



Universidade Estadual de Maringá  
Departamento de Engenharia Agrícola  
Campus do Arenito



# **MOTORES ELÉTRICOS**

## Princípios e fundamentos

Eng. Agríc. Luciano Vieira

# CLASSIFICAÇÃO

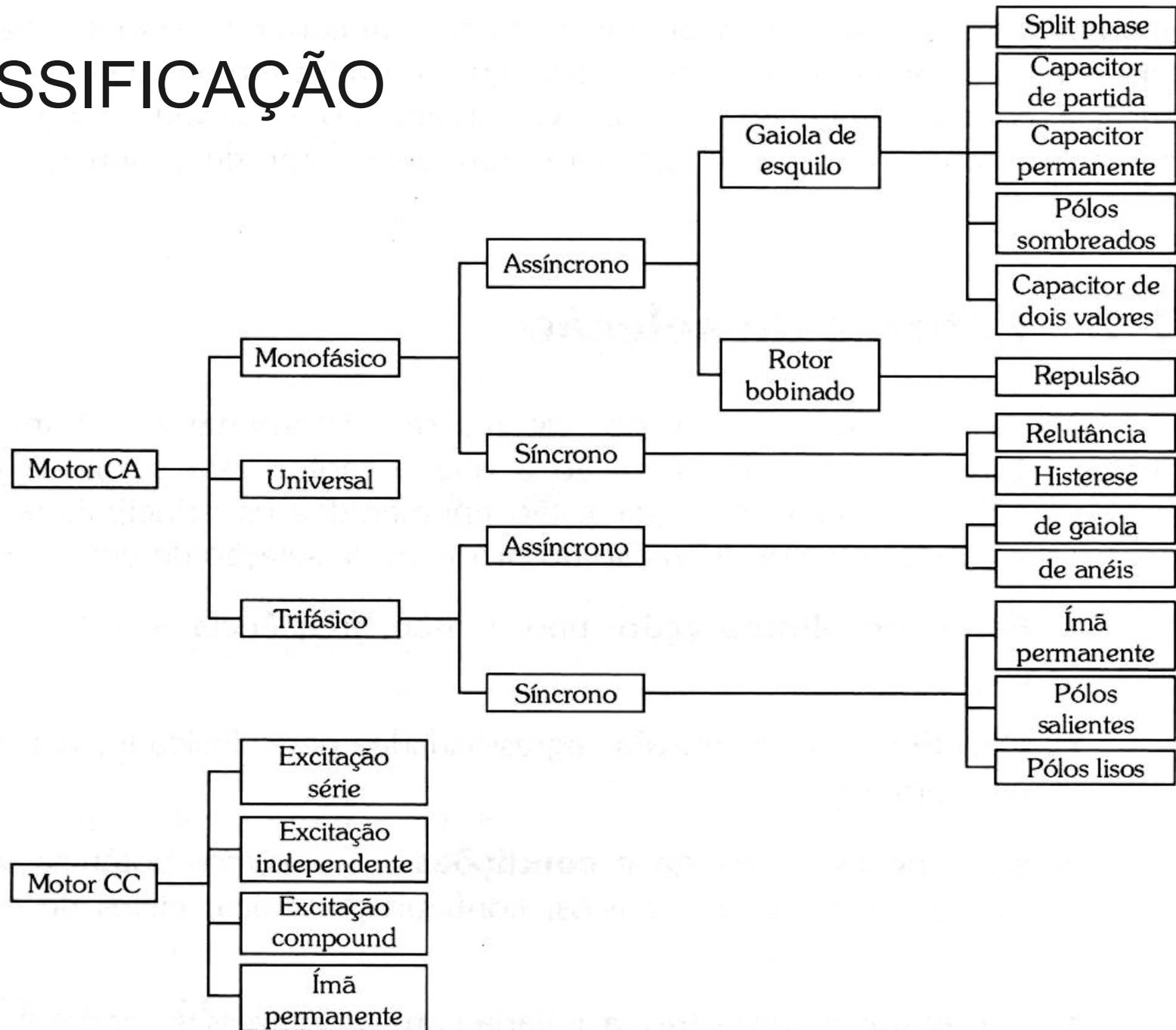


Figura 1.2 - Tipos de motores elétricos.

## Principais Partes

Rotor  
Estator

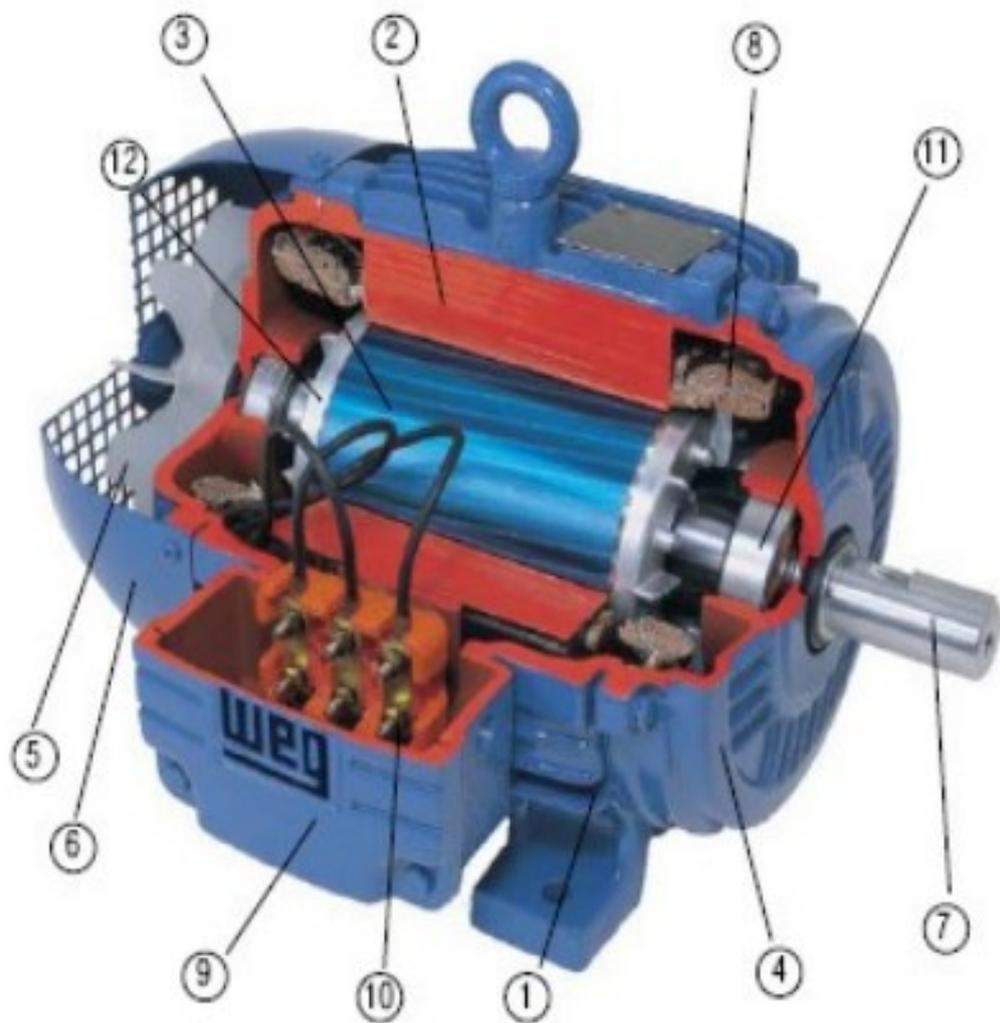
## Estator

Carcaça(1)  
Núcleo de Chapas(2)  
Enrolamento Trifásico(8)

## Rotor

Eixo(7)  
Núcleo de Chapas(3)  
Barra de anéis de curto  
circuito(12)

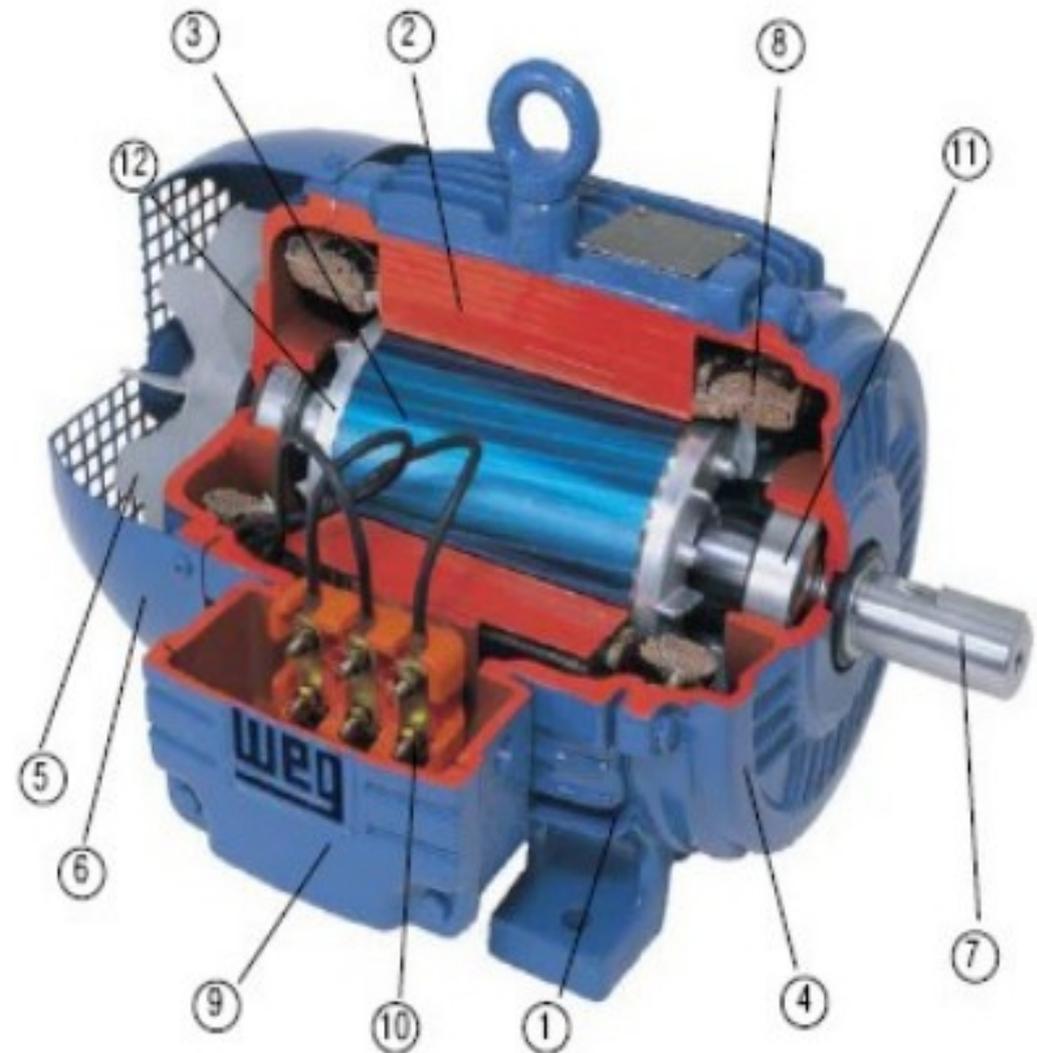
## Motor de Indução Trifásico



## Motor de Indução Trifásico

### Outras Partes

- Tampa (4)
- Ventilador (5)
- Tampa defletora (6)
- Caixa de ligação (9)
- Terminais (10)
- Rolamentos (11)

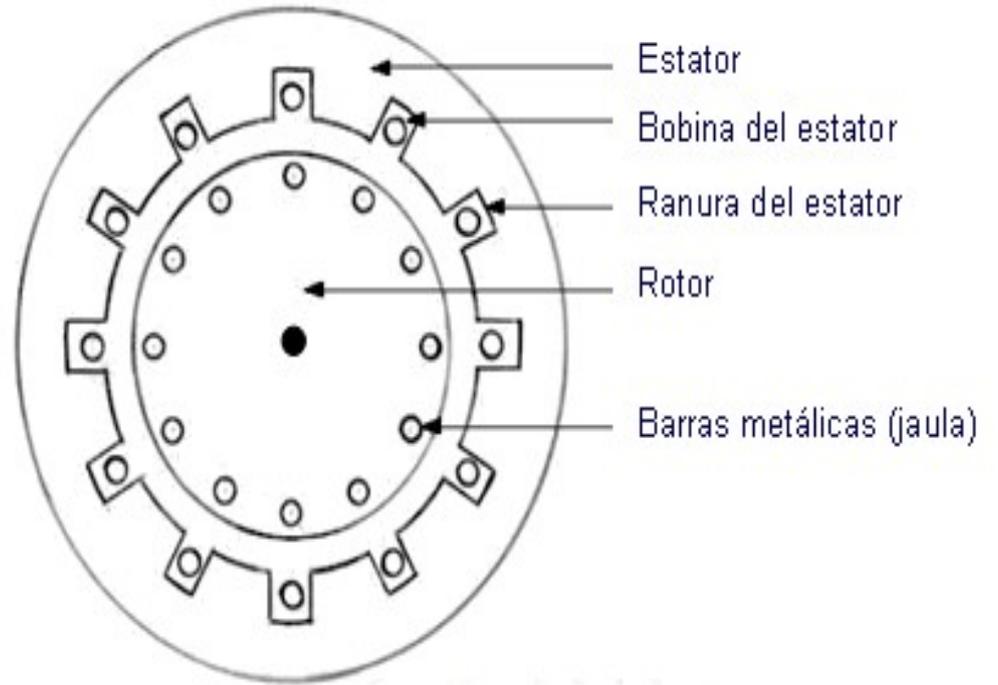
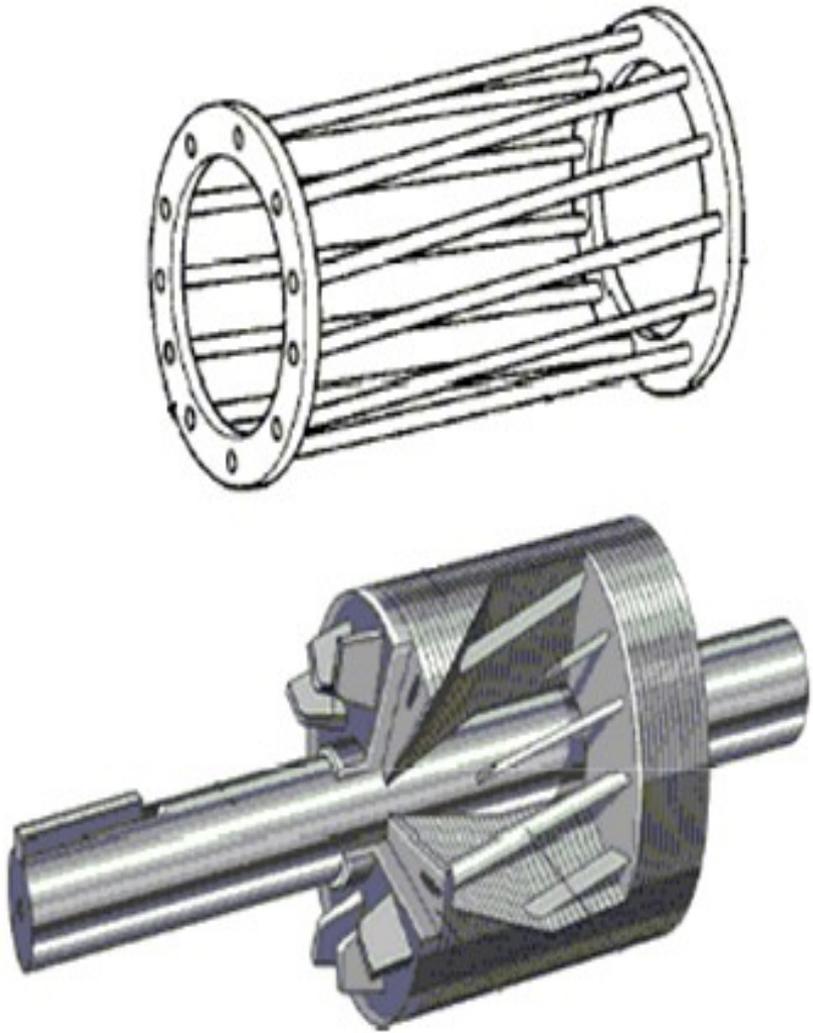


# Classificação dos motores de indução de acordo com seu rotor

## 1) Rotor gaiola de esquilo

- O rotor em gaiola de esquilo é constituído por um núcleo de chapas ferromagnéticas, isoladas entre si, sobre o qual são colocadas barras de alumínio (condutores), dispostas paralelamente entre si e unidas nas suas extremidades por dois anéis condutores, também em alumínio, que provocam curto-circuito nos condutores.

# Rotor Gaiola de Esquilo



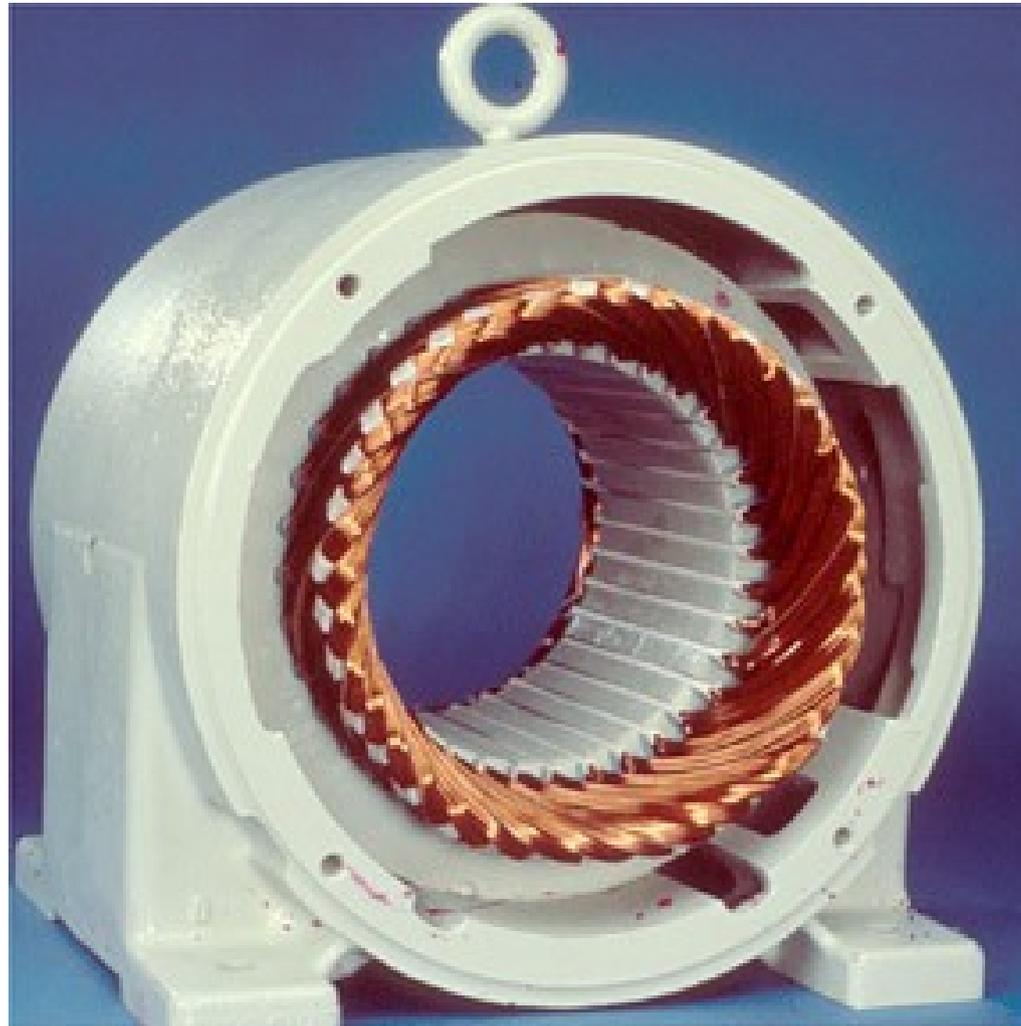
# Rotor Gaiola de Esquilo

## Estator

- O estator do motor é também constituído por um núcleo ferromagnético laminado, nas cavas do qual são colocados os enrolamentos alimentados pela rede de CA  $3\phi$ .

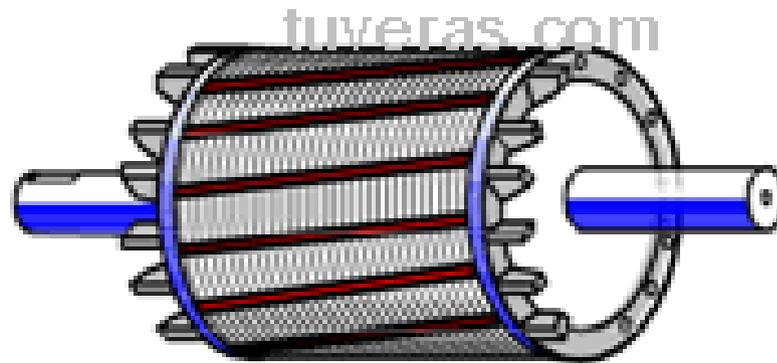
# Rotor Gaiola de Esquilo

## **ESTATOR**



# Rotor gaiola de esquilo

- As barras condutoras da gaiola são colocadas geralmente com uma certa inclinação para evitar as trepidações e ruídos pela ação eletromagnética entre os dentes das cavas do estator e do rotor.



# Classificação dos motores de indução de acordo com seu rotor

## 1) Motor com rotor gaiola de esquilo

- Mais robusto;
- Em sua forma mais simples apresenta conjugado de partida relativamente fraco e corrente de partida até 10x da  $I_N$ ;
- Para melhorar seu desempenho são equipados com rotores gaiola de barras altas, barras de cunha ou barras duplas.

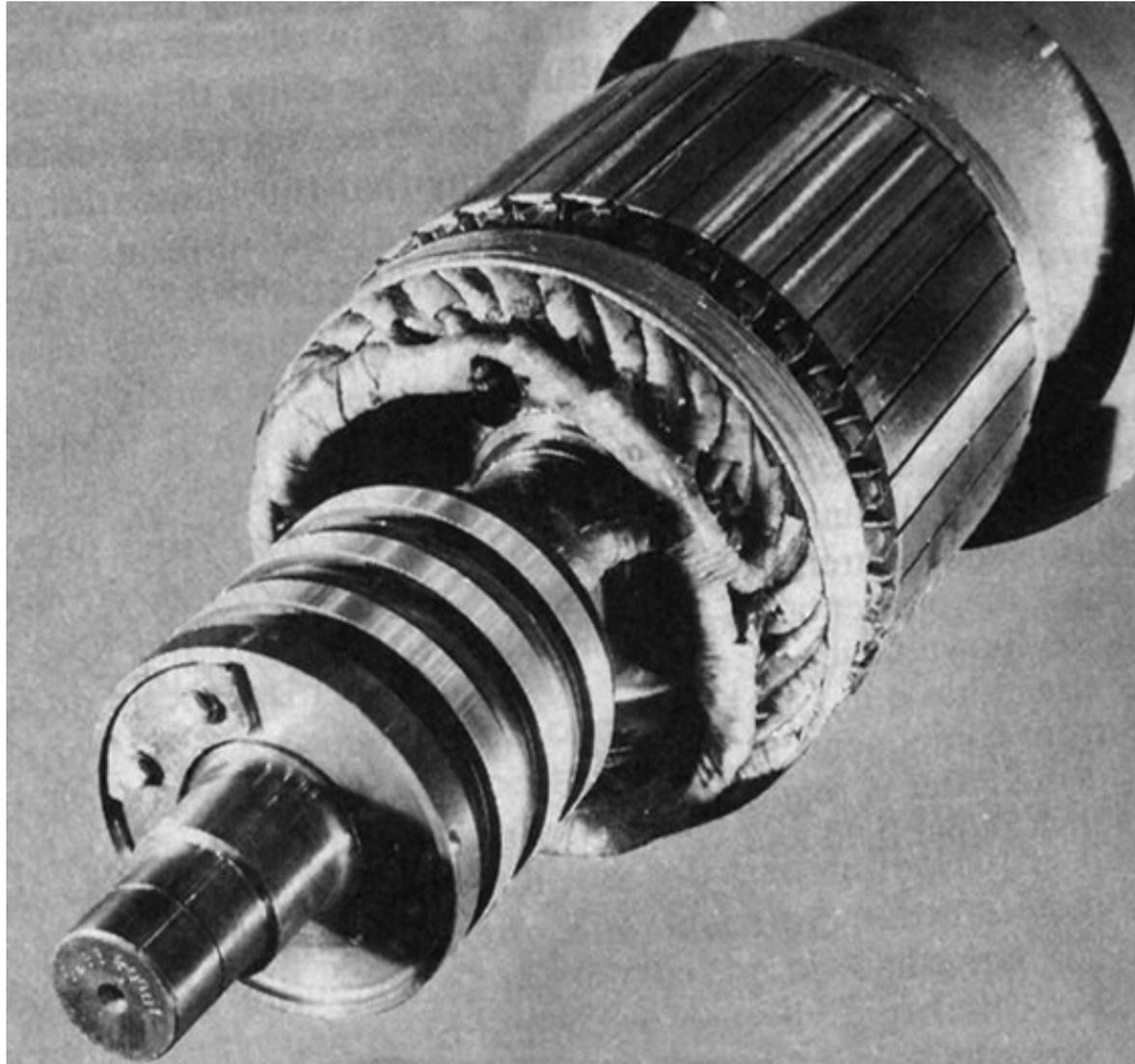


# Classificação dos motores de indução de acordo com seu rotor

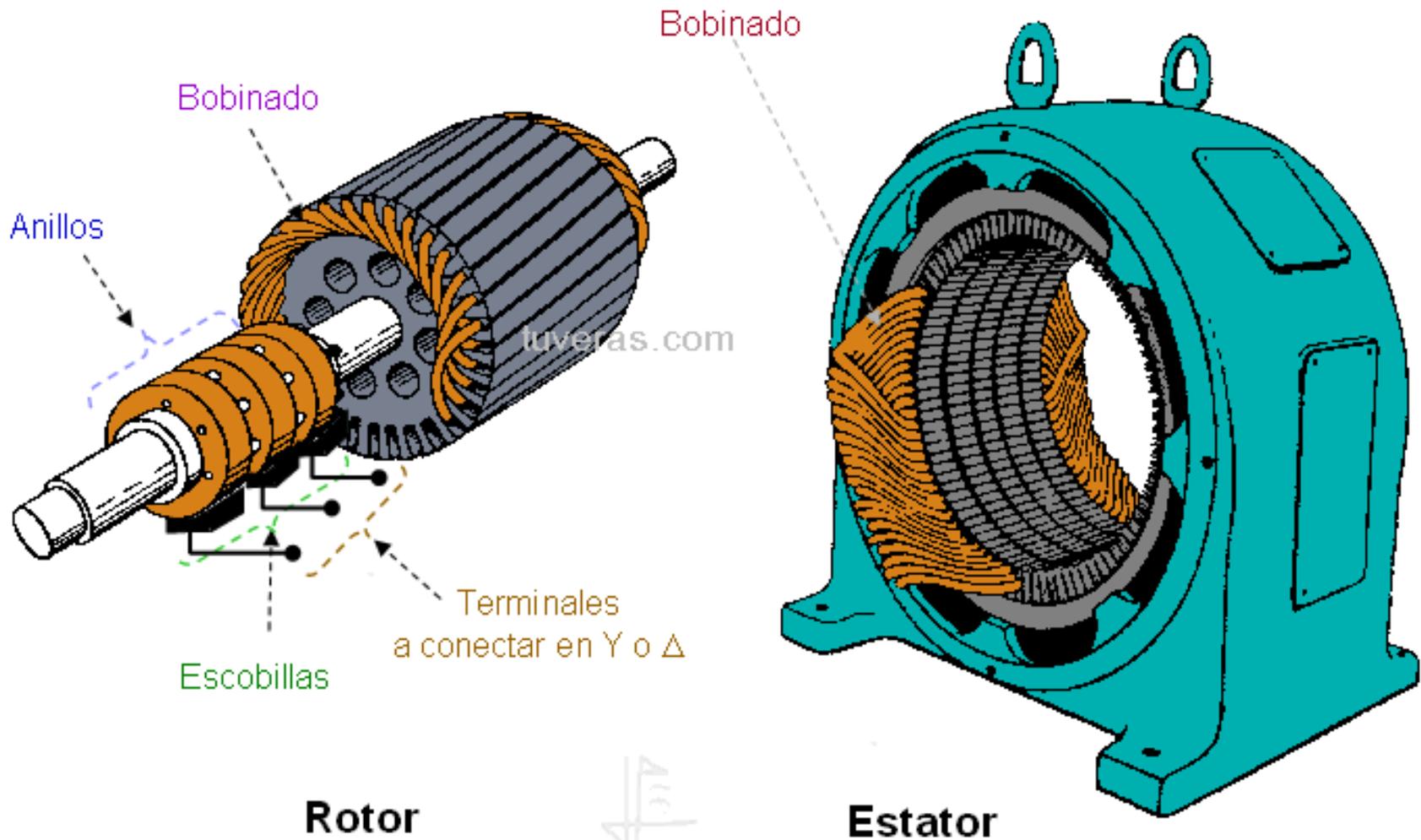
## 2) Motor com rotor bobinado

- Difere do motor de rotor em gaiola apenas quanto ao rotor, constituído por um núcleo ferromagnético laminado sobre o qual são alojadas as espiras que constituem o enrolamento 3Ø;
- A utilização de reostatos podem melhorar o conjugado de partida e diminuir o pico de corrente de partida.

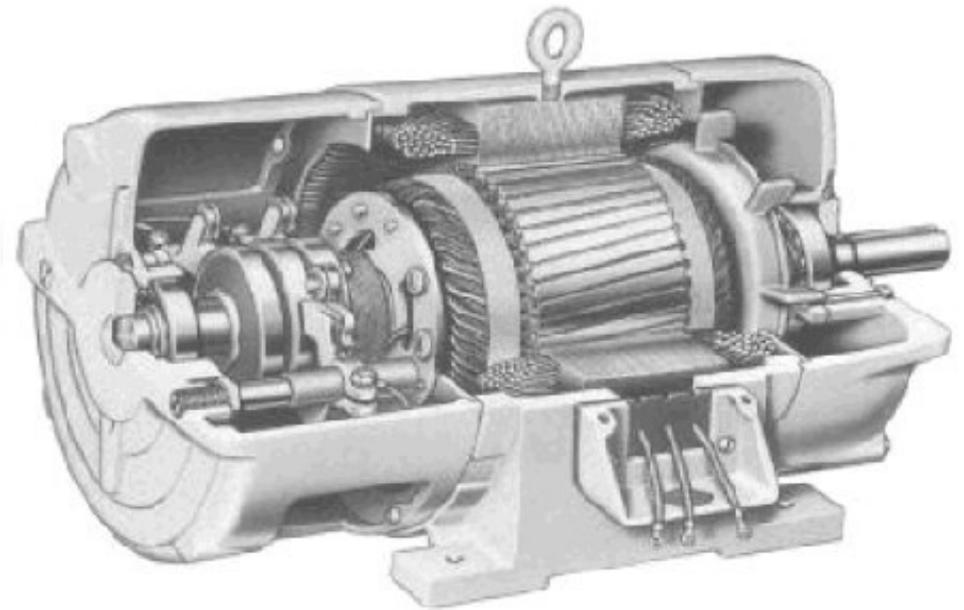
# Rotor bobinado



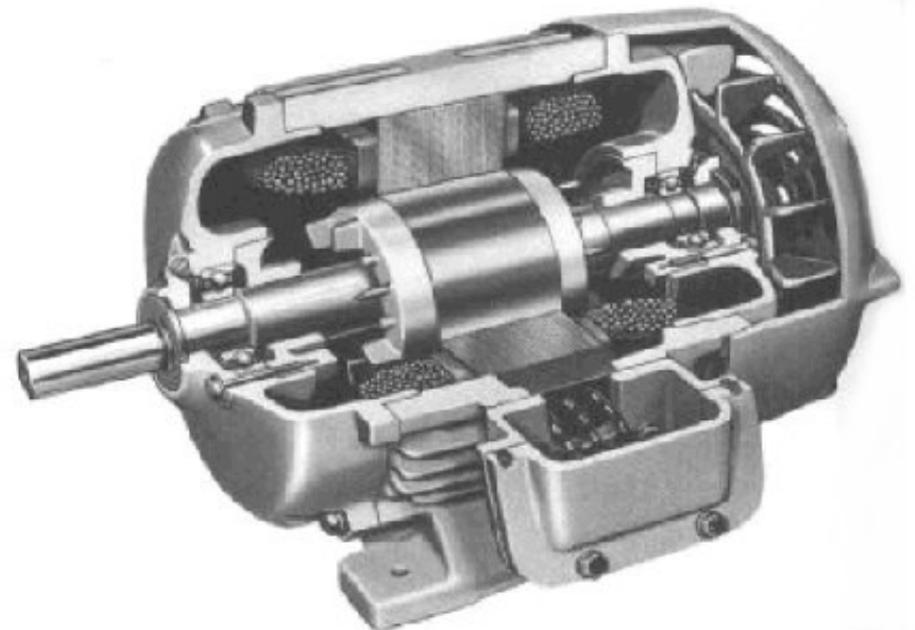
# Rotor bobinado



Rotor em gaiola  
X  
Rotor Bobinado

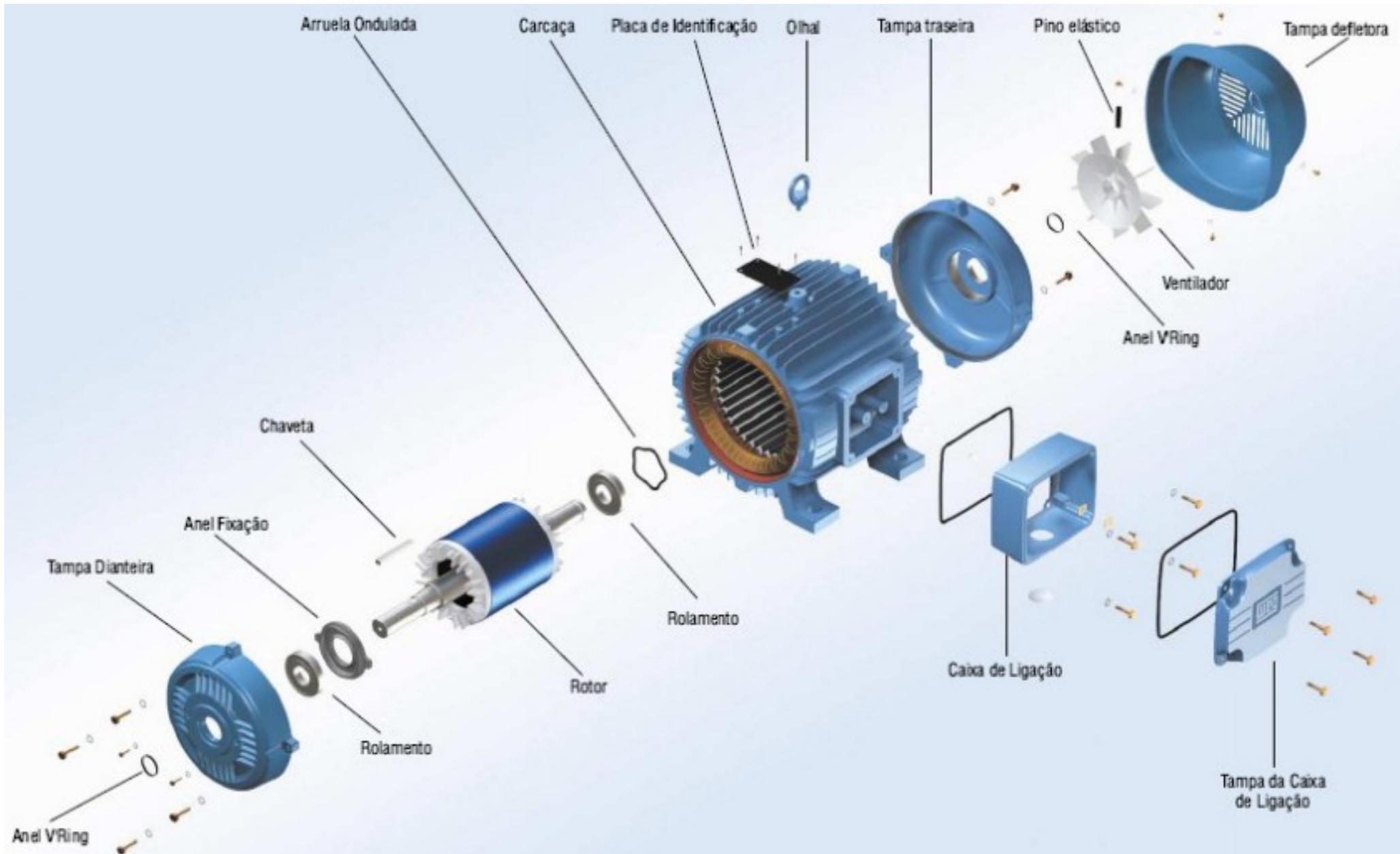


Motor asíncrono con rotor bobinado



Motor asíncrono de jaula de ardilla

# Constituição do motor de indução



# Motores de indução monofásicos

## Inconvenientes:

- Custo mais elevado que um motor 3Ø de mesma potência;
- Alcança apenas 60 a 70% da potência do motor 3Ø do mesmo tamanho;
- Apresenta rendimento e FP menores;
- Não é possível inverter diretamente o sentido de rotação de motores monofásicos.

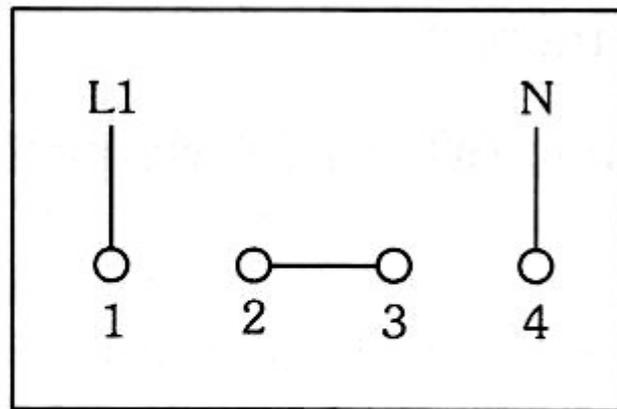
# Motor monofásico com dois terminais

- Destinado apenas a um valor de tensão;
- Não é possível a inversão do seu sentido de rotação;
- Exemplo: motores de pequenas bombas d'água, motores de ventilares grandes para o meio rural, etc.

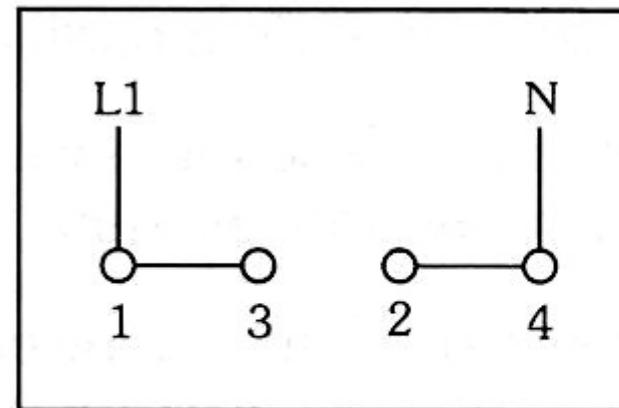
# Motor monofásico com quatro terminais

- Dois valores de tensão (110/220V);
- Não é possível inverter o sentido de rotação desse motor.

Esquemas:



220V – Ligação  
série

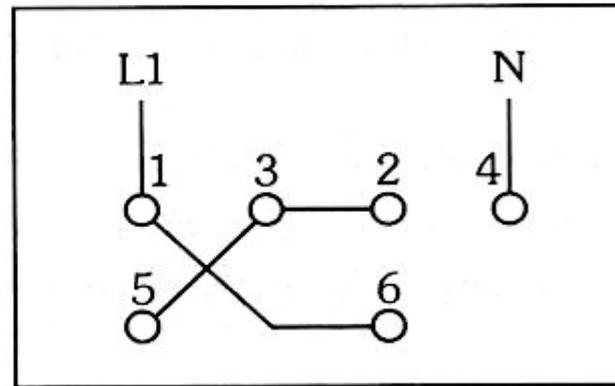
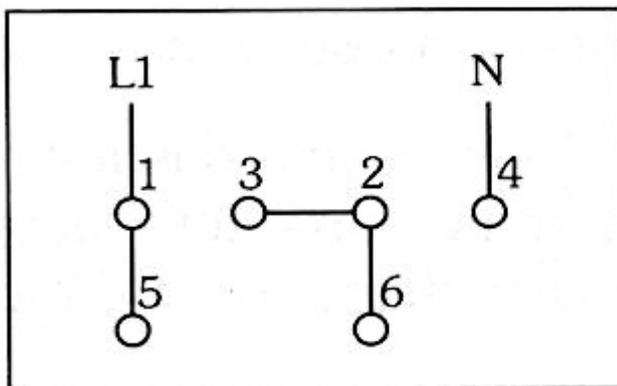


110V – Ligação  
paralelo

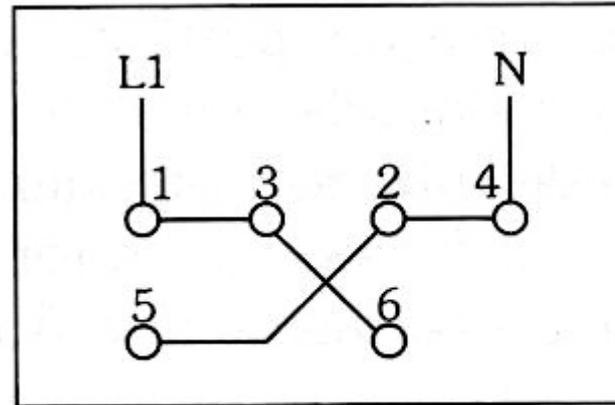
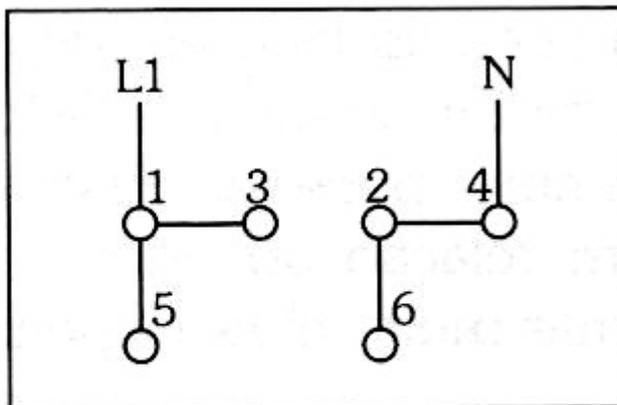
# Motor monofásico com seis terminais

- Permite dois tipos de alimentação diferentes;
- Pode-se inverter o sentido de giro desse motor.

Esquemas:



Inversão de  
sentido de rotação  
Série - 220V



Inversão de  
sentido de rotação  
Paralelo - 110V

# Motores de indução monofásicos

- Motor de pólos sombreados (Shaded pole);
- Motor de fase dividida (Split phase);
- Motor de capacitor de partida (capitor start);
- Motor de capacitor permanente (permanent split capacitor);
- Motor com dois capacitores (two value capacitor).

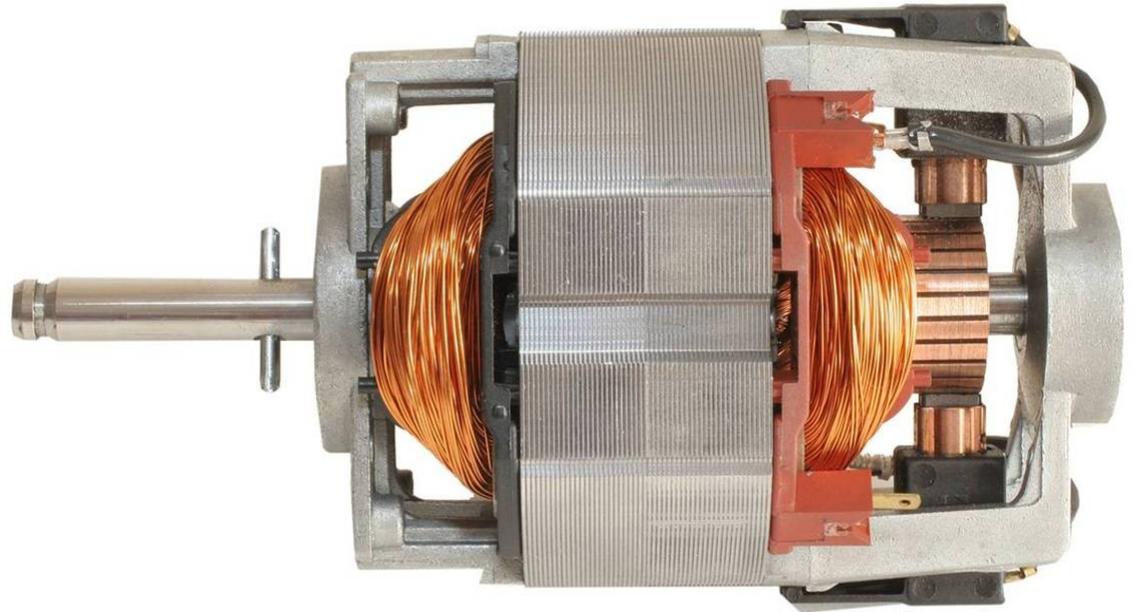
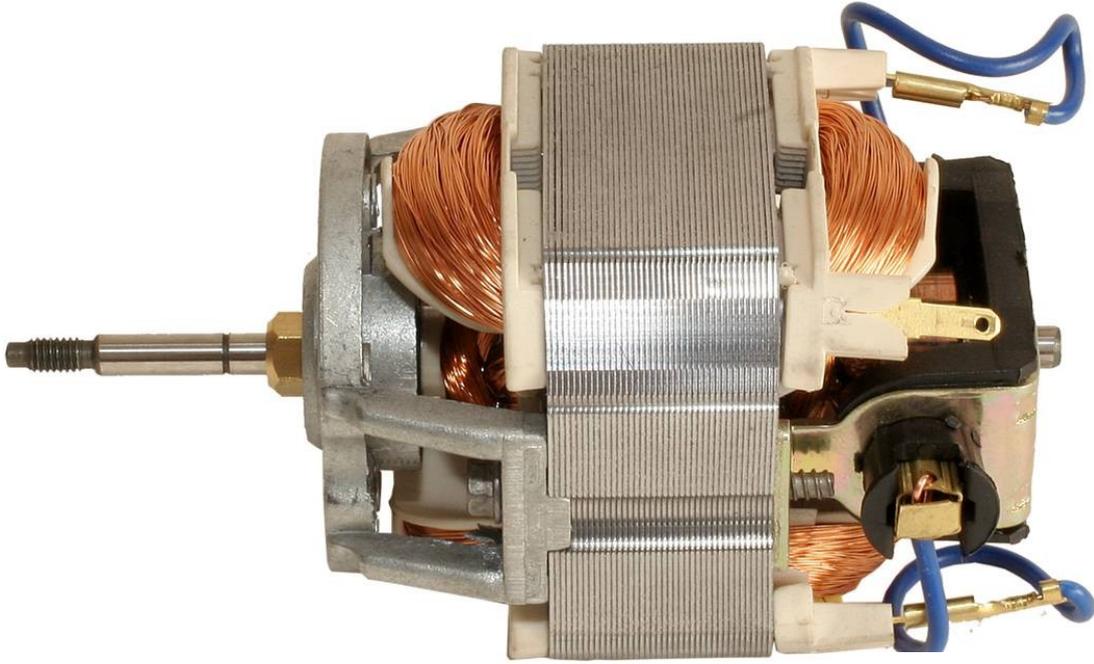
# Motor Universal

- Pode operar tanto em CA como CC;
- Velocidade variável (baixas velocidades para grandes conjugados e altas velocidades para pequenas cargas);
- O conjugado de partida também é elevado;

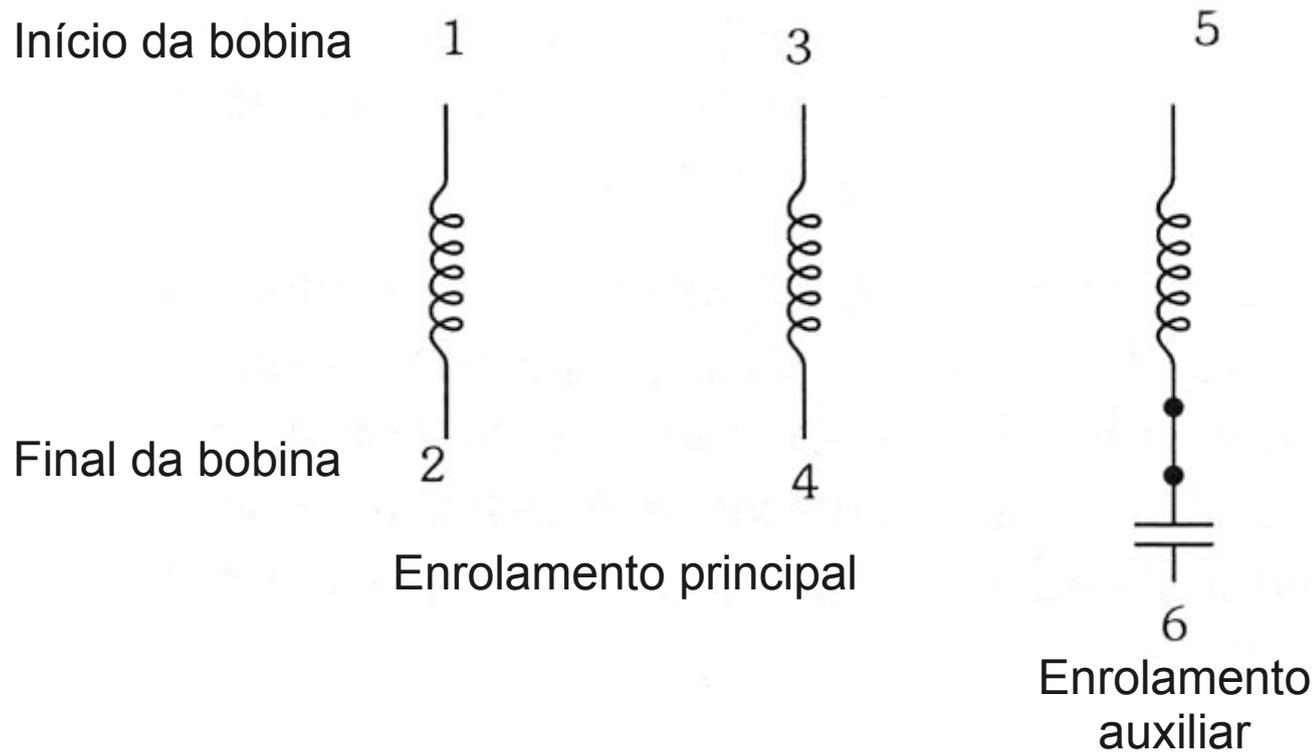
# Motor Universal

- São usados comumente em pequenos eletrodomésticos como furadeiras e lixadeiras que requerem conjugado elevado e liquidificadores, aspiradores de pó e bombas centrífugas que requerem alta velocidade;
- Normalmente são fabricados para potências fracionárias de até  $\frac{3}{4}$  cv uma vez que para potências acima de alguns cv funcionam precariamente em CA gerando grande faiscamento nas escovas e  $\eta$  e FP decrescem.

# Motor Universal



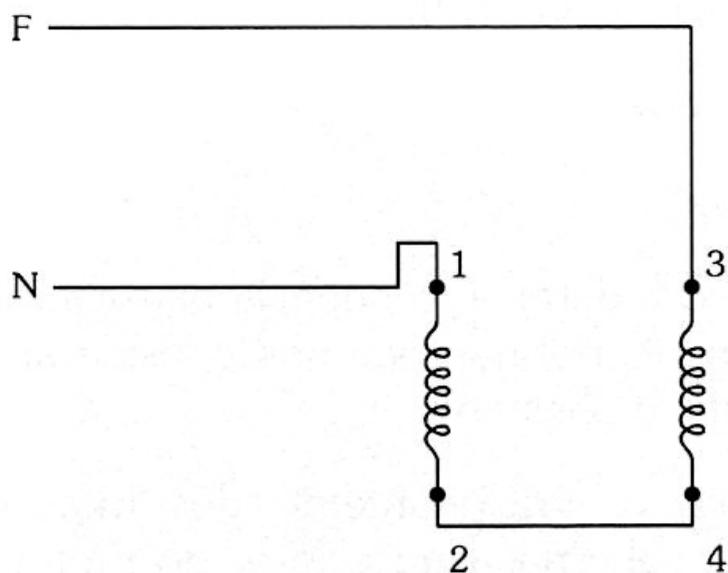
# Identificação das bobinas de um motor monofásico



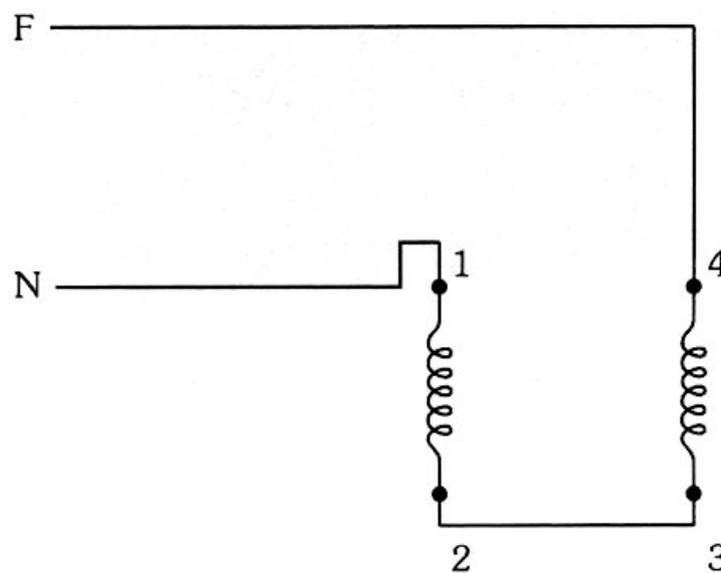
Para determinar os enrolamentos principais e auxiliar:

- Com ohmímetro mede-se a  $R$  de cada bobina. A que apresentar maior valor é a auxiliar.

# Polarização das bobinas principais



(1)



(2)

Após inverter uma das bobinas e medir a corrente novamente, deve-se aplicar os números 1, 2, 3 e 4, respectivamente, à ligação das bobinas que apresentar a menor corrente.

# Motores Síncronos

A velocidade do seu rotor é sincronizada com o campo girante que é estabelecido no estator.

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

Sendo:

$N_s$  = velocidade síncrona em rpm;

$f$  = frequência em Hz;

$p$  = número de pólos.

Como  $f$  e  $p$  são constantes, então  $N_s$  é constante.

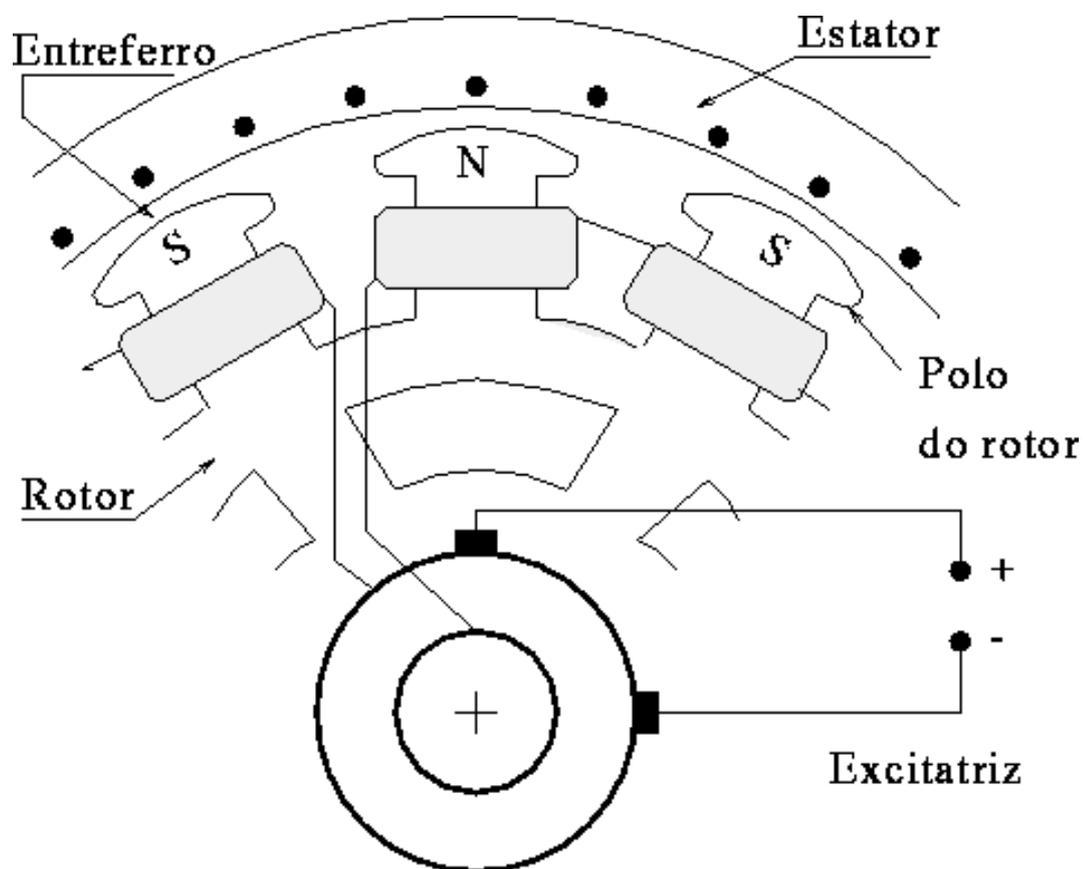
# Rotação síncrona em função do número de pólos, para a frequência de 60 Hz

---

$p$ Número de Pólos	$n$ Rotação síncrona
2	3600
4	1800
6	1200
8	900
10	720
12	600
14	514
16	450
18	400
20	360
24	300

---

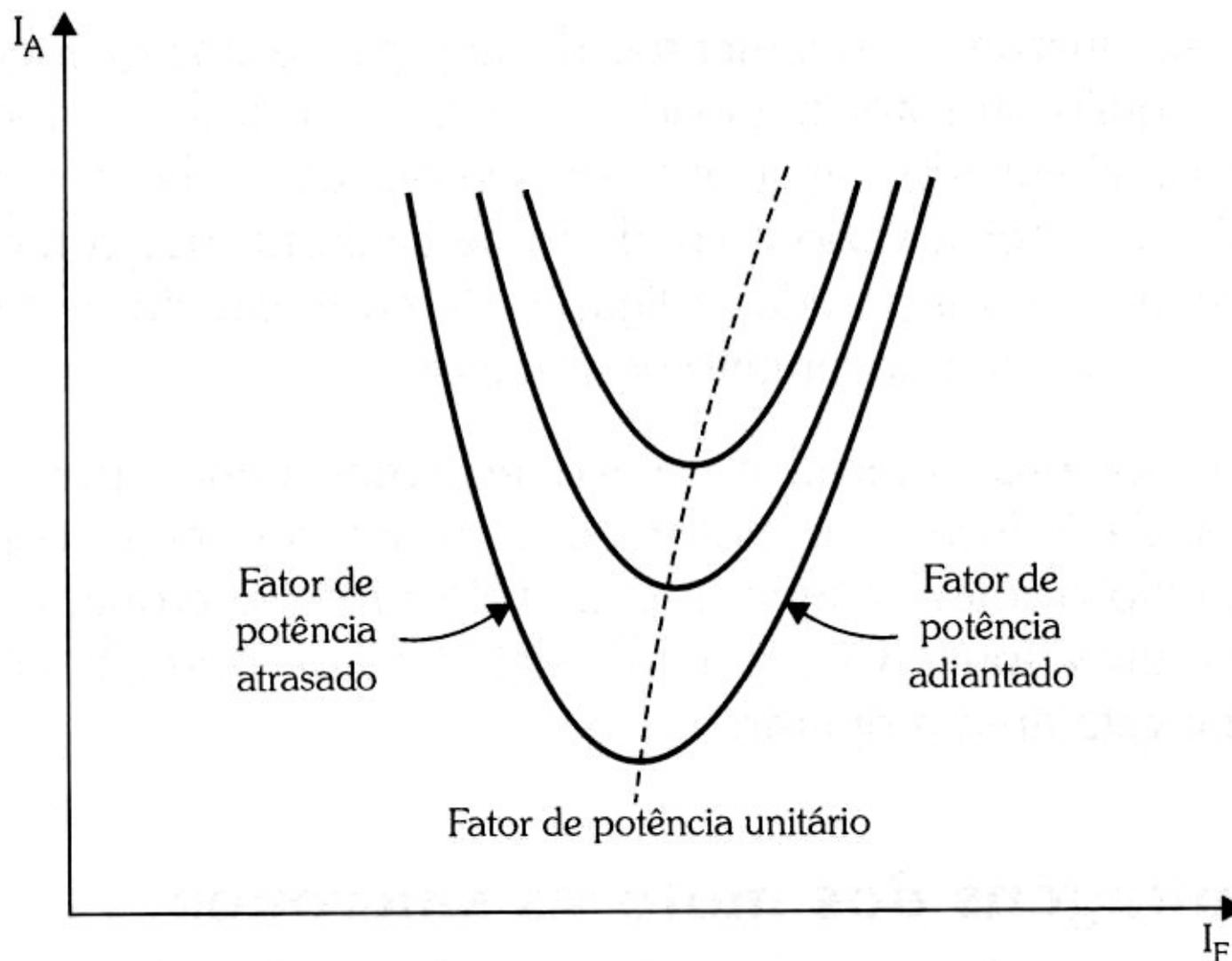
Nestes motores, o estator é alimentado com CA, enquanto o rotor é com CC proveniente de uma excitatriz (dínamo).



# Utilização do motor síncrono para correção do FP

- Devido à possibilidade de variação da excitação do campo, o motor síncrono possui a característica de variação do FP;
- O FP é diretamente dependente da corrente de excitação.

# Variação do FP em função da variação da corrente de excitação



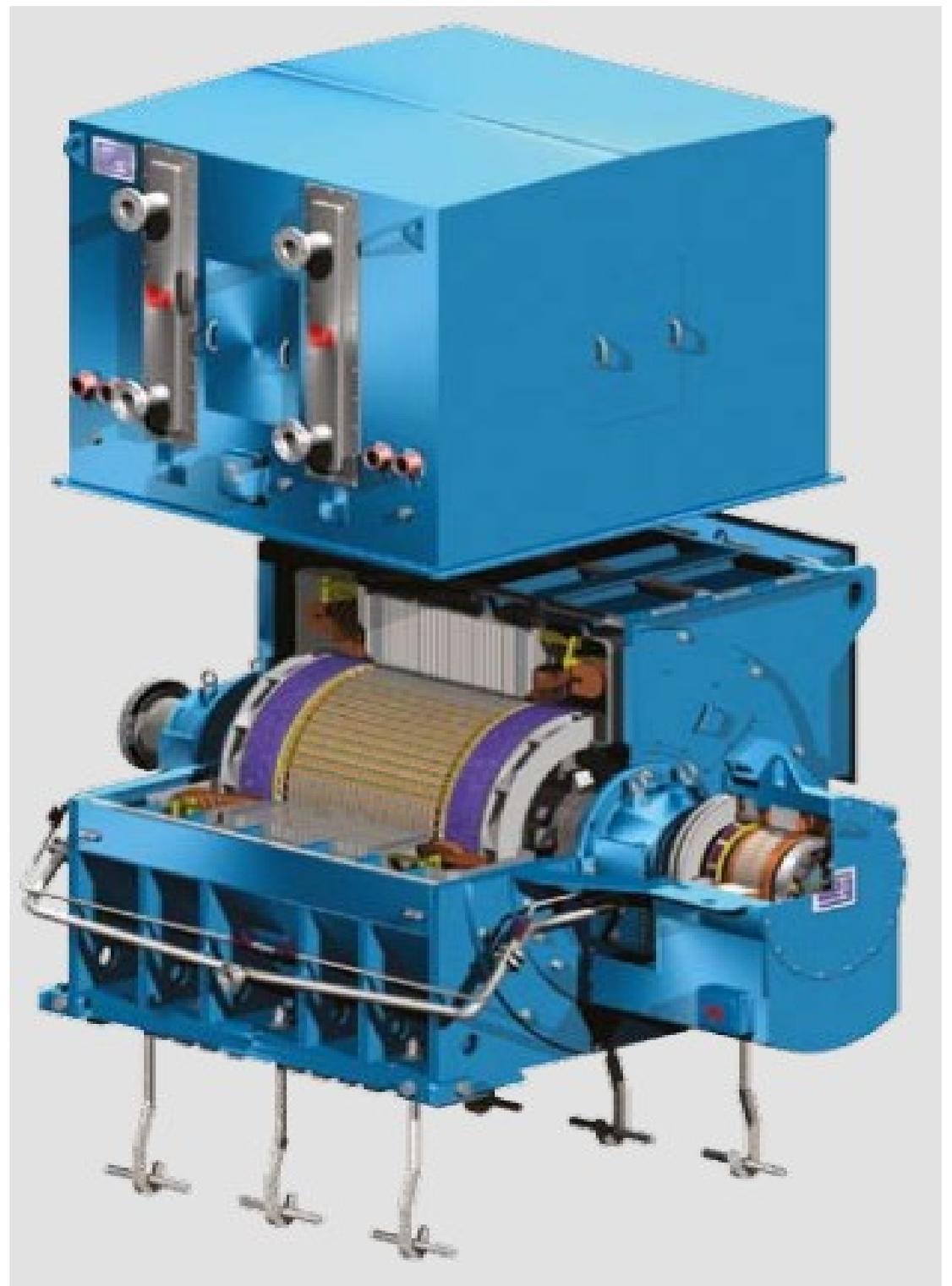
# Desvantagens dos motores síncronos em relação aos de indução

- Precisam de uma fonte de excitação em CC;
- Manutenção constante;
- Não parte apenas com CA no estator pois é necessário que o motor seja levado a uma velocidade suficiente, próxima da velocidade síncrona para que ele possa entrar em sincronismo com o campo girante.

# Vantagens dos motores síncronos em relação aos motores de indução

- Podem corrigir o FP;
- Possuem  $\eta$  maiores do que os motores de indução equivalentes, quando trabalham com  $FP = 1$ .

# Motor Síncrono



# Motores Assíncronos

- Giram numa rotação menor do que a rotação síncrona;
- Nestes motores, ocorre um deslizamento ou defasagem em relação à rotação síncrona, pois eles funcionam a uma velocidade menor que a síncrona.

Deslizamento ou escorregamento (S):

$$S = \frac{n_{síncrona} - n_{do\ motor}}{n_{síncrona}}$$

# Motores Assíncronos

## *Características*

- A velocidade a plena carga pode ser de 5 a 10% menor que o valor da velocidade com o motor sem carga;
- Os motores em gaiola absorvem, na partida, uma corrente que pode chegar de 5 a 7x a corrente a plena carga, mas desenvolvem um conjugado motor cerca de 1,5x o de plena carga, o que é muito conveniente para a demarragem das máquinas por eles acionadas.