

SEL0406 - Automação

Circuitos Elétricos / Acionamentos Elétricos

## Circuitos Eléctricos – Dispositivos de Protecção

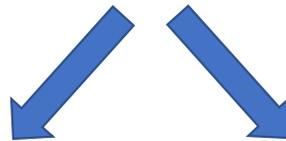
---

**Toda instalação eléctrica / acionamento eléctrico está sujeita a condições anormais de funcionamento**



**Sobrecorrente:**

corrente maior do que o valor nominal de projeto



**Sobrecarga**

**Curto-Circuito**



**Dispositivos de Protecção**  
**Foco: Instalações em**  
**baixa tensão**

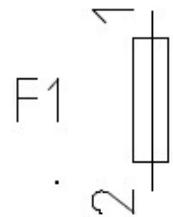
## Dispositivos de Proteção - Fusíveis

---

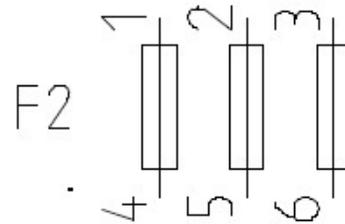
### Função:

- Interrupção do circuito em condições de curto-circuito ou sobrecarga (este em alguns casos).

### Simbologia:



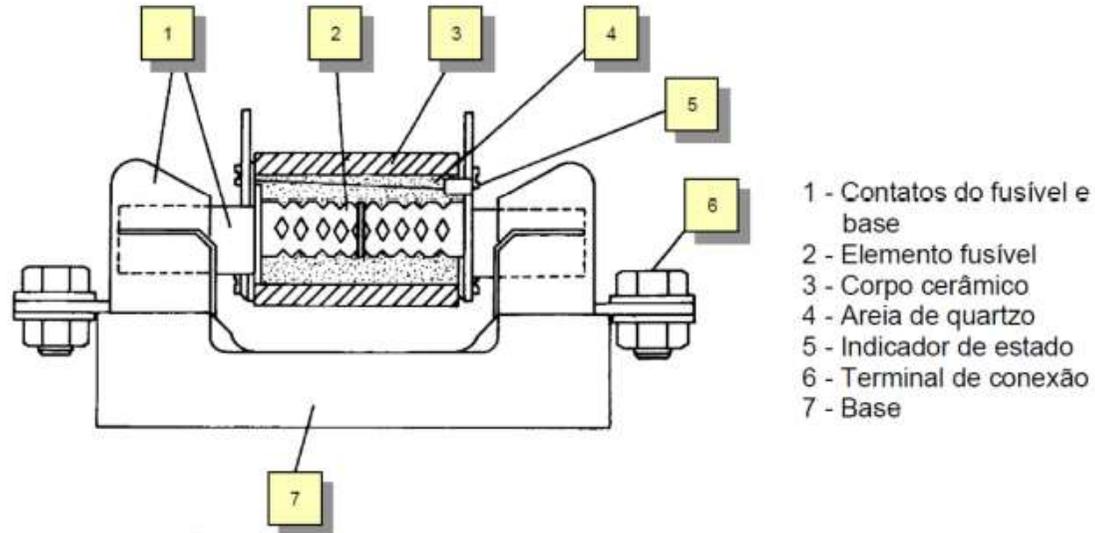
**unipolar**



**tripolar**

## Dispositivos de Proteção - Fusíveis

### Exemplo de construção de um fusível tipo NH, da SIEMENS



## Dispositivos de Proteção - Fusíveis

---

### Categorias:

Primeira Letra "minúscula"	a	Fusível limitador de corrente, atuando somente na presença de curto-circuito
	g	Fusível limitador de corrente, atuando tanto na presença de curto-circuito como
Segunda Letra "maiúscula"	G	Proteção de linha, uso Geral
	M	Proteção de circuitos Motores
	L	Proteção de Linha
	Tr	Proteção de Transformadores
	R	Proteção de Semicondutores, Ultra-Rápidos
	S	Proteção de Semicondutores e linha (combinado)

## Dispositivos de Proteção - Fusíveis

---

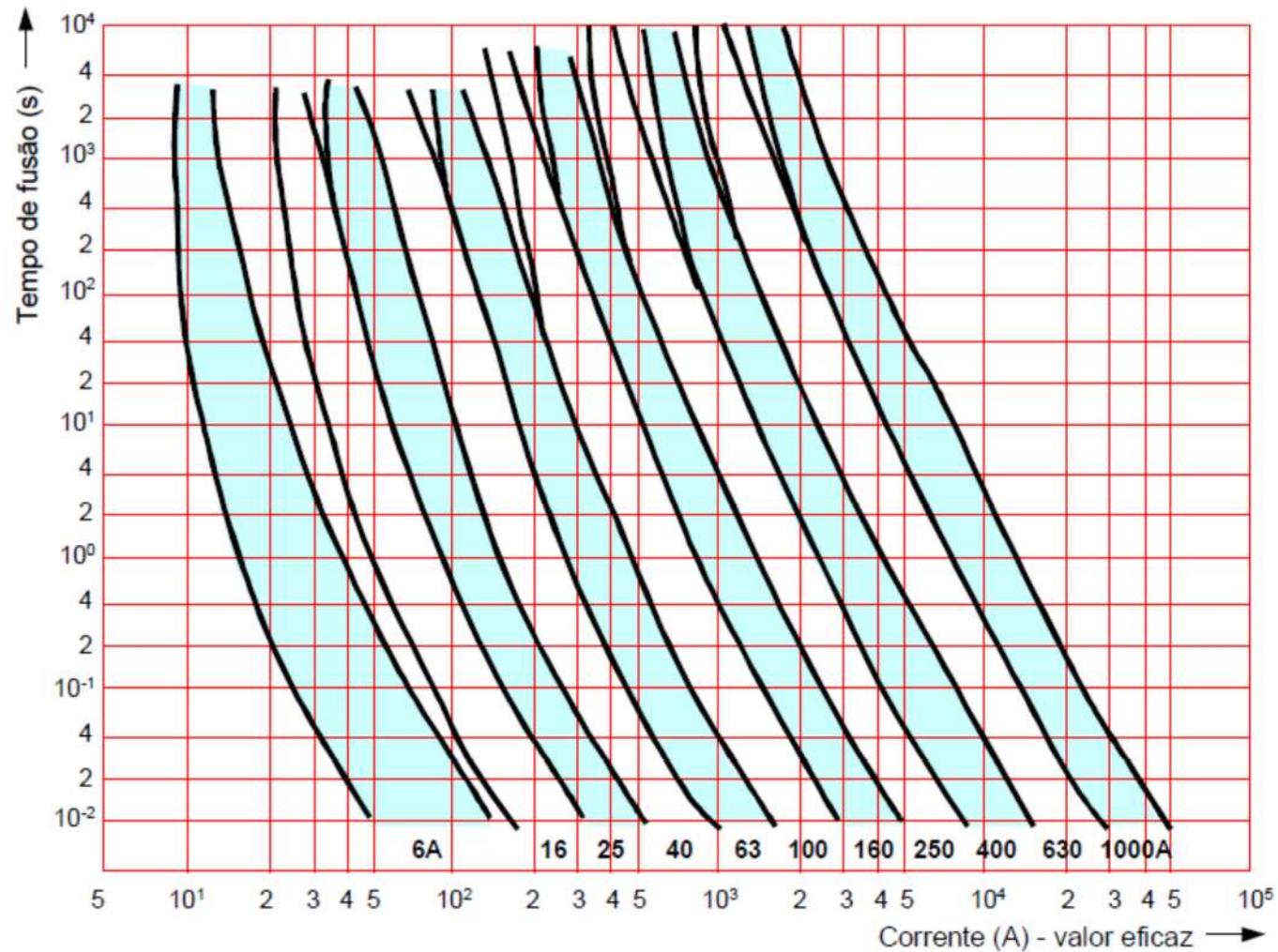
Exemplos:



Figura - Fusíveis tipo Cilindrico, Diazed e NH (Fabricante Siemens)

## Dispositivos de Proteção - Fusíveis

### Características de atuação (Exemplo)



## Dispositivos de Proteção – Relé de Proteção contra Sobrecarga

---

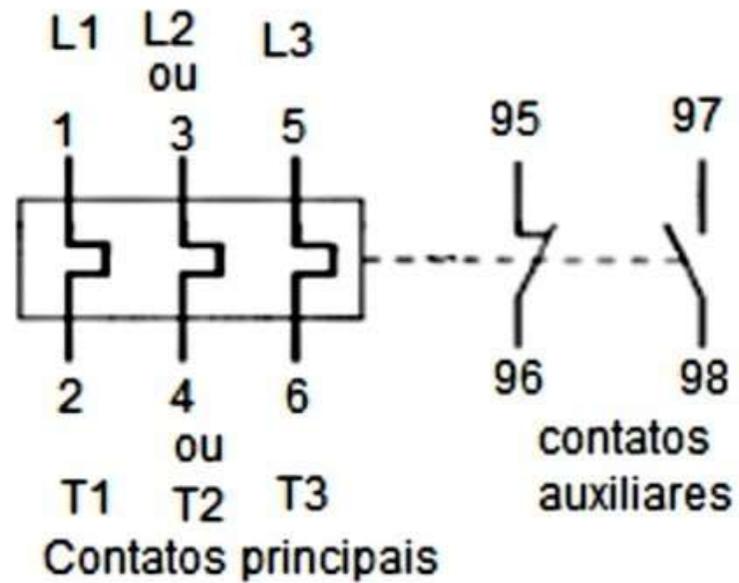
### Função:

- Interrupção do circuito em condições de sobrecarga que levam ao sobreaquecimento da carga.
- Por exemplo, em motores as principais causas de sobrecarga são:
  - Rotor bloqueado
  - Frequência de manobras excessivas
  - Partida dificultada (prolongada)
  - Sobrecarga em regime de operação
  - Falta de fase
  - Desvio de tensão e de frequência

## Dispositivos de Proteção – Relé de Proteção contra Sobrecarga

---

**Simbologia:**



## Dispositivos de Proteção – Relé de Proteção contra Sobrecarga

### Esquemático de um relé de sobrecarga

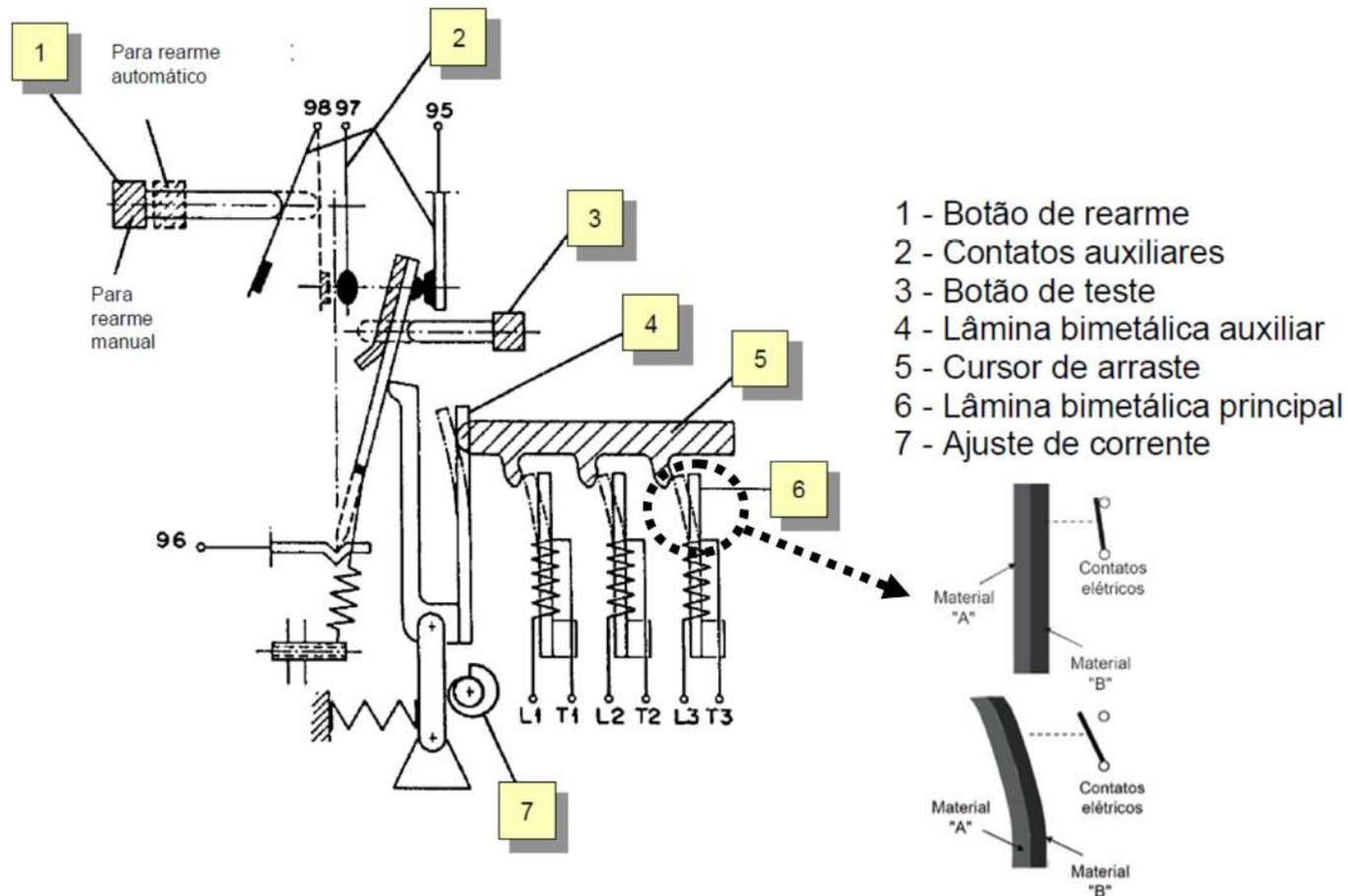


Figura – Esquemático de um relé de sobrecarga, baseado de SIEMENS, 2003

## Dispositivos de Proteção – Relé de Proteção contra Sobrecarga

---

Exemplo de um relé de sobrecarga



## Dispositivos de Proteção – Relé de Proteção contra Sobrecarga

### Classes de disparo – proteção de motor

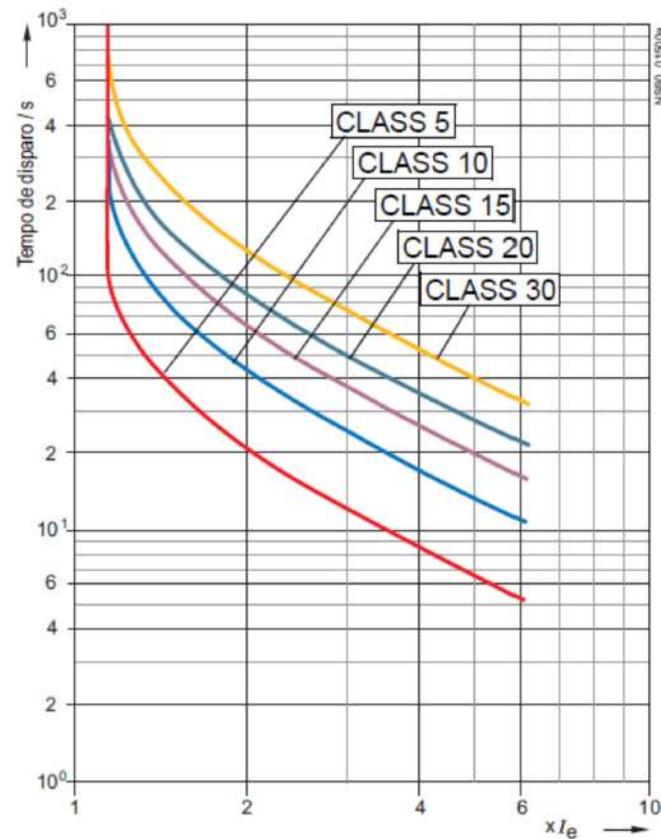


Figura – Classe de disparo, curva de proteção de sobrecarga do motor

## Dispositivos de Proteção – Disjuntores de Baixa Tensão

---

### Função:

- Interrupção do circuito em condições de curto-circuito e sobrecarga.
- Também conhecido como disjuntor termomagnético, pois possui um elemento térmico para proteção contra sobrecargas e um elemento magnético para proteção contra curtos-circuitos (correntes muito elevadas)

### Simbologia:

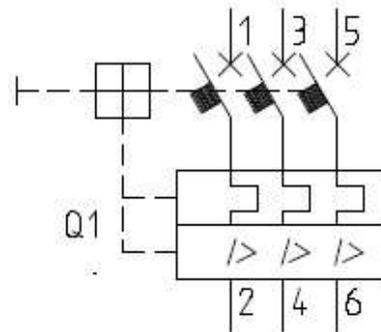


Figura 3.31. Simbologia para disjuntor tripolar

## Dispositivos de Proteção – Disjuntores de Baixa Tensão

### Esquema de operação:

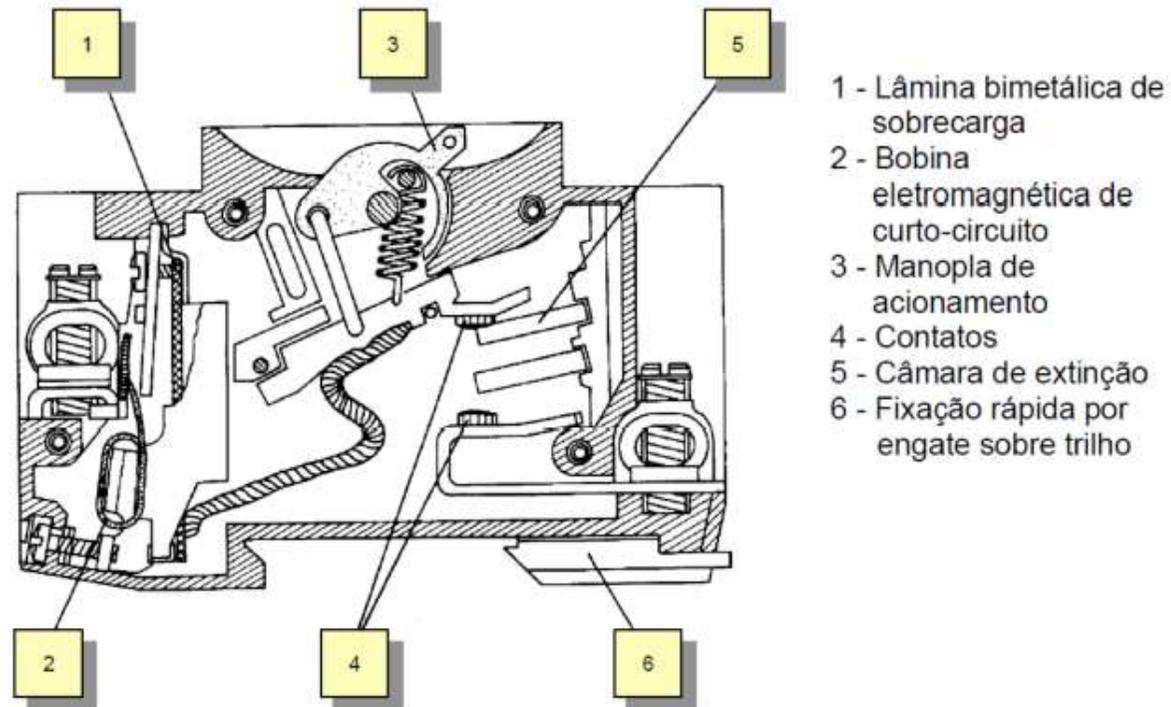


Figura – Esquemático de um disjuntor, baseado de Siemens, 2003

## Dispositivos de Proteção – Disjuntores de Baixa Tensão

---

**Exemplo de um disjuntor de baixa tensão:**

Corrente nominal  
Capacidade de ruptura



## Dispositivos de Proteção – Disjuntores de Baixa Tensão

### Curvas características:

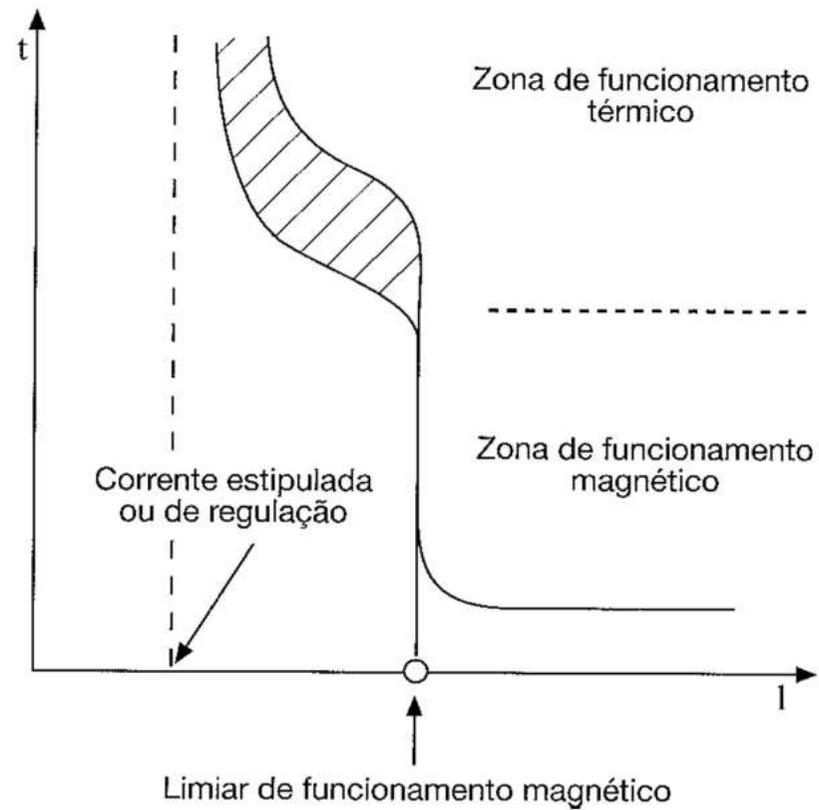


Figura 3.32. Curva característica de disjuntores

## Dispositivos de Proteção – Disjuntores de Baixa Tensão

---

### Curvas características:

- Tipo B: o seu limiar de disparo magnético é muito baixo (ideal para cargas elétricas resistivas que possuem corrente de partida reduzida), entre 3 e 5 vezes sua corrente nominal  $I_n$ .
- Tipo C: o seu limiar de disparo magnético permite-lhe ser de uso geral, entre 5 e 10 vezes sua corrente nominal  $I_n$ .
- Tipo D: o seu limiar de disparo magnético alto permite utilizá-lo na proteção de circuitos com elevados picos de corrente de partida, como em cargas indutivas, entre 10 e 20 vezes sua corrente nominal  $I_n$ .

# Dispositivos de Proteção – Disjuntores de Baixa Tensão

## Curvas características:

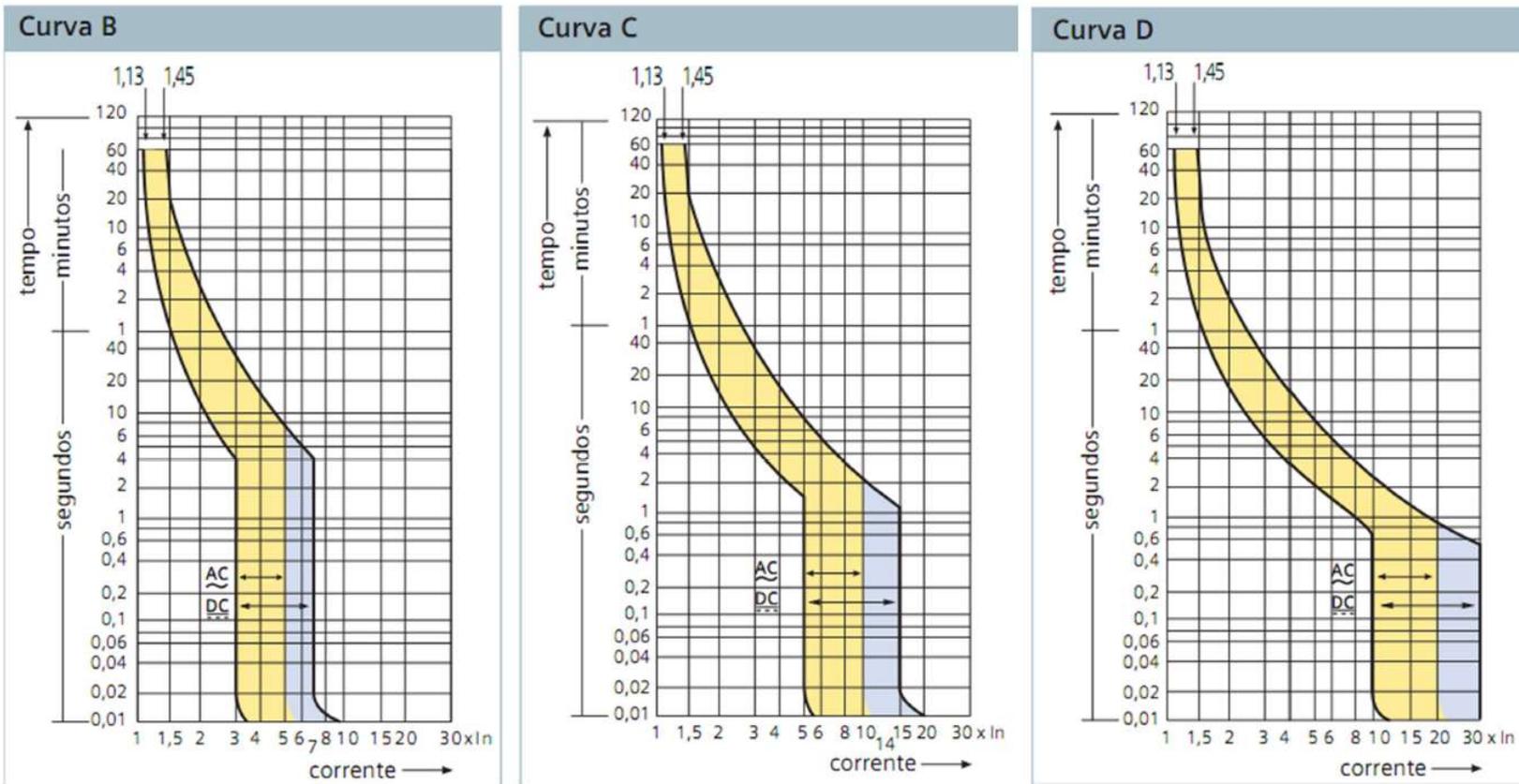
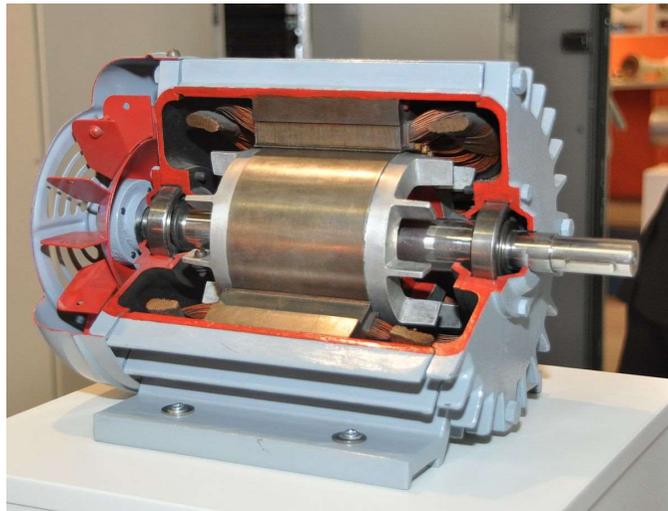
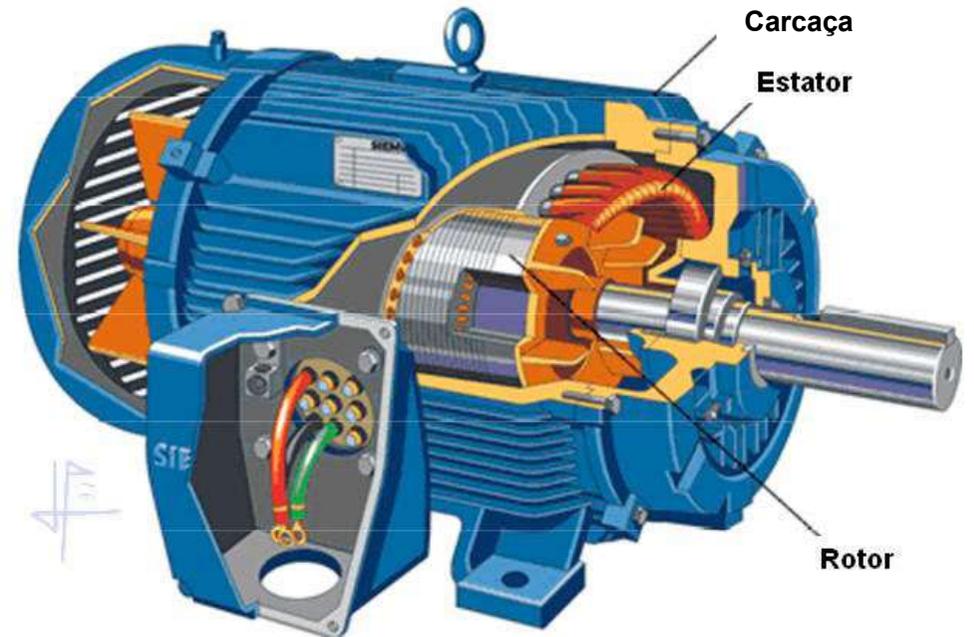


Figura 3.33. Curvas de disparo de disjuntores

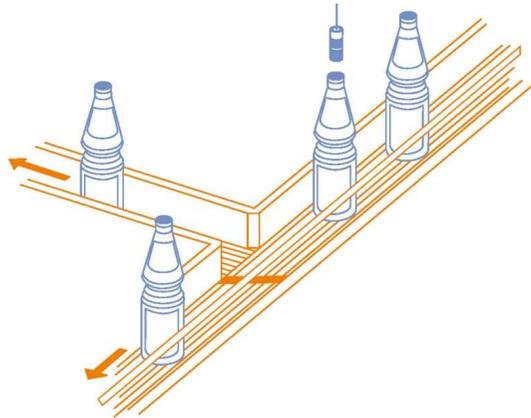
---

# ACIONAMENTO DE MÁQUINAS

## Motores de Indução Trifásicos



# Motores de Indução Trifásicos - Aplicações



## ELEVADOR PERSONAS Y MATERIALES EPM-1500/150

### Características Técnicas

Altura máxima	m. 150
Distancia entre anclajes	m. 6
Carga útil	Kg. 1500
Capacidad como Ascensor (personas)	14
Largo Cabina	mm. 2000
Ancho Cabina	mm. 1750
Alto Cabina	mm. 2000
Tension trifásica	220/380 - 50 Hz.
Velocidad de subida	m/min. 30
Potencia motor con variador de frecuencia	Kw. 8

### FRENO DE EMERGENCIA CENTRIFUGO-MECANICO



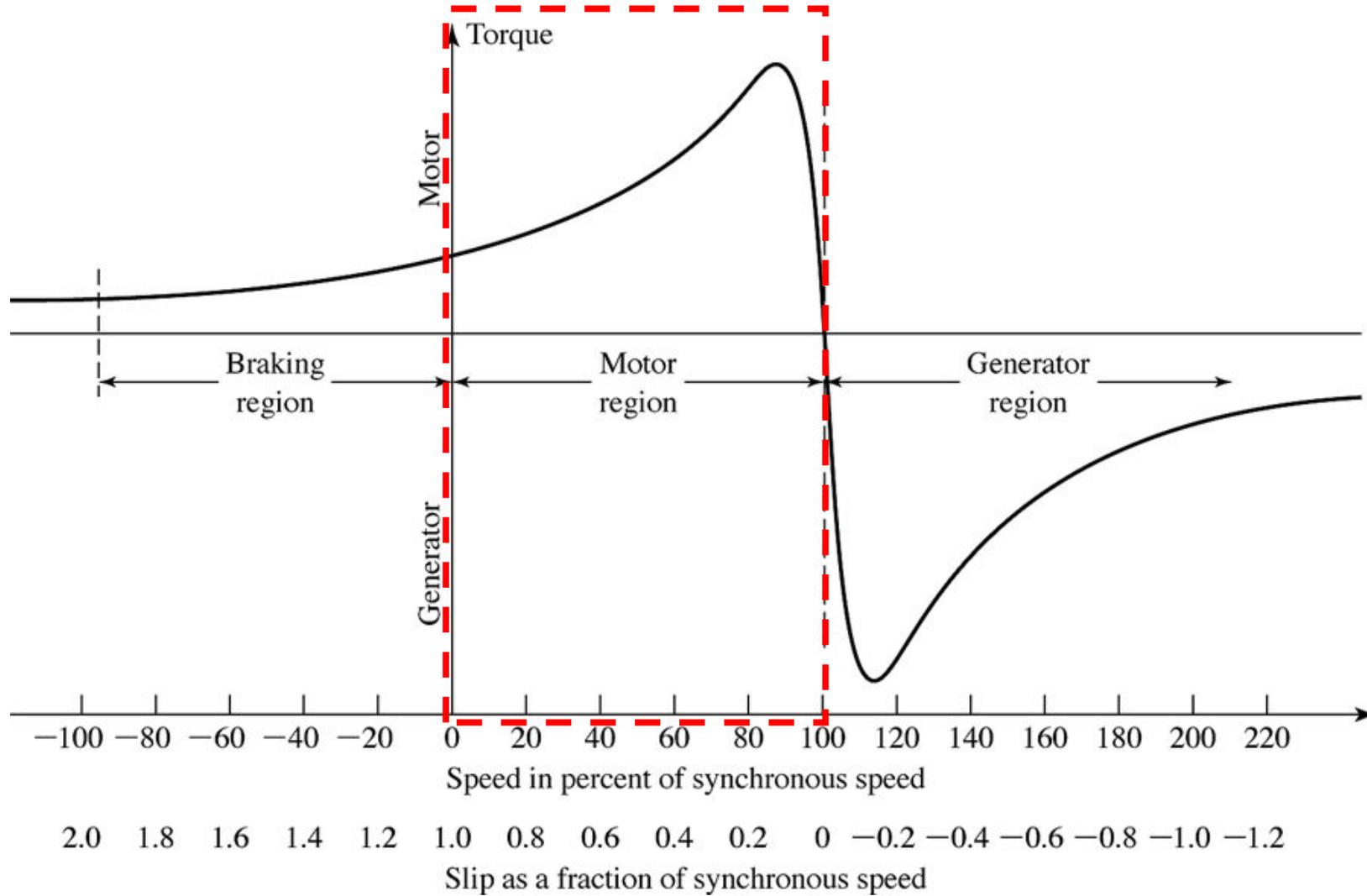
1500 Kg
1500 Kg
1500 Kg
1500 Kg

EPM-1500/150

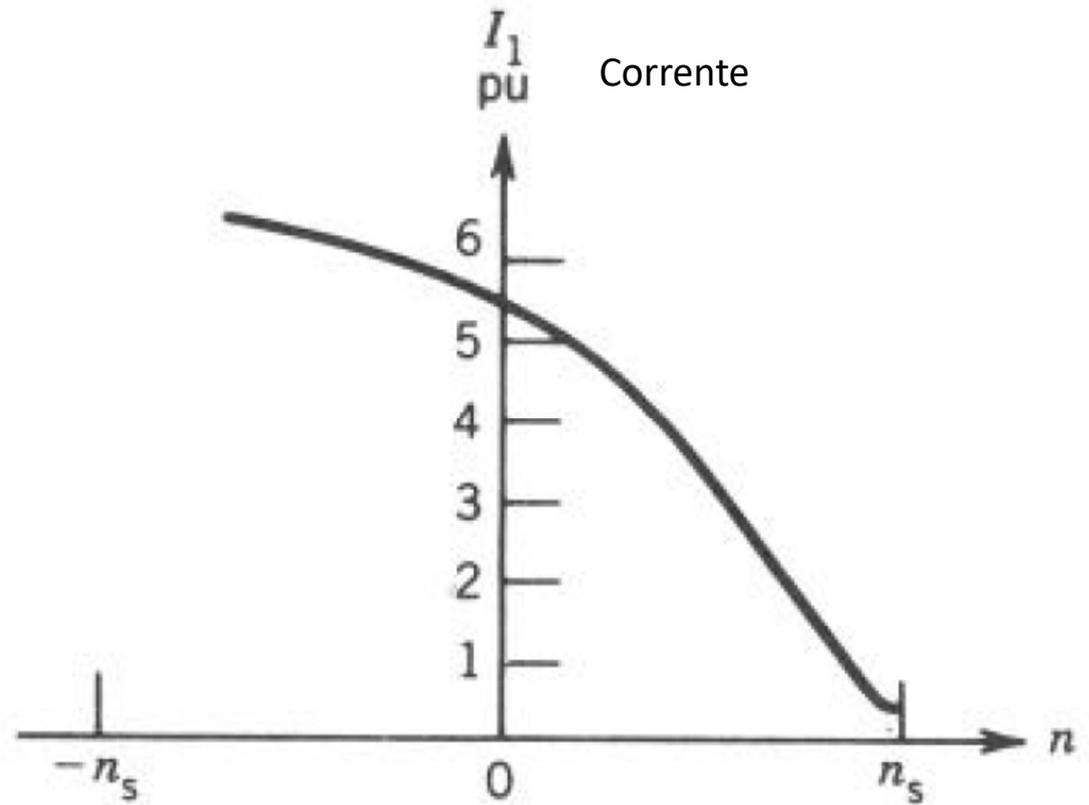
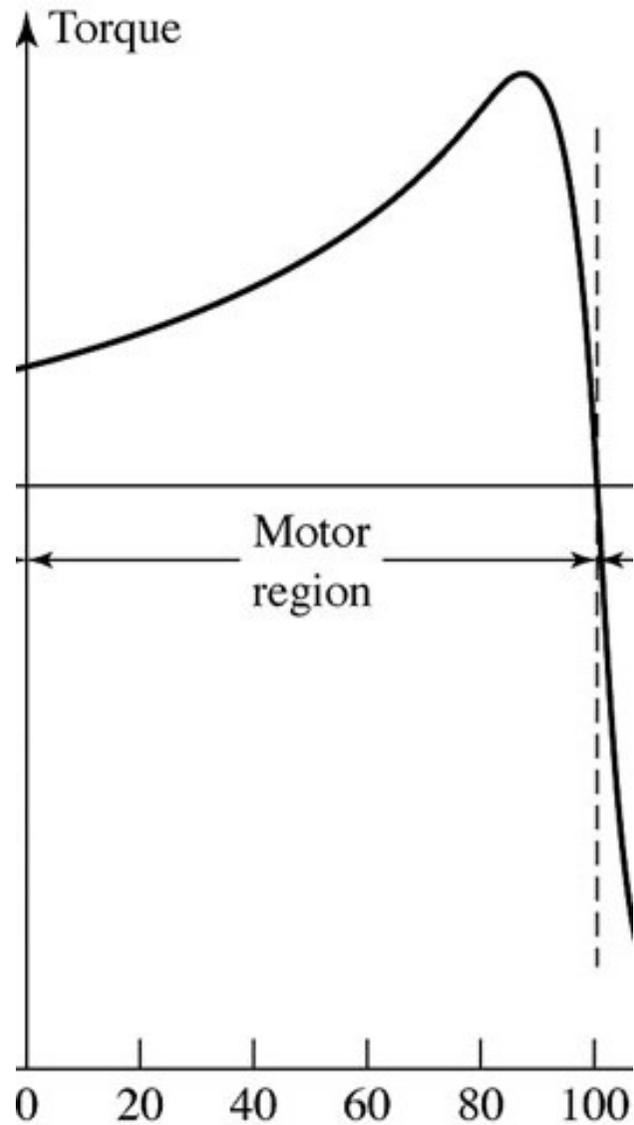


Em países industrializados de 40 a 75% da carga é formada por motores de indução

## Motores de Indução Trifásicos – Curva Torque x Velocidade

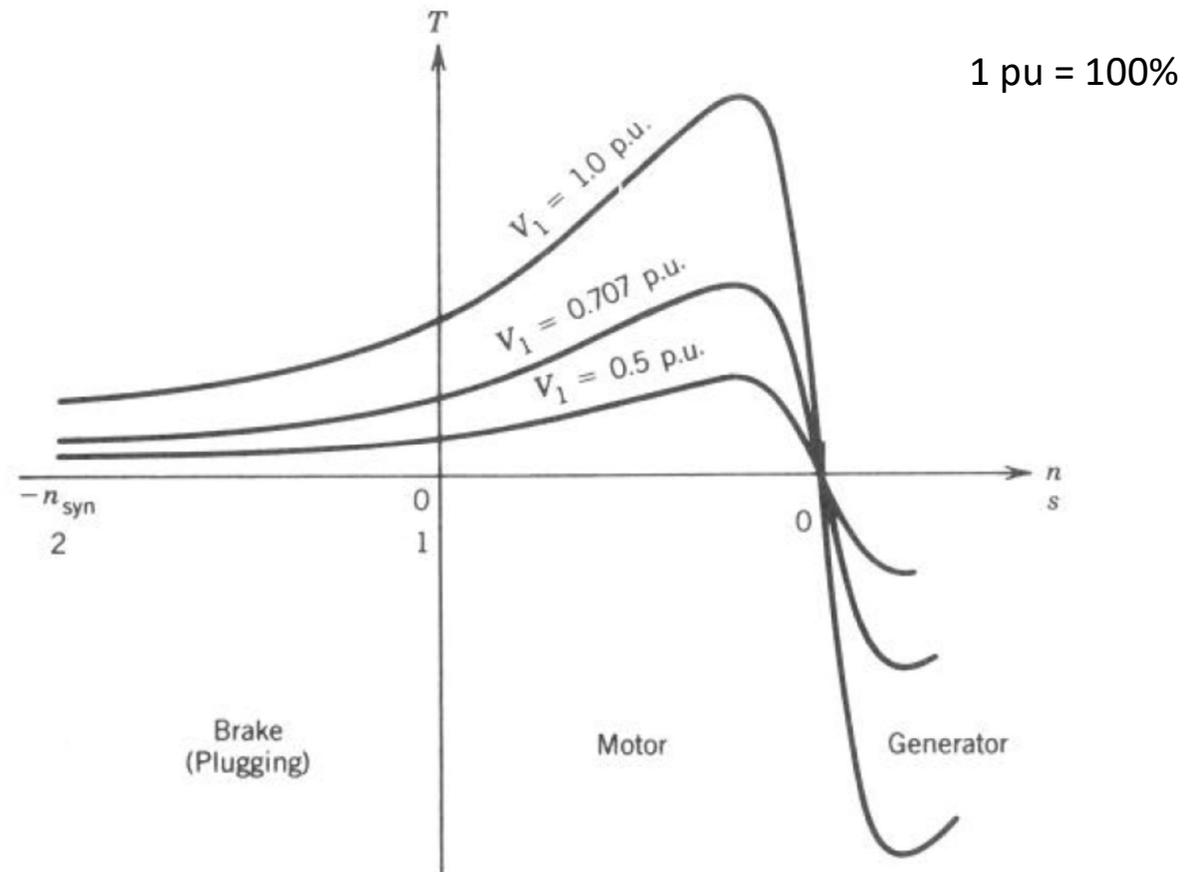


## Motores de Indução Trifásicos – Curva Torque x Velocidade e Corrente x Velocidade



## Motores de Indução Trifásicos – Curva Torque x Velocidade e Corrente x Velocidade

Influência da tensão aplicada ao motor:



## Motores de Indução Trifásicos – Características de Partida

---

⇒ **Categorias de partida: (motores com rotor gaiola de esquilo)**

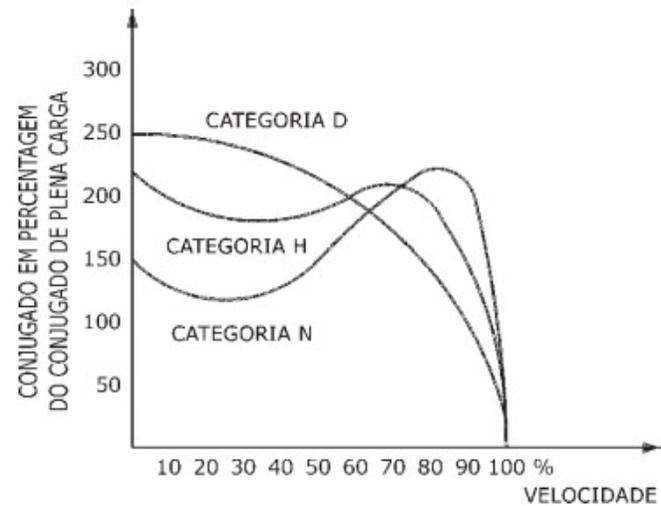
⇒ **Categoria N:** acionamento de bombas, ventiladores e outras cargas consideradas normais;

⇒ **Categoria H:** acionamento de cargas que exigem elevado conjugado na partida: peneiras, transportadores, britadores etc

⇒ **Categoria D:** acionamento de prensas excêntricas e outras cargas que apresentem picos periódicos de conjugado. Também empregados em cargas que exijam elevado torque de partida.

## Motores de Indução Trifásicos – Características de Partida

Categorias de partida	Torque de partida	Corrente de partida	Escorregamento
N	Normal	Normal	Baixo
H	Alto	Normal	Baixo
D	Alto	Normal	Alto

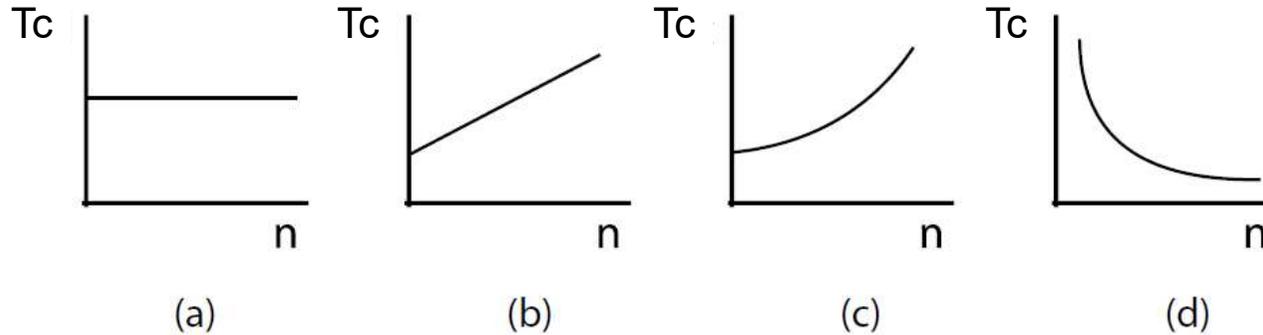


Fonte: Guia de Aplicação – Inversores de Frequência - WEG

## Motores de Indução Trifásicos – Características de Partida

---

⇒ Basicamente, existem os seguintes tipos de cargas em um ambiente industrial:



(a) pontes rolantes, esteiras, guinchos, elevadores e semelhantes

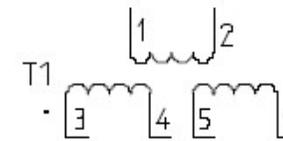
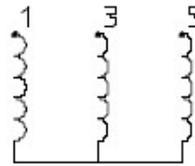
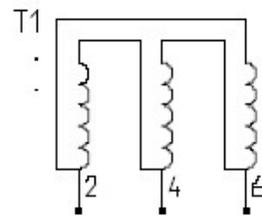
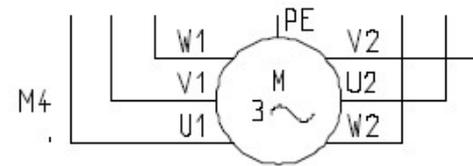
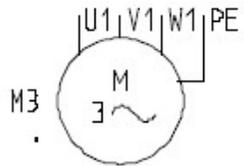
(b) moinhos de rolo, bombas de pistão, plainas e serras

(c) ventiladores, misturadores, bombas centrífugas, exaustores e compressores

(d) máquinas operatrizes, frezadoras, mandriladoras e bobinadeiras

# Motores de Indução Trifásicos – Acionamento / Partida

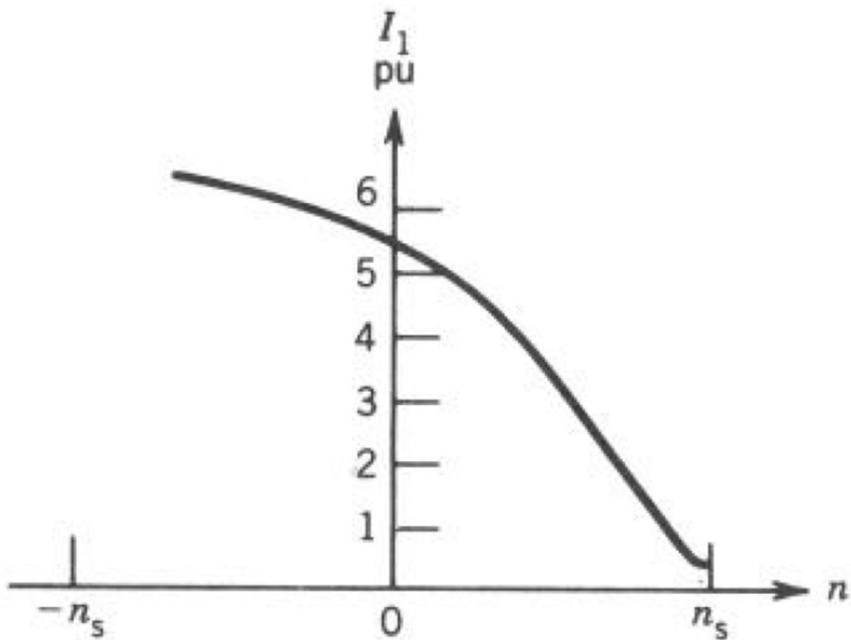
## Simbologia de motores



## Motores de Indução Trifásicos – Acionamento / Partida

---

O problema da partida de motores



## Motores de Indução Trifásicos – Acionamento / Partida

---

### O que se observar no dimensionamento da partida dos motores?

- Características da máquina a ser acionada (CARGA): deve-se atentar para o momento de inércia e torque resistente da carga, que implica no valor de corrente e tempo de partida;
- Circunstancias da disponibilidade de potência de alimentação: deve limitar as perturbações da rede elétrica, principalmente na partida dos motores, por exemplo: quedas de tensão, sobrecarga do sistema de alimentação (geradores, transformadores, rede UPS, etc);
- Confiabilidade do serviço: verificar a necessidade de controle de velocidade, posição ou torque, inversão de rotação, entre outros;
- Distância da fonte de alimentação, devido a queda de tensão em regime normal de operação.

## Motores de Indução Trifásicos – Acionamento / Partida

---

**O que se observar no dimensionamento da partida dos motores?**

- Capacidade de condução de corrente
- Queda de tensão em regime permanente e na partida do motor

## Motores de Indução Trifásicos – Acionamento / Partida

---

### Componentes necessários para o circuito de potência do acionamento:

- Seccionamento;
- Proteção (Sobrecarga, curto-circuito, outras como falta de fase, sub e sobretensão, sub e sobrecorrente, etc);
- Manobra

## Motores de Indução Trifásicos – Acionamento / Partida

---

### Quanto à proteção do circuito de manobra dos motores:

#### - Coordenação Tipo 1

Sem risco para as pessoas e instalações, ou seja, desligamento seguro da corrente de curto-circuito. Porém, o dispositivo de partida não estará em condições de continuar funcionando após o desligamento, permitindo danos ao contator e ao relé de sobrecarga.

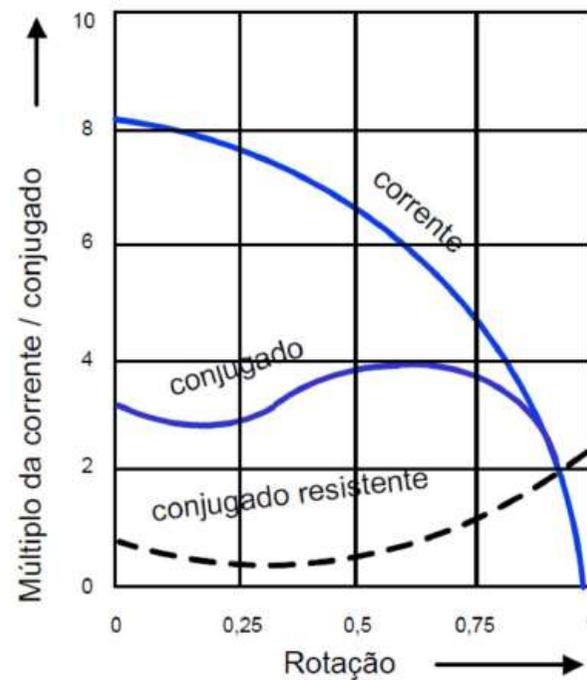
#### - Coordenação Tipo 2

Sem risco para as pessoas e instalações, ou seja, desligamento seguro da corrente de curto-circuito. Não pode haver danos ao relé de sobrecarga e outras partes com exceção de leve fusão dos contatos do contator e estes permitam fácil separação sem deformação significativa.

## Motores de Indução Trifásicos – Acionamento / Partida – Partida Direta

### Partida Direta:

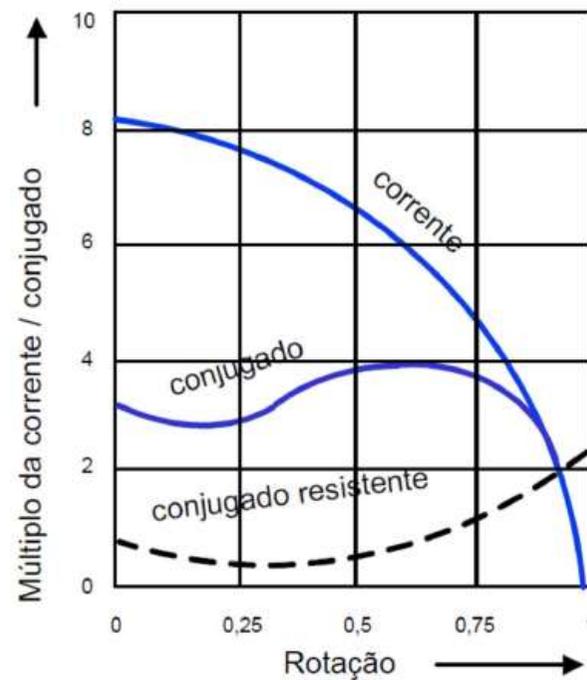
- Conexão direta do motor com a fonte de alimentação, com fornecimento de tensão nominal.
- Elevada corrente de partida
- Torque elevado



## Motores de Indução Trifásicos – Acionamento / Partida – Partida Direta

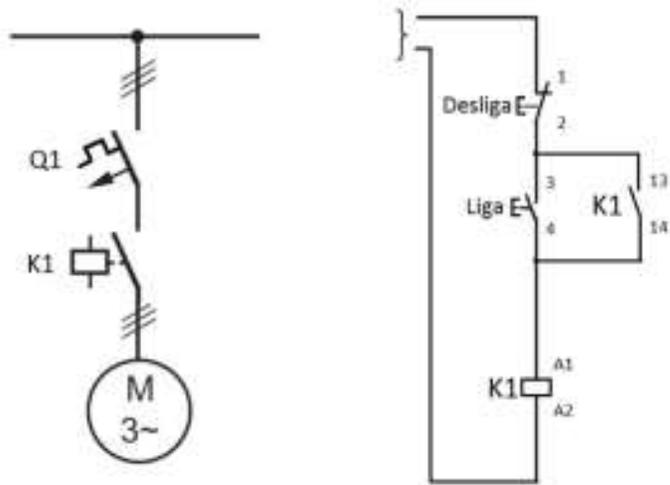
### Partida Direta:

- Conexão direta do motor com a fonte de alimentação, com fornecimento de tensão nominal.
- Elevada corrente de partida
- Torque elevado

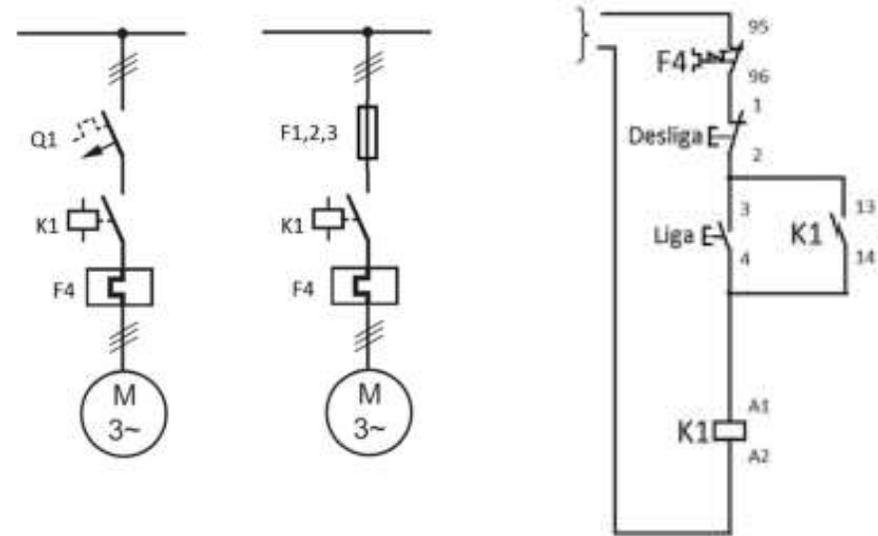


# Motores de Indução Trifásicos – Acionamento / Partida – Partida Direta

## Partida Direta: Exemplos



Esquema 1

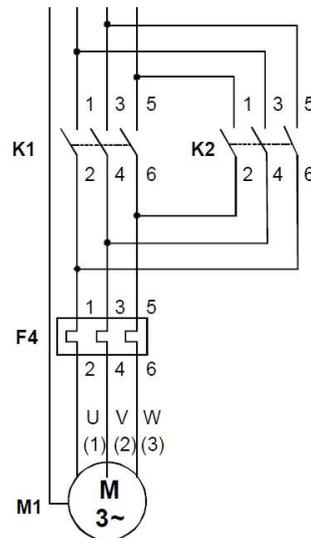


Esquema 2

## Motores de Indução Trifásicos – Acionamento / Partida – Partida Reversora

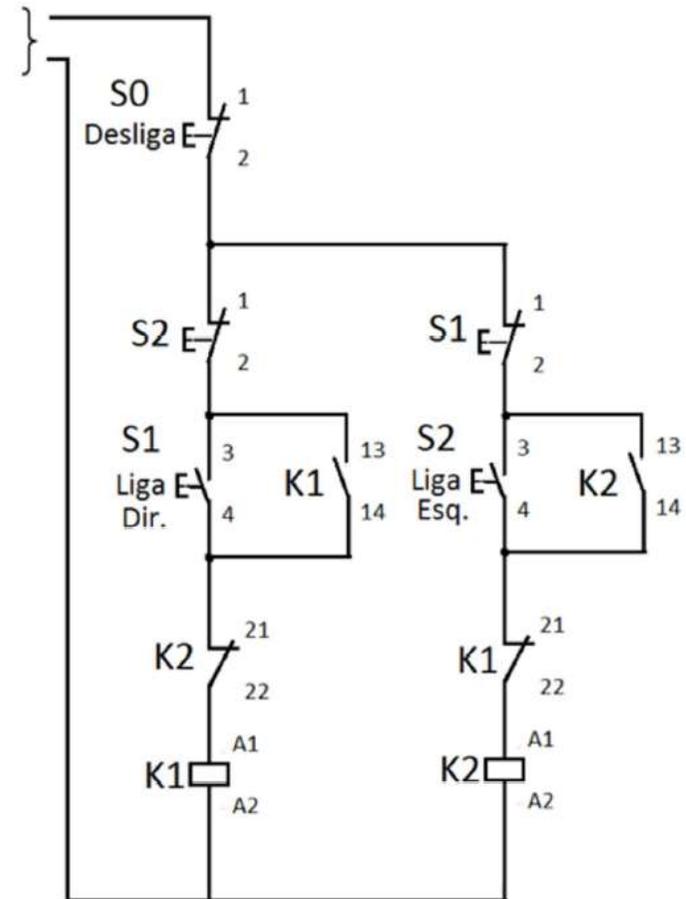
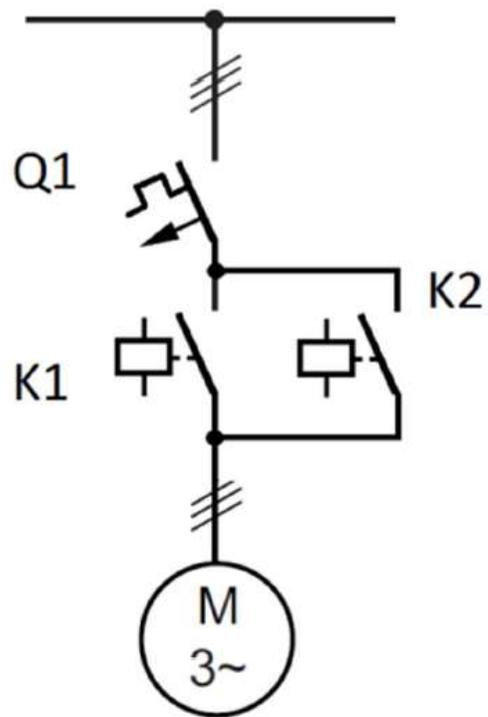
### Partida Reversora:

- Quando há necessidade de inverter o sentido de rotação do motor.
- Como inverter o sentido de rotação de um motor trifásico? Invertendo a sequência de fases: abc para acb
- Contatores devem ser intertravados mecanicamente para não provocar curto-circuito.



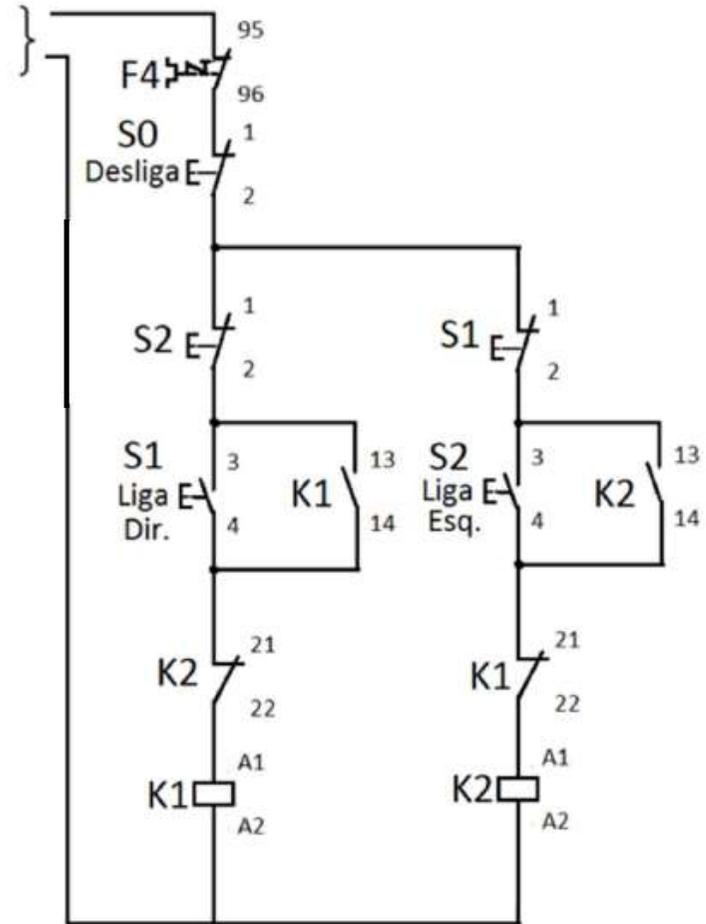
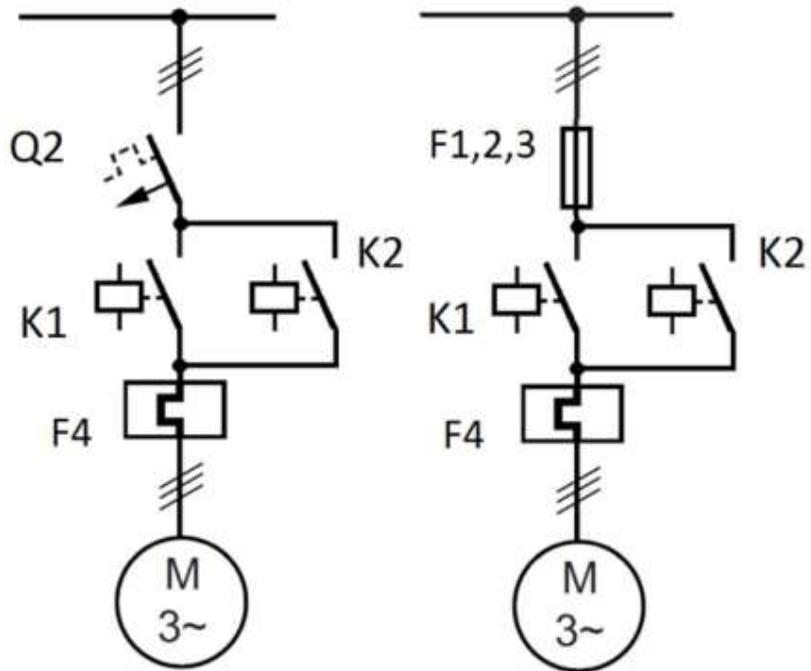
## Motores de Indução Trifásicos – Acionamento / Partida – Partida Reversora

Partida Reversora Exemplos:



# Motores de Indução Trifásicos – Acionamento / Partida – Partida Reversora

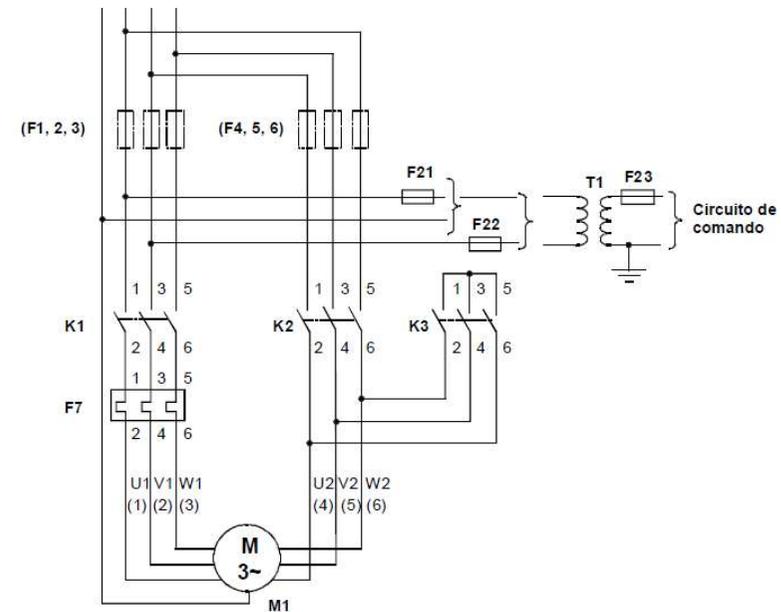
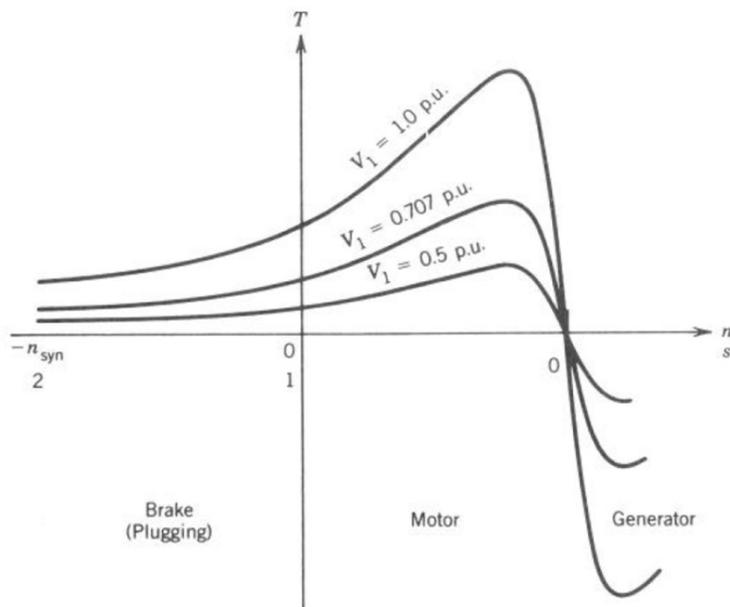
## Partida Reversora Exemplos:



# Motores de Indução Trifásicos – Acionamento / Partida – Partida Estrela-Triângulo

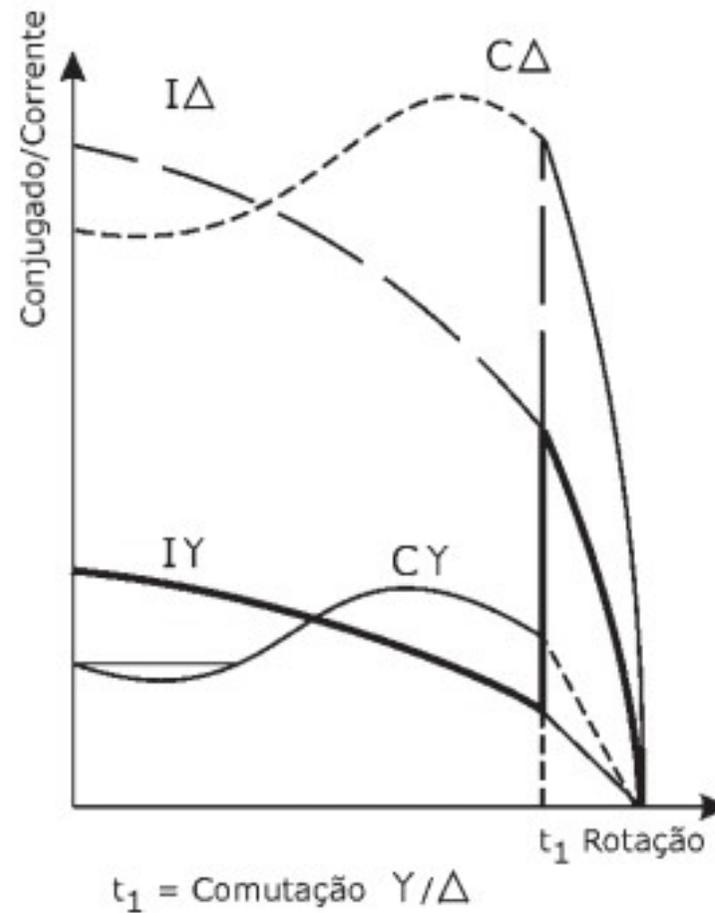
## Partida Estrela-Triângulo:

- Aplica-se uma tensão reduzida ao motor durante sua aceleração.
- Os enrolamentos da máquina são ligados em estrela inicialmente (58% da tensão nominal) e depois convertidos para triângulo. Com isso, diminui-se a corrente na partida.



## Motores de Indução Trifásicos – Acionamento / Partida – Partida Estrela-Triângulo

### Partida Estrela-Triângulo:





## Estudo Dirigido (entregar na próxima aula – 17/04)

---

- 1) O que é soft starter e quais as vantagens de usá-lo na partida?
- 2) Apresente um esquema de partida com soft starter coordenado com disjuntor e fusível. Mostre os diagramas de potência e de comando, explicando a lógica da partida.
- 3) Resolva os exercícios do arquivo “Exercícios partida de motores” disponibilizados no Moodle.