



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA

® **M** Plataforma Moretti

# Disciplina: Energia na Agricultura

## UNIDADE 9 – Motores elétricos

**Prof. Jorge Luiz Moretti de Souza**

E-mail: [jmoretti@ufpr.br](mailto:jmoretti@ufpr.br)

<http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/index.htm>

## **Objetivo da Unidade didática**

Identificar e caracterizar os principais aspectos relacionados aos motores elétricos mais utilizados no meio rural, e escolher materiais e dispositivos utilizados para comandar, controlar e proteger os circuitos de instalações elétricas em baixa tensão em que se encontram esses equipamentos.

# 1 CONSIDERAÇÕES

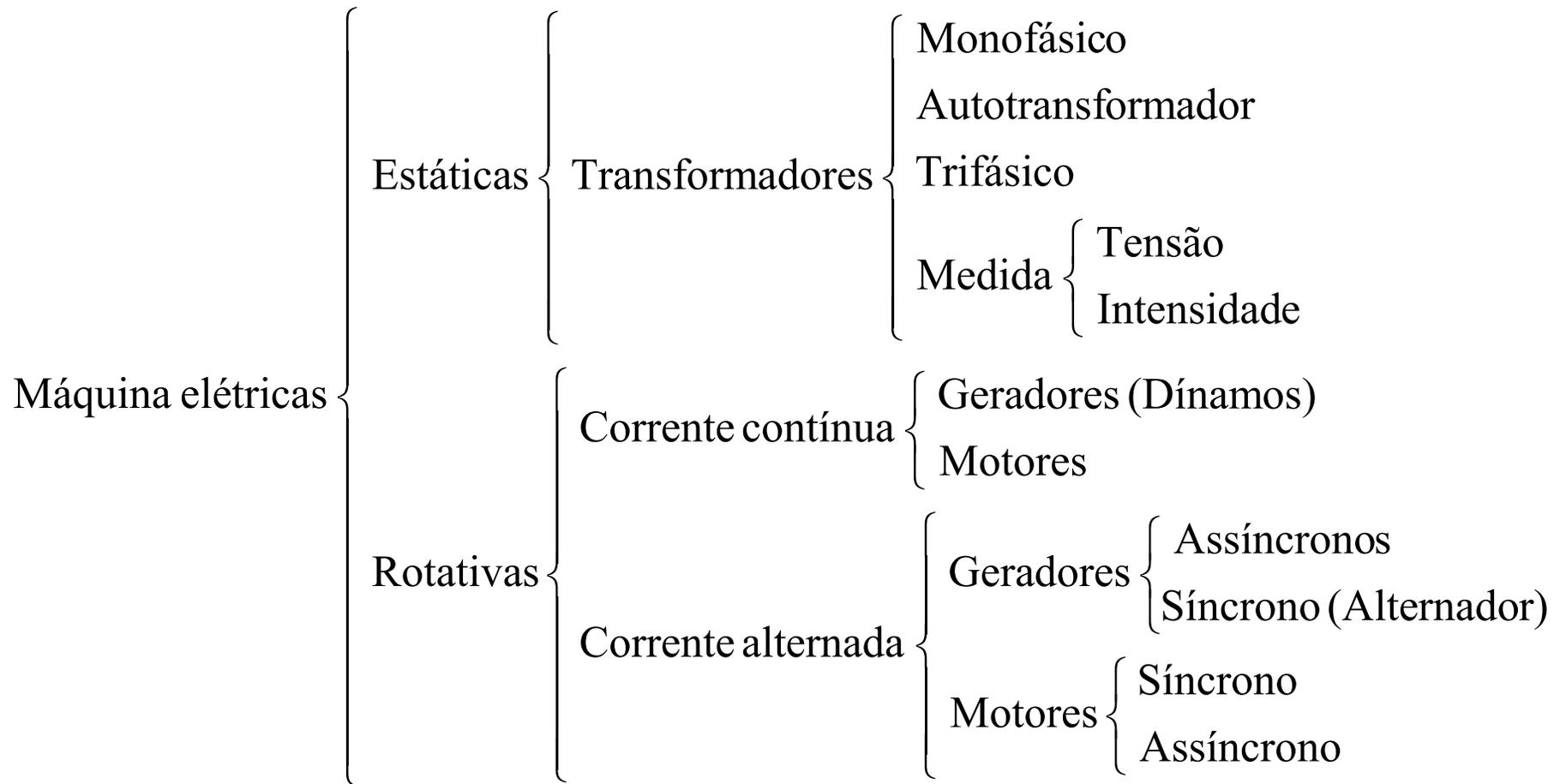


Figura 9.1 – Classificação básica das máquinas elétricas.

# 1 MOTORES ELÉTRICOS

Motor elétrico é a máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica.

A classificação mais simples e comum de motores elétricos é:

- Motores de corrente contínua (CC)
- Motores de corrente alternada (CA)
- Motores especiais: motores universais, passo e servomotores.

## a) Principais partes de um motor elétrico

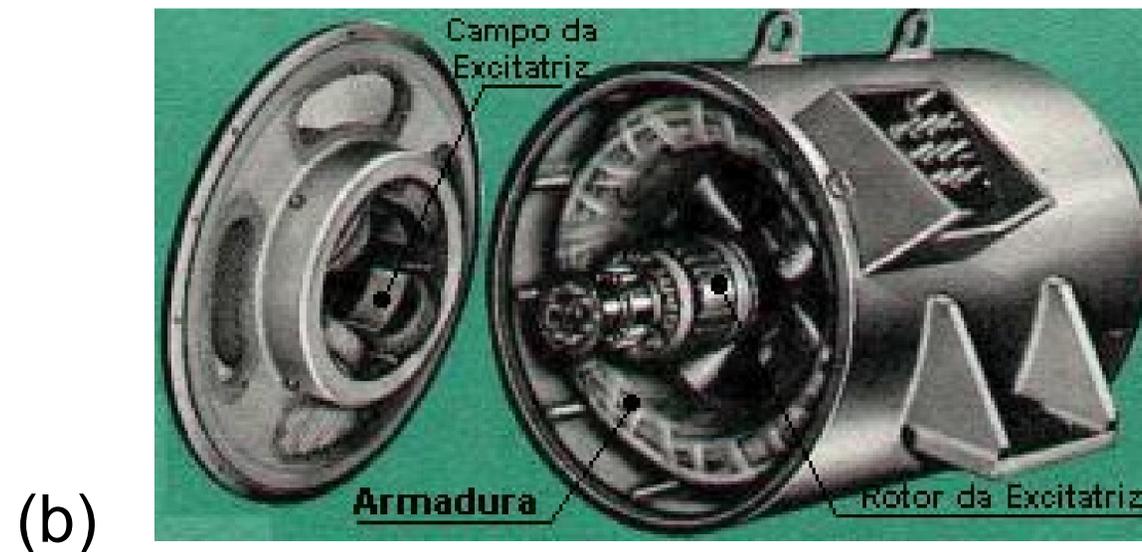
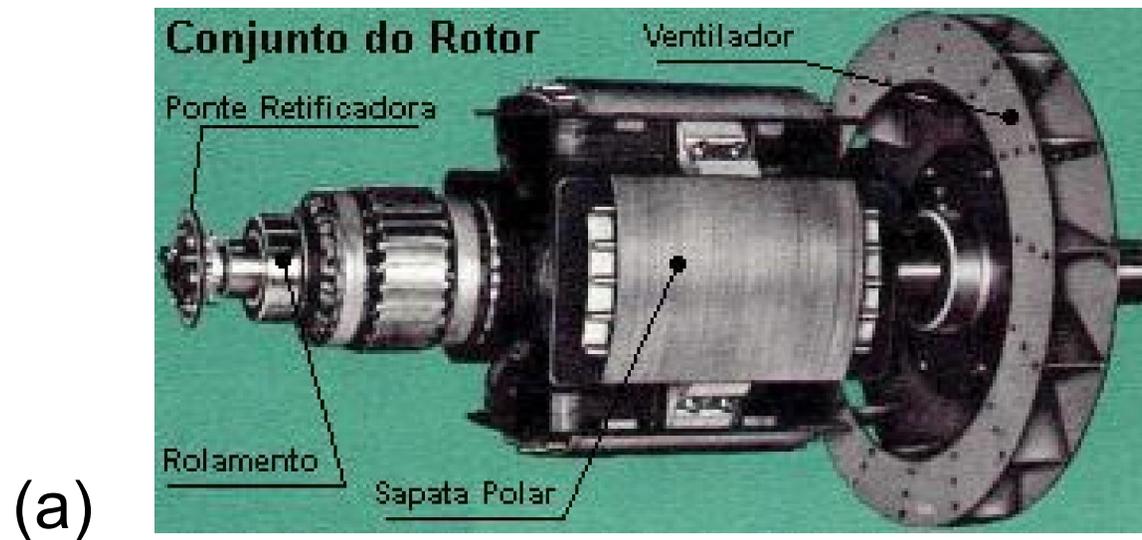


Figura 9.2 – Principais partes de um motor elétrico: (a) rotor; e, (b) estator.

## **a) Principais partes de um motor elétrico**

- **Partes que podem constituir o estator:**
  - Carcaça;
  - Enrolamento de campo;
  - Polos ou sapatas polares;
  - Escovas;
- **Partes que podem constituir o rotor:**
  - Eixo da armadura;
  - Núcleo da armadura;
  - Enrolamento da armadura;
  - Comutador.

## b) Dados dispostos na placa do motor elétrico

- Fabricante e endereço para contato;
- Tipo (indução, anéis, síncronos, entre outros);
- Modelo e número de fabricação ou carcaça;
- Potência nominal ( $P_n$ );
- Número de fases;
- Tensão nominal;
- Corrente (contínua ou alternada);
- Frequência da corrente;
- Rotações por minuto (rpm);
- Intensidade nominal da corrente ( $I_n$ );
- Regime de trabalho (contínuo e não permanente);
- Classe de isolamento;
- Letra-código;
- Fator de serviço (FS);
- Esquema de ligação.

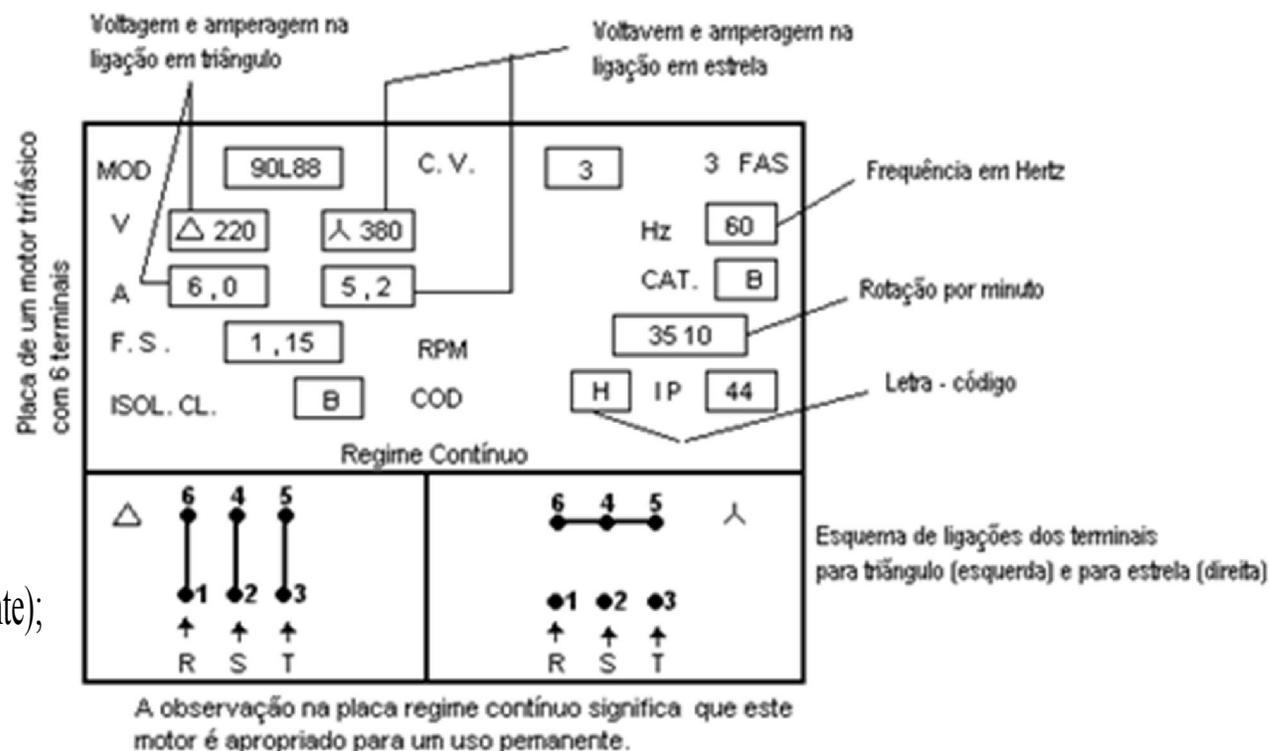


Figura 9.3 – Dados disponíveis na placa do motor elétrico.

## 2.1 Motores de corrente contínua (CC)

### 2.1.1 Princípio de funcionamento e partes dos motores CC

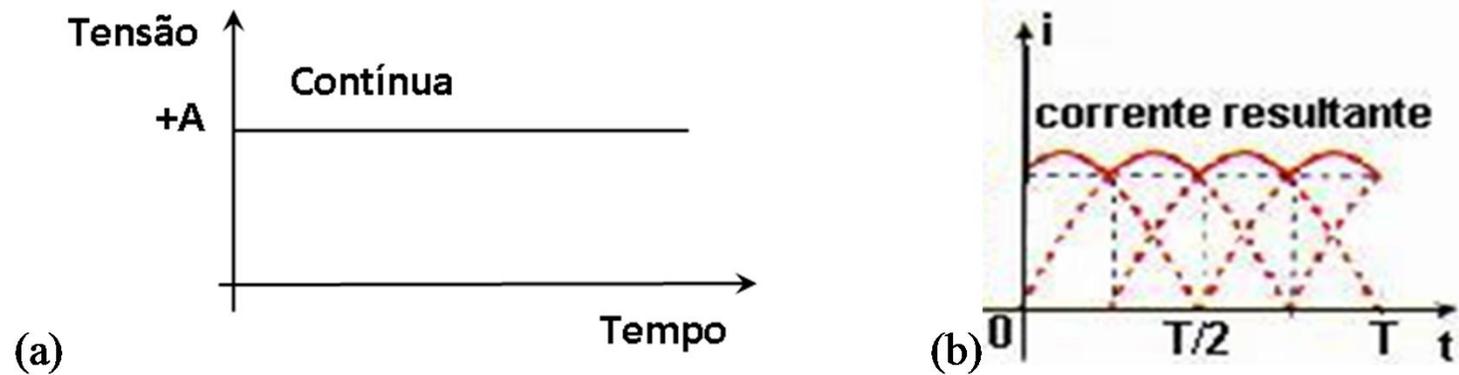


Figura 9.4 – Corrente contínua proveniente de uma: a) bateria; e, b) dínamo.

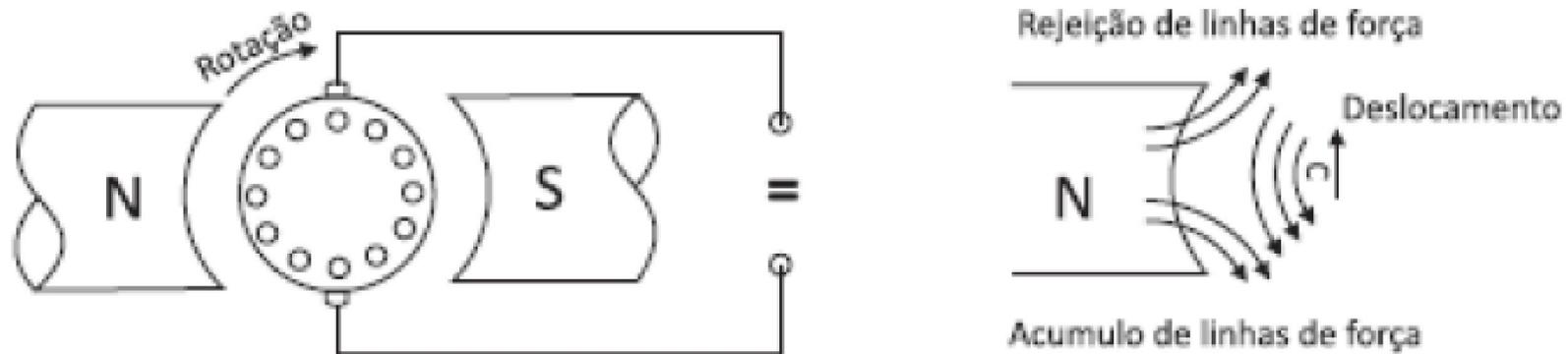


Figura 9.5 – Linhas de força no motor CC, originando a rotação.

## 2.1.1 Princípio de funcionamento e partes dos motores CC

### a) Terminais de ligação do motor CC

O motor CC da [Figura 9.6](#) apresenta quatro terminais acessíveis:

- Dois para as bobinas de campo (Terminais 3 e 4 );
- Dois para as bobinas de armadura (Terminais 1 e 2 ).

Obs.: Motores de baixa potência podem ter bobinas de campo substituídas por ímãs permanentes (neste caso, o motor apresenta apenas dois terminais de acesso: terminais 1 e 2 ).

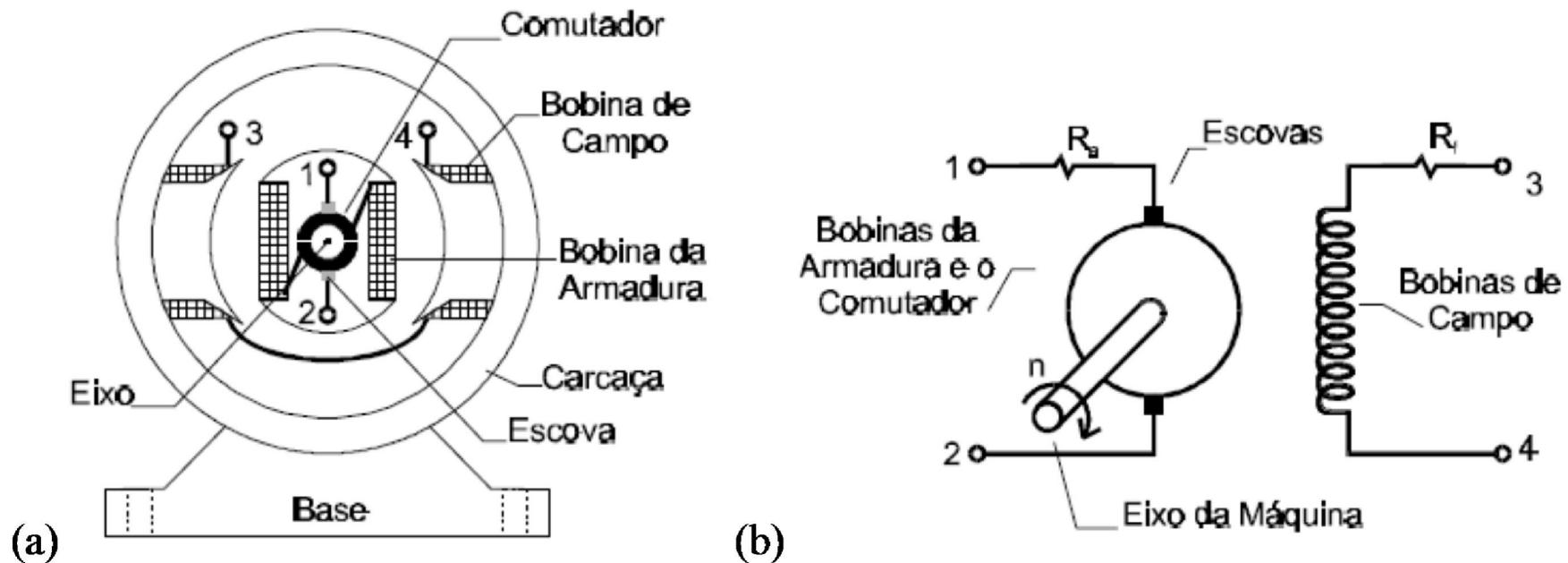


Figura 9.6 – Linhas de força no motor CC, originando a rotação.

## 2.1.2 Tipos de motores CC

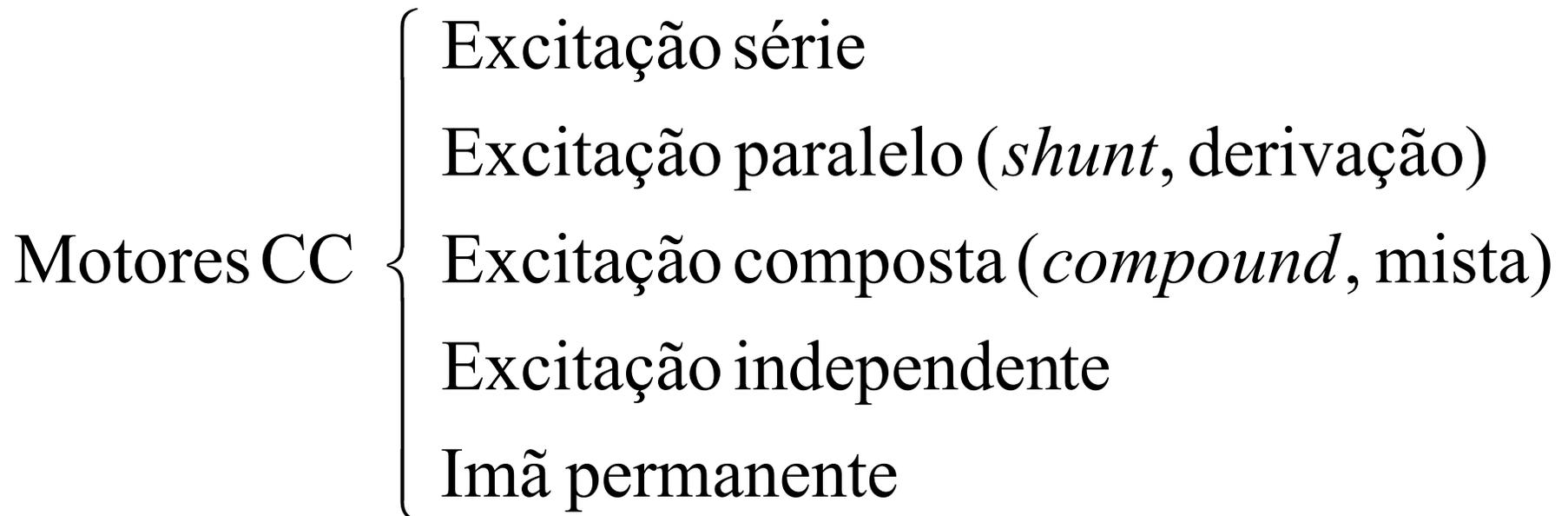


Figura 9.7 – Principais tipos de motores de corrente contínua.

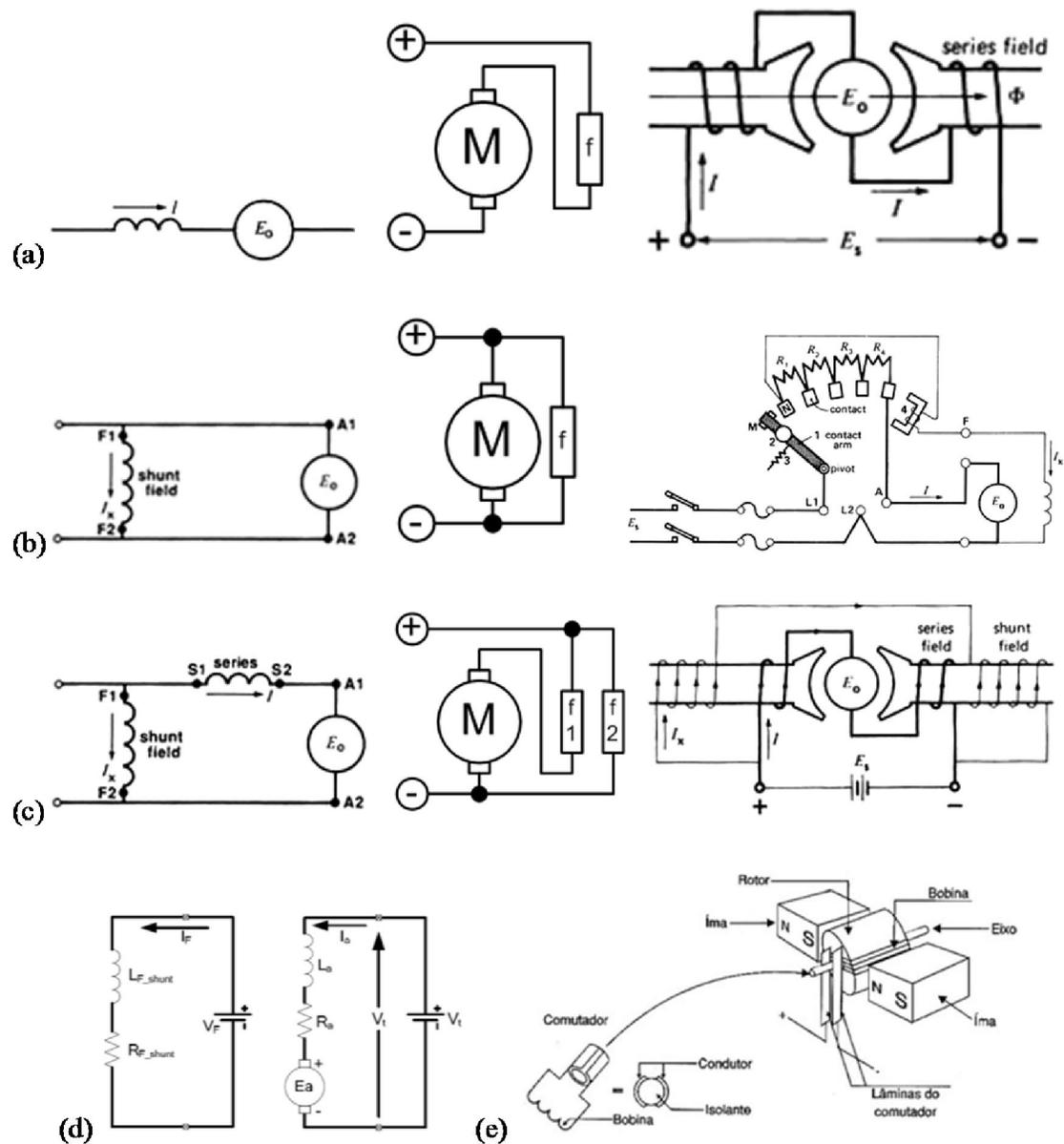


Figura 9.8 – Motores de corrente contínua (CC): a) Excitação série; b) Excitação paralelo (shunt); c) Excitação composta (compound; misto); d) Excitação independente; e) Ímã permanente.

## 2.1.3 Curvas Características dos Motores CC

- **Torque (momento, conjugado):** O motor CC gera torque proporcional à intensidade do campo magnético e da corrente no rotor (armadura).
- **Sentido de rotação do motor CC:** Depende do sentido do campo magnético e do sentido da corrente na armadura. Se for invertido o sentido do campo ou da corrente, a rotação do motor também inverterá.

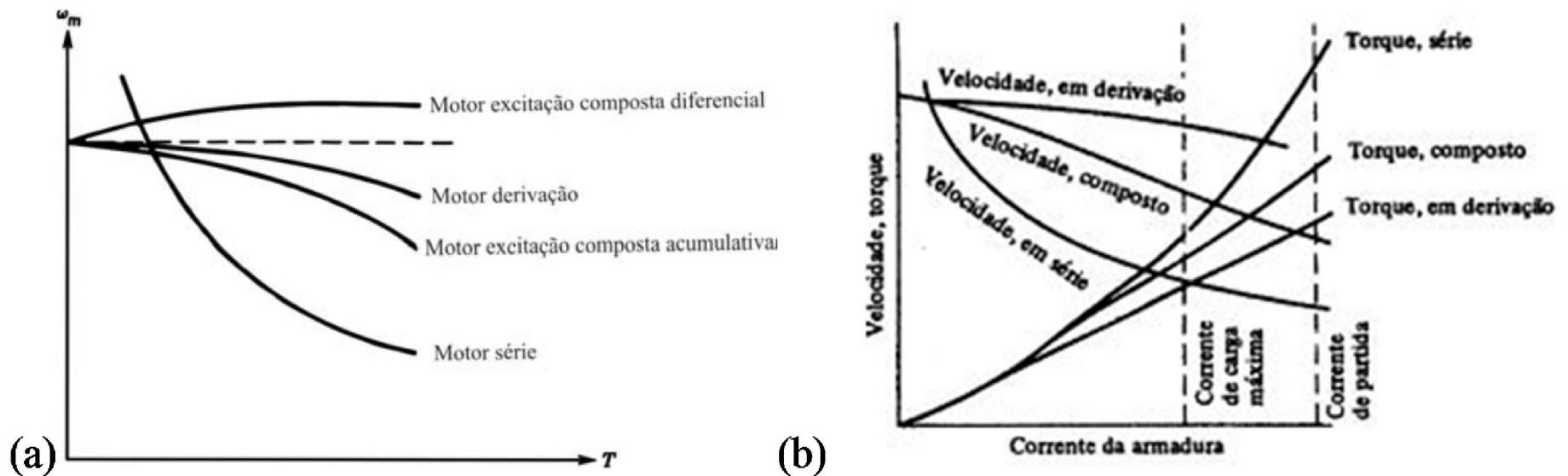


Figura 9.9 – Curvas Características dos motores de corrente contínua (CC): a) Curvas de torque vs velocidade; e, b) Curvas de corrente vs velocidade e corrente vs torque.

## a) Variação ou controle da velocidade do motor CC

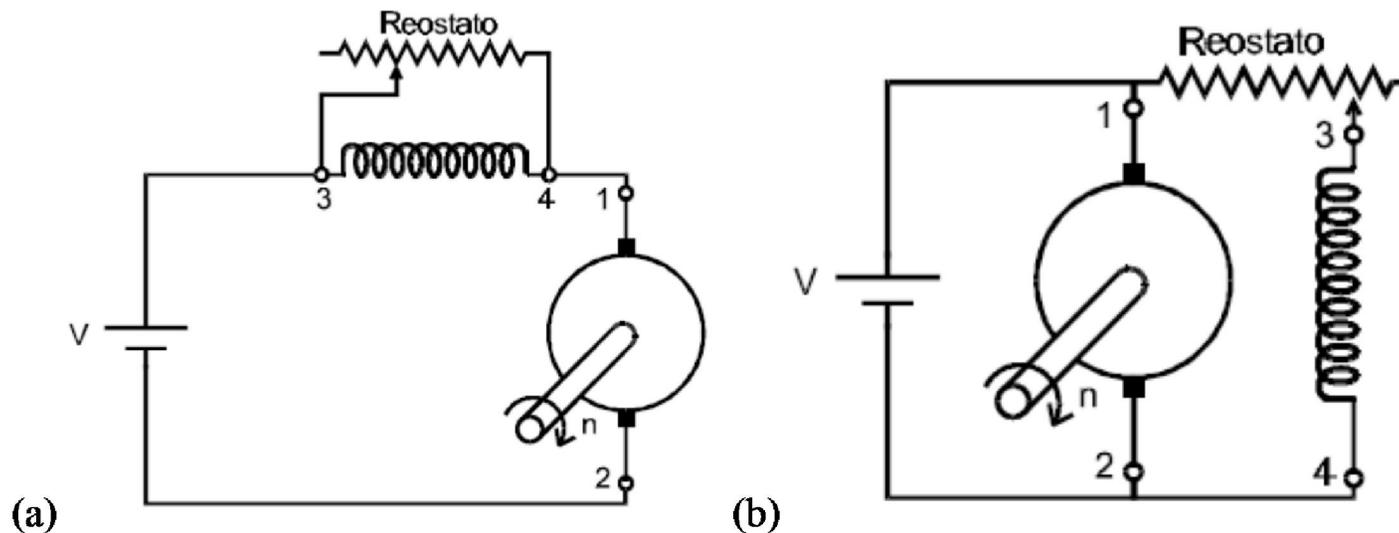


Figura 9.10 – Controle da velocidade do motor de corrente contínua: a) Ligado em série; b) Ligado em paralelo.

Tabela 9.1. Escolha do motor CC levando em consideração a velocidade aproximadamente constante, semiconstante e variável.

Condição	Corrente contínua
Velocidade aproximadamente constante, desde a carga zero até a plena carga.	Motor paralelo ( <i>shunt</i> )
Velocidade semiconstante, da carga zero até a plena carga.	Motor composto (misto, <i>compound</i> )
Velocidade variável, decrescente com o aumento da carga.	Motor série

## 2.2 Motores de corrente alternada (CA)

### a) Princípio de funcionamento dos motores CA

### b) Tipos de motores CA mais utilizados

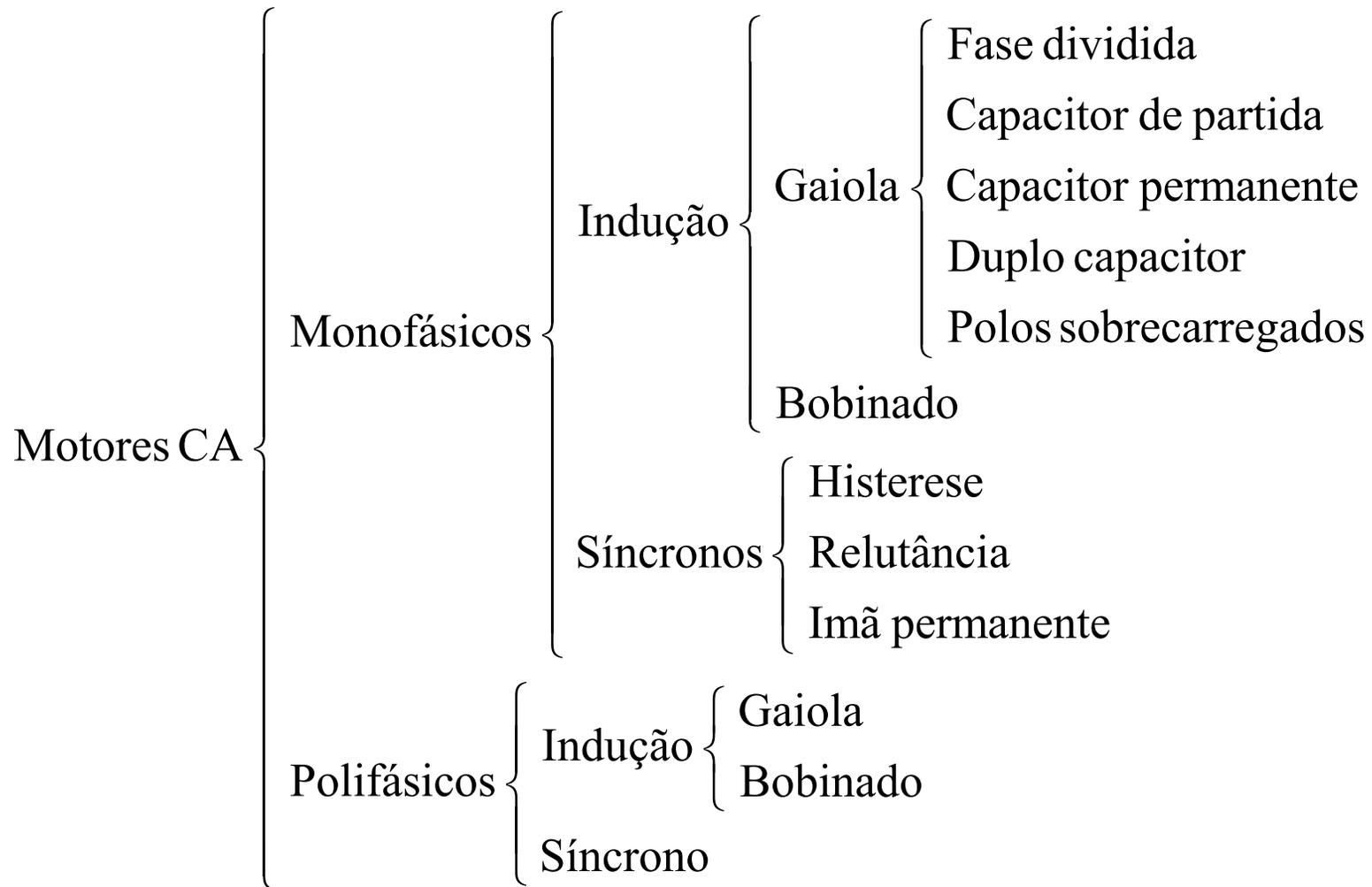


Figura 9.11 – Principais tipos de motores de corrente alternada.

## c) Rotação síncrono do motor CA

$$n_{síncrona} = \frac{120 \cdot f}{N_{polos}}$$

Sendo:  $n_{síncrona}$  – rotação síncrono do motor (rpm);  $f$  – frequência da corrente elétrica (Hz);  $N_{polos}$  – número de polos do motor (adimensional).

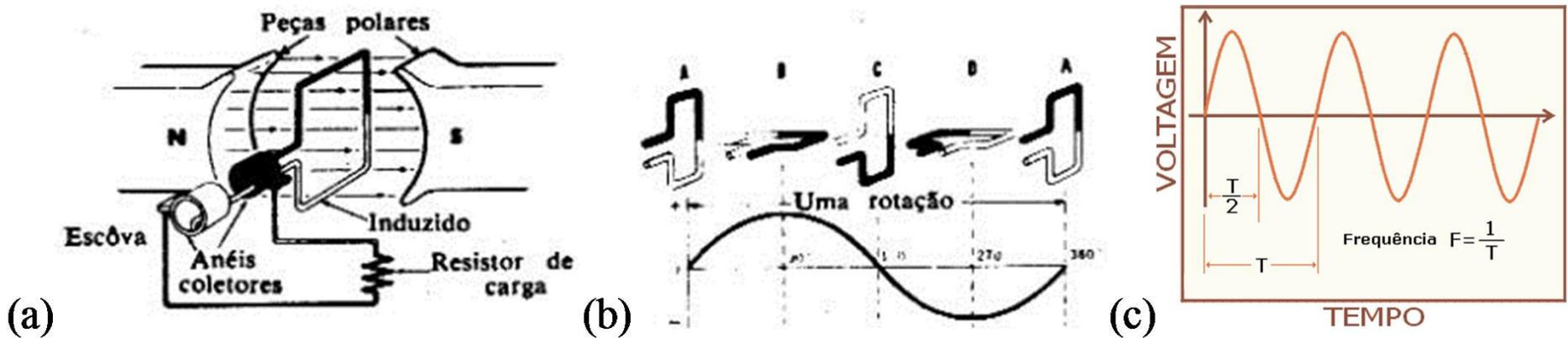


Figura 9.12 – a) Esquema típico de alternador monofásico; b) Diagrama da frequência proveniente de um alternador monofásico; e, c) Corrente alternada produzida em um alternador.

## - Número de polos do motor

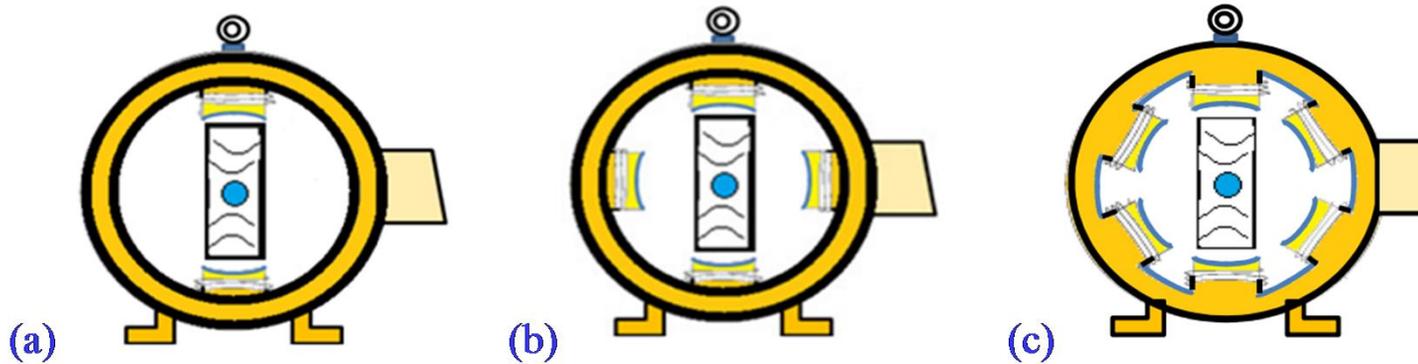


Figura 9.13 – Esquema indicando o número de polos de um motor CA: a) Dois polos; b) Quatro polos; e, c) Seis polos.

**Exemplo 9.1** – Com o valor da frequência ( $f$ ) igual a 60 Hz (frequência do sistema elétrico brasileiro) e 50Hz (frequência utilizada por alguns países – Argentina, Paraguai, entre outros), determine a rotação síncrona dos motores CA possuindo 4 polos:

– Para 60 Hz:

$$n_{síncrona} = \frac{120 \cdot f}{N_{polos}} = \frac{120 \cdot 60}{4} = 1800 \text{ rpm}$$

– Para 50 Hz:

$$n_{síncrona} = \frac{120 \cdot f}{N_{polos}} = \frac{120 \cdot 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

## c) Rotação síncrono do motor CA

**Tabela 9.2.** Rotação síncrona de motores de corrente alternada, possuindo entre 2 e 24 polos, nas frequências de 60 Hz e 50 Hz.

Número de polos ( $N_{polos}$ )	----- Rotação síncrona nas frequências -----	
	60 Hz (Brasil)	50 Hz (Paraguai, Argentina, outros)
2	3600,0	3000,0
4	1800,0	1500,0
6	1200,0	1000,0
8	900,0	750,0
10	720,0	600,0
12	600,0	500,0
14	514,0	428,6
16	450,0	375,0
18	400,0	333,3
20	360,0	300,0
22	327,3	272,7
24	300,0	250,0

## d) Deslizamento ou escorregamento dos motores assíncronos

– Motor síncrono

– Motor assíncrono

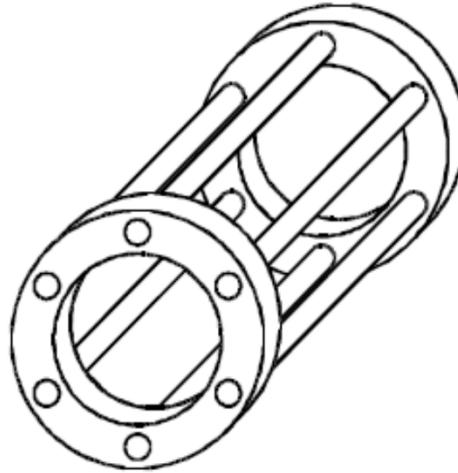


Figura 9.14 – Rotor gaiola de esquilo.

$$S_{deslizamento} = \frac{n_{síncrona} - n_{motor}}{n_{síncrona}} \cdot 100$$

Sendo:  $S_{deslizamento}$  – deslizamento (%);  $n_{síncrona}$  – rotação síncrona do motor (rpm);  $n_{motor}$  rotação verificada no eixo do motor (rpm).

**Exemplo 9.2** – Um motor de indução (assíncrono) de 2 polos, 60 Hz de frequência, apresenta rotação em seu eixo de 3400 rpm. Desta forma:

i) Qual é a rotação síncrona do motor (Síncrona)?

$$n_{síncrona} = \frac{120 \cdot f}{N_{polos}} = \frac{120 \cdot 60}{2} = 3600 \text{ rpm}$$

ii) Qual é o deslizamento ocorrido em seu funcionamento?

$$S_{deslizamento} = \frac{n_{síncrona} - n_{motor}}{n_{síncrona}} \cdot 100$$

$$S_{deslizamento} = \frac{3600 - 3400}{3600} \cdot 100 = 5,56\%$$

## e) Relação de transmissão com polias

$$\text{rotação}_{\text{polia 1}} \cdot \text{perímetro}_{\text{polia 1}} = \text{rotação}_{\text{polia 2}} \cdot \text{perímetro}_{\text{polia 2}}$$

$$n_1 \cdot (\pi \cdot D_1) = n_2 \cdot (\pi \cdot D_2)$$

$$D_2 = \frac{n_1 \cdot D_1}{n_2}$$

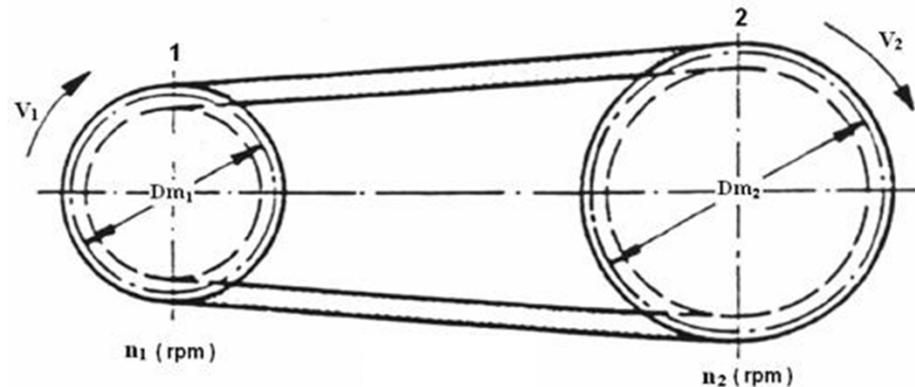


Figura 9.15 – Relação de transmissão de polias.

**Exemplo 9.3** – Um motor trifásico de indução (assíncrono) apresenta em seu eixo rotação de 1720 rpm e será acoplado em uma máquina que necessita de 800 rpm. Sabendo-se que o diâmetro da polia a ser colocada no eixo do motor terá 10 cm, determinar o diâmetro da polia que se encontra no eixo da máquina.

$$D_2 = \frac{n_1 \cdot D_1}{n_2} = \frac{1720 \text{ rpm} \cdot 10 \text{ cm}}{800 \text{ rpm}} = 21,5 \text{ cm}$$

## 2.2.1 Motores síncronos

Mais utilizados nas indústrias, devido às características de funcionamento:

- Estator: alimentado com CA;
- Dispositivo auxiliar para partida;
- Remoção total ou parcial da carga;
- Máquinas de grande potência e baixa rotação;
- Rotor: alimentado com CC;
- Rotação síncrona;
- Variação da velocidade;
- Quanto superexcitados são capacitivos.

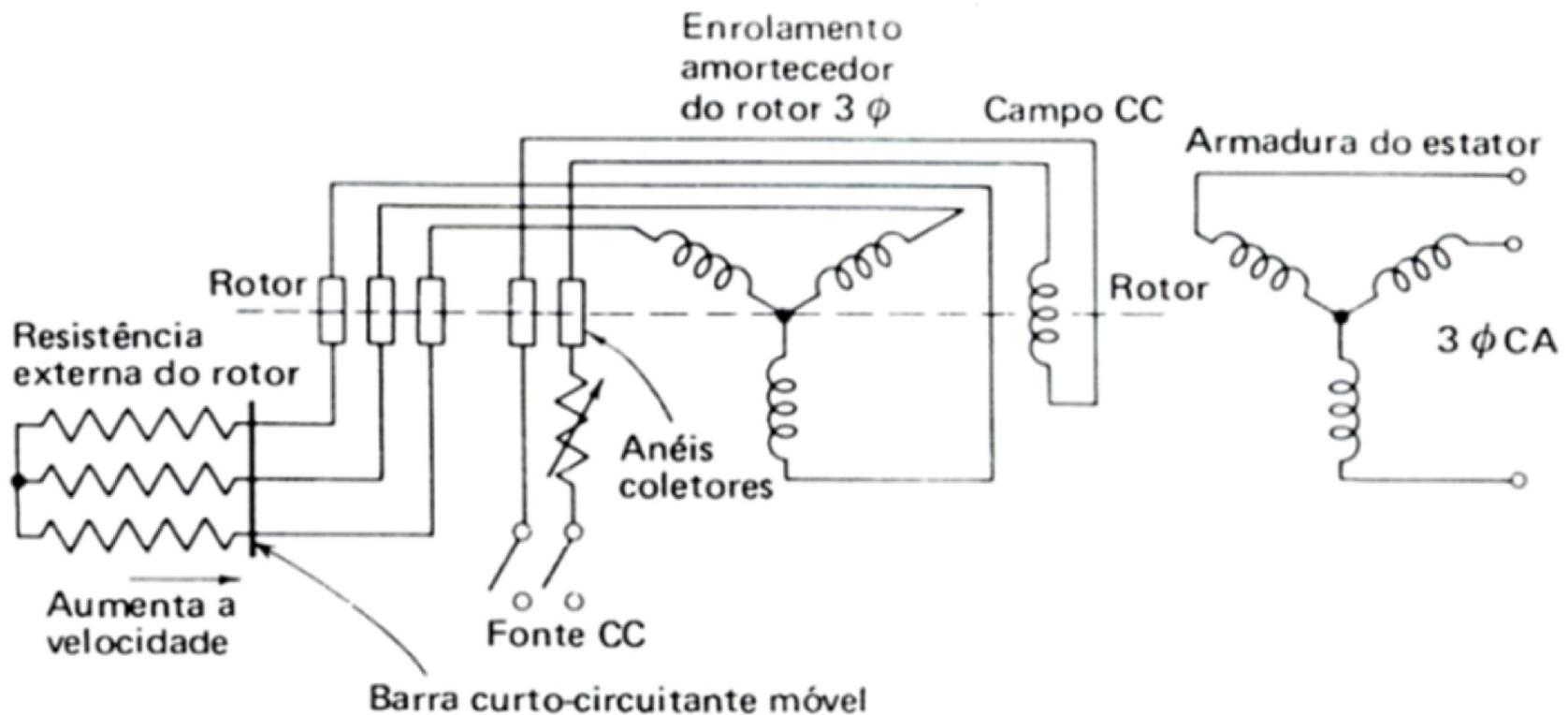


Figura 9.16 – Esquema de motor síncrono com enrolamento amortecedor bobinado.

## 2.2.2 Motores assíncronos (indução)

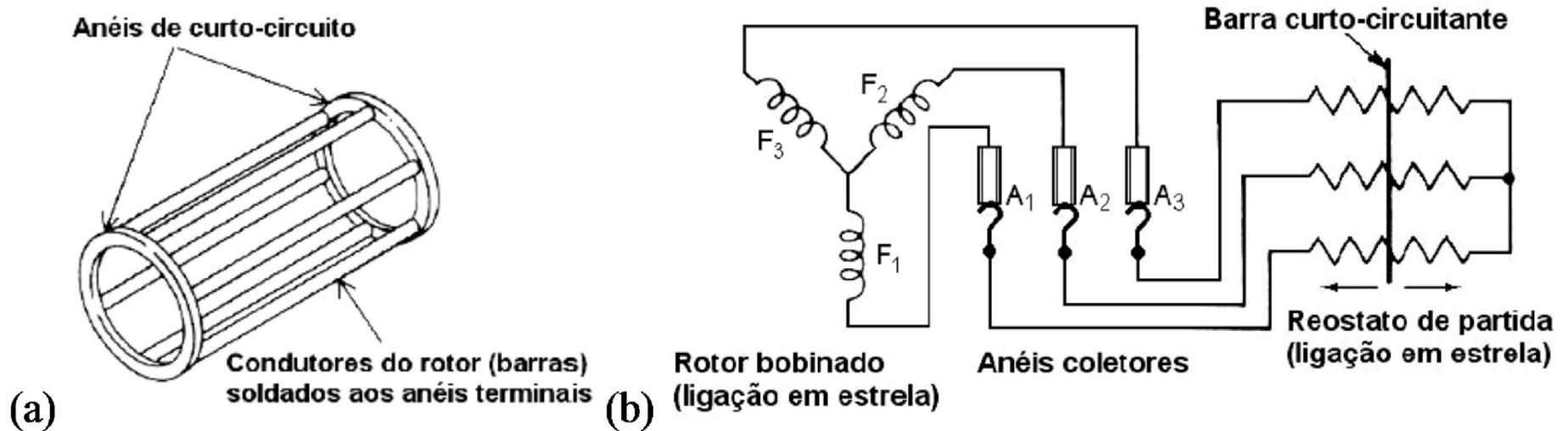


Figura 9.17 – Esquema elétrico de rotores de motor de indução: a) Rotor de gaiola de esquilo; e, b) Rotor bobinado com reostato de partida.

## a) Características do motor CA com rotor bobinado

## b) Características do motor CA com rotor gaiola de esquilo (em curto-circuito)

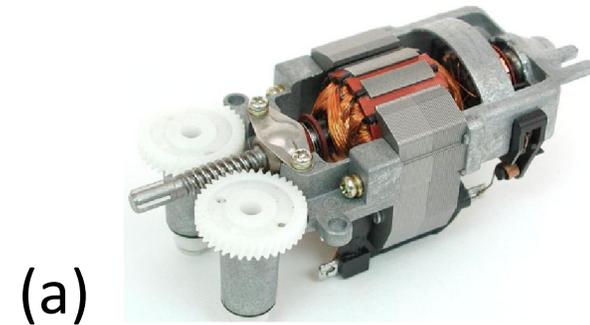
## c) Escolha do motor elétrico CA de indução

Tabela 9.3. Comparação entre diferentes tipos de motores de indução.

Especificação	----- Motores de indução -----	
	Gaiola de esquilo (rotor não bobinado)	Anéis (rotor bobinado)
Corrente de Partida ( $I_p / I_n$ )	Alta	Baixa
Conjugado de Partida	Baixo	Alto
Conjugado Máximo	> 160% do conjugado nominal	> 160% do conjugado nominal
Rendimento	Alto	Alto
Equipamento de Partida	Simples para partida direta	Relativamente simples
Equipamento de Proteção	Simples	Simples
Espaço Requerido	Pequeno	Reostato requer um espaço grande
Manutenção	Pequena	Frequente nos anéis do motor
Custo	Baixo	Alto

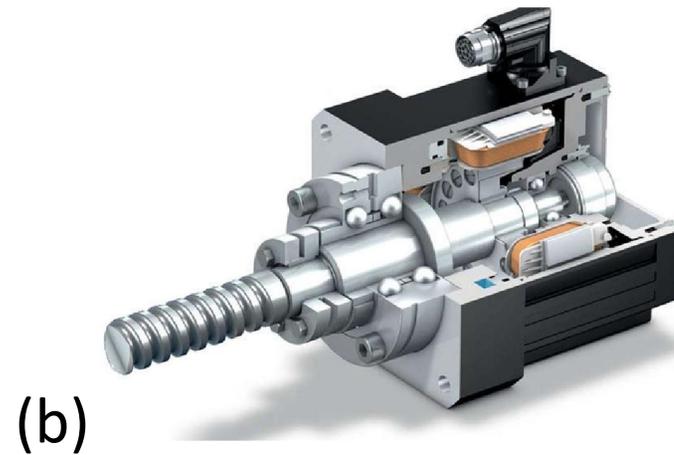
## 2.3 Motores especiais

### a) Motor universal (em curto-circuito)

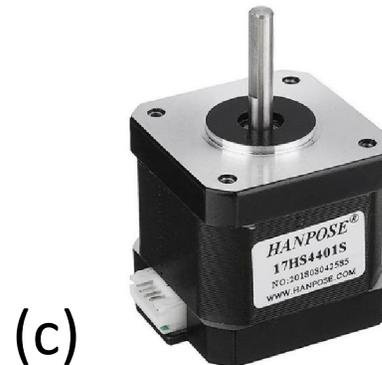


### b) Servomotores

- Servomotor CC
- Servomotor CA

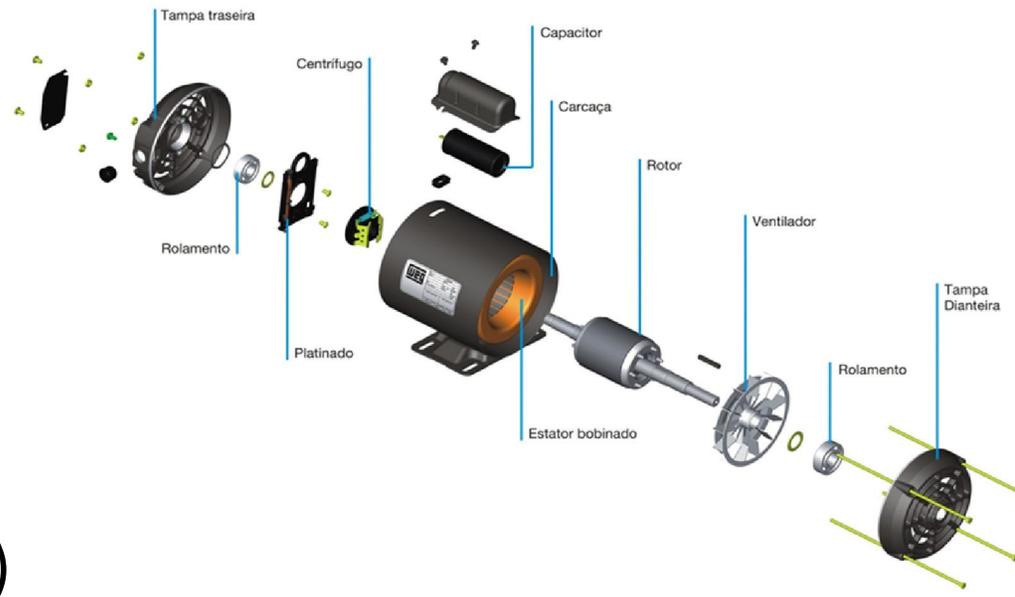


### c) Motores de passo

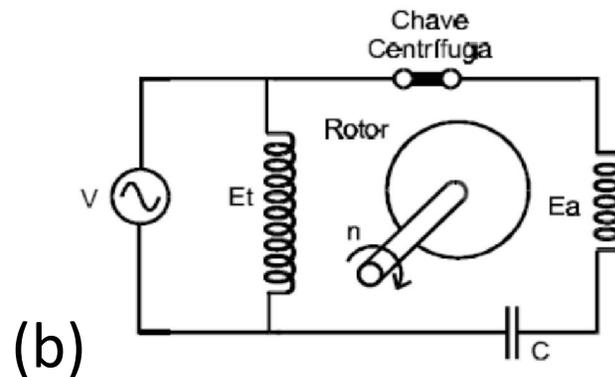


# 3.1 Motores de indução monofásico e trifásico

## 3.1.1 Motores monofásicos



(a)



(b)

Figura 9.19 – Motor CA de indução monofásico, tipo gaiola de esquilo: a) Principais partes de sua estrutura; e, b) Esquema contendo o enrolamento de partida auxiliar ( $Ea$ ) e enrolamento de trabalho ( $Et$ ).

## 3.1.2 Motores de indução trifásicos

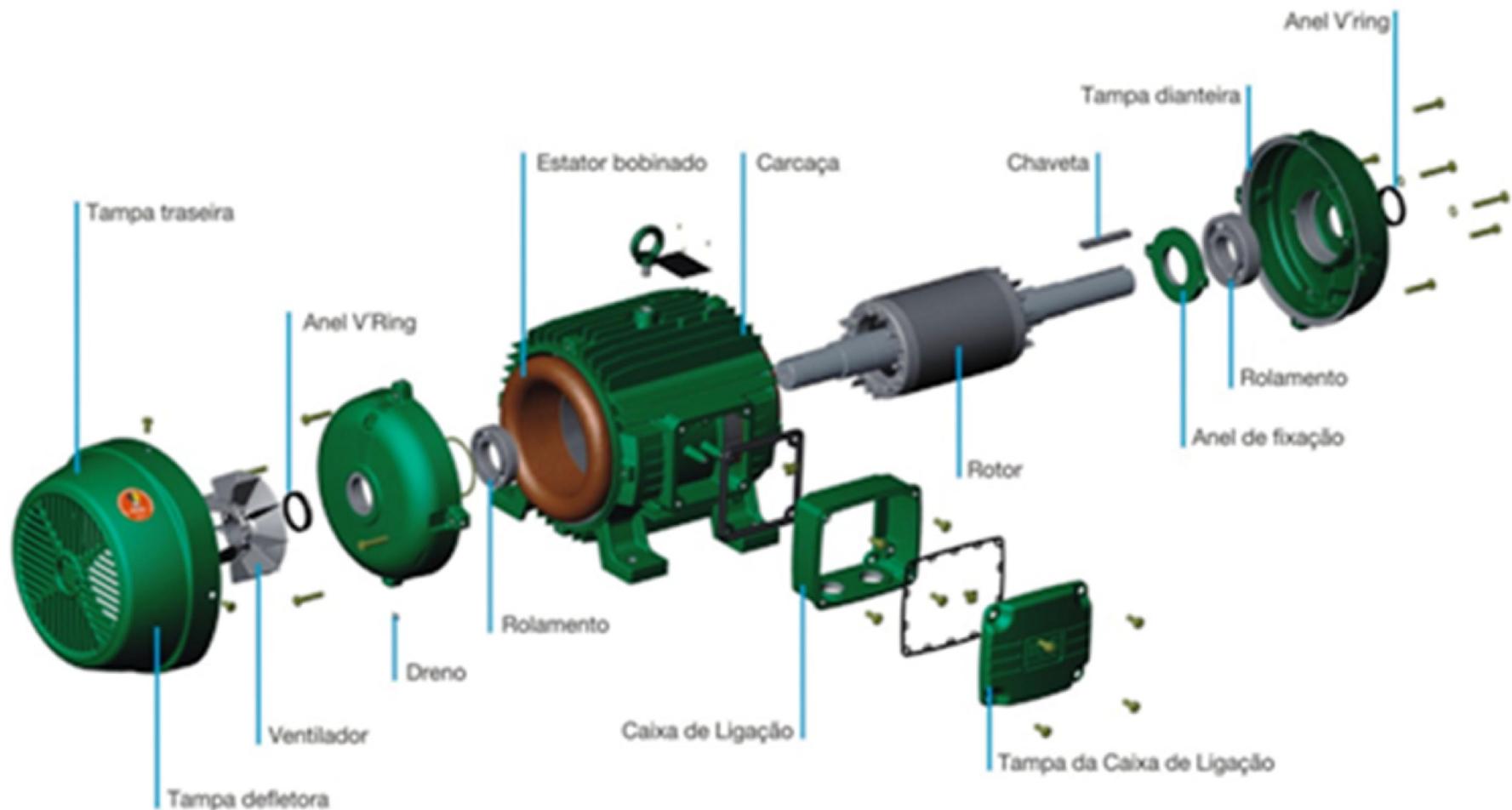
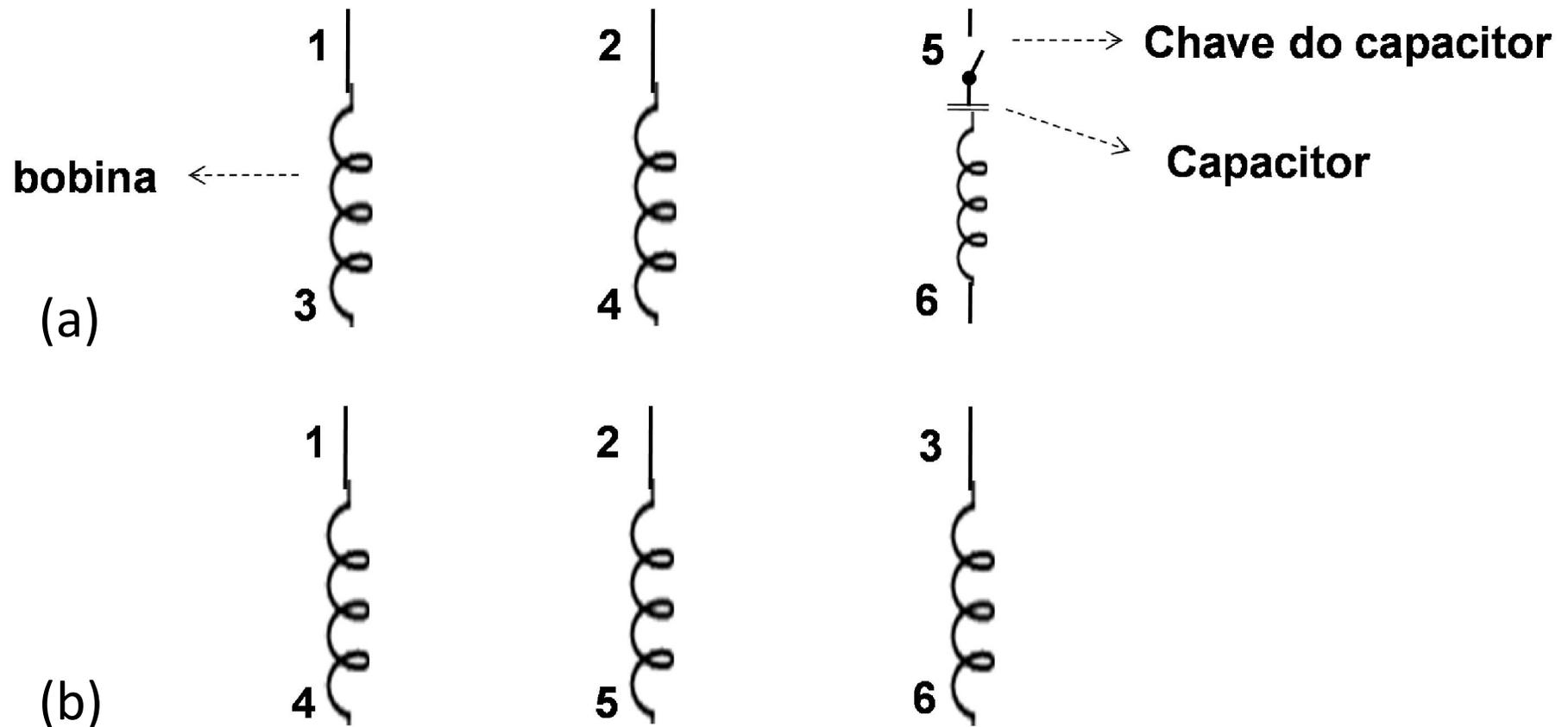


Figura 9.20 – Motor CA de indução trifásico, tipo gaiola de esquilo: Principais partes de sua estrutura.

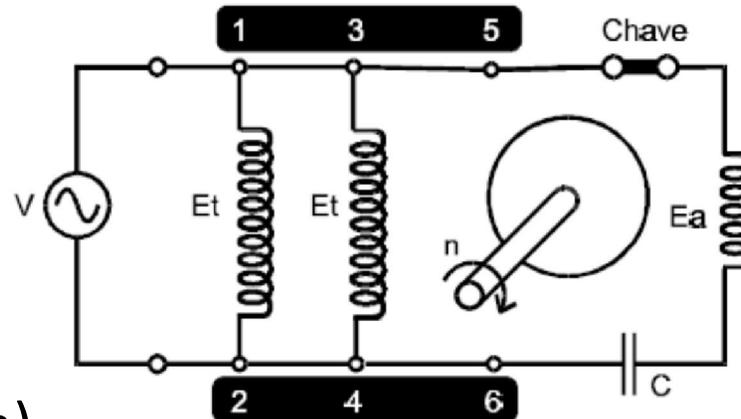
## 3.2 Ligações dos terminais dos motores CA de indução



**Figura 9.21** – Numeração dos enrolamentos dos motores elétricos de indução, gaiola de esquilo: a) Dois enrolamentos de trabalho e um auxiliar do motor monofásico; e, b) Três enrolamentos de trabalho do motor trifásicos.

## 3.2.1 Ligação do motor monofásico

### a) Ligação em paralelo (FN; menor tensão)



Corrigir numeração  
Das bobinas 1-1 e 3-4

Obs.: Como Fazer!!!

- Inversão do sentido de rotação
- Aterramento do equipamento

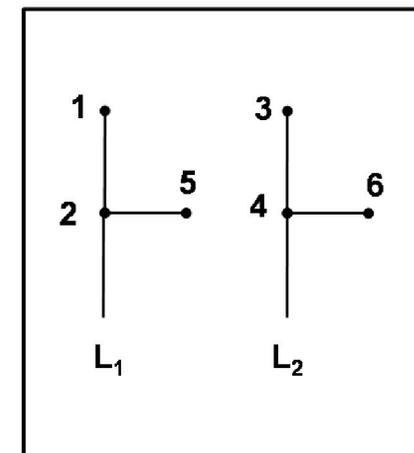
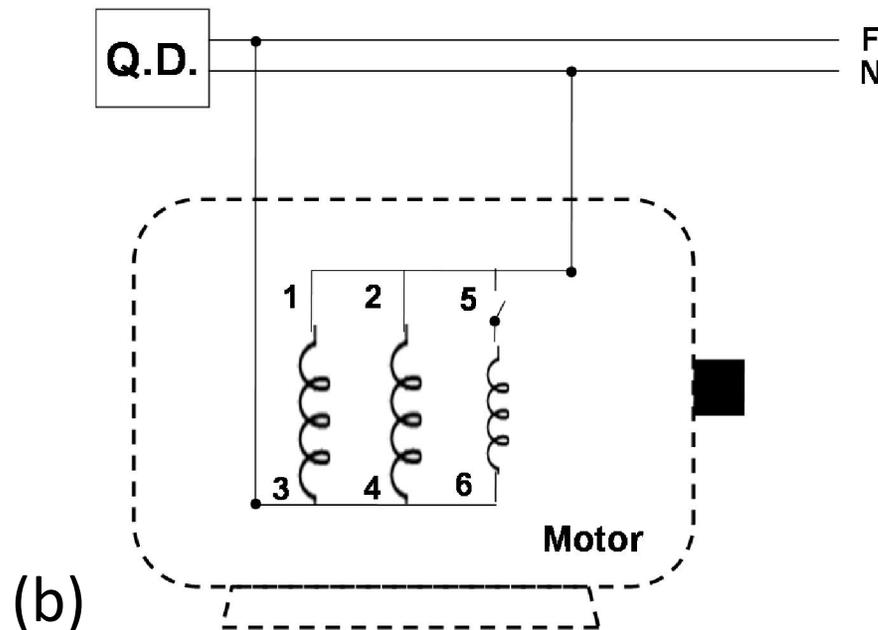
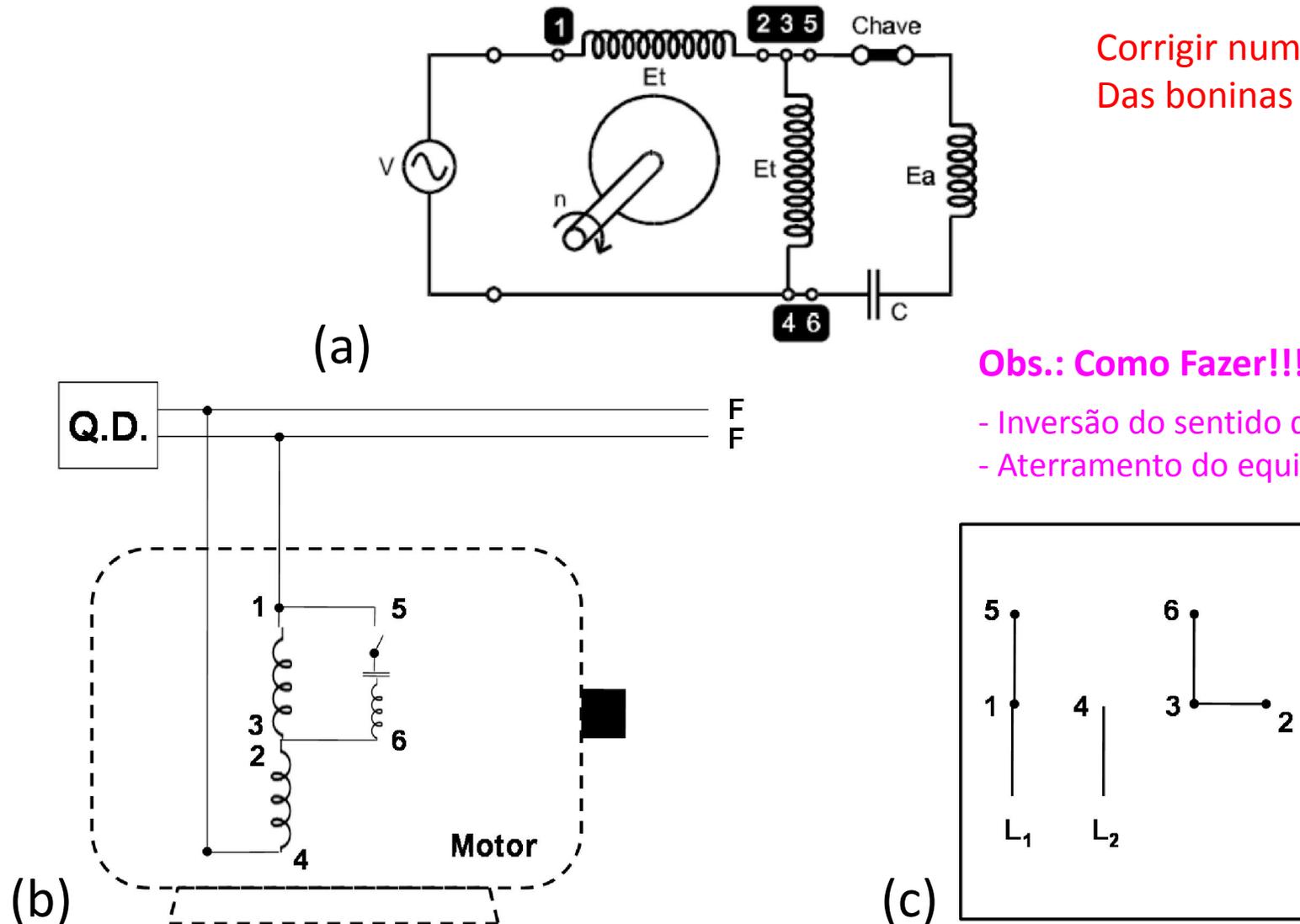


Figura 9.22 – Ligação dos terminais dos motores monofásicos em paralelo (ligação FN; menor tensão): a) Circuito básico; b) Esquema multifilar funcional; c) Indicação na placa do motor.

### 3.2.1 Ligação do motor monofásico

#### b) Ligação em série (FF; maior tensão)



Corrigir numeração  
Das boninas 1-1 e 3-4

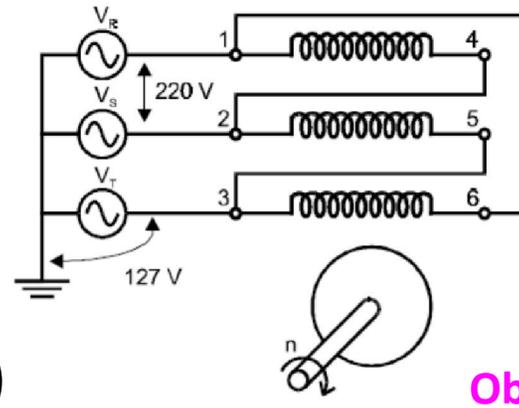
Obs.: Como Fazer!!!

- Inversão do sentido de rotação
- Aterramento do equipamento

Figura 9.23 – Ligação dos terminais dos motores monofásicos em série (ligação FF; maior tensão): a) Circuito básico; b) Esquema multifilar funcional; c) Indicação na placa do motor.

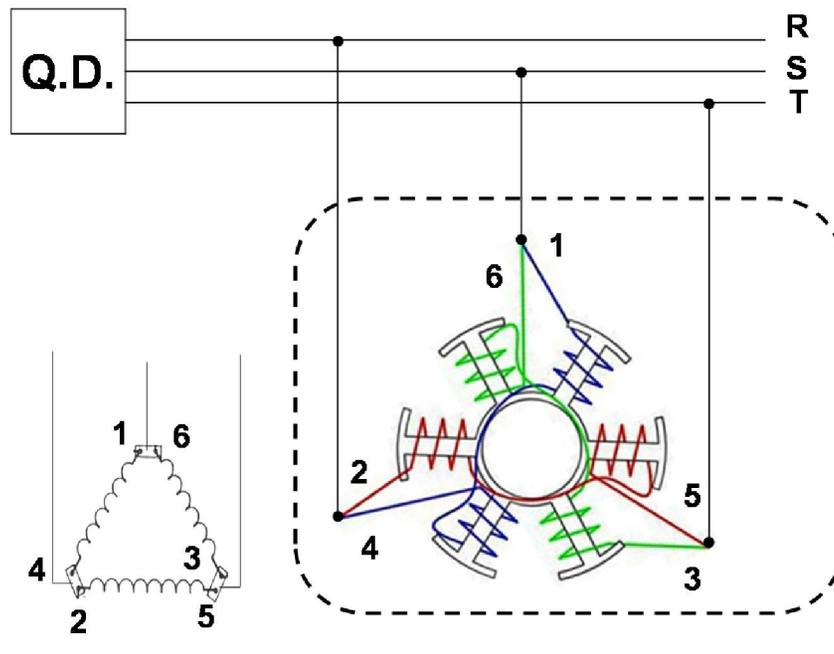
## 3.2.2 Ligação do motor trifásico

### a) Ligação em triângulo (RST; suporta menor tensão)



**Obs.: Como Fazer!!!**

- Inversão do sentido de rotação
- Aterramento do equipamento



(c)

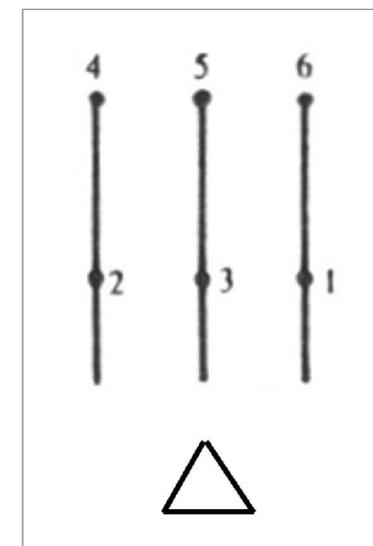


Figura 9.24 – Ligação dos terminais dos motores trifásicos em triângulo ou delta (ligação RST; menor tensão): a) Circuito básico; b) Esquema multifilar funcional; c) Indicação na placa do motor.

## 3.2.2 Ligação do motor trifásico

### b) Ligação em estrela (RST; suporta maior tensão)

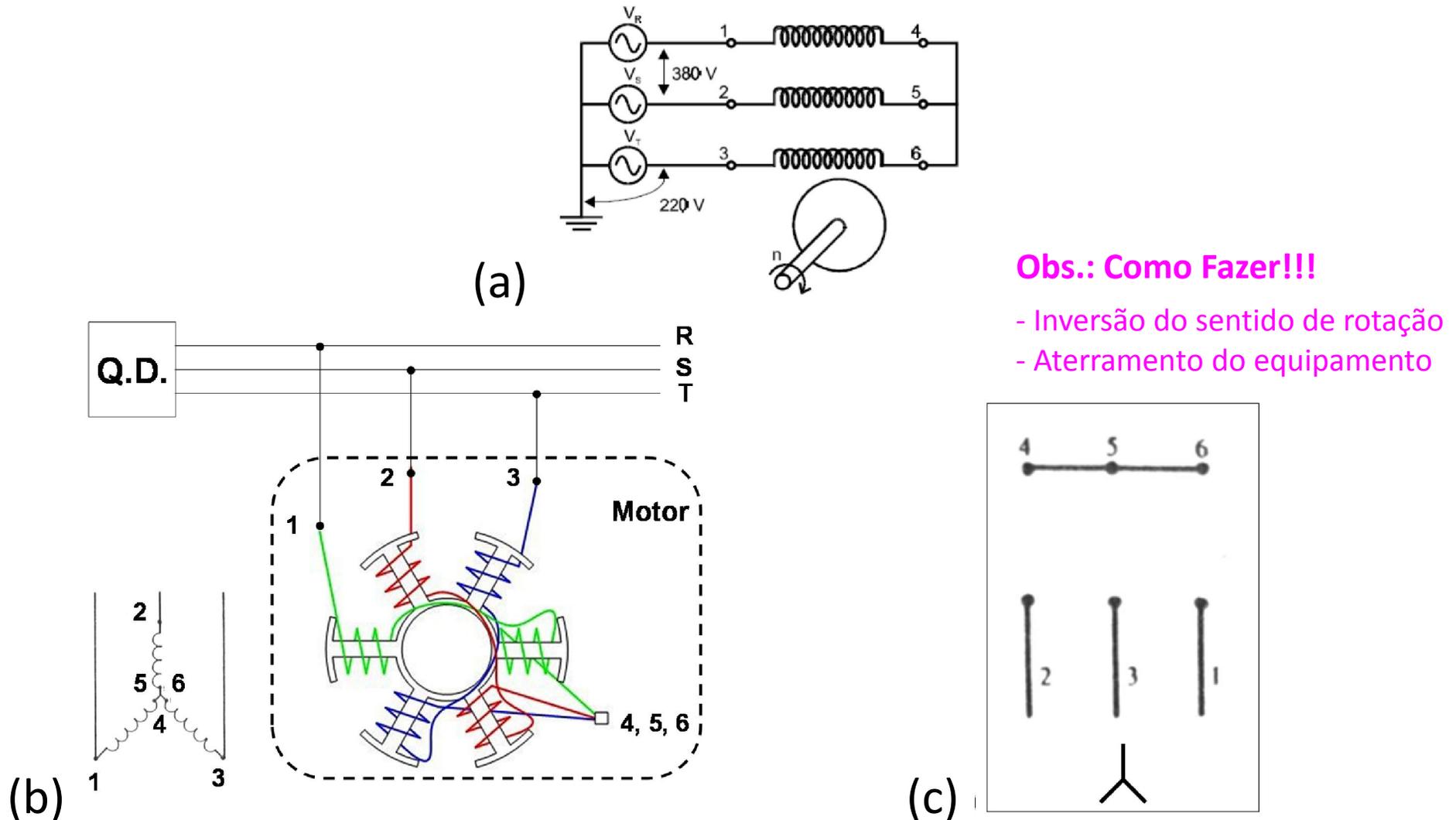


Figura 9.25 – Ligação dos terminais dos motores trifásicos em estrela (ligação RST; maior tensão): a) Circuito básico; b) Esquema multifilar funcional; c) Indicação na placa do motor.

### 3.3 Corrente de partida dos motores elétricos de indução

#### – Corrente de partida ( $I_{partida}$ )

- Pode ser muitas vezes maior que a  $I_n$
- Depende das características construtivas do motor

#### – Motores com $P_n \geq 5$ CV a NBR 5410/90

- A NBR 5410/90 exige redução da corrente

$$I_{partida} = I_n \cdot f_{kVA/CV}$$

Sendo:  $I_{partida}$  – corrente de partida do motor (A);  $I_n$  – corrente nominal do motor (A);  $f_{kVA/CV}$  – relação obtida considerando a letra código do motor (adimensional; [Tabela 9.4](#)).

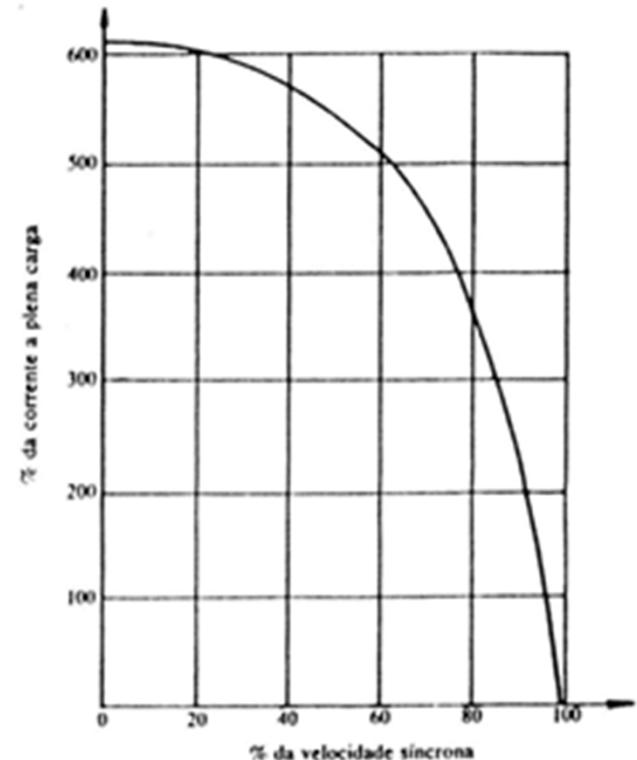


Figura 9.26 – Variação da corrente em função da velocidade síncrona do motor (valores percentuais).

### 3.3 Corrente de partida dos motores elétricos de indução

**Tabela 9.4.** Relação kVA/CV obtida considerando-se a letra-código disposta na placa ou catálogo de identificação dos motores elétricas de indução.

Letra código	Relação $\frac{\text{kVA}}{\text{CV}}$	Letra código	Relação $\frac{\text{kVA}}{\text{CV}}$
A	0 – 3,14	L	9,00 – 9,99
B	3,15 – 3,54	M	10,00 – 11,19
C	3,55 – 3,99	N	11,20 – 12,49
D	4,00 – 4,49	P	12,50 – 13,99
E	4,50 – 4,99	R	14,00 – 15,99
F	5,00 – 5,59	S	16,00 – 17,99
G	5,60 – 6,29	T	18,00 – 19,99
H	6,30 – 7,09	U	20,00 – 22,39
J	7,10 – 7,99	V	22,40 – e acima
K	8,00 – 8,99		

### 3.4 Conjugado ou torque do motor elétrico de indução

$$M = \frac{716 \cdot P_n}{n_{motor}}$$

Sendo:  $M$  – conjugado, momento ou torque do motor (kgf m);  $P_n$  – potência nominal do motor elétrico (CV);  $n_{motor}$  – número de rotações do motor por minuto (rpm).

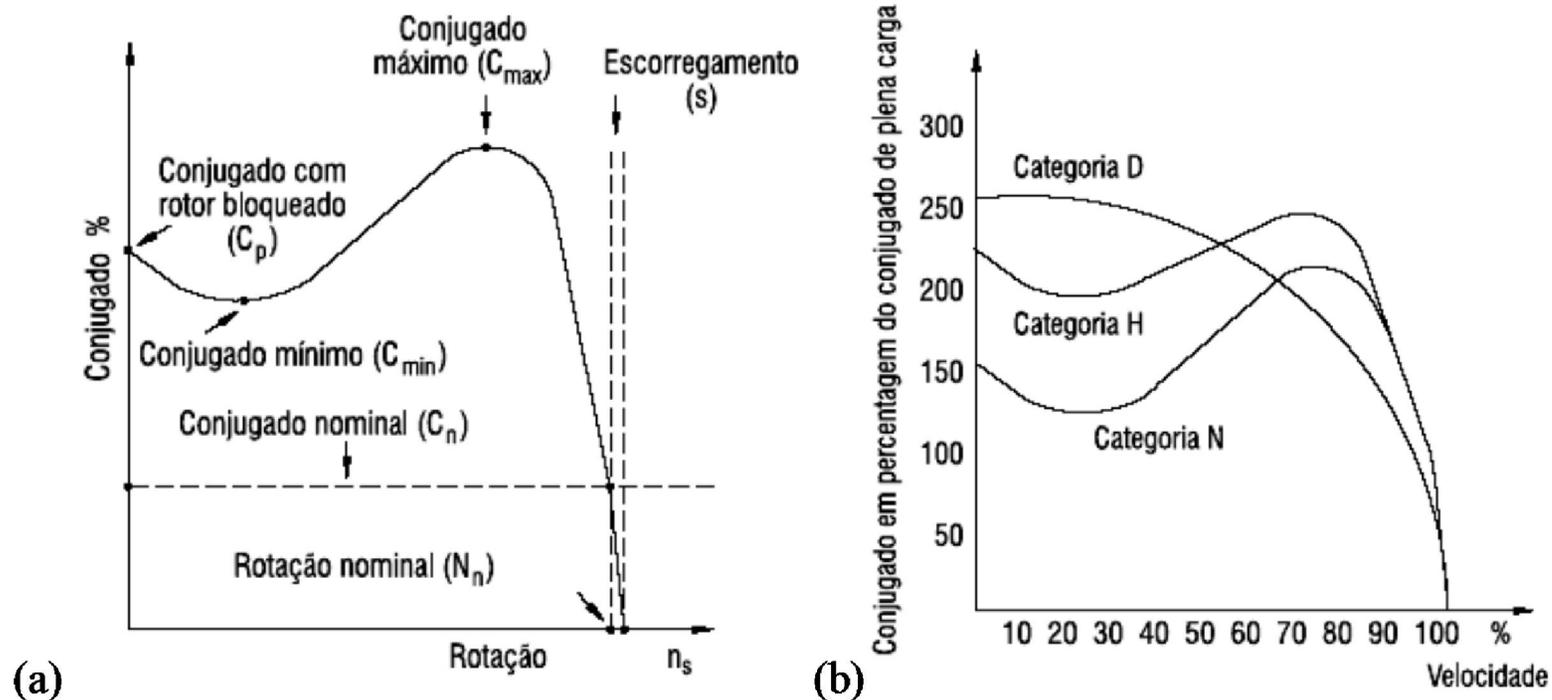


Figura 9.27 – Curvas características de conjugado vs velocidade ou rotação, para motores de indução com rotor gaiola de esquilo: a) Conjugado vs rotação; e, b) Conjugado vs velocidade (%) para várias categorias de motores.

**Exemplo 9.4** – Uma máquina operatriz será acionada por um motor de indução trifásico, potência 50 CV, tensão (FF) 220 V, 1800 rpm ( $n_{motor} = 1770$  rpm), frequência 60 Hz,  $\cos \varphi = 0,88$  e  $\eta = 0,90$ , letra-código F. Sendo assim, qual é a corrente de partida e momento deste motor?

$$I_n = \frac{P_n \cdot 736}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{50 \cdot 736}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,88 \cdot 0,90} = 121,9 \text{ A}$$

$$I_{partida} = I_n \cdot f_{\frac{kVA}{CV}} = 5,59 \cdot 121,9 = 681,6 \text{ A}$$

$$M = \frac{716 \cdot P_n}{n_{motor}} = \frac{716 \cdot 50}{1770} = 20,23 \text{ kgf m}$$

## 3.5 Variação de velocidade dos motores

- Variadores mecânicos;
- Variadores hidráulicos;
- Variadores eletromagnéticos;
- Variadores eletroeletrônicos

### 3.5.1 Variação de velocidade dos motores de indução gaiola de esquilo

$$n_{motor} = \frac{120 \cdot f \cdot (1 - S)}{2 \cdot N_{pares\ de\ polos}}$$

Sendo:  $n_{motor}$  – rotação do motor (rpm);  $f$  – frequência da fonte de energia (Hz);  $N_{pares\ de\ polos}$  – número de pares de polos do motor (adimensional);  $S$  – Escorregamento ou deslizamento (adimensional).



Figura 9.28 – Inversor de frequência

**Exemplo 9.5** – Para um motor de indução, trifásico, potência 20 CV, 60 Hz, 2 polos, tensão ( $U_{FF}$ ) de ligação em triângulo 380 V, letra código L, 75% de carga, determine:

i) Rotação síncrona do motor;

ii) O deslizamento;

iii) O conjugado de partida do motor elétrico (torque);

iv) A corrente nominal do motor;

v) Corrente de partida;

vi) Qual é o valor (em kW) das potências: nominal ( $P_n$ ), ativa ( $P_a$ ), reativa indutiva ( $Q_L$ ) e aparente ( $S$ );

vii) Faça uma comparação dos valores da corrente nominal ( $I_n$ ) e conjugado de partida ( $M$ ) calculados, com os valores tabelados (Tabela 9.5 ou 9.6).

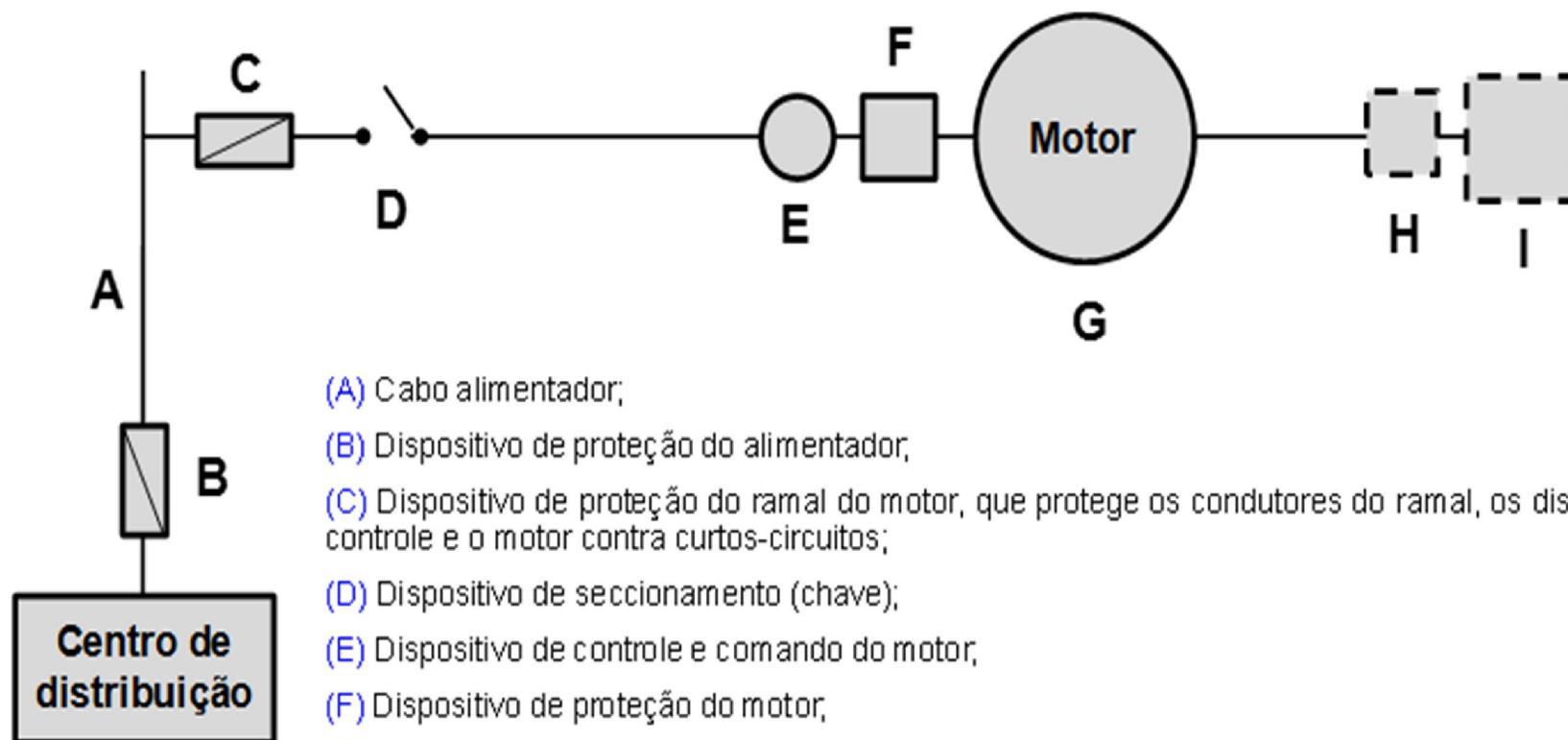
**Tabela 9.5.** Características típicas de motores assíncronos de indução **MONOFÁSICOS** da WEG: 1800 (baixa rotação) e 3600 rpm (alta rotação).

POTÊNCIA		CARCAÇA ABNT IEC	rpm	CORRENTE NOMINAL EM 220 V In A	CORRENTE COM ROTOR BLO- QUEADO Ip/In	CONJUGA- DO NOMI- NAL Cn kgfm	CONJUGA- DO COM ROTOR BLO- QUEADO Cp/Cn	CONJUGA- DO MÁXI- MO Cmáx/Cn	RENDIMENTO $\eta$ %			FATOR DE POTÊNCIA COS $\phi$			FATOR DE SER- VIÇO FS	MOMENTO DE INÉRCIA J kgm <sup>2</sup>	TEMPO MAX. COM ROTOR BLO- QUEA- DO S	PESO APRO- XIMA- DO kg
CV	kW								% DA POTÊNCIA NOMINAL									
									50	75	100	50	75	100				
<b>3600 RPM</b>																		
1.1/2	1,1	90S	3535	7,5	7,8	0,31	2,9	2,3	64	70	75	0,79	0,82	0,88	1,15	0,0020	6,0	26
2,0	1,5	90L	3530	9,5	7,2	0,41	2,9	2,3	65	71	76	0,80	0,85	0,90	1,15	0,0024	6,0	29
3,0	2,2	100L	3460	13	7,6	0,61	3,0	2,2	65	72	77	0,95	0,96	0,98	1,15	0,0064	6,0	32
4,0	3,0	112M	3515	18	8,7	0,81	2,8	2,6	68	74	79	0,95	0,96	0,97	1,15	0,0093	6,0	49
5,0	3,7	112M	3515	23	7,9	1,00	2,8	2,6	70	75	81	0,92	0,94	0,95	1,15	0,0104	6,0	52
7.1/2	5,5	132S	3495	34	6,2	1,50	2,1	2,1	66	74	78	0,93	0,94	0,95	1,15	0,0210	6,0	68
10	7,5	132M	3495	42	7,0	2,00	2,1	2,6	78	78	82	0,93	0,94	0,95	1,15	0,0295	6,0	80,5
12.1/2	9,2	132M/L	3495	58	6,5	2,50	2,1	2,6	70	72	73	0,91	0,93	0,96	1,0	0,0347	6,0	102
<b>1800 RPM</b>																		
1,0	0,75	90S	1760	5,8	8,2	0,41	3,0	2,5	59	68	71	0,71	0,80	0,85	1,15	0,0039	6,0	27
1.1/2	1,1	90L	1760	7,5	8,7	0,61	2,8	2,9	62	72	75	0,73	0,81	0,85	1,15	0,0052	6,0	30
2,0	1,5	100L	1750	9,5	8,7	0,81	3,0	2,8	62	73	77	0,85	0,88	0,93	1,15	0,0084	6,0	31
3,0	2,2	112M	1755	14	8,5	1,20	3,0	2,8	72	78	79	0,78	0,87	0,90	1,15	0,0163	6,0	45,5
4,0	3,0	112M	1745	19	7,1	1,60	2,9	2,6	74	79	80	0,81	0,88	0,90	1,15	0,0183	6,0	52
5,0	3,7	132S	1750	25	7,5	2,0	3,0	2,6	75	80	81	0,70	0,80	0,88	1,15	0,0336	6,0	65
7.1/2	5,5	132M	1745	34	7,4	3,10	3,0	2,6	77	81	84	0,78	0,88	0,90	1,15	0,0378	6,0	75,5
10	7,5	132M	1745	46	7,6	4,10	3,0	2,5	81	83	85	0,82	0,89	0,90	1,15	0,0434	6,0	87
12.1/2	9,2	132M/L	1750	56	7,0	5,10	2,85	2,35	76	79	80	0,83	0,90	0,92	1,0	0,0491	6,0	115

**Tabela 9.6.** Características típicas de motores assíncronos de indução **TRIFÁSICOS** da WEG: 3600 rpm.

POTÊNCIA		CARCAÇA ABNT	rpm	CORRENTE NOMINAL EM 220 V A	CORRENTE COM ROTOR BLOQUEADO Ip/In	CONJUGADO NOMINAL Cn kgfm	CONJUGADO COM ROTOR BLOQUEADO Cp/Cn	CONJUGADO MÁXIMO Cmax/Cn	RENDIMENTO $\eta$ %			FATOR DE POT. COS $\varphi$			FATOR DE SERVIÇO FS	MOMENTO DE INÉRCIA J kgm <sup>2</sup>	TEMPO MÁX. COM ROTOR BLOQUEADO s	PESO APROXIMADO kg
CV	KW								% DA POT. NOMINAL		% DA POT. NOMINAL							
								50	75	100	50	75	100					
<b>— 3600 RPM — 60 Hz.</b>																		
0,16	0,12	63	3400	0,86	4,9	0,03	4,2	4,3	38	43	48	0,63	0,66	0,75	1,35	0,0003	12	6,0
0,25	0,18	63	3430	1,1	5,4	0,05	3,9	4,0	48	55	58	0,57	0,67	0,73	1,35	0,0003	9,8	6,5
0,33	0,25	63	3410	1,2	5,2	0,07	3,0	2,8	55	59	65	0,66	0,70	0,75	1,35	0,0004	8,9	6,5
0,50	0,37	63	3400	1,6	5,1	0,10	2,9	3,1	58	63	65	0,72	0,78	0,81	1,25	0,0004	8,4	6,5
0,75	0,55	71	3420	2,5	5,4	0,15	3,3	3,2	58	64	70	0,69	0,78	0,85	1,25	0,0005	7,3	7,0
1,0	0,75	71	3420	3,4	6,4	0,2	4,0	4,0	57	64	68	0,69	0,77	0,84	1,25	0,0006	6,0	9,5
1,5	1,1	80	3480	4,8	7,0	0,3	3,6	4,4	65	72	74	0,68	0,78	0,84	1,15	0,0016	7,5	15
2,0	1,5	80	3410	5,6	6,2	0,4	2,9	3,2	70	73	75	0,73	0,84	0,88	1,15	0,0016	7,1	16
3,0	2,2	90S	3460	9,0	6,9	0,6	3,1	3,4	72	75	78	0,78	0,81	0,85	1,15	0,0023	6,0	22
4,0	3,0	90L	3480	12	7,6	0,8	3,1	3,7	74	77	81	0,70	0,77	0,81	1,15	0,0026	6,0	24
5,0	3,7	100L	3510	15	8,0	1,0	3,2	4,0	68	75	76	0,75	0,82	0,88	1,15	0,0064	6,0	31
6,0	4,4	112M	3510	16	8,0	1,2	3,2	4,0	72	78	80	0,82	0,88	0,91	1,15	0,0104	6,0	45
7,5	5,5	112M	3500	20	8,0	1,5	2,5	3,0	75	79	82	0,78	0,85	0,89	1,15	0,0104	6,0	47
10	7,5	132S	3500	27	7,9	2,0	1,9	2,8	75	78	79	0,86	0,90	0,93	1,15	0,0179	6,0	60
12,5	9,0	132M	3500	32	8,0	2,5	2,1	2,7	78	79	80	0,87	0,88	0,92	1,15	0,0210	6,0	67
15	11	132M	3500	38	8,4	3,0	2,4	2,8	79	80	81	0,88	0,91	0,93	1,15	0,0229	6,0	74
<b>20</b>	<b>15</b>	<b>160M</b>	<b>3540</b>	<b>52</b>	<b>8,8</b>	<b>4,0</b>	<b>2,6</b>	<b>3,4</b>	<b>74</b>	<b>77</b>	<b>81</b>	<b>0,85</b>	<b>0,88</b>	<b>0,92</b>	<b>1,15</b>	<b>0,053</b>	<b>6,0</b>	<b>115</b>
25	18,5	160M	3500	62	8,1	5,0	2,7	3,4	80	82	83	0,89	0,91	0,93	1,15	0,060	6,0	115
30	22	160L	3500	70	8,2	6,0	2,5	3,0	80	84	87	0,89	0,88	0,93	1,15	0,209	6,0	125
40	30	200M	3560	105	8,0	8,0	3,2	2,3	72	79	80	0,87	0,91	0,92	1,15	0,320	6,0	240
50	37	200L	3560	130	7,4	10	3,2	2,5	76	82	84	0,88	0,91	0,92	1,15	0,333	6,0	270
60	45	225S/M	3565	150	6,5	12	2,9	3,0	74	80	83	0,91	0,90	0,92	1,00	0,440	18	305
75	55	225S/M	3565	185	6,5	15	2,8	3,0	75	83	85	0,90	0,91	0,92	1,00	0,480	16	370
100	75	250S/M	3570	230	8,0	20	3,5	4,0	83	87	89	0,90	0,92	0,92	1,00	0,610	11	470
125	90	280S/M	3565	300	7,3	25	2,4	3,4	82	85	86	0,92	0,92	0,93	1,00	1,22	12	640
150	110	280S/M	3570	350	7,1	30	2,2	3,1	86	86	88	0,92	0,92	0,93	1,00	1,27	27	680
175	130	315S/M	3570	420	7,8	35	3,0	4,4	83	87	89	0,84	0,92	0,92	1,00	1,49	15	780
200*	150	315S/M	3570	480	8,0	40	2,6	2,9	85	88	88	0,91	0,93	0,93	1,00	1,49	19	790

## 3.6 Circuitos contendo motores elétricos



(A) Cabo alimentador;

(B) Dispositivo de proteção do alimentador;

(C) Dispositivo de proteção do ramo do motor, que protege os condutores do ramo, os dispositivos de controle e o motor contra curtos-circuitos;

(D) Dispositivo de seccionamento (chave);

(E) Dispositivo de controle e comando do motor;

(F) Dispositivo de proteção do motor;

(G) Motor;

(H) Dispositivo de controle do secundário (quando o motor é de rotor em anéis, controlando a velocidade);

(I) Resistores ou reostato do secundário, permitindo a partida com menor intensidade da corrente e lentamente;

(J) Dispositivos de sinalização (para motor grande);

(K) Aparelhos de medição de corrente, tensão e potência (para motor grande).

Figura 9.29 – Esquema típico do ramal do motor elétrico.

## 3.6 Circuitos contendo motores elétricos

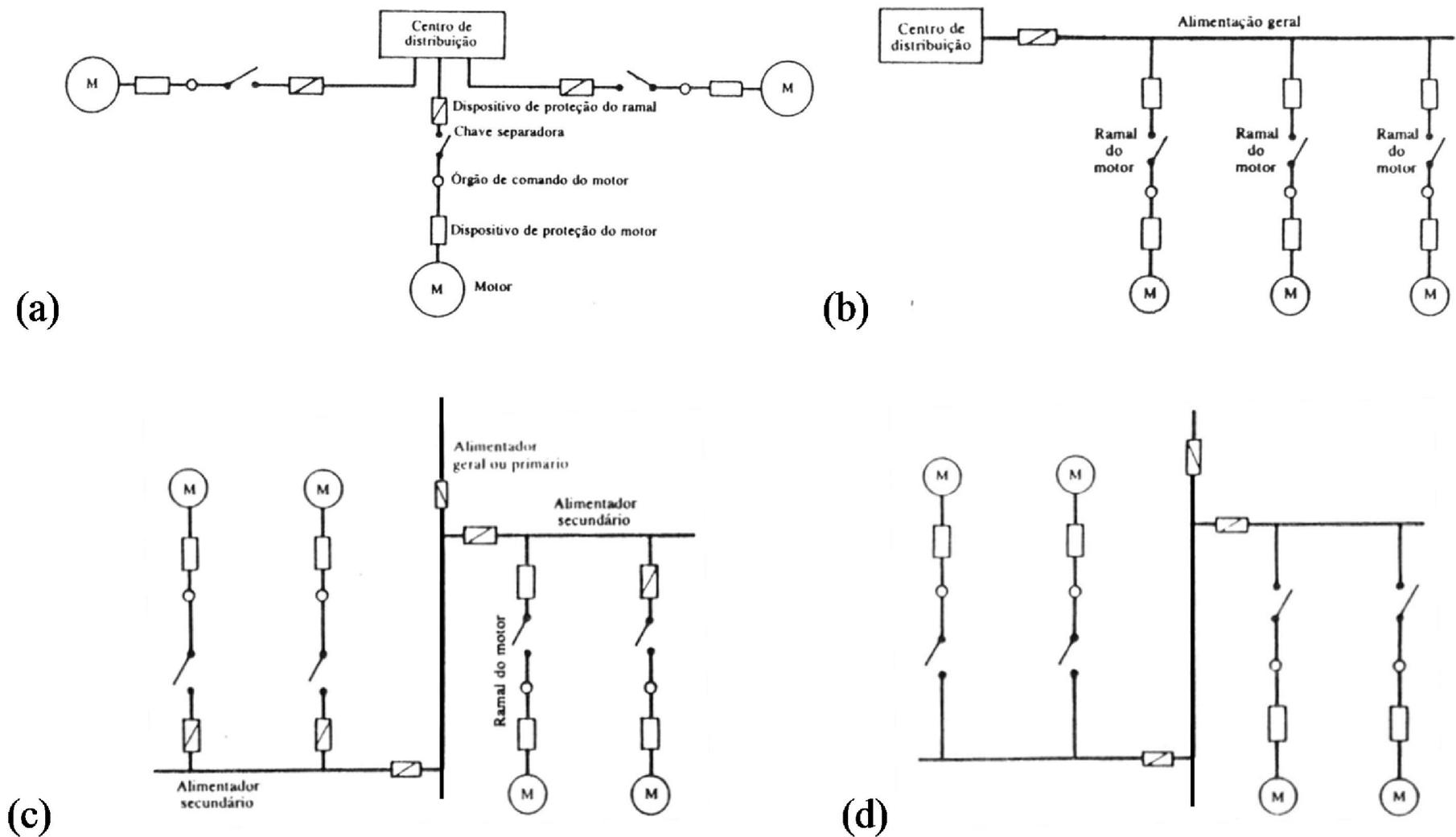


Figura 9.30 – Circuitos terminais típicos para instalação dos motores: a) Circuitos terminais individuais com distribuição radial; b) Circuitos partindo de um alimentador geral; c) Circuitos individuais de motores derivando de ramais secundários (com proteção própria) de um alimentador geral; d) Circuitos individuais de motores derivando de ramais secundários (sem proteção própria) de um alimentador geral.

## 3.7 Dispositivos de controle dos motores elétricos

Considerando recomendações da NBR 5410 e concessionárias de energia da região, as chaves de partida podem ser:

- Ligação direta:  $P_{n\ motor} < 5\ CV$ ;
- Redução da corrente de partida:  $P_{n\ motor} \geq 5\ CV$ .

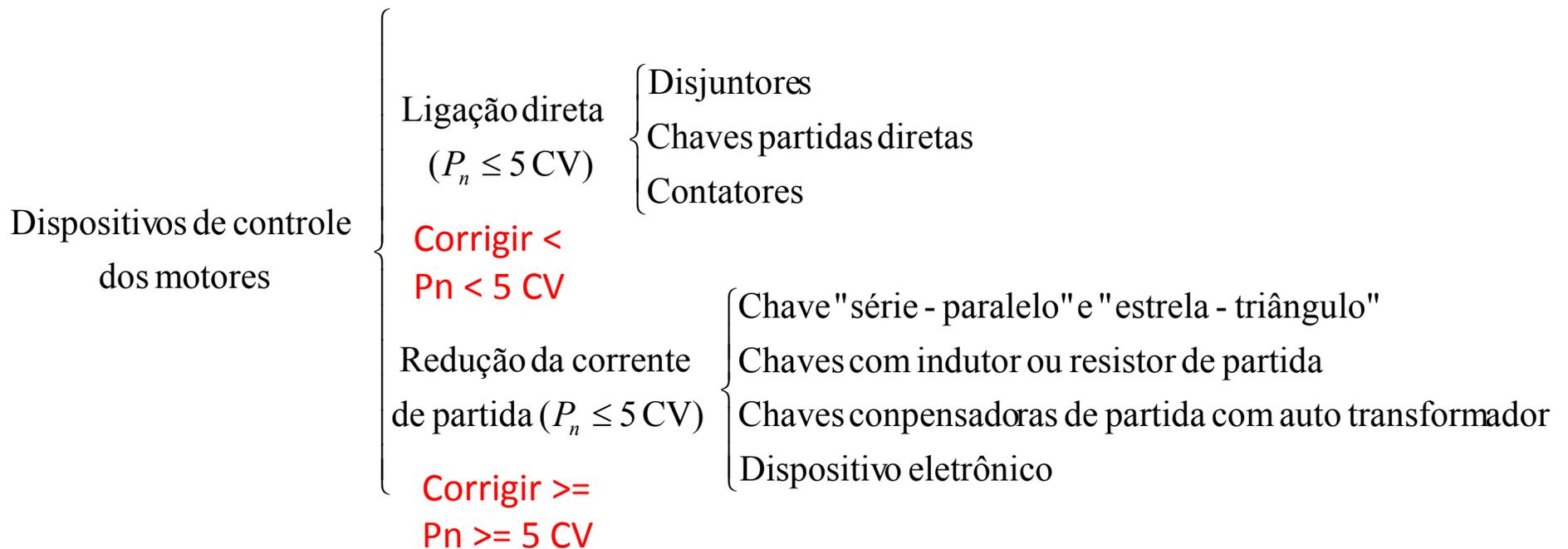


Figura 9.31 – Principais dispositivos de controle dos motores elétricos.

### 3.7.1 Dispositivos utilizadas para ligação direta

- Disjuntores;
- Contatores;
- Chaves de partida direta.

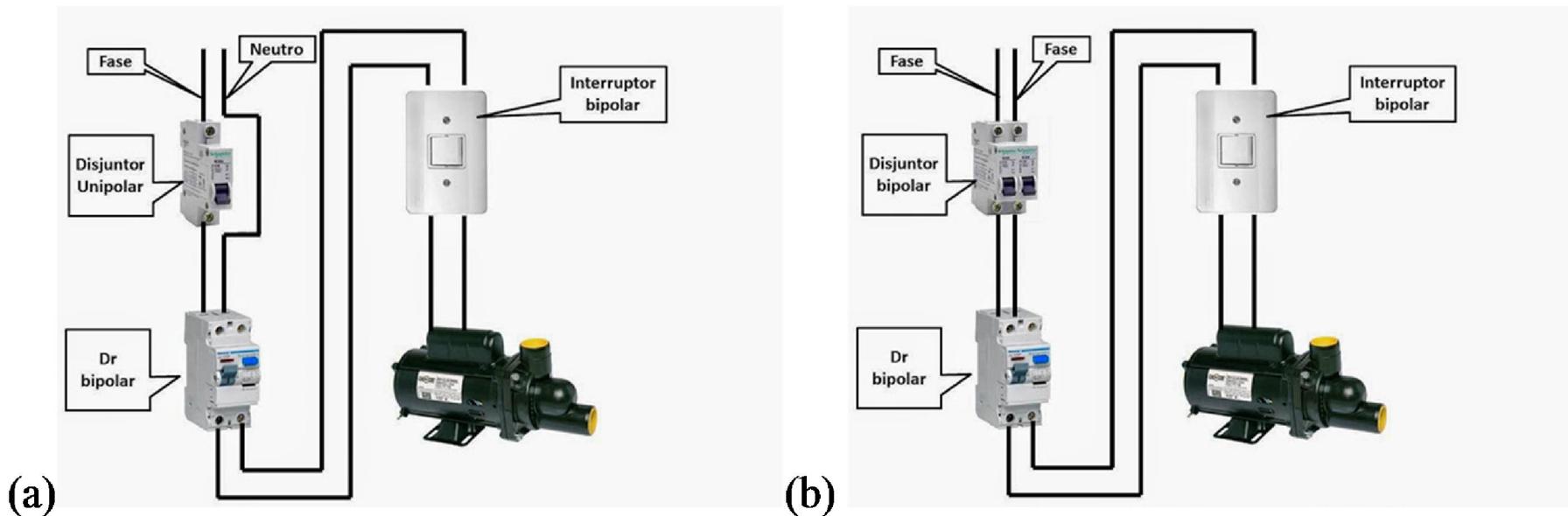


Figura 9.32 – Ligação de um conjunto motor/bomba hidráulica com dois dispositivos de proteção (disjuntor termomagnético e interruptor diferencial Dr) e interruptor: a) Esquema para ligação em 127 V; e, b) Esquema para ligação em 220 V.

## 3.7.1 Dispositivos utilizadas para ligação direta

Figura 9.33 – Ligação de motor com contador e botoeira.

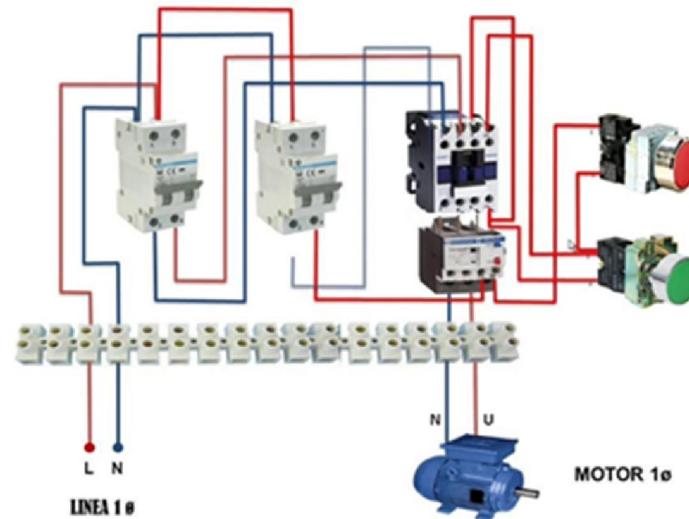
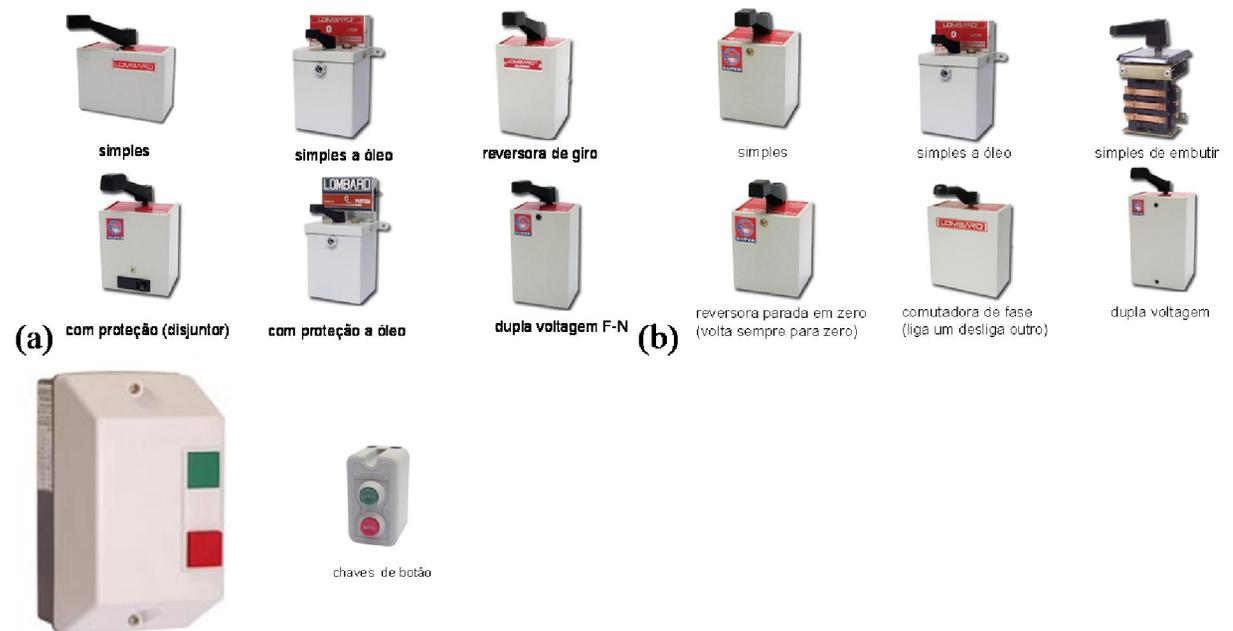


Figura 9.33 – Dispositivos utilizadas para ligação direta:  
 a) Chave monofásica manual;  
 b) Chaves trifásica manual; e,  
 c) Chaves monofásicas ou trifásica semiautomática.



### 3.7.1 Dispositivos utilizadas para ligação direta

**Obs.:** Chave do **tipo faca** não pode ser utilizada na partida dos motores. Sua função é garantir que o ramal está realmente desligado ou desconectado da rede.

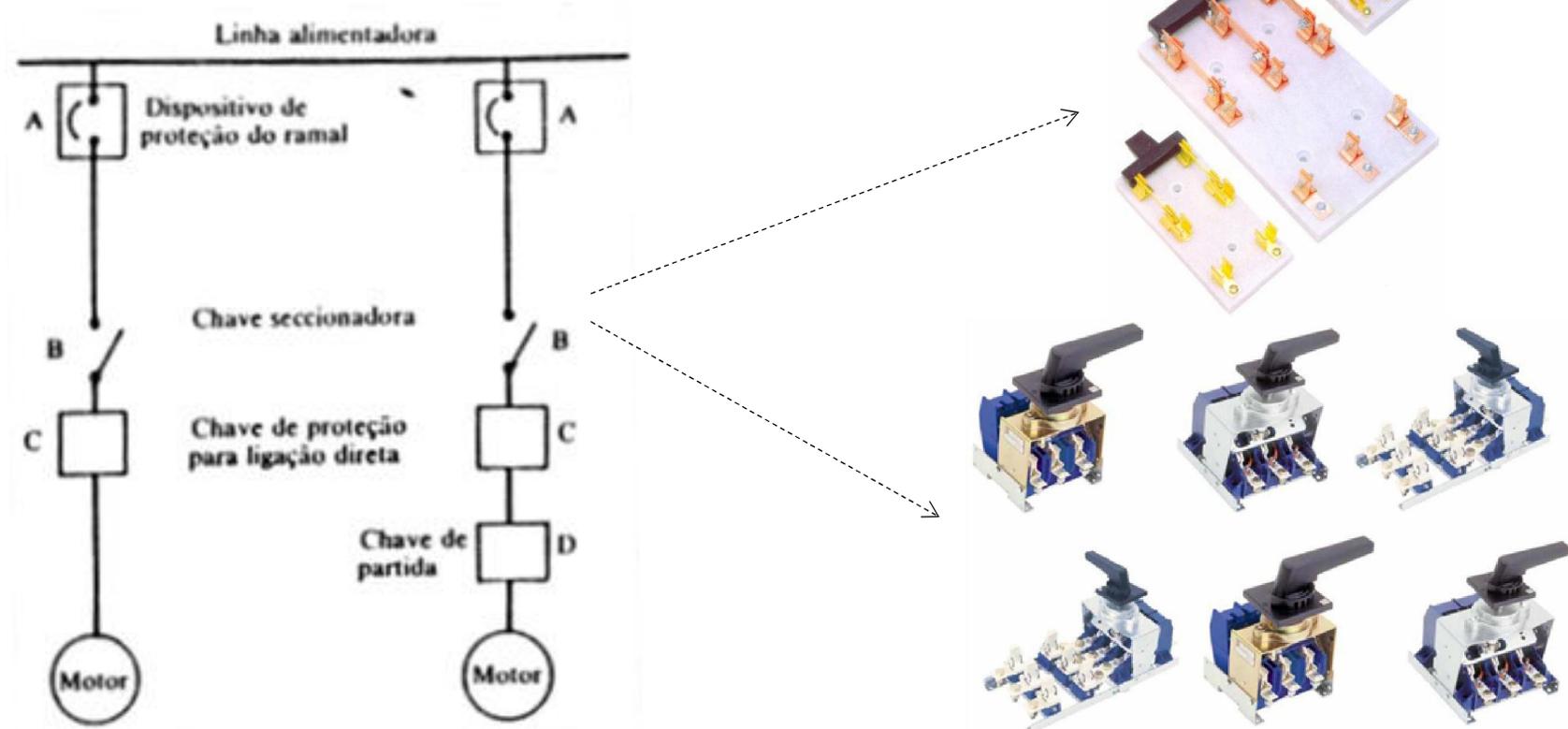


Figura 9.35 – Esquema contendo os dispositivos necessários para proteção do motor e do ramal do motor.

### 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

Os dispositivos redutores da corrente de partida mais utilizados nas instalações são:

- Chaves tipo “**série-paralelo**” (motores monofásicos) e “**estrela-triângulo**” (motores trifásicos);
- Chaves compensadoras com **auto transformador** de partida;
- **Indutor** ou **resistor** de partida.

## 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

### a) Chaves “série-paralelo” e “estrela-triângulo” :

- Usadas para motores de **indução** e rotor em **gaiola**;
- Potência  $\leq$  **130 CV** (Obs.: motores **monofásicos** vão até **15 CV** no máximo);
- Podem ser **manual** (até 60 A) ou **automáticas** (até 630 A) por “botão”, chaves de nível, pressostatos, entre outros.
- Ligação inicial do **estator**: “**série**” para motor monofásico e “**estrela**” para motor trifásico;
- Na **velocidade nominal**, muda-se a ligação: “**paralelo**” para motor monofásico e “**triângulo**” para motor trifásico;
- Reduz em **1/3** a **corrente** de linha e em **1/3** o **conjugado** na partida (“série” para motor monofásico ou “estrela” para motor trifásico);
- Reduz a **tensão** de fase aplicada em  $1/\sqrt{3}$  quando ligada em “série” para motor monofásico ou “estrela” para motor trifásico;

## 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

### a) Chaves “série-paralelo” e “estrela-triângulo”:

- A chave “série-paralelo” são aplicáveis à motores cuja tensão nominal em “paralelo” coincida com a tensão **fase-neutro** da rede alimentadora:

$U_{F-N} = 110 \text{ V}$  – motor **monofásico** deve operar nas tensões 110Paralelo/ 220Série;

$U_{F-N} = 127 \text{ V}$  – motor **monofásico** deve operar nas tensões 110Paralelo/ 220Série;

$U_{F-N} = 220 \text{ V}$  – motor **monofásico** deve operar nas tensões 220Paralelo/ 440Série;

- A chave “estrela-triângulo” são aplicáveis à motores cuja tensão nominal em “triângulo” coincida com a tensão nominal **entre fases** da rede alimentadora.

$U_{F-F} = 220 \text{ V}$  – motor **trifásico** deve operar nas tensões 220  $\Delta$  / 380 Y;

$U_{F-F} = 380 \text{ V}$  – motor **trifásico** deve operar nas tensões 380  $\Delta$  / 660 Y;

$U_{F-F} = 440 \text{ V}$  – motor **trifásico** deve operar nas tensões 440  $\Delta$  / 760 Y.

## 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

### a) Chaves “série-paralelo” e “estrela-triângulo” :

- Dar **partida à plena carga**, somente quando as **cargas** forem **leves** (por exemplo, ventiladores) ou para condições médias de partida (máquinas ferramentas)
- Somente utilizar chaves “**série-paralelo**” e “**estrela-triângulo**” quando o motor tiver conjugado elevado;
- Recomenda-se sempre que possível que a chave estrela-triângulo seja aplicada em partidas **em vazio** (sem carga) ou com **carga parcial**.

## 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

### a) Chaves “série-paralelo”

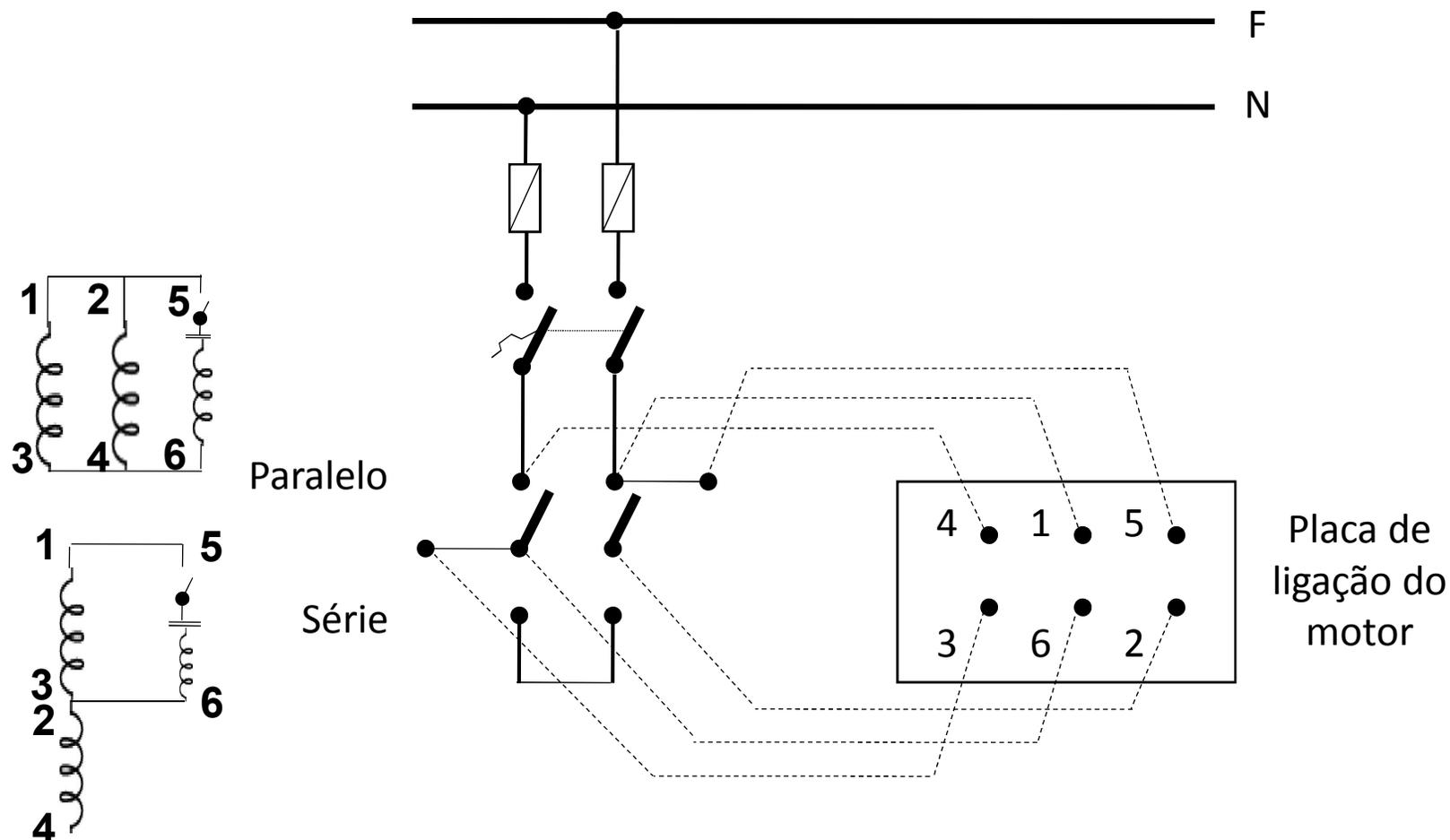


Figura 9.36 – Dispositivo com redução da corrente de partida: esquema de uma **chave “série-paralelo” manual**

## 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

### a) Chaves “série-paralelo”



monofásica “série-paralela”



monofásica “série-paralela” a óleo

Figura – Dispositivo com redução da corrente de partida: esquema de uma **chave “série-paralelo” manual**

### 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

#### a) Chaves “estrela-triângulo”

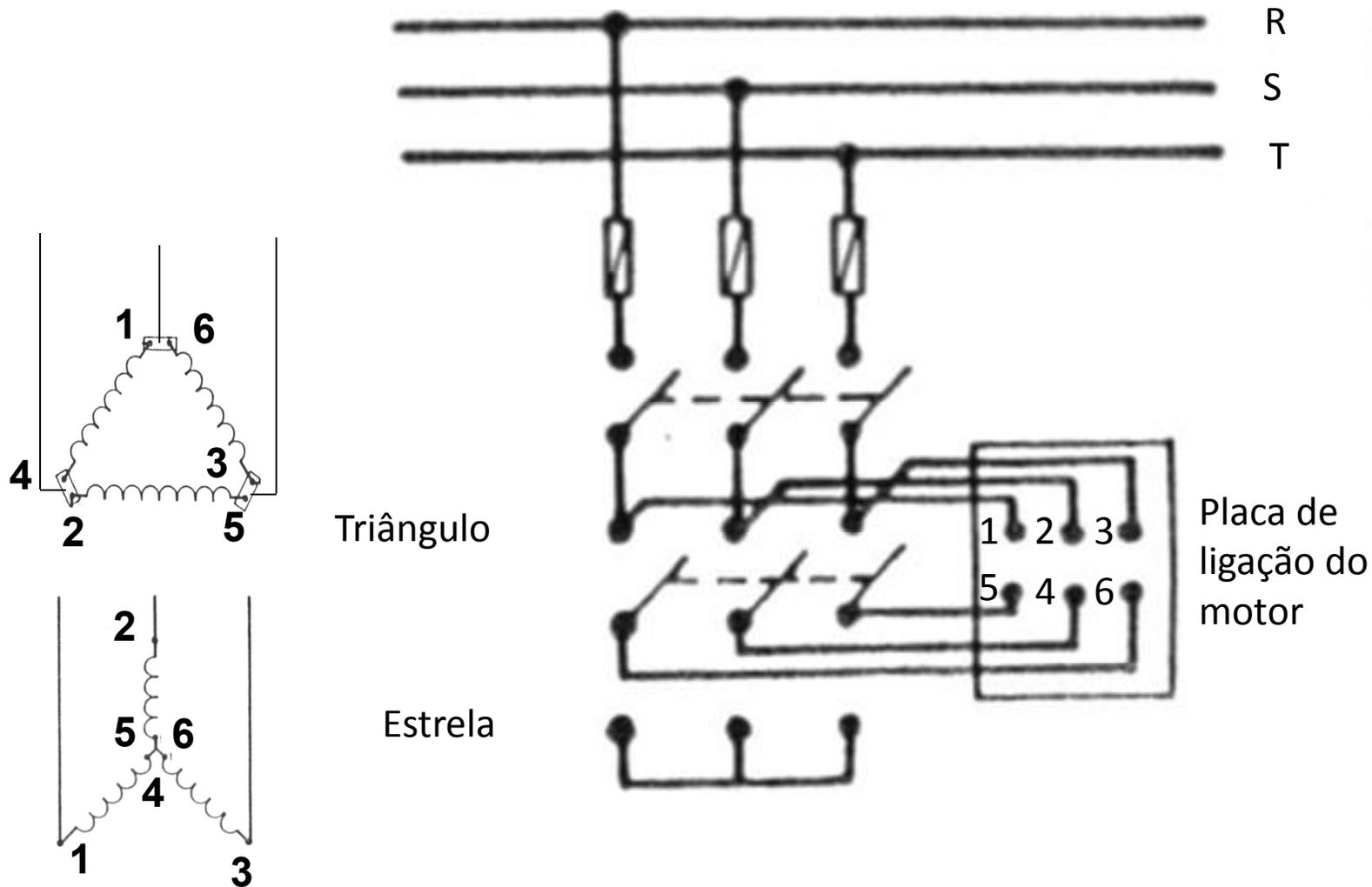


Figura 9.37 – Dispositivo com redução da corrente de partida: esquema de uma **chave “estrela-triângulo” manual**

### 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

#### a) Chaves “estrela-triângulo”

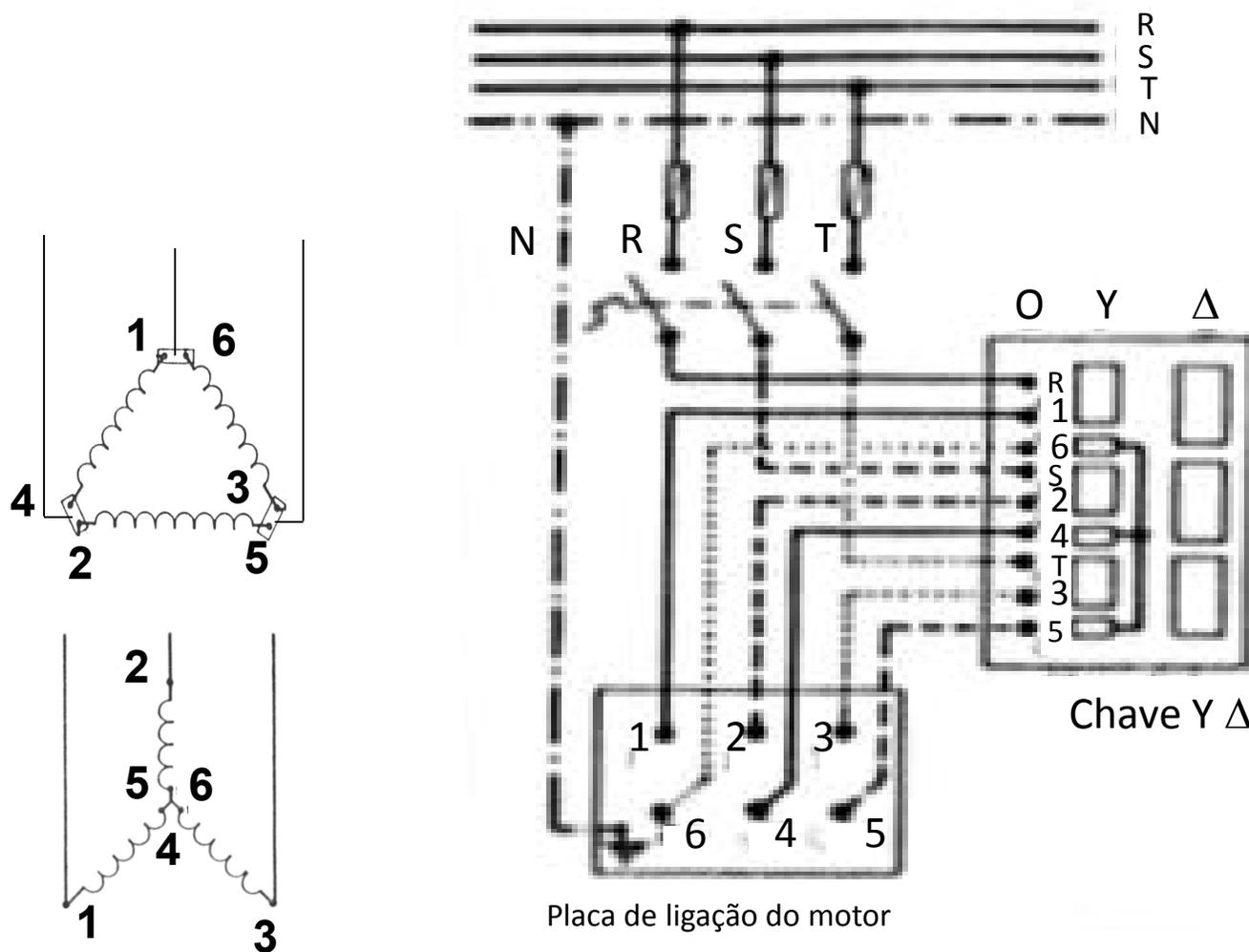


Figura 9.37 – Dispositivo com redução da corrente de partida: esquema de uma **chave “estrela-triângulo” manual**

## 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

### a) Chaves “estrela-triângulo”



trifásica “estrela-triângulo”



trifásica “estrela-triângulo”  
de embutir



trifásica “estrela-triângulo”  
a óleo



Figura 9.38 – Dispositivo com redução da corrente de partida: **chave “estrela-triângulo” manual**

## 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

### a) Chaves “estrela-triângulo”



Figura 9.38 – Dispositivo com redução da corrente de partida: **chave “estrela-triângulo” magnética semi-automática**

## 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

### a) Chaves “estrela-triângulo”

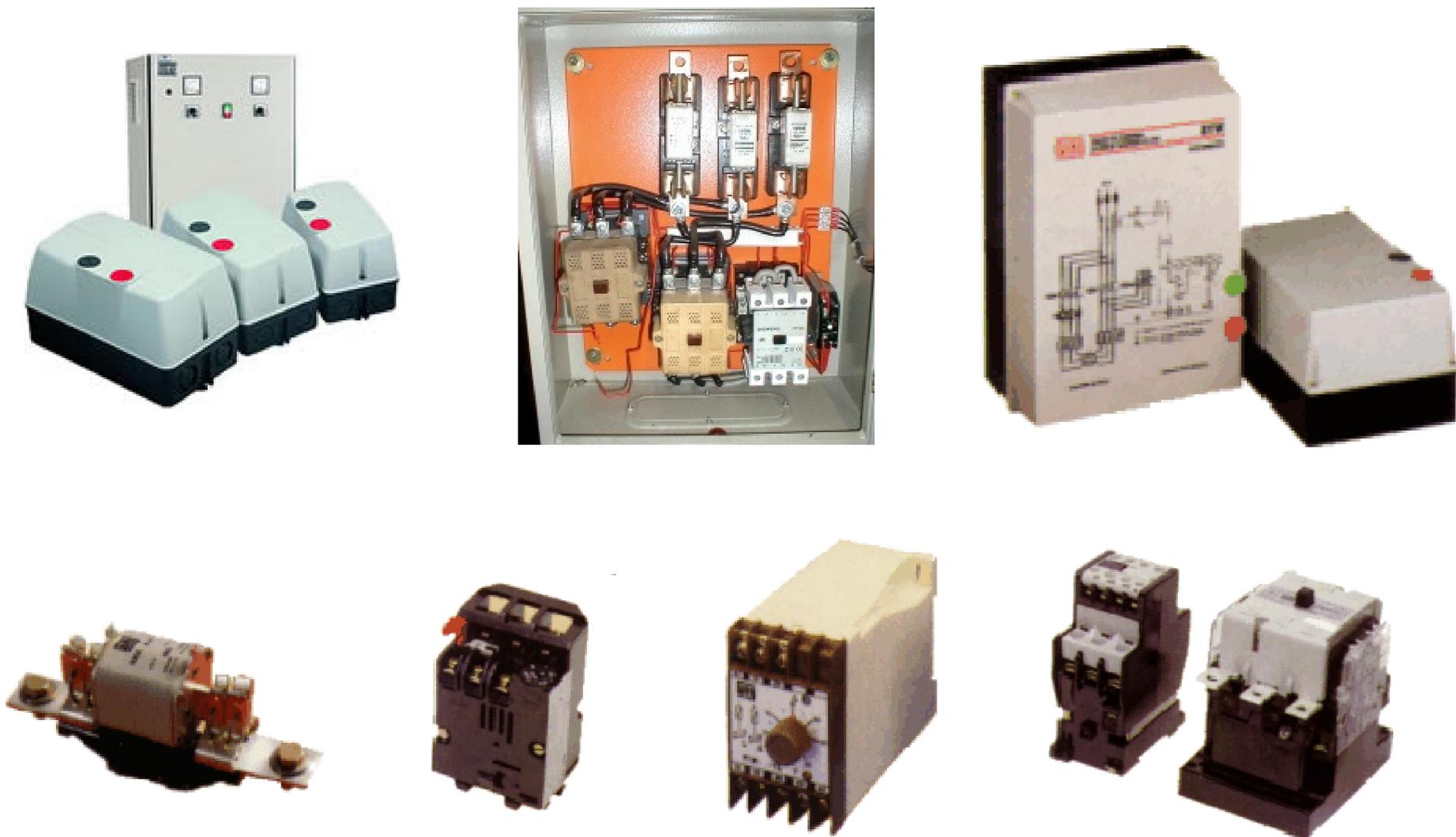


Figura 9.38 – Dispositivo com redução da corrente de partida: **chave “estrela-triângulo” semi-automática**

## 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

### b) Resistores de partida para motores com rotor em curto-circuito:

- Utilizada em **motores de pouca potência**. A partida é **suave** e o dispositivo é de **baixo custo**;
- A ligação de **resistores** fixo em série com os enrolamentos do motor **divide a tensão** de acordo com a lei das ligações em série;
- Com a ligação consegue-se **reduzir a tensão** de partida e, conseqüentemente, a **corrente** de partida;
- Quando a **velocidade nominal** é atingida, os resistores são dispostos em **curto-circuito**, e o motor fica ligado a **plena potência** na **tensão** da rede.

### 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

b) Resistores de partida para motores com rotor em curto-circuito: **resistores fixos externos**

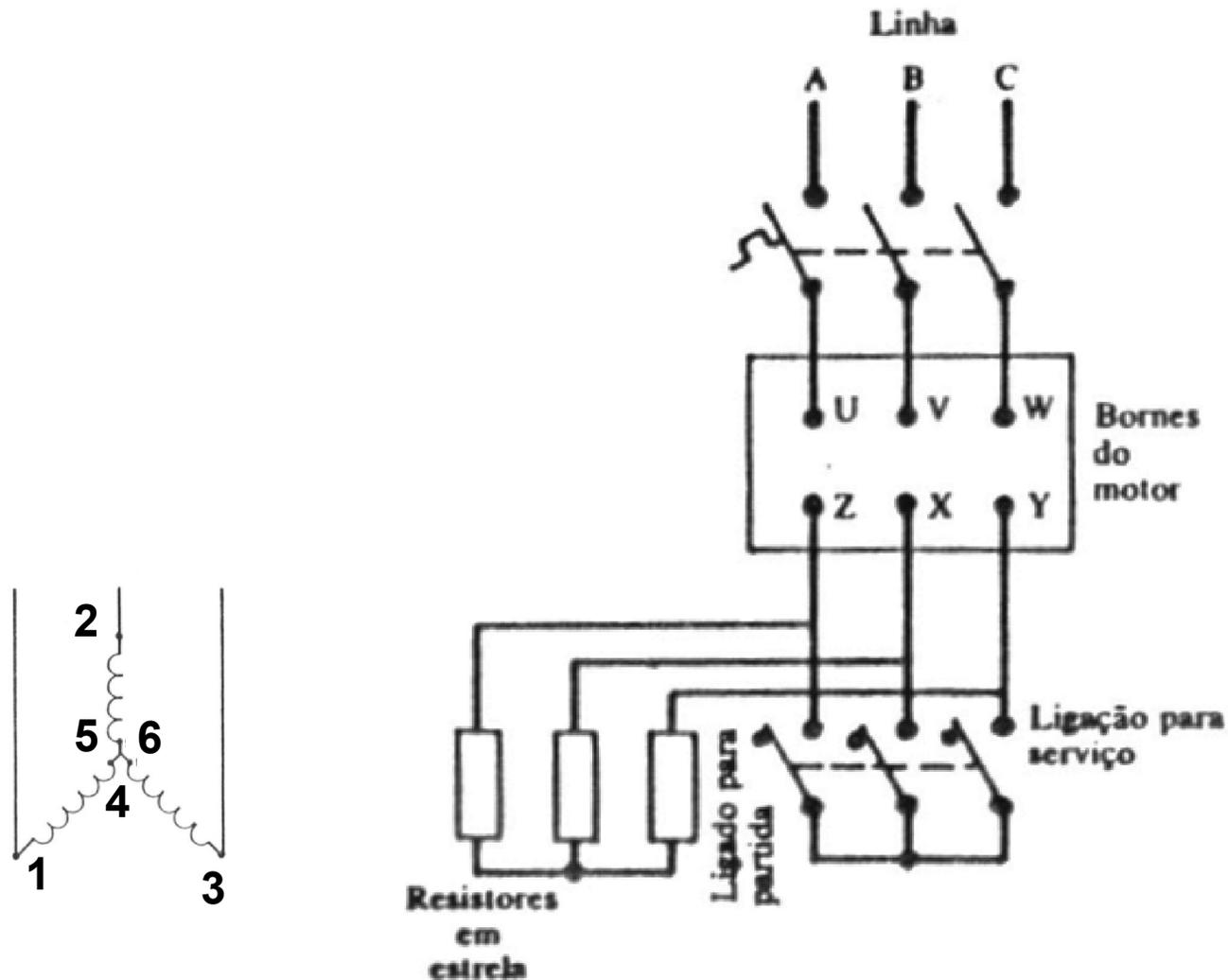


Figura 9.39 – Partida com resistores fixos externos, ligados em estrela.

### 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

#### b) Resistores de partida para motores com rotor em curto-circuito: **Resistores internos destinados à partida**

- Os três **resistores** ligam-se ao **estator** e podem ser ajustados de forma que a **tensão** de partida seja **reduzida**;
- Com a **redução** da **tensão** o motor poderá até ter partida com **corrente** igual a **nominal**;
- Geralmente, a **partida** do motor deve ser dada em **vazio**, sem carga. Logo após atingir a **rotação nominal** os resistores são retirados o motor fica ligado a **plena potência** na **tensão** da rede.

### 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

b) Resistores de partida para motores com rotor em curto-circuito: **Resistores internos destinados à partida**

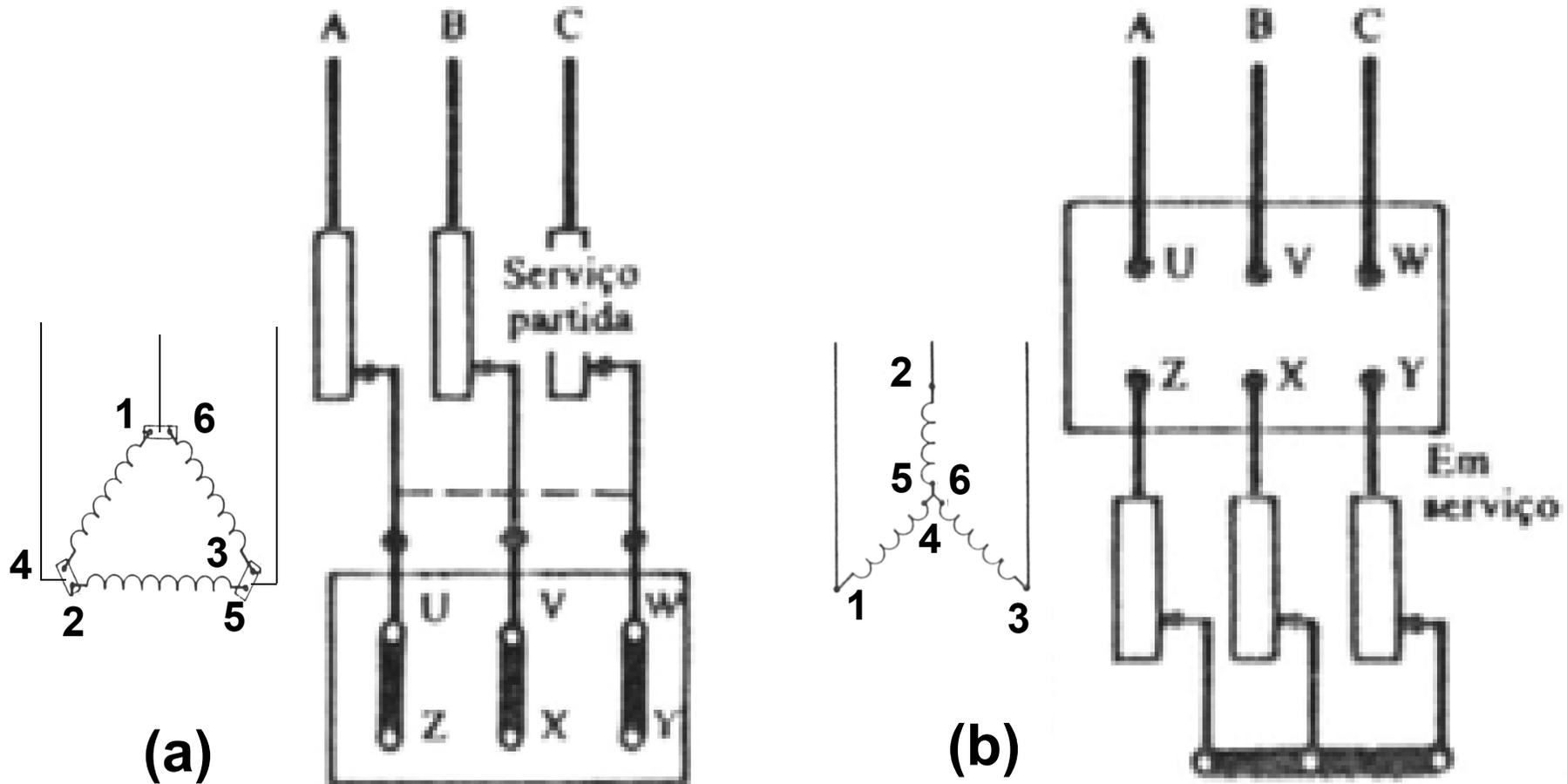


Figura 9.40 – Esquemas de chaves para partida de motores trifásicos com resistores ajustáveis ligados em: a) triângulo; e, b) estrela.

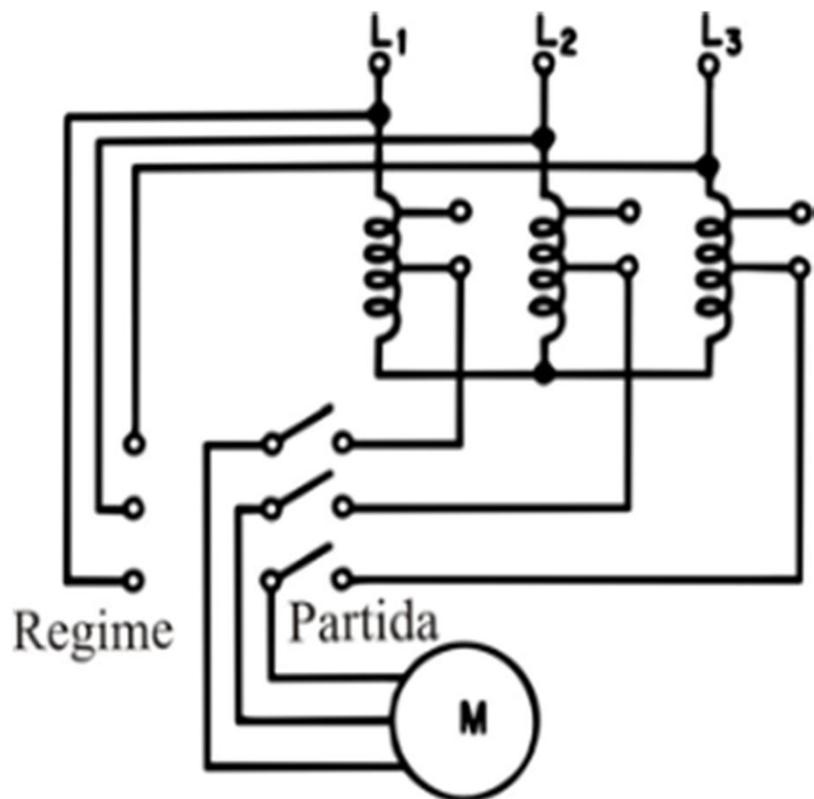
### **3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida**

#### **c) Chaves compensadoras ou autotransformador de partida**

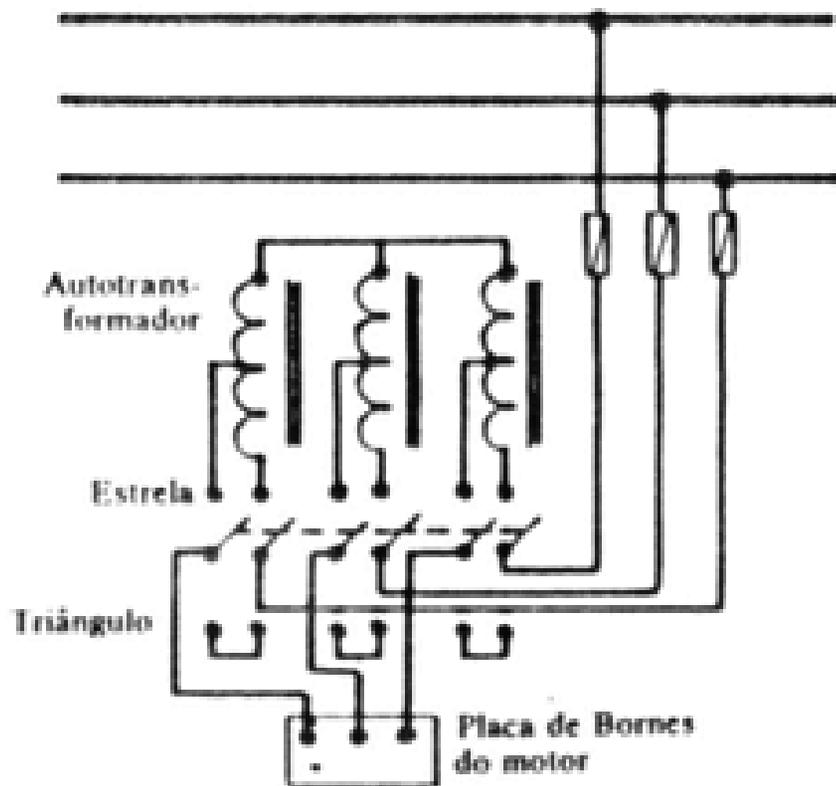
- Reduzem a corrente de partida;
- Reduzem o momento em cerca de 64%, mais deixam um valor suficiente para o arranque do motor;
- A tensão na chave compensadora é reduzida com um autotransformador regulado para trabalhar a 50%, 65% e 80% da tensão normal;
- Após o tempo ajustado o motor entra na velocidade nominal, sendo ligado diretamente à rede.

### 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

#### c) Chaves compensadoras ou autotransformador de partida



(a)

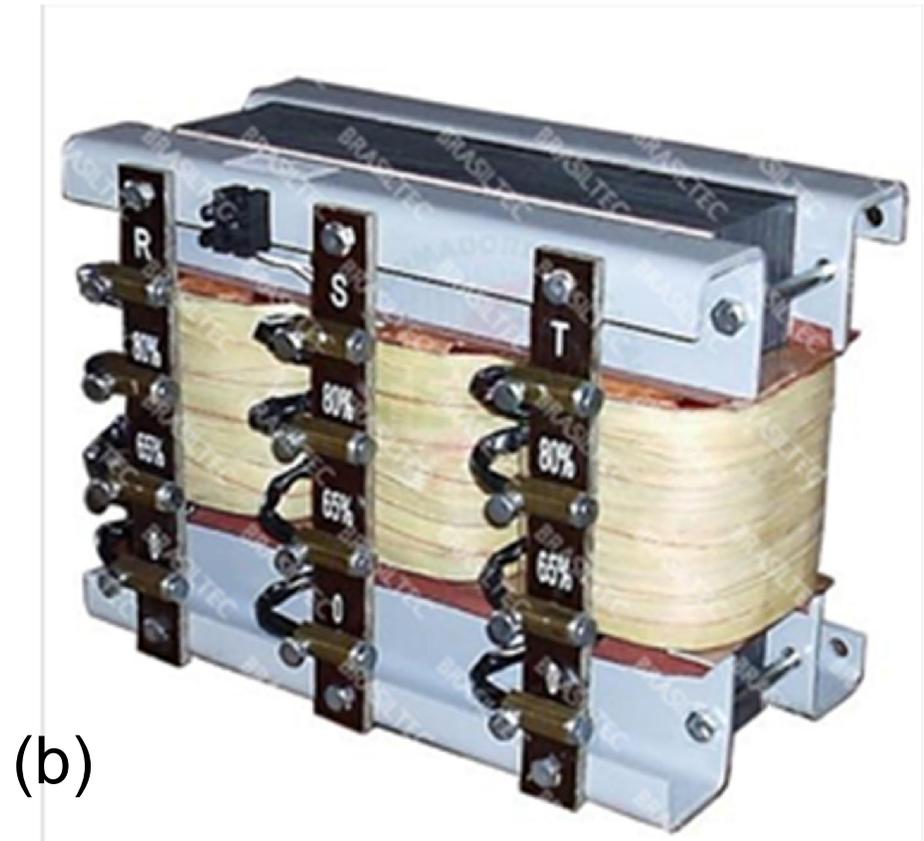


(b)

Figura 9.41 – Esquemas de chaves compensadoras com autotransformador de comando manual, para ligação de motor trifásico.

### 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

#### c) Chaves compensadoras ou autotransformador de partida



**Figura 9.42** – Chaves compensadoras com autotransformador para controle na partida dos motores elétricos.

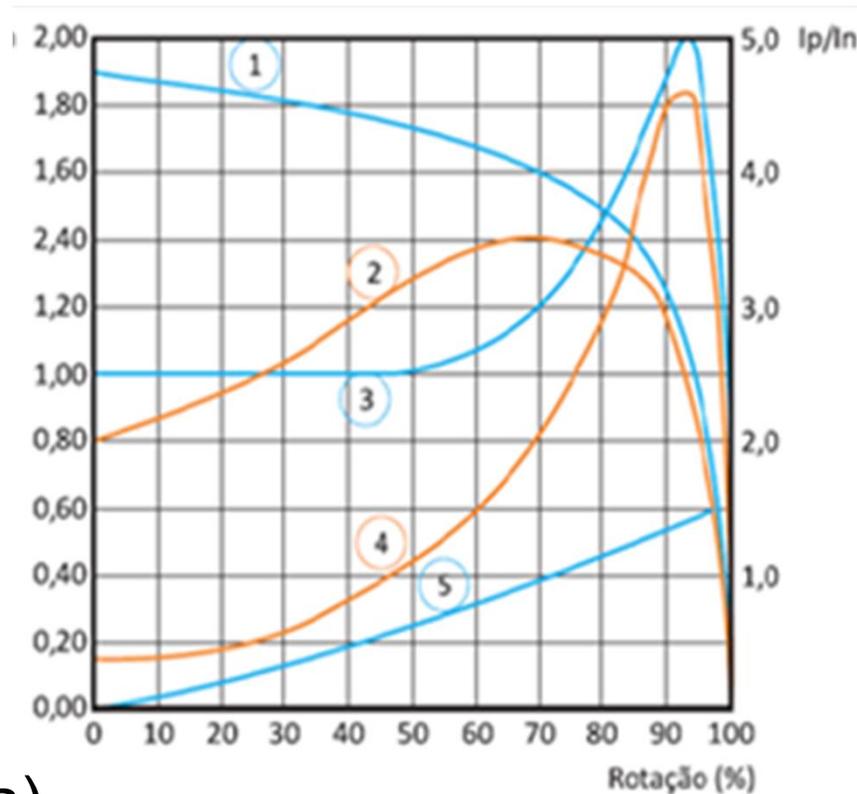
## 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

### d) Dispositivo eletrônico “Soft Starter”

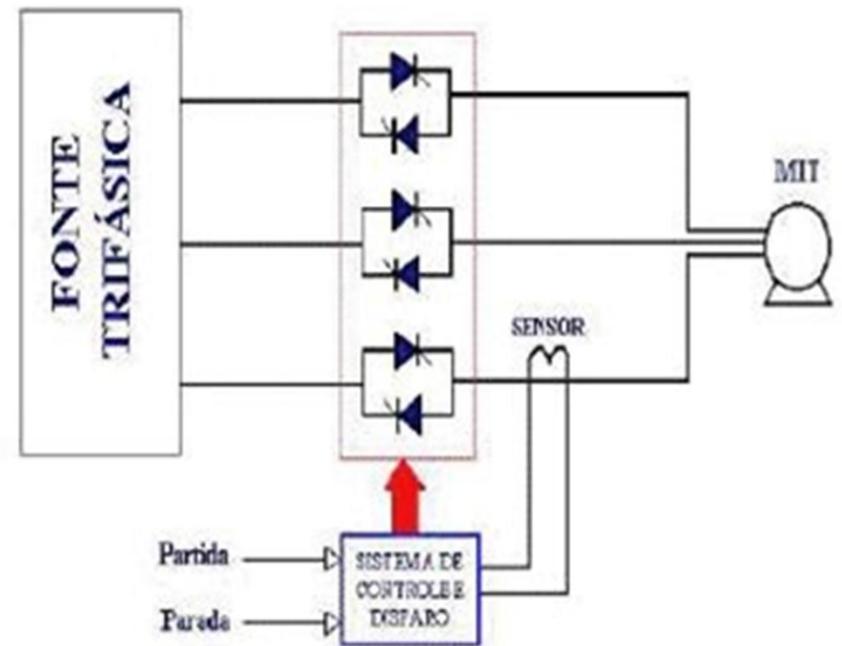
- Pontes de tiristores (SCR's) acionadas eletronicamente para controlar a  $U_{partida}$  do motor, e sua desenergização;
- Usados para partidas de motores de indução CA (corrente alternada), tipo gaiola de esquilo;
- Evita picos de correntes, mantendo os valores muito próxima à corrente nominal do motor, com pequena variação;
- Ausência de arco elétrico, comum nas chaves mecânicas, preservando a vida útil do equipamento ligado.

### 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

#### d) Dispositivo eletrônico “Soft Starter”



(a)



(b)

Figura 9.43 – Dispositivo redutor da corrente de partida *soft starter*: a) Comparação entre corrente e conjugado nas partidas “direta” e “*soft starter*” (1 – Corrente de partida direta, 2 – Corrente de partida com *soft starter*, 3 – Conjugado com partida direta; 4 – Conjugado com *soft starter*; 5 – Conjugado da carga); e, b) Esquema *soft starter* com seis tiristores para acionar motor de indução trifásico.

### 3.7.2 Dispositivos redutores da corrente de partida

#### d) Dispositivo eletrônico “Soft Starter”

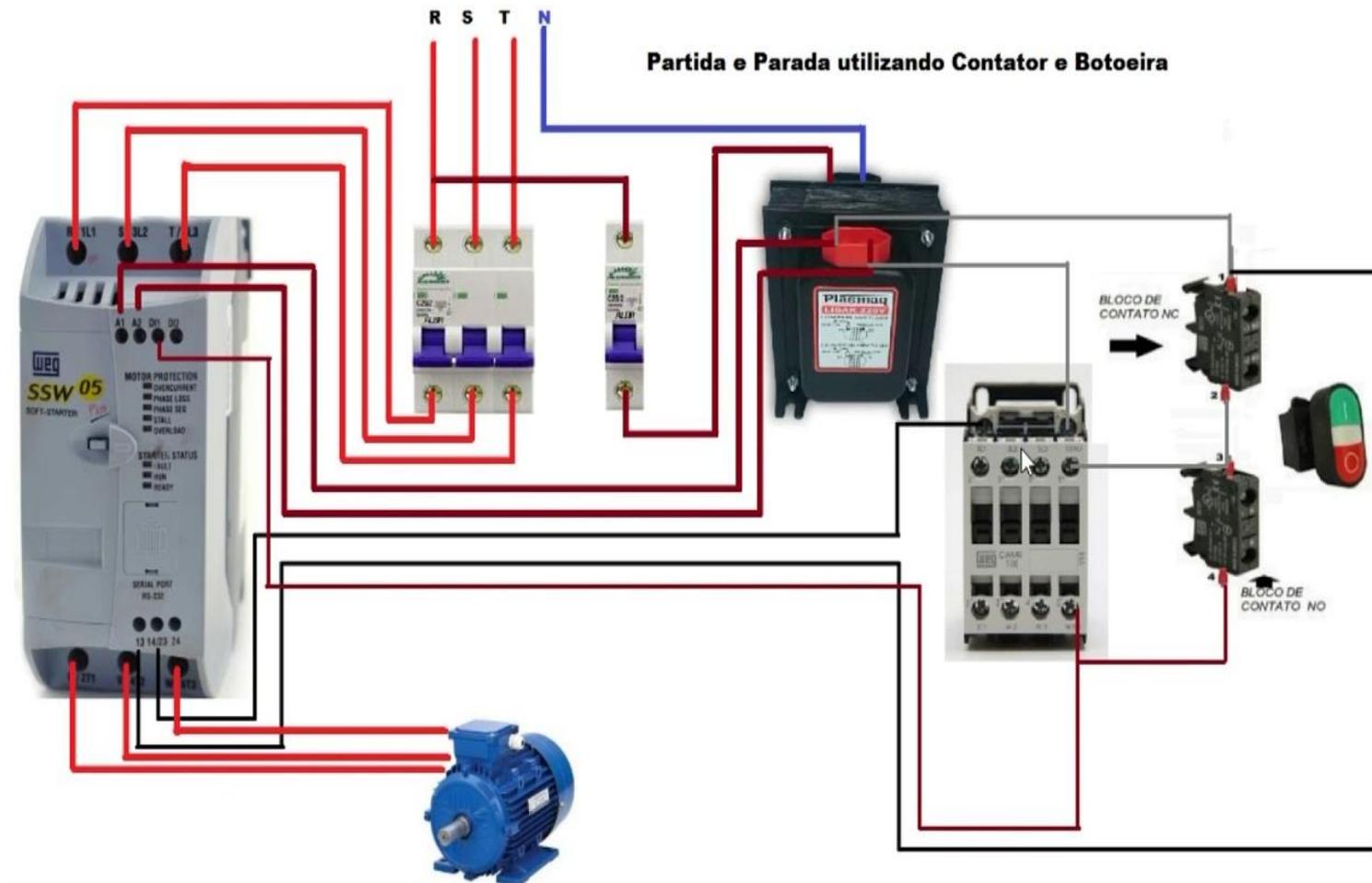


Figura 9.44 – Vista de instalação contendo *Soft Starter* SSW05-WEG, utilizando contator e botoeira para ligar e desligar motor trifásico de indução.

## 4 REFERÊNCIAS

ANZENHOFER, K.; HEIM, T.; SCHULTHEISS, A.; WEBER, W. **Eletrotécnica para escolas profissionais**. 3º ed. São Paulo: Editora Mestre Jou, 1980.127p.

CETEC - Centro de Especialização Técnica. **Máquinas e equipamentos elétricos e mecânicos**. CETEC, 60p. Disponível em < [www.cetec-ba.com.br](http://www.cetec-ba.com.br) >, no dia 28 de abril de 2019.

MARQUES, L. S.; SAMBAQUI, A. B.; DUARTE, F. **Apostila de máquinas elétricas**. Joinville: Instituto Federal de Santa Catarina, 2013. 63p.

NBR 5410 – ORIGEM: **NB3 Instalações elétricas de baixa tensão**. São Paulo: COBEI / mm Editora Ltda.

NISKIER, J.; MACINTYRE, A. J. **Instalações elétricas**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora. 1996. 530p.

NOLL, V **Motores elétricos (Capítulo 8)**. CEFET-SC / Curso Pós-Técnico em Automação Industrial. 210.

SOUZA, J. L. M. **Manual de eletrificação rural**. Curitiba: Plataforma Moretti/DSEA/SCA/UFPR, 1997. 109p. Disponível em: < [http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/publicacoes.htm#5manual\\_didatico](http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/publicacoes.htm#5manual_didatico) > Acesso em 13/02/2019.

SOUZA, J. M. L. **Instalações para motores elétricos (apresentação)**. Plataforma Moretti/DSEA/SCA/UFPR, 2019. Disponível em: < [http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/eletrificacao\\_rural/U09\\_instalacoes\\_para\\_motores\\_eltricos.pdf](http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/eletrificacao_rural/U09_instalacoes_para_motores_eltricos.pdf) > Acesso em 13/02/2019.

WEG INDÚSTRIA LTDA – CENTRO DE TREINAMENTOS DE CLIENTES **Módulo 2 – Variação de velocidade**. WEG/Centro de treinamento de clientes, 296p.

**FIM**