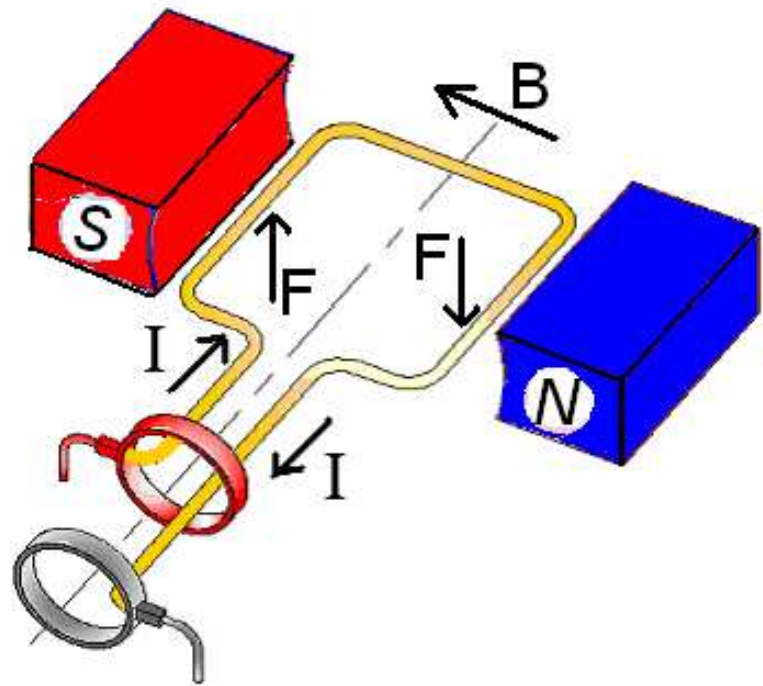
**ANALISEMOS A REGRA DE FLEMING**

# REGRA de FLEMING

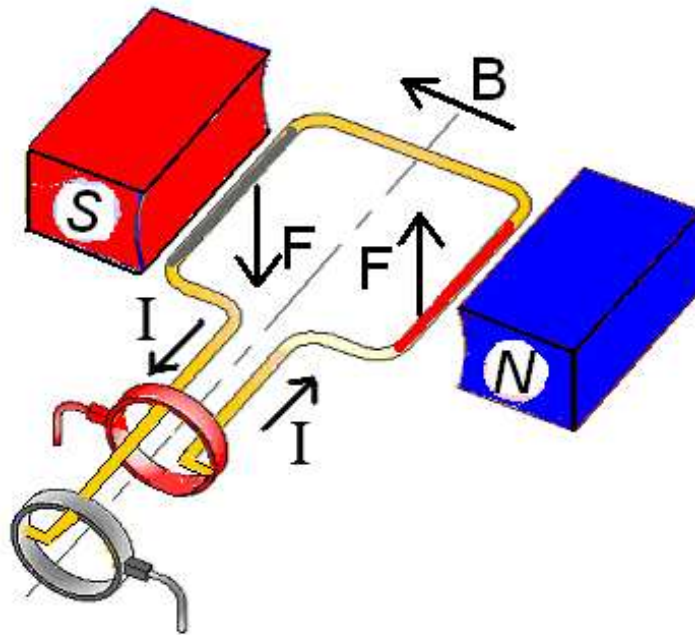
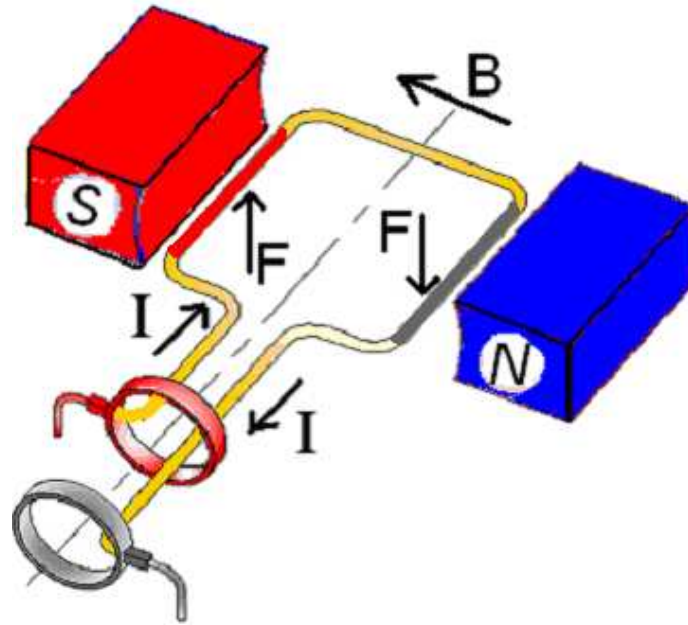


**APLIQUEMOS A REGRA DE FLEMING NESTA FIGURA:**





O rotor girará continuamente?



CONSTATA-SE QUE O BINÁRIO DE FORÇAS  
ORA ATUA NO SENTIDO **HORÁRIO** ORA NO  
**ANTI-HORÁRIO**.

**PORTANTO, ESTE ROTOR NÃO GIRA  
CONTINUAMENTE.**

**ESTE ROTOR INSERIDO EM UM CAMPO  
MAGNÉTICO EXISTE NA FORMA DE  
GERADOR.**

<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica3/laboratorio/gerador/gerador.htm>

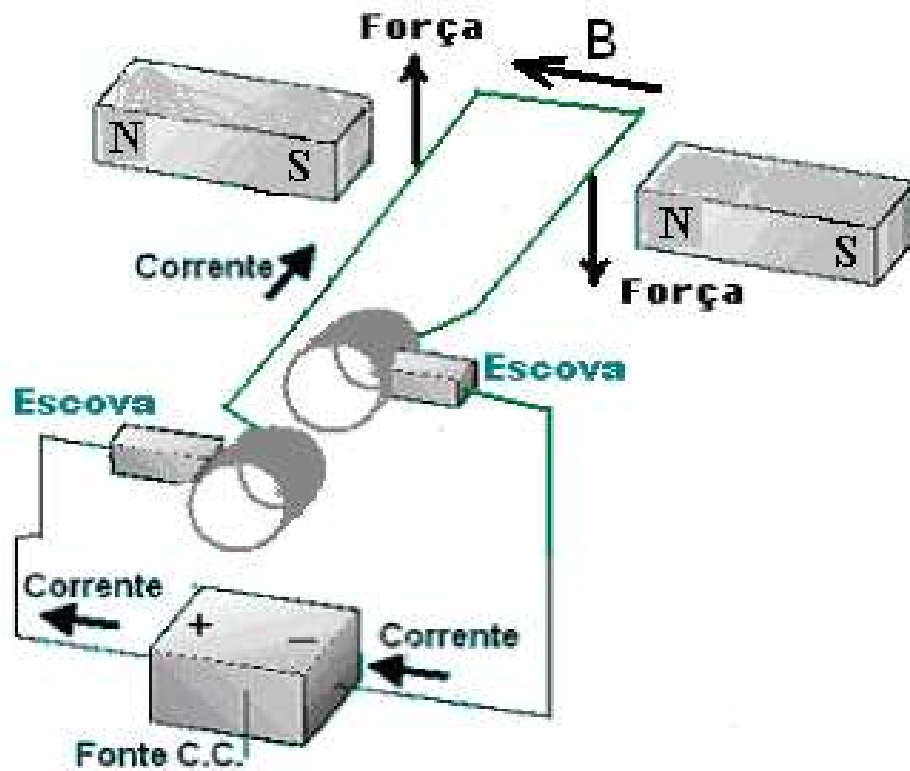
**CONCLUSÃO:**

**ESTE TIPO DE ROTOR É ÚTIL**

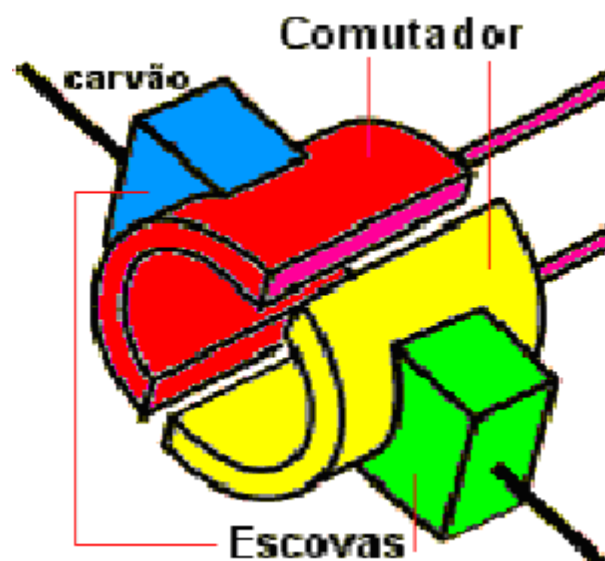
**APENAS COMO GERADOR c.a.**

**MONOFÁSICO**

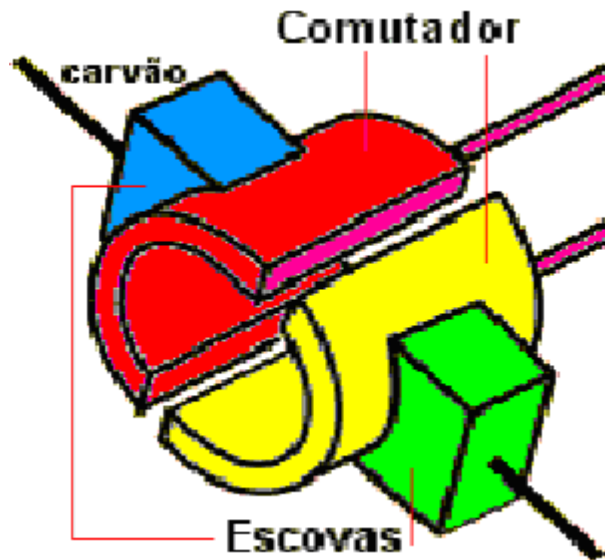
**Exemplo: ALTERNADOR DO AUTOMÓVEL**



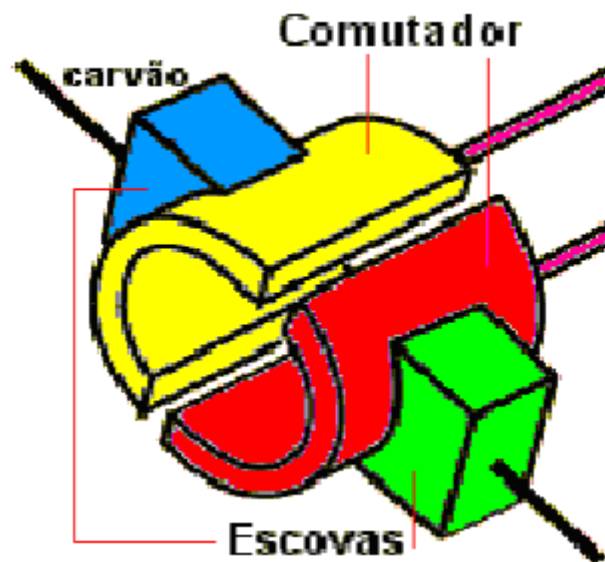
O que ocorrerá se os anéis coletores forem substituídos por um anel segmentado, denominado **COMUTADOR**



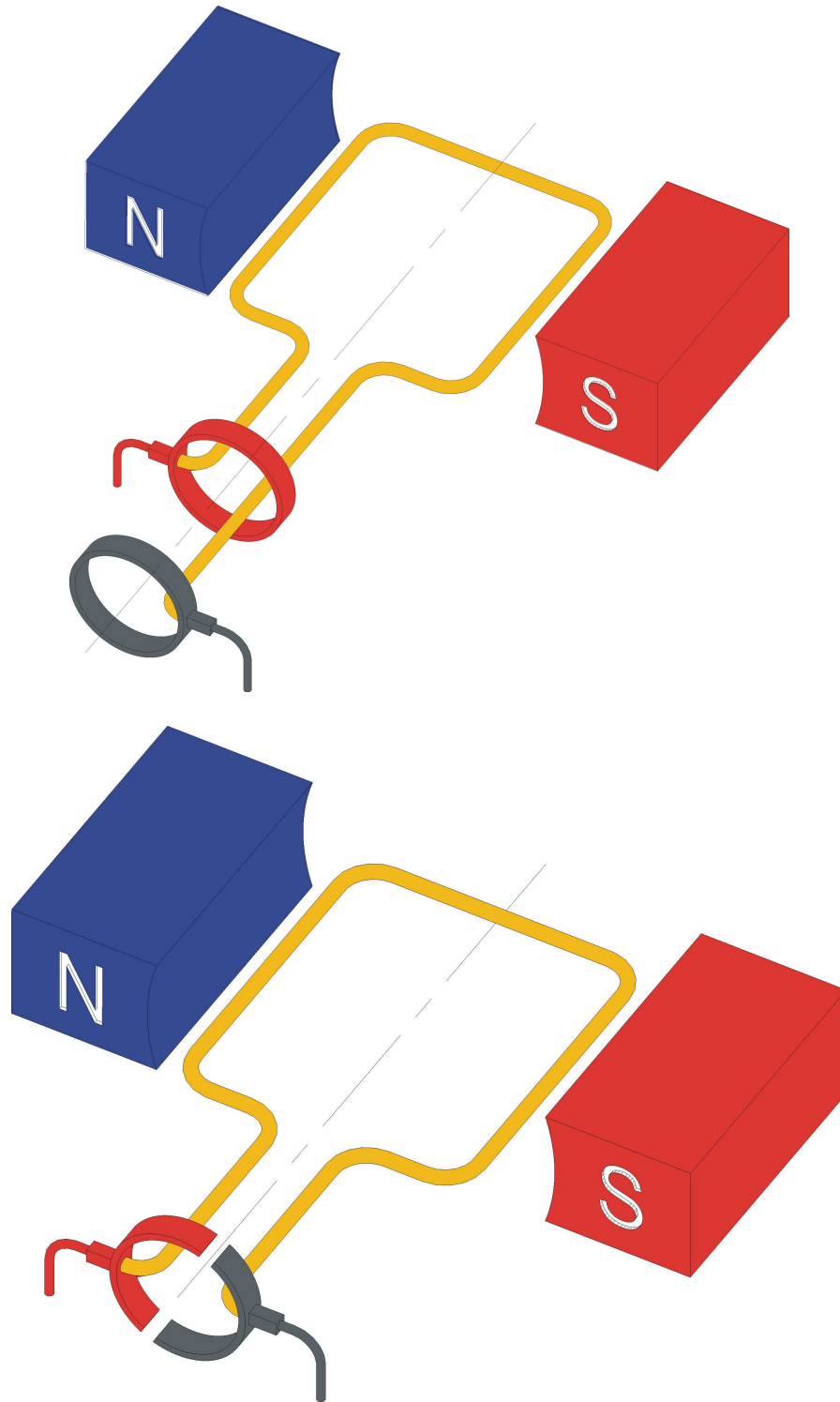




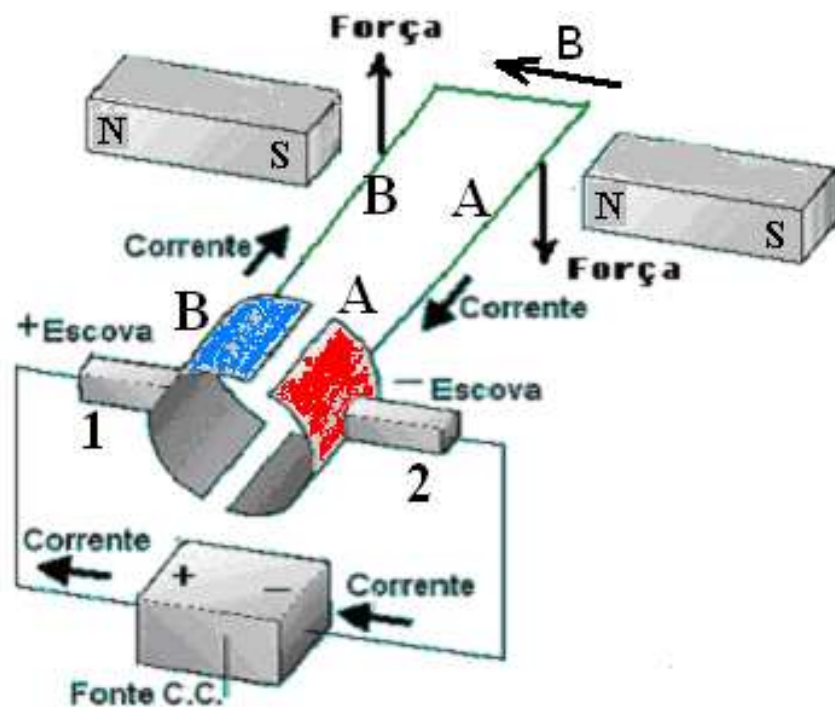
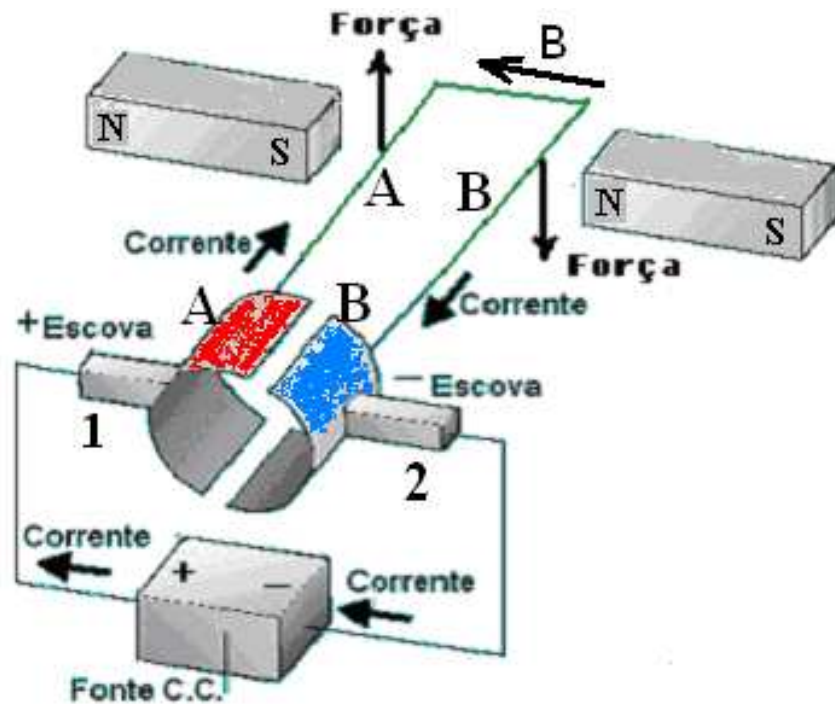
A CADA **MEIA VOLTA** HÁ TROCA DE POSIÇÃO DAS LÂMINAS DO COMUTADOR EM RELAÇÃO ÀS ESCOVAS



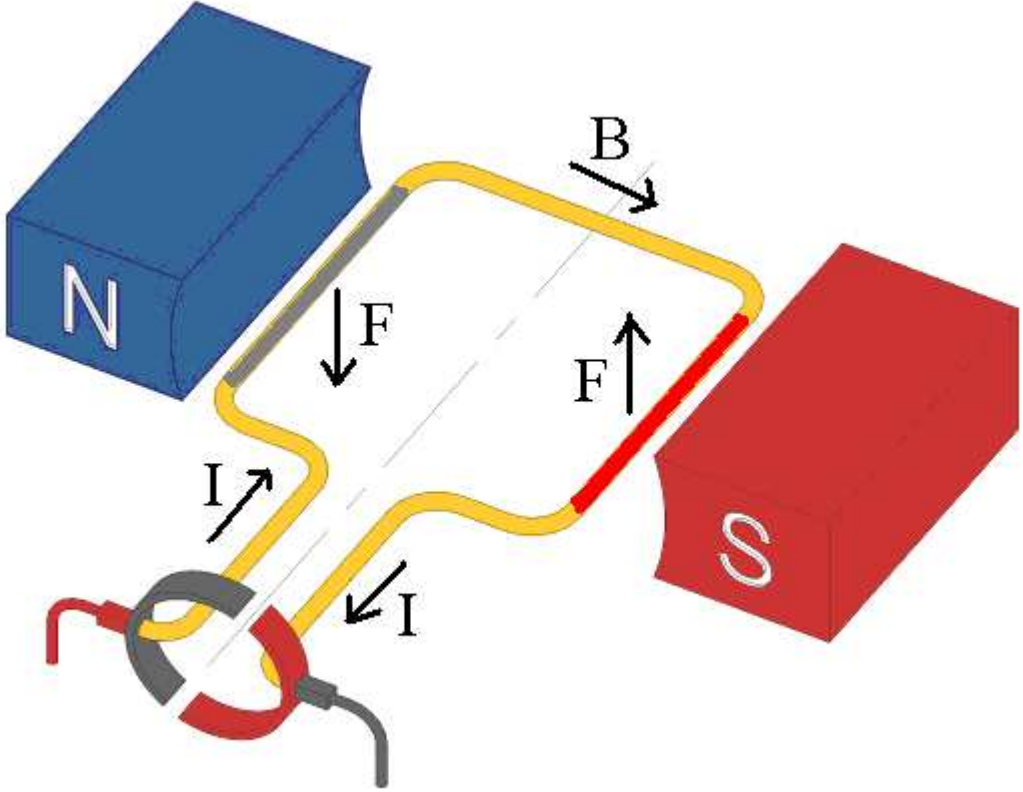
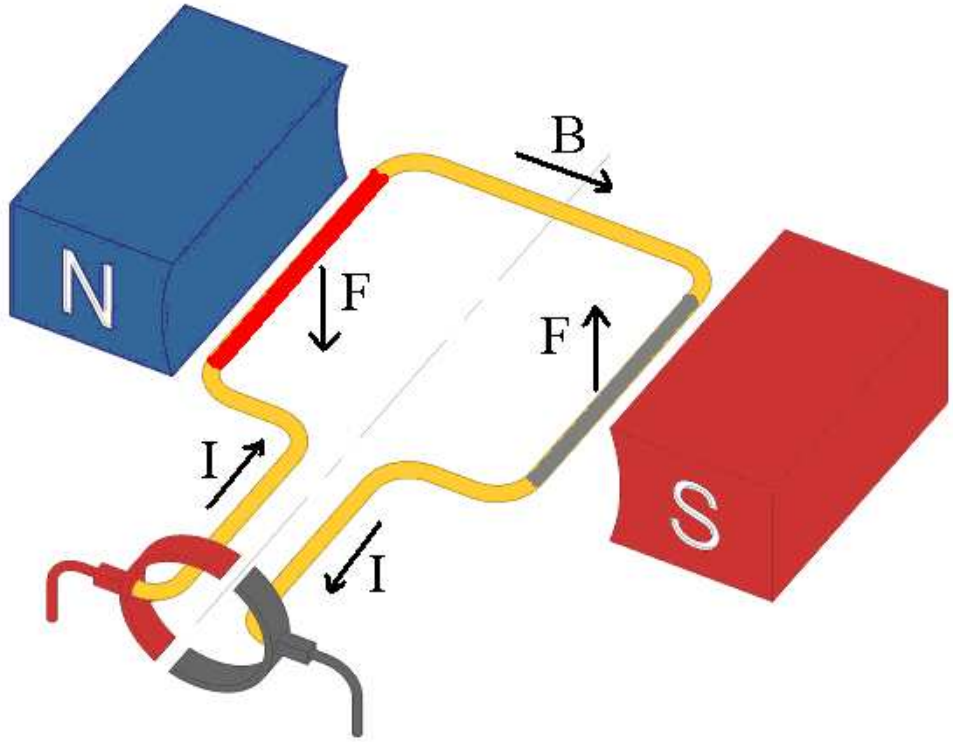
# TROCANDO OS ANÉIS COLETORES POR UM COMUTADOR...

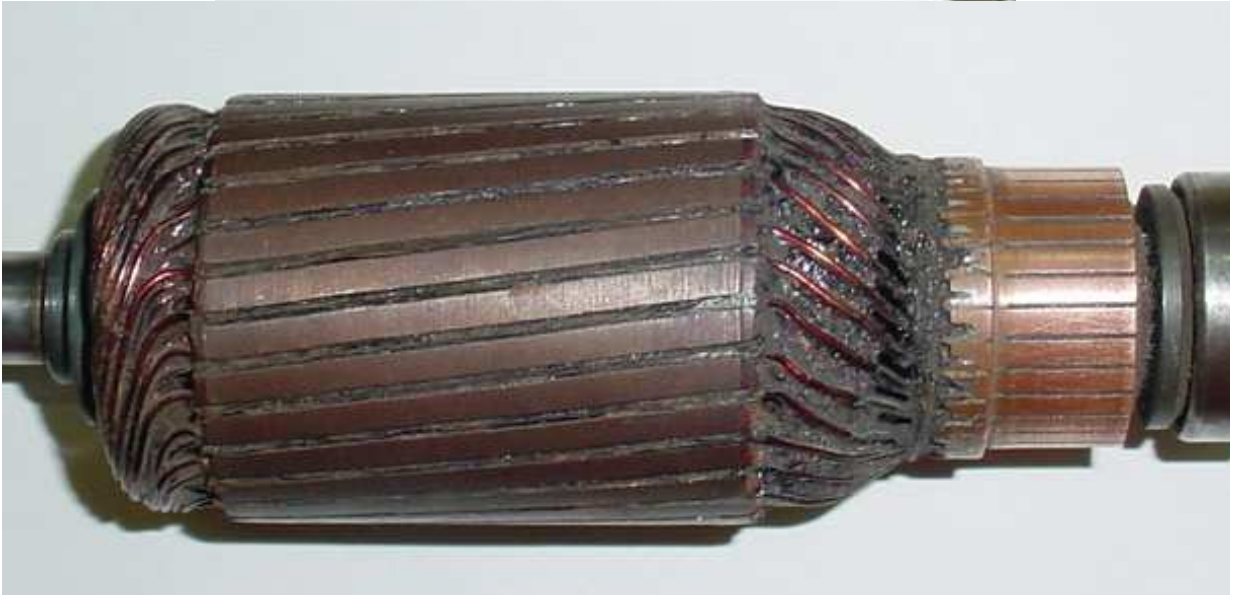
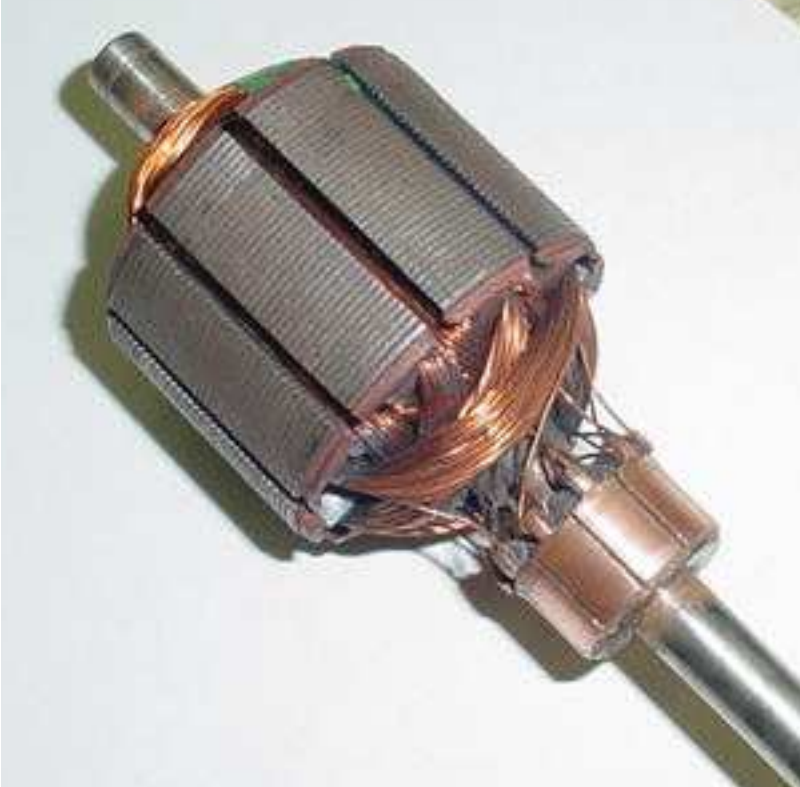


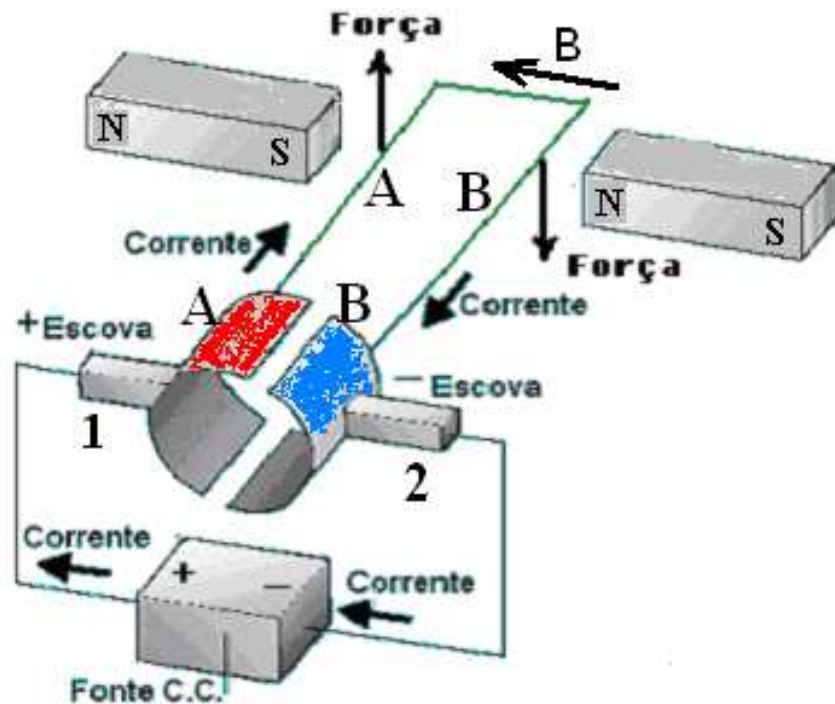
# TROCANDO OS ANÉIS COLETORES POR UM COMUTADOR...



Com o **comutador**, ocorre a inversão do sentido da corrente na **espira do rotor** e o **binário de forças** atua sempre no mesmo **sentido de rotação**.







EM GERAL, O CAMPO MAGNÉTICO (B) NÃO PROVÉM DE ÍMÃS PERMANENTES, MAS DE UMA BOBINA INSTALADA NO ESTATOR TAMBÉM CONECTADA A UMA FONTE c.c.

A VANTAGEM DESTES CONTROLES VEREMOS MAIS ADIANTE

A existência de duas bobinas no MOTOR c.c., uma no rotor e outra no estator, originou uma classificação do MOTOR c.c.



## Classificação do MOTOR c.c.

- **Motor c.c. com excitação separada (independente)**

O enrolamento de campo tem fonte c.c. própria.

- **Motor c.c. com excitação shunt (paralela)**

O enrolamento de campo está conectado em paralelo com o enrolamento do rotor.

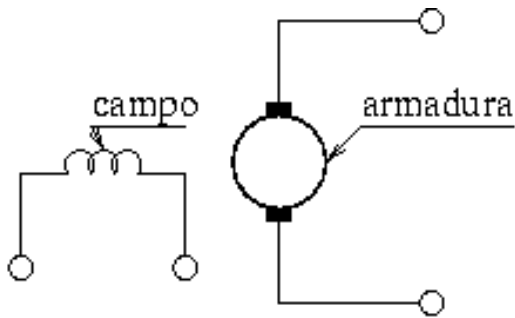
- **Motor c.c. com excitação série**

O enrolamento de campo está conectado em série com o enrolamento do rotor.

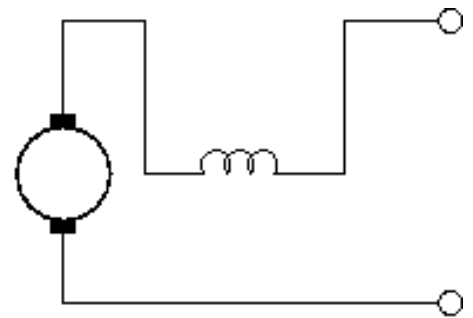
- **Motor c.c. com excitação mista (composta)**

Neste caso, no estator há duas bobinas, uma em série e outra em paralelo com a bobina do rotor.

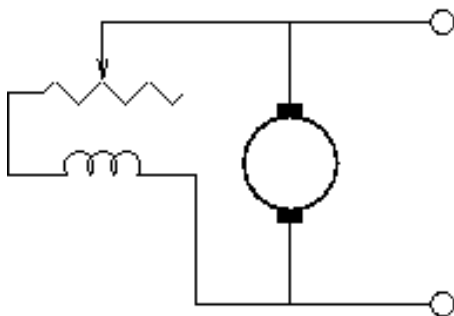
Nas Figuras 14.6(a) a 14.6(d) tem-se as representações esquemáticas destes 4 tipos de excitação:



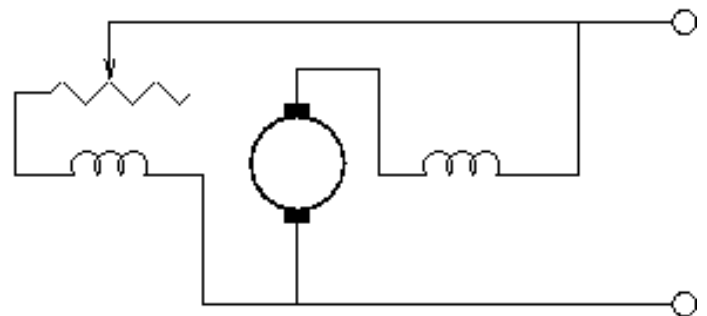
(a) excitação separada



(b) excitação série



(c) excitação *shunt*



(d) excitação mista

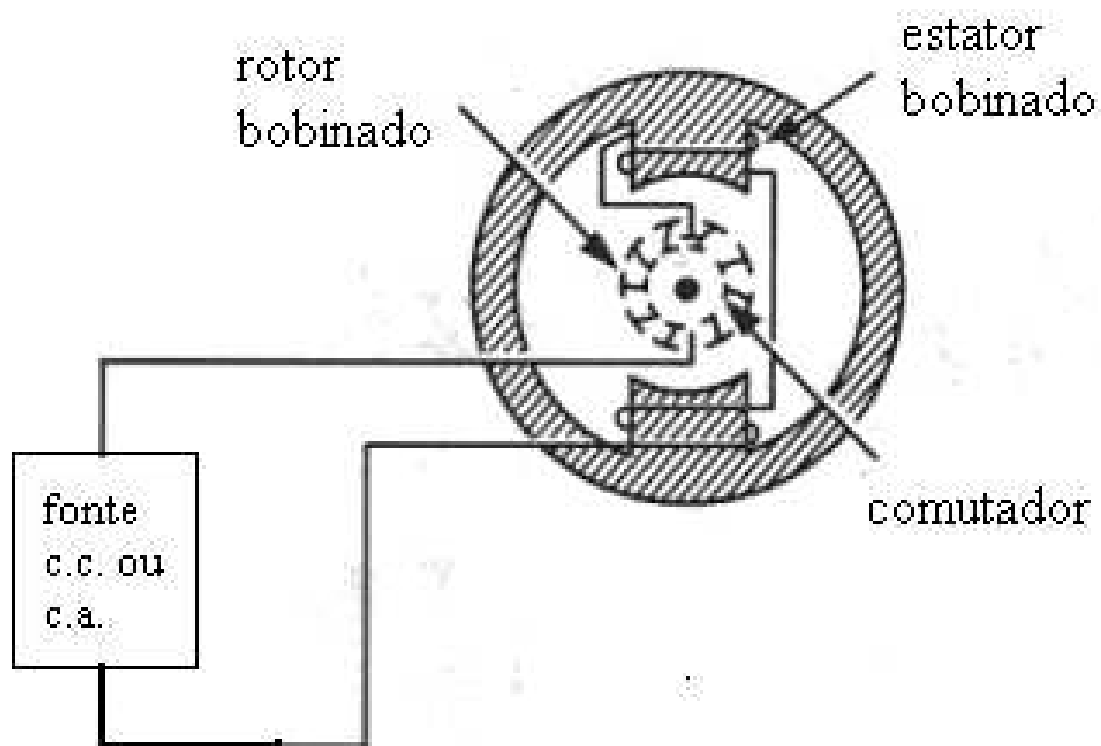
**Figura 14.6 - Tipos de excitação das máquinas de corrente contínua**

**DESTAQUE:**

O motor com **excitação série** possibilita o seu funcionamento tanto com **corrente contínua** como com **corrente alternada**, sendo denominado **motor universal**.



# MOTOR UNIVERSAL



QUAL A IMPORTÂNCIA DA BOBINA DO ROTOR ESTAR CONECTADA EM SÉRIE COM A BOBINA DO ESTATOR?

## MOTOR UNIVERSAL

Seu princípio de funcionamento é o mesmo já descrito para o motor c.c., acrescentando-se que quando se inverte a polaridade da tensão na fonte (fonte c.a.), invertem-se simultaneamente a polaridade do campo magnético no estator e o sentido da corrente no rotor, continuando a ser produzido torque no mesmo sentido.

## Características Operacionais

Em um motor c.c., quando o rotor está em movimento, ocorre o fenômeno da indução de uma força eletromotriz (f.e.m.) devido ao movimento das espiras do rotor em uma região com campo magnético gerado pela corrente que circula no enrolamento de campo (Lei de Faraday).

E lembrando da Lei de Lenz, essa f.e.m. ( $E_g$ ) tem polaridade oposta à da tensão aplicada ( $U_t$ ) nos terminais da bobina do rotor através da fonte c.c. externa, sendo por este motivo denominada força contra-eletromotriz (f.c.e.m.).

Assim sendo, tem-se como **equação básica para um motor c.c.:**

$$U_t = E_g + R_a \cdot I_a \quad \text{ou} \quad I_a = \frac{U_t - E_g}{R_a}$$

$R_a$  é a resistência da bobina do rotor (resistência de armadura).

$I_a$  é a corrente no rotor.

Esta expressão pode ser aplicada diretamente ao **motor c.c. com excitação independente** e para outros tipos tem de se considerar, p.ex., **a resistência do enrolamento de campo no caso do motor c.c. com excitação série.**

O conjugado eletromagnético (torque - T) pode ser obtido através da expressão:

$$P_{em} = T \cdot \omega$$

$P_{em}$  é a potência eletromagnética ( $P_{em} = E_g \cdot I_a$ ) em Watts

$\omega$  é a velocidade em rad/s.

A unidade de T é N.m.

Outras relações:

A força contra-eletromotriz  $E_g$  pode ser obtida por:

$$E_g = k \cdot n \cdot \phi$$

k - constante de proporcionalidade

n - velocidade em r.p.m.

$\phi$  - valor do fluxo magnético em Weber - Wb

Dessa forma, obtém-se:

$$U_t = k.n.\varphi + R_a.I_a \quad \text{ou} \quad n = \frac{U_t - R_a.I_a}{k.\varphi}$$

Conclusão importante:

A velocidade de rotação em um motor c.c. é diretamente proporcional à tensão de armadura  $U_t$  (rotor) e inversamente proporcional à corrente de campo  $I_c$ .

Detalhe:

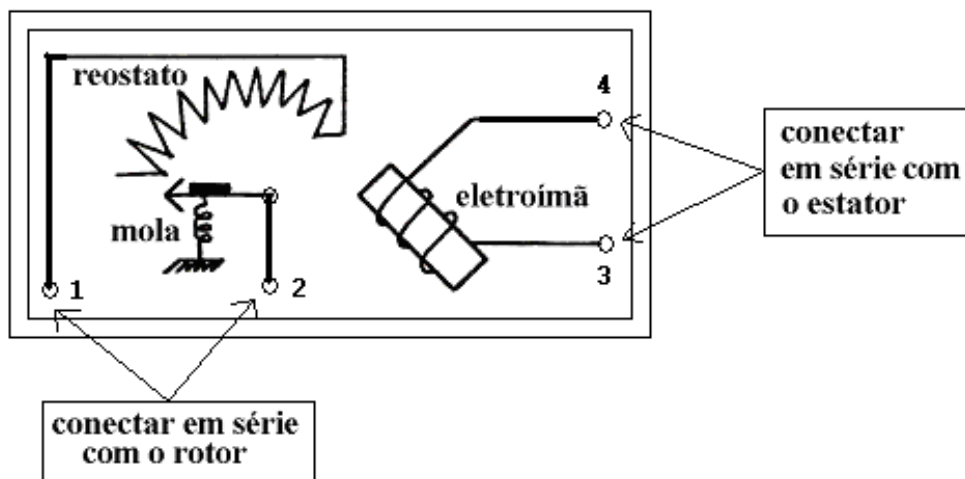
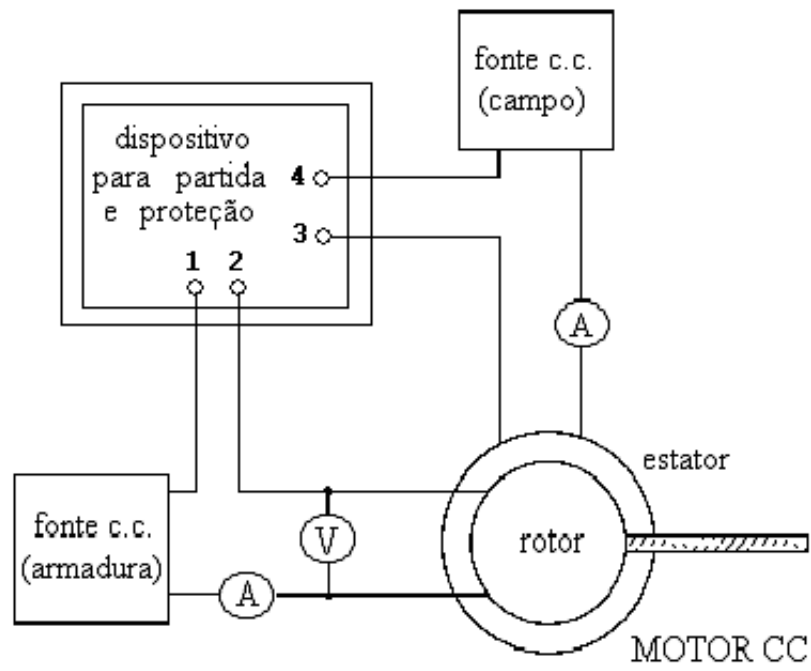
$\varphi$  é diretamente proporcional a  $I_c$ .

Portanto, é necessário algum tipo de proteção para evitar aceleração excessiva (disparo) do rotor quando há uma diminuição ou, pior ainda, interrupção da corrente de campo.

## Acionamento de Motores de Corrente Contínua

Assim como no motor de indução, dependendo do porte (potência), a partida de um motor c.c. não deve ocorrer conectando-o diretamente à fonte c.c., ou seja, aplicando-se tensão nominal em seus terminais pois, em função do tipo e das características construtivas, a corrente de partida pode atingir de 50 a 80 vezes o valor da corrente nominal.

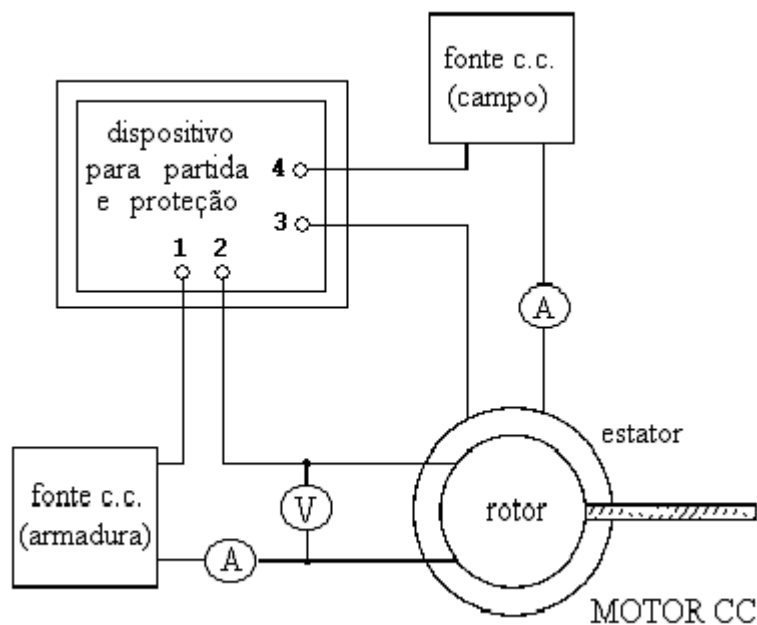
Portanto, além da proteção para evitar aceleração excessiva (disparo) do rotor deve-se também dispor de algum tipo de dispositivo que limite a corrente de partida.





O acionamento (**partida**) do **motor c.c.** deve ocorrer da seguinte forma:

1º Ajustar a fonte c.c. (**campo**) para que no respectivo amperímetro tenha-se o valor da **corrente nominal** do circuito de campo (**estator**) da máquina c.c..



2º. Ajustar a fonte c.c. (**armadura**) para que no voltímetro tenha-se o valor da **tensão nominal** do circuito do **rotor** da máquina c.c..

3º. O rotor começa a girar ao **variar o reostato gradativamente**.

LER NO MATERIAL DIDÁTICO  
COMPARAÇÕES ENTRE TIPOS DE  
MOTORES