

ELETRICISTA



**INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E
MANUTENÇÃO DE MOTORES
ELÉTRICOS**

SISTEMA FAEP



FRANCISCO DE PAULA MEDEIROS

**ELETRICISTA:
INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO
DE MOTORES ELÉTRICOS**



2016

Depósito legal na CENAGRI, conforme Portaria Interministerial n. 164, datada de 22 de julho de 1994, e junto à Fundação Biblioteca Nacional e Senar-PR.

Autor: Francisco de Paula Medeiros

Coordenação técnica: Néder Maciel Corso CREA-PR-62260/D

Revisão técnica e final: CEDITEC/ SENAR-PR

Normalização: Rita de Cássia Teixeira Gusso – CRB 9. /647

Coordenação gráfica: Adilson Kussem

Diagramação: Sincronia Design

Capa: Adilson Kussem

Catálogo no Centro de Editoração, Documentação
e Informação Técnica do SENAR-PR.

Medeiros, Francisco de Paula.

Eletricista : instalação, operação e manutenção de motores elétricos / Francisco de Paula Medeiros. - Curitiba : SENAR-PR. , 2016. – 192p.

ISBN 978-85-7565-144-5

1. Eletricista. 2. Motores elétricos. 3. Motores trifásicos. 4. Sistemas de aterramento. 5. Condutores elétricos. I. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Administração Regional do Estado do Paraná. II. Título.

CDU53
CDD530

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, por qualquer meio, sem a autorização do editor.

IMPRESSO NO BRASIL – DISTRIBUIÇÃO GRATUITA



APRESENTAÇÃO

O SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – é uma instituição prevista na Constituição Federal e criada pela Lei nº 8.315, de 23/12/1991. Tem como objetivo a formação profissional e a promoção social do homem do campo para que ele melhore o resultado do seu trabalho e, com isso, aumente sua renda e a sua condição social.

No Paraná, O SENAR é administrado pela Federação da Agricultura do Estado do Paraná – FAEP – e vem respondendo por amplo e diversificado programa de treinamento.

Todos os cursos ministrados por intermédio do SENAR são coordenados pelos Sindicatos Rurais e contam com a colaboração de outras instituições governamentais e particulares, prefeituras municipais, cooperativas e empresas privadas.

O material didático de cada curso levado pelo SENAR é preparado de forma criteriosa e exclusiva para seu público-alvo, a exemplo deste manual. O objetivo é garantir que os benefícios dos treinamentos se consolidem e se estendam. Afinal, quanto maior o número de trabalhadores e produtores rurais qualificados, melhor será o resultado para a economia e para a sociedade em geral.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1 MOTORES ELÉTRICOS	11
1.1 MOTOR UNIVERSAL CA E CC (COM ESCOVAS).....	11
1.2 MOTOR UNIVERSAL DE INDUÇÃO DE ANEL CA (SEM ESCOVAS).....	12
1.3 MOTORES MONOFÁSICOS DE FASE AUXILIAR (COM CAPACITOR DE PARTIDA).....	12
1.4 MOTORES MONOFÁSICOS COM CAPACITOR PERMANENTE (DOIS TERMINAIS).....	21
1.5 MOTORES TRIFÁSICOS	22
1.6 MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA (CC)	23
2 FATORES QUE INTERFEREM NO FUNCIONAMENTO DO MOTOR	25
2.1 VELOCIDADE SÍNCRONA	25
2.2 VELOCIDADE ASSÍNCRONA	26
2.3 ESCORREGAMENTO	26
2.4 CONJUGADO	27
2.5 RENDIMENTO.....	27
3 PLAQUETAS DE IDENTIFICAÇÃO DOS MOTORES ELÉTRICOS	29
3.1 PLAQUETA DE MOTOR IMPORTADO – LEGENDAS EM INGLÊS	30
3.2 LEITURA DA PLAQUETA DE IDENTIFICAÇÃO DO MOTOR ELÉTRICO.....	30
4 FECHAMENTO BÁSICO DE MOTORES TRIFÁSICOS	55
4.1 FECHAMENTOS EM TRIÂNGULO E EM ESTRELA	55
4.2 OUTROS FECHAMENTOS DE MOTOR TRIFÁSICO DE 6 PONTAS.....	56
4.3 FECHAMENTOS DE UM MOTOR IMPORTADO DE 6 PONTAS.....	56
4.4 FECHAMENTOS DE MOTOR TRIFÁSICO DE 12 PONTAS.....	57
5 NUMERAÇÃO DOS TERMINAIS DO MOTOR (APAGADOS)	59
5.1 MOTOR MONOFÁSICO 4 PONTAS.....	59
5.2 MOTOR MONOFÁSICO 6 PONTAS.....	60
5.3 MOTOR TRIFÁSICO 6 PONTAS.....	61
6 ATERRAMENTO.....	63
6.1 SISTEMAS DE ATERRAMENTO.....	64
7 CONDUTOR NEUTRO.....	67
8 CONDUTORES ELÉTRICOS	69
8.1 CONDUTOR ISOLADO.....	71
8.2 CABO UNIPOLAR	72
8.3 CABO MULTIPOLAR.....	72
8.4 CORDÃO.....	73
8.5 CORDOALHA	73
8.6 CABO MULTIPLEXADO	73

8.7	CABO MULTIPLEXADO AUTOSSUSTENTADO	74
8.8	CONDUTOR SETORIAL	74
8.9	CABOS DE POTÊNCIA	74
8.10	CABOS DE CONTROLE.....	75
8.11	TENSÕES DE ISOLAMENTO NOMINAIS	75
8.12	TEMPERATURA DOS CONDUTORES	75
8.13	CAPACIDADE DOS CONDUTORES EM CONDUZIR CORRENTE	76
8.14	IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DOS CONDUTORES ELÉTRICOS.....	77
8.15	COMPORTAMENTO DOS CABOS EM CONDIÇÕES DE FOGO E INCÊNDIO.....	78
8.16	DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES PARA MOTORES	79
9	ISOLANTES	81
10	CONDUTOS ELÉTRICOS (ELETRODUTOS).....	83
10.1	ELETRODUTOS	83
10.2	COMO DOBRAR ELETRODUTOS DE PVC RÍGIDO PRETO	85
10.3	ACESSÓRIOS PARA ELETRODUTOS.....	86
10.4	ELETROCALHA	87
10.5	BANDEJA	87
10.6	CAIXAS DE PASSAGEM	88
10.7	ESPELHO.....	88
10.8	CONDULETE	88
11	DISPOSITIVOS USADOS EM ACIONAMENTOS DE MOTORES ELÉTRICOS	91
11.1	FUSÍVEIS.....	91
11.2	DISJUNTORES	93
11.3	IDR (DR): INTERRUPTOR DIFERENCIAL RESIDUAL	96
11.4	DPS: DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS (RAIOS).....	99
11.5	BOTONEIRAS	103
11.6	SINALIZADORES.....	105
11.7	CONECTORES E TERMINAIS	106
11.8	RELÊS.....	107
11.9	DISJUNTOR MOTOR.....	111
11.10	CONTADORES	112
11.11	RELÊS TÉRMICOS DE SOBRECARGA (BIMETÁLICO).....	118
11.12	CHAVE SÉRIE-PARALELO.....	121
11.13	CHAVE ESTRELA-TRIÂNGULO	122
11.14	INTERRUPTORES FIM DE CURSO E MICRORRUPTORES.....	123
11.15	SENSORES	124
12	CONSIDERAÇÕES SOBRE A INSTALAÇÃO ELÉTRICA DOS MOTORES.....	127
13	OPERAÇÃO DOS MOTORES ELÉTRICOS.....	129

14 PARTIDA DOS MOTORES ELÉTRICOS.....	131
15 CUIDADOS COM OS MOTORES ELÉTRICOS	133
16 MANUTENÇÃO DOS MOTORES ELÉTRICOS	135
16.1 INSPEÇÃO GERAL.....	135
16.2 LIMPEZA GERAL.....	135
16.3 LUBRIFICAÇÃO.....	136
16.4 COMPATIBILIDADE DA GRAXA MOBIL POLYREX EM COM OUTRAS GRAXAS.....	137
17 USO RACIONAL DE MOTORES ELÉTRICOS	139
18 ATIVIDADE DE DESMONTAGEM E MONTAGEM DO MOTOR ELÉTRICO.....	141
18.1 DESMONTAGEM DE MOTORES ELÉTRICOS.....	141
18.2 MONTAGEM DE MOTORES ELÉTRICOS.....	142
19 PROBLEMAS E SOLUÇÕES EM MOTORES ELÉTRICOS.....	143
20 SEGURANÇA COM MOTORES ELÉTRICOS	147
21 CÁLCULOS DE POLIAS E ENGRENAGENS (RPM-VELOCIDADE)	149
21.1 POLIAS.....	149
21.2 ENGRENAGENS.....	150
22 SÍMBOLOS E DIAGRAMAS PARA MOTORES ELÉTRICOS.....	151
23 DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS DE INSTALAÇÕES DE MOTORES.....	163
23.1 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR MONOFÁSICO EM 220 V COM ACIONAMENTO MANUAL.....	163
23.2 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR MONOFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM PROTEÇÃO TERMOMAGNÉTICA	164
23.3 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V COM ACIONAMENTO MANUAL	165
23.4 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V COM ACIONAMENTO MANUAL E AUTOSSUSTENTAÇÃO (INTER-TRAVAMENTO – SELO), COM PROTEÇÃO TERMOMAGNÉTICA.....	166
23.5 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V COM ACIONAMENTO MANUAL E AUTOSSUSTENTAÇÃO (INTER-TRAVAMENTO – SELO) COM PROTEÇÃO TERMOMAGNÉTICA.....	167
23.6 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL, COM PROTEÇÃO TERMOMAGNÉTICA RELÊ FALTA DE FASE	168
23.7 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR MONOFÁSICO EM 220 V COM ACIONAMENTO MANUAL E AUTOS-SUSTENTAÇÃO (INTER-TRAVAMENTO – SELO), COM PROTEÇÃO TERMOMAGNÉTICA E SOBRE TENSÕES (RAIOS) E CONTRA CHOQUES ACIDENTAIS.....	169
23.8 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V COM ACIONAMENTO MANUAL E AUTOSSUS-TENTAÇÃO (INTER-TRAVAMENTO – SELO), COM PROTEÇÃO TERMOMAGNÉTICA E SOBRE TENSÕES (RAIOS) E CONTRA CHOQUES ACIDENTAIS	170
23.9 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM ALARME DE FALTA DE ENERGIA, REDE BIFÁSICA, UTILIZANDO SIRENE 12 VCC.....	171
23.10 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM ALARME DE FALTA DE ENERGIA COM SIRENE 12 VCC E RELÊ FALTA DE FASE.....	172

23.11 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE 2 MOTORES TRIFÁSICOS COM PARTIDA CONSECUTIVA E ACIONAMENTO MANUAL COM AUTOSSUSTENTAÇÃO (INTER-TRAVAMENTO – SELO).....	173
23.12 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR MONOFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL E INTERRUPTOR FIM DE CURSO NA.....	174
23.13 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL E INTERRUPTOR FIM DE CURSO NA.....	175
23.14 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR MONOFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL E MICRORRUPTOR FIM DE CURSO NA.....	176
23.15 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL E MICRORRUPTOR FIM DE CURSO NA.....	177
23.16 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL E <i>TIMER</i>	178
23.17 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM TRANSFORMADOR 12 V PARA SINALIZADOR.....	179
23.18 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM CONTROLADOR DE TEMPERATURA (TERMOSTATO).....	180
23.19 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO AUTOMÁTICA.....	181
23.20 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO AUTOMÁTICA.....	182
23.21 COMANDO ESTRELA-TRIÂNGULO.....	183
23.22 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM INVERSÃO DE ROTAÇÃO ELETROMAGNÉTICA.....	187
23.23 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO AUTOMÁTICA.....	188
23.24 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO AUTOMÁTICA.....	189
23.25 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UMA ELETROBOMBA EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM CONTROLE DE NÍVEL DE ÁGUA COM CHAVES-BOIA SUPERIOR E INFERIOR.....	190
REFERÊNCIAS.....	191



INTRODUÇÃO

A dificuldade dos produtores rurais (bovinocultores, avicultores e outros) no que se refere a motores elétricos, tanto na instalação quanta na operação, tem causado incontáveis problemas de ordem elétrica e mecânica, além de graves acidentes.

Muitos motores estão mal-instalados ou operando irregularmente, gerando alto consumo de energia elétrica e apresentando desgastes prematuros, além dos riscos às pessoas. A falta de conhecimento tem acarretado muitos prejuízos aos produtores rurais, com explorações técnicas que poderiam ser evitadas.

Este manual tem o objetivo de orientar os produtores para a instalação, operação e manutenção preventiva de motores elétricos, visando a maior segurança, melhor rendimento, menor consumo de energia, assim como maior durabilidade dos motores elétricos e seus componentes.

1 MOTORES ELÉTRICOS

Onde quer que haja progresso, a presença do motor elétrico é imprescindível. Desempenhando um importante papel para a sociedade, os motores são o coração das máquinas modernas. Por essa razão, é necessário conhecer seus princípios de funcionamento, desde a construção até as principais aplicações práticas.

Como exerce um papel de relevante importância para o conforto e bem-estar da humanidade, o motor elétrico precisa ser identificado e tratado como uma máquina motriz, cujas características envolvem determinados cuidados, relacionados a armazenagem, instalação, operação e manutenção.

A instalação, a operação e a manutenção dos motores elétricos garantem um trabalho seguro e contínuo. Como o princípio de funcionamento dos motores elétricos se baseia no eletromagnetismo, os condutores que estão situados num campo magnético e são atravessados por uma corrente elétrica, eles sofrem a ação de uma força mecânica chamada “torque”.

Existem vários tipos de motores elétricos, sendo os principais os de corrente contínua (CC) e de corrente alternada (CA). Os motores de corrente contínua são mais caros, pois é necessário um dispositivo que converte a corrente alternada em contínua. Já os motores de corrente alternada são mais baratos e mais utilizados.

Os motores elétricos são formados por duas partes principais, o **estator**, que é a parte fixa, e **rotor**, que é a parte rotativa. Eletricamente, o estator é denominado **indutor**, onde se cria o campo magnético variável, e o rotor recebe o nome de **induzido**.

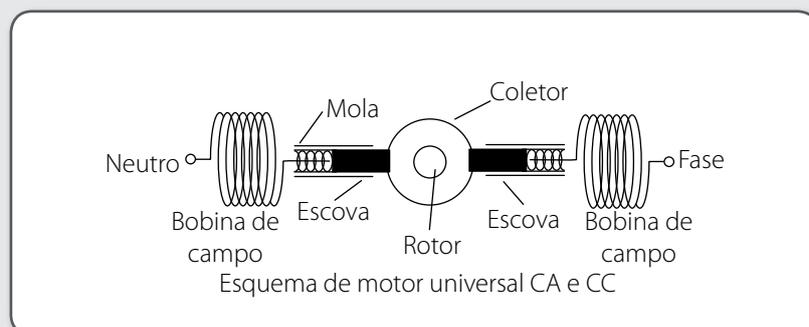
1.1 MOTOR UNIVERSAL CA E CC (COM ESCOVAS)

Podem ser de corrente alternada (CA) ou contínua (CC), com as características:

- alto conjugado de partida;
- a velocidade altera com a variação da tensão;
- potência até 500 W ou 0,75 CV;
- velocidades de 1.500 a 15.000 rpm.

São utilizados em liquidificadores, furadeiras, serras manuais, etc. Para inverter o sentido da rotação, é preciso inverter a posição das escovas.

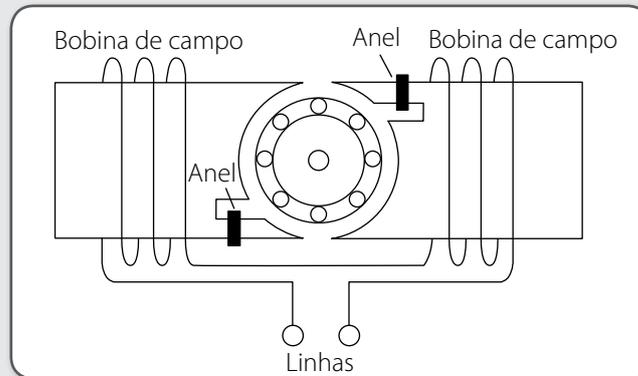
Figura 1 – Esquema de um motor universal (CA ou CC).



1.2 MOTOR UNIVERSAL DE INDUÇÃO DE ANEL CA (SEM ESCOVAS)

São utilizados principalmente em ventiladores domésticos.

Figura 2 – Esquema de um motor universal de indução de anel.



1.3 MOTORES MONOFÁSICOS DE FASE AUXILIAR (COM CAPACITOR DE PARTIDA)

Construtivamente, os motores monofásicos são parecidos aos trifásicos. São fabricados na faixa de potências de 0,25 a 15 CV e são usados numa grande variedade de aplicações. Os motores monofásicos são utilizados principalmente em máquinas como moto-bombas, compressores, cortadores de grama, esmeril, etc. São, em geral, máquinas de pequeno porte. É raro serem encontrados acima dessa potência, pois a utilização de motores trifásicos é economicamente mais viável.

Figura 3 – Motores monofásicos de fase auxiliar.



a) Um capacitor.



b) Dois capacitores.



c) Quatro capacitores.

A grande vantagem do motor monofásico é poder ser ligado em redes elétricas disponíveis em residências e pequenas propriedades rurais. Em contrapartida, possuem o inconveniente de serem incapazes de partir sem a ajuda de um circuito auxiliar, o que não ocorre com os motores trifásicos.

O circuito do enrolamento auxiliar é desligado através do interruptor centrífugo (platinado) quando o motor atinge entre 75 e 80% da rotação síncrona (campo girante).

Figura 4 – Modelos de interruptor centrífugo de partida (platinado).



Os motores monofásicos apresentam algumas desvantagens, quando comparados aos motores trifásicos:

1. Maior tamanho e peso para potências e velocidades iguais (em média 4 vezes). Seu custo também é mais elevado;
2. Exigem mais manutenção devido ao circuito de partida e seus componentes;
3. Apresentam rendimento e fator de potência menores para a mesma potência, por isso apresentam maior consumo de energia (em média 20% a mais);
4. Possuem menor conjugado de partida (torque);
5. São difíceis de encontrar com potências acima de 10 CV.

Tabela 1 – Comparação de rendimento e fator de potência de motores mono e trifásicos de mesma potência.

Faixas de potências CV	Rendimento (η)		Fator de potência ($\cos \phi$)	
	Monofásico	Trifásico	Monofásico	Trifásico
1/6-1,0	0,50-0,65	0,59-0,74	0,50-0,65	0,58-0,70
0,5-10	0,67-0,76	0,74-0,78	0,68-0,80	0,75-0,85
11-25	0,76-0,80	0,78-0,89	0,80-0,83	0,86-0,86

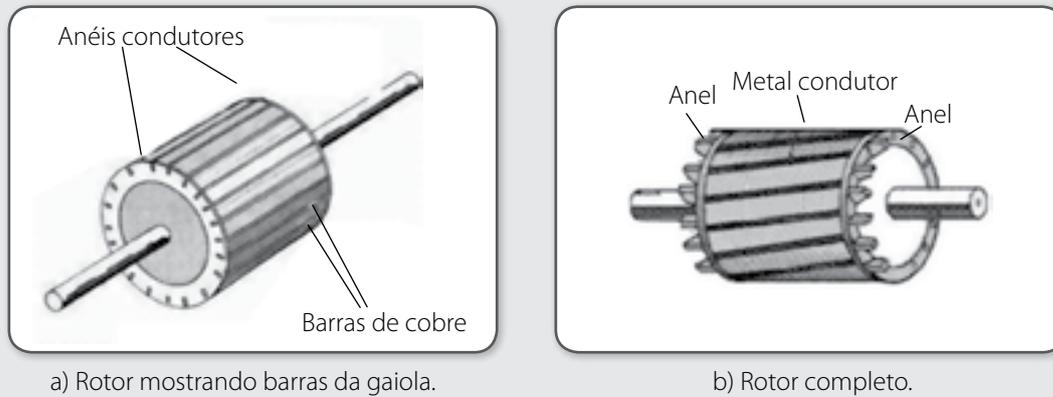
O estator desses motores é constituído por dois enrolamentos, chamados de **bobinado principal** (ou de trabalho) e **bobinado auxiliar** (ou de partida, arranque).

Figura 5 – Estatores de motores monofásicos de fase auxiliar.



Os rotores dos motores monofásicos com capacitor de partida são idênticos aos dos trifásicos. São fabricados em forma de **gaiola de esquilo**.

Figura 6 – Rotores tipo gaiola de esquilo.



Na partida do motor, os dois enrolamentos ficam energizados; tão logo o rotor atinja 75 a 80% da velocidade nominal, o enrolamento de arranque (auxiliar) é desligado, permanecendo em funcionamento somente as bobinas de trabalho.

O enrolamento auxiliar fica ligado em série com o capacitor e o interruptor centrífugo (platinado), e em paralelo com o enrolamento principal. O **auxiliar** ajuda na partida e o **principal** é o responsável pelo funcionamento.

Para que possa funcionar em duas tensões diferentes (110 ou 220 V), a bobina de trabalho desses motores é dividida em duas, tendo a possibilidade de as partes serem conectadas em série ou em paralelo, de acordo com a tensão da rede elétrica. Cada parte deve receber no máximo 110 V, que corresponde à menor tensão de funcionamento do motor. Os capacitores de partida devem ter capacidade elevada com volume reduzido, portanto são eletrolíticos.

Figura 7 – Capacitores eletrolíticos de partida.



Tabela 2 – Valores de capacitores eletrolíticos de partida.

Potência do motor-CV	Capacitância- μF
1/6	161 a 193
1/4	216 a 259
1/3	270 a 324
1/2	340 a 408
3/4	430 a 516
1	540 a 648

Figura 8 – Vista explodida de um motor monofásico de fase auxiliar:

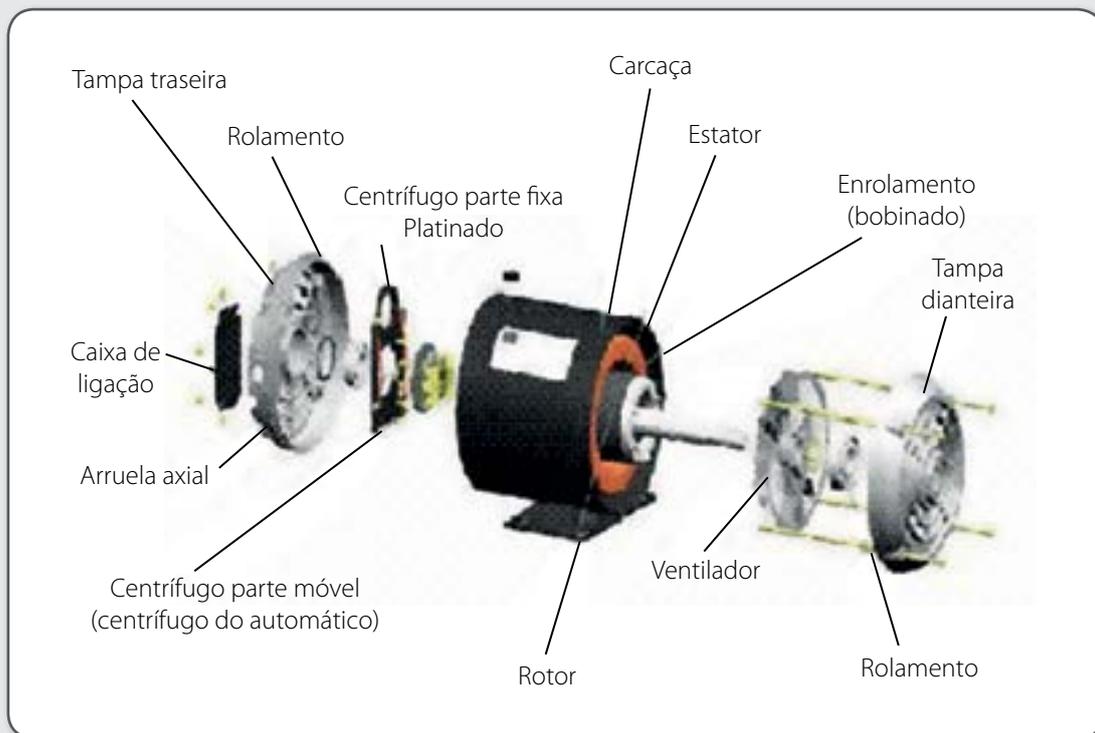


Figura 9 – Esquema de motor monofásico fase auxiliar, 4 terminais e 2 tensões (110 e 220 V).

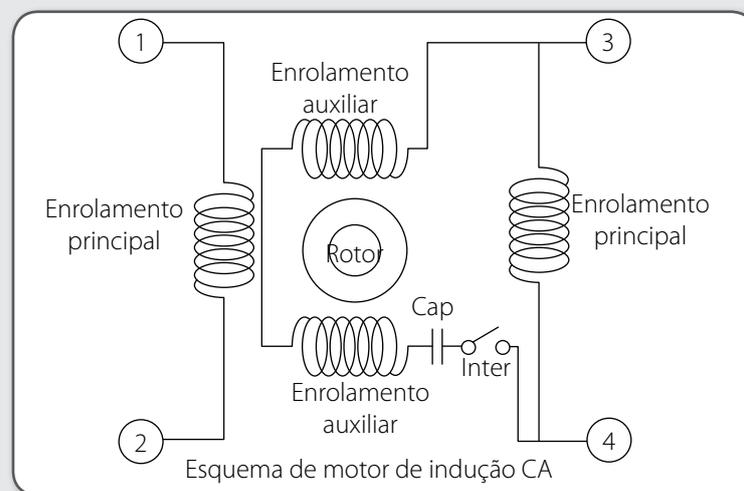
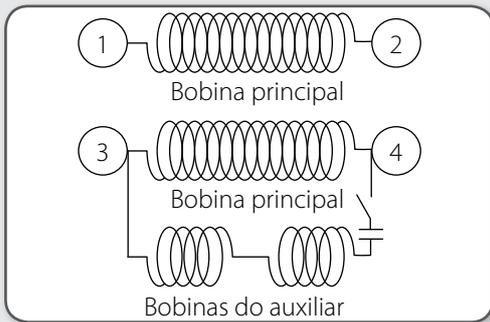
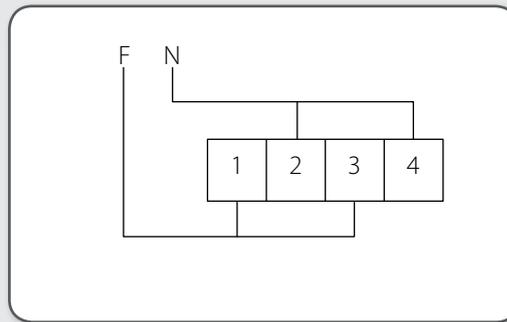


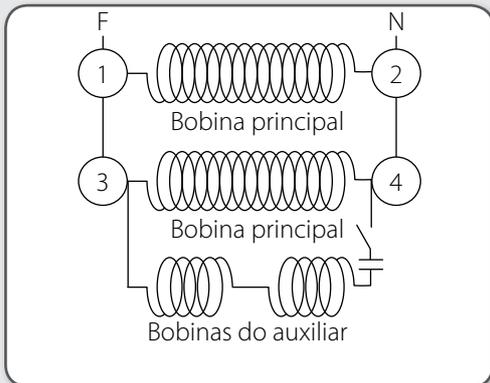
Figura 10 – Fechamento dos motores monofásicos de 4 terminais – Tensão menor (110 V).



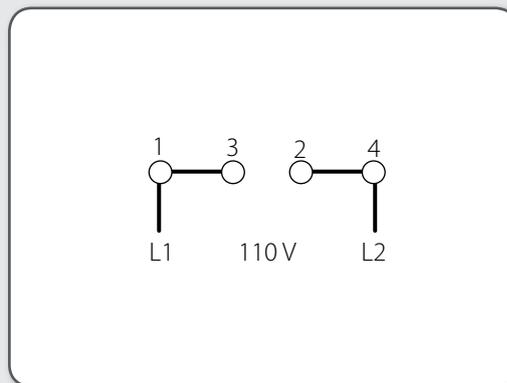
a) Esquema das bobinas (principal e auxiliar).



b) Esquema de fechamento 110 V.

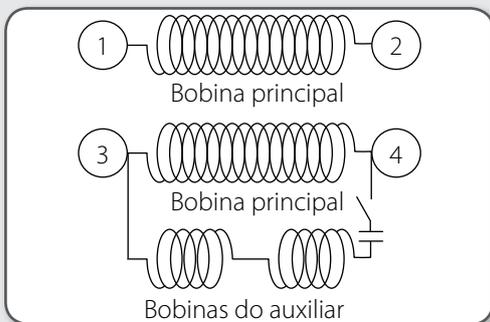


c) Ligação das bobinas.

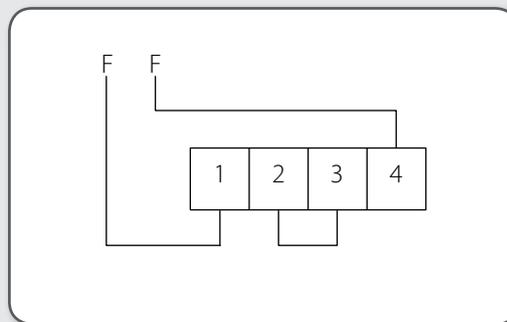


d) Esquema elétrico 110 V.

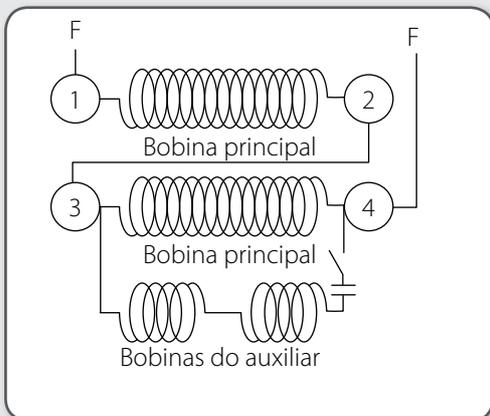
Figura 11 – Fechamento dos motores monofásicos de 4 terminais – Tensão maior (220 V).



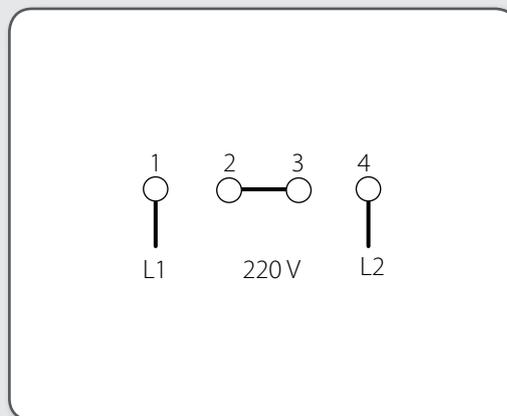
a) Esquema das bobinas (principal e auxiliar).



b) Esquema de fechamento 220 V.



c) Ligação das bobinas.



d) Esquema elétrico 220 V.

Figura 12 – Esquema de motor monofásico fase auxiliar, 6 terminais e 2 tensões (110 e 220 V).

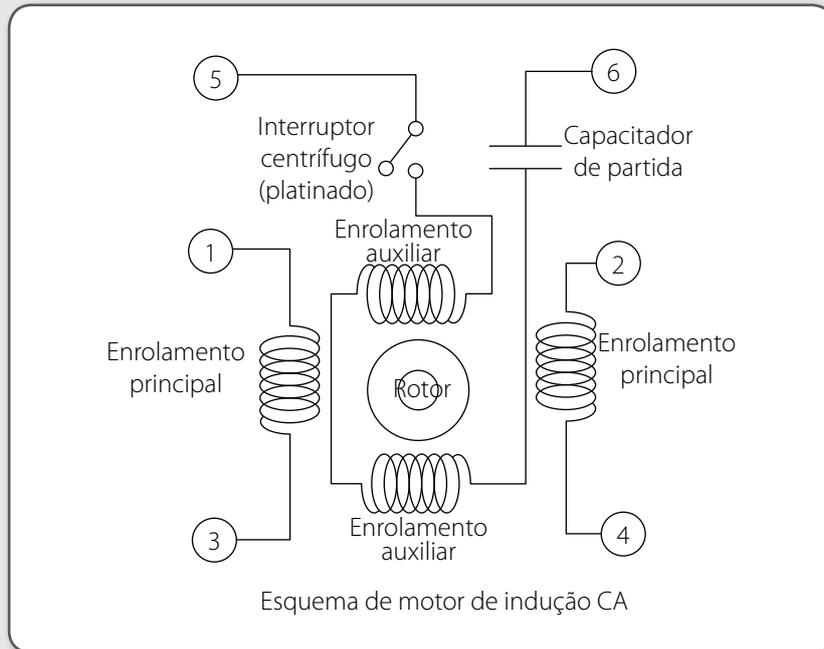
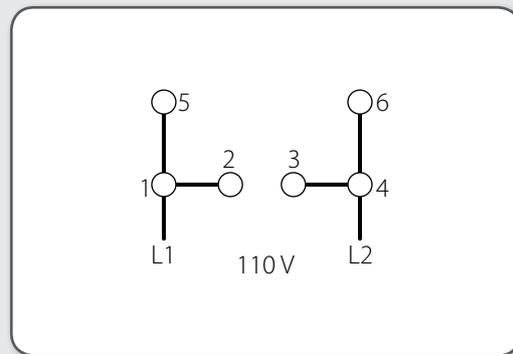
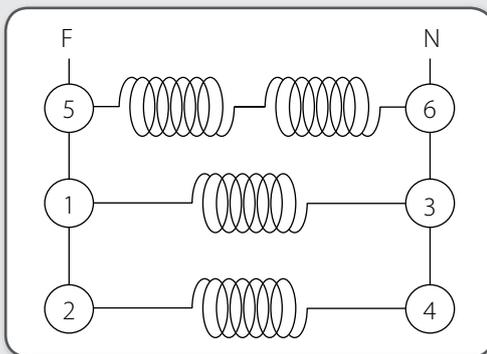
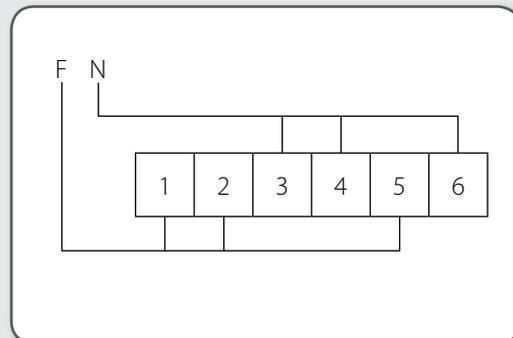
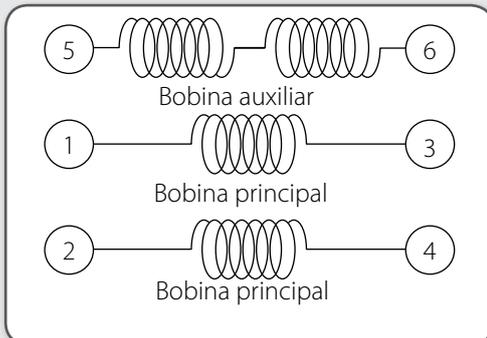
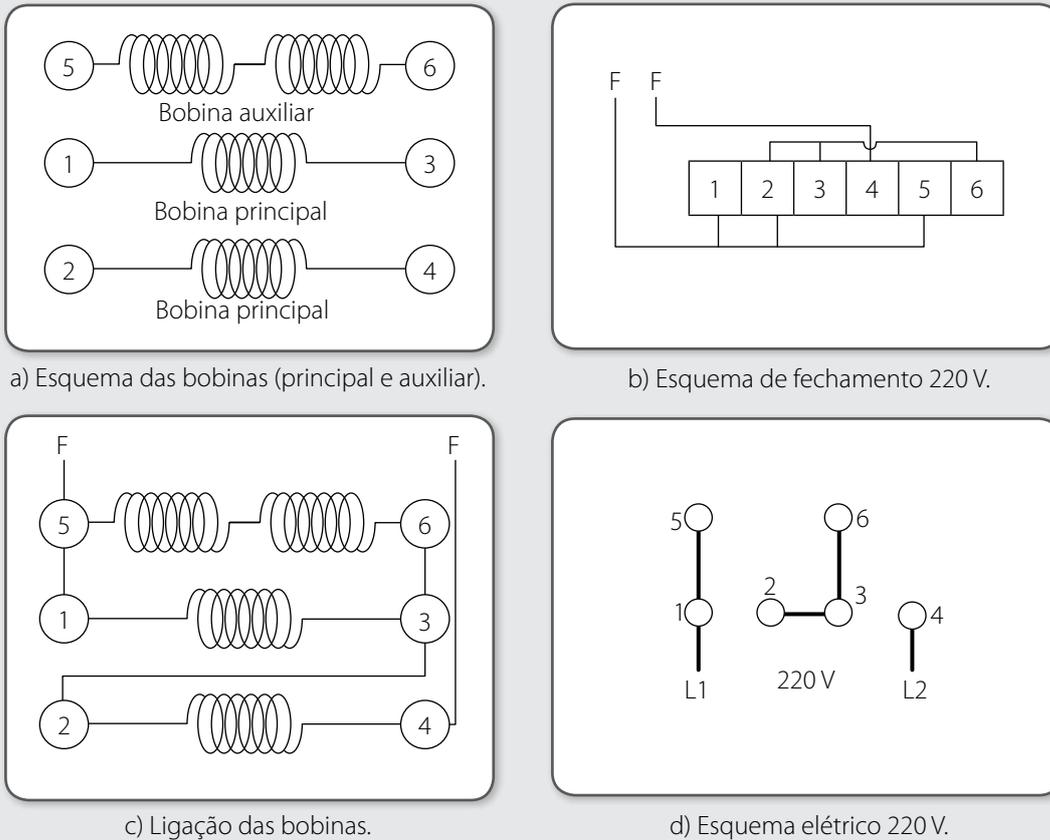


Figura 13 – Fechamento de motor monofásico de 6 terminais – Tensão menor (110 V).



Obs: Para inverter o sentido da rotação, trocar o terminal 5 pelo 6.

Figura 14 – Fechamento de motor monofásico de 6 terminais – Tensão maior (220 V).



Obs: Para inverter o sentido da rotação, trocar o terminal 5 pelo 6.

Figura 15 – Esquema de motor monofásico fase auxiliar, 6 terminais e 2 tensões (110 e 220 V), com terminal 8 no lugar do 6.

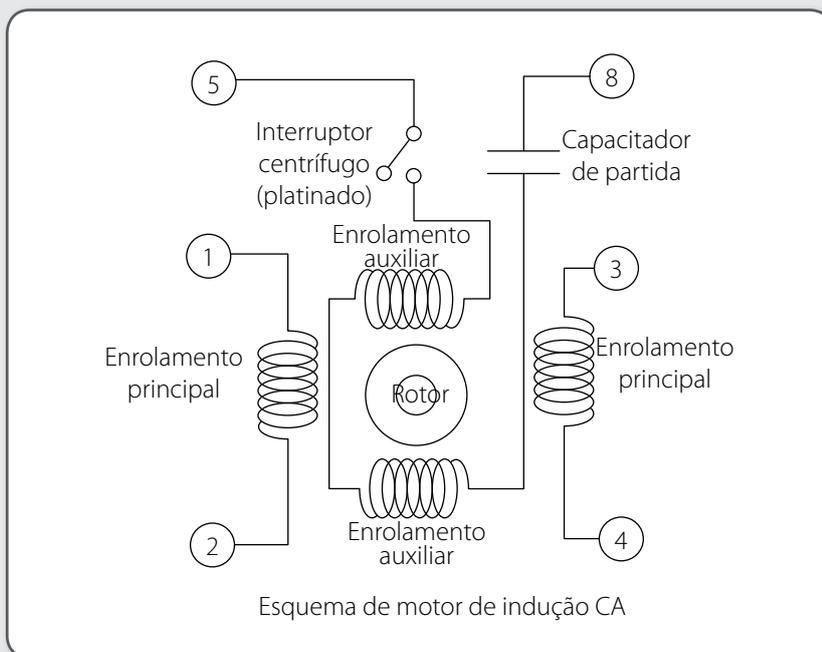
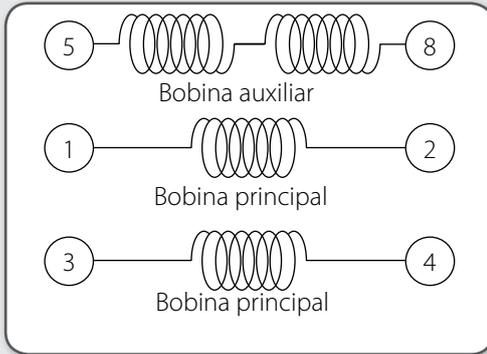
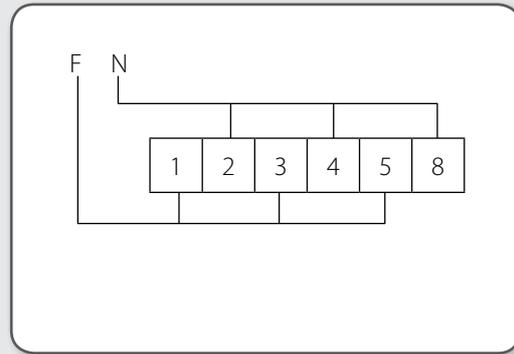


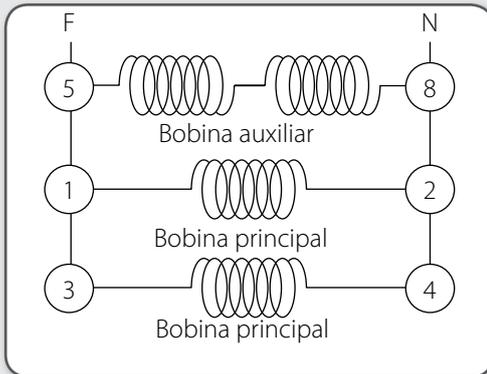
Figura 16 – Fechamento de motor monofásico de 6 terminais – Tensão menor (110 V).



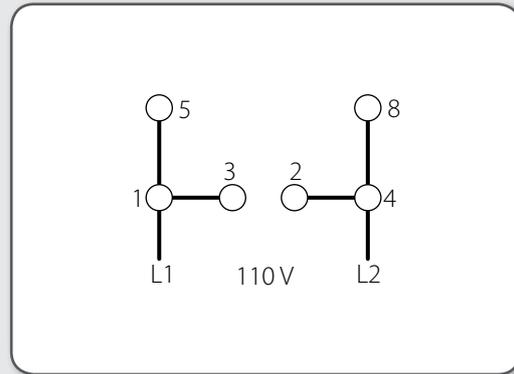
a) Esquema das bobinas (principal e auxiliar).



b) Esquema de fechamento 110 V.



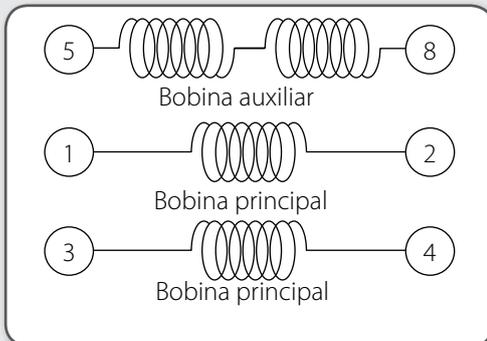
c) Ligação das bobinas.



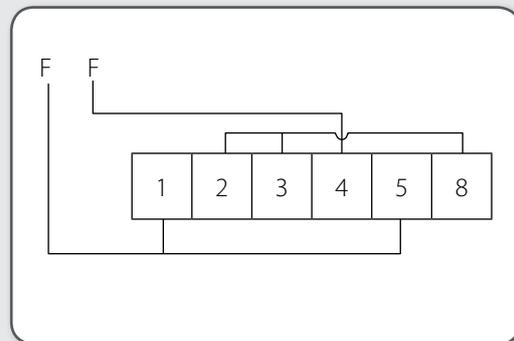
d) Esquema elétrico 110 V.

Obs: Para inverter o sentido da rotação, trocar o terminal 5 pelo 8.

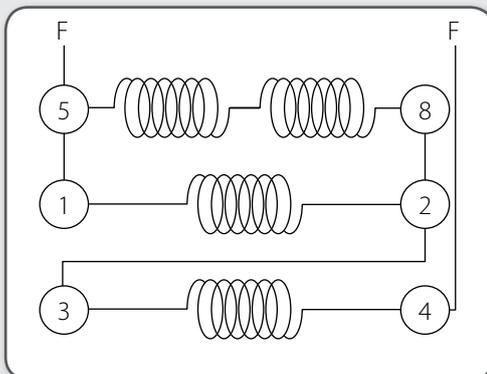
Figura 17 – Fechamento de motor monofásico de 6 terminais – Tensão maior (220 V).



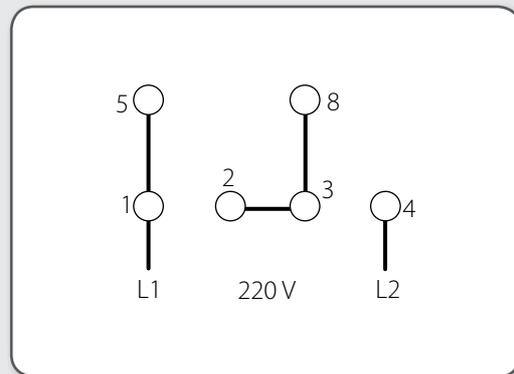
a) Esquema das bobinas (principal e auxiliar).



b) Esquema de fechamento 220 V.



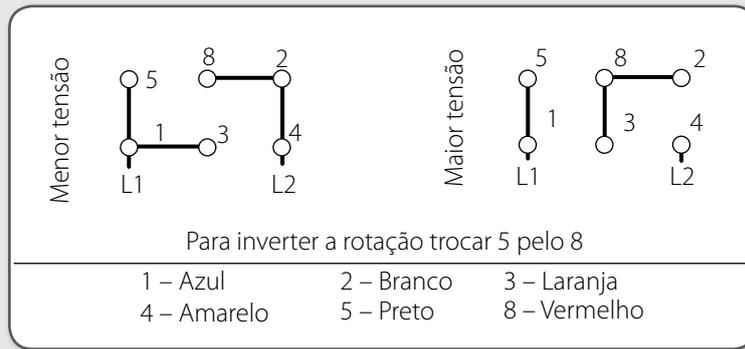
c) Ligação das bobinas.



d) Esquema elétrico 220 V.

Obs: Para inverter o sentido da rotação, trocar o terminal 5 pelo 8.

Figura 18 – Modelos de plaquetas de fábrica de fechamento e identificação de motores monofásicos.



a) Plaqueta de um motor monofásico com esquema que utiliza terminal 8 no lugar do 6.



b) Plaqueta de motor monofásico clic rural, rotor gaiola de esquilo.



c) Plaqueta de motor trifásico multi-tensão com rotor gaiola de esquilo.

1.4 MOTORES MONOFÁSICOS COM CAPACITOR PERMANENTE (DOIS TERMINAIS)

Nesse tipo de motor, o enrolamento auxiliar e seu capacitor em série ficam permanentemente conectados, não sendo necessária a chave centrífuga. Isso é bom porque a ausência de partes móveis facilita a manutenção.

O capacitor tem o objetivo de aumentar o conjugado, o rendimento e o fator de potência ao máximo. Construtivamente, esses motores são menores e exigem pouca manutenção, pois não utilizam contatos nem partes móveis. Devido ao baixo conjugado de partida, esse tipo de motor é recomendado para aplicações que exigem partidas leves, como ventiladores, exaustores, sopradores, bombas centrífugas, esmeris, pequenas serras, condicionadores de ar, máquinas de lavar roupa, etc.

Esses motores são fabricados normalmente com potências até 1,5 CV e possuem apenas dois terminais de ligação (duas pontas) são de tensão única (110 ou 220 V) e apenas um sentido de rotação.

Figura 19 – Esquemas de motores monofásicos de capacitor permanente.

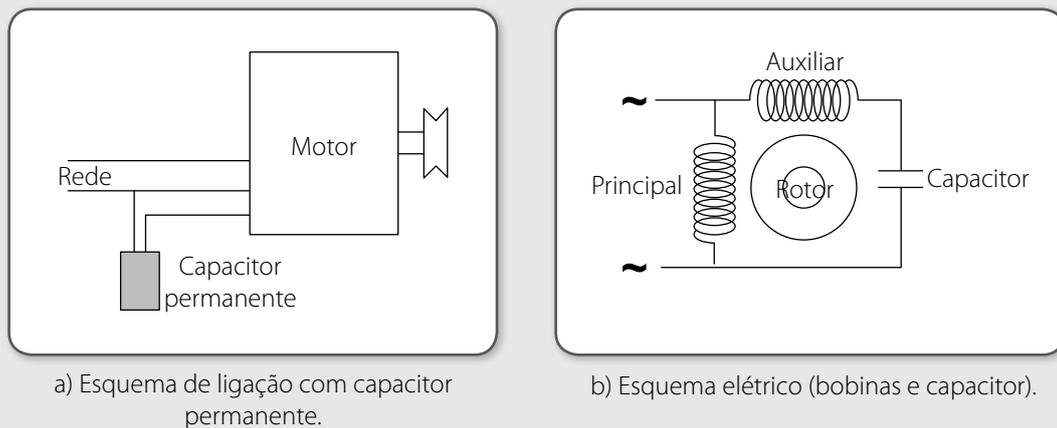


Tabela 3 – Dados técnicos de motores monofásicos de capacitor permanente.

Potência		Carcaça ABNT IEC	rpm	Corrente nominal 220 V I _n (A)	Corrente de partida I _p /I _n (A)	Conjugado de partida C _p /C _n	Conjugado máximo C _{máx} /C _n	Capacitor permanente (μF)	
CV	kW							120 V	220 V
3 600 rpm									
1/8	0,09	63	3.400	1,0	3,0	0,77	2,2	10	3
1/6	0,12	63	3.380	1,2	3,2	0,75	2,0	16	5
1/4	0,18	63	3.400	1,7	3,5	0,85	2,0	25	7
1/3	0,35	63	3.430	2,3	3,9	0,78	2,1	30	7
1/2	0,37	71	3.410	3,0	3,6	0,60	1,9	35	10
3/4	0,55	71	3.400	4,4	3,7	0,47	2,0	40	10
1 800 rpm									

Potência		Carcaça ABNT IEC	rpm	Corrente nominal 220 V I _n (A)	Corrente de partida I _p /I _n (A)	Conjugado de partida C _p /C _n	Conjugado máximo C _{máx} /C _n	Capacitor permanente (μF)	
CV	kW							120 V	220 V
1/12	0,06	63	1.670	0,85	2,0	0,95	1,8	10	3
1/8	0,09	63	1.650	1,0	2,0	0,82	1,8	1,6	5
1/6	0,12	63	1.630	1,3	2,2	0,68	1,7	20	5
1/4	0,18	63	1.640	1,9	2,1	0,65	1,7	2,5	7
1/3	0,27	71	1.650	2,4	2,6	0,68	1,8	30	7
1/2	0,35	71	1.610	3,4	2,4	0,58	1,6	35	10
3/4	0,55	80	1.680	4,6	2,8	0,43	1,8	40	10

Obs.: Para obter correntes em 110V, multiplicar por 2.

1.5 MOTORES TRIFÁSICOS

Esses motores são alimentados por redes de corrente alternada trifásica. São os mais utilizados, por terem a melhor relação custo-benefício na comparação com os demais (nas aplicações compatíveis).

Figura 20 – Motores trifásicos.



a) Motor trifásico blindado.



b) Motor trifásico aberto.

Os motores trifásicos possuem características específicas dependendo do tipo, da velocidade, das tensões de acionamento, da corrente nominal, entre outras. A maioria dos motores elétricos são fornecidos com vários terminais para que possam funcionar pelo menos em duas tensões diferentes.

A **ligação estrela-triângulo** dos motores trifásicos exige seis terminais do motor e serve para quaisquer tensões nominais duplas, desde que a segunda seja igual à primeira multiplicada por $\sqrt{3}$. Exemplos: 220/380 V – 380/660 V – 440/760 V



ATENÇÃO

Uma tensão acima de 600 V não é considerada baixa tensão; está na faixa de alta tensão, onde as normas são outras. Nos exemplos 380/660 V e 440/760 V, a tensão maior serve somente para indicar que o motor pode ser ligado em estrela-triângulo, pois não existem linhas nesses valores.

A **ligação série-paralelo** em motores trifásicos exige nove terminais no motor e é usada com tensões nominais duplas, sendo a segunda o dobro da primeira. Existem, basicamente, dois tipos de ligações para motores trifásicos: estrela/duplo-estrela e triângulo/duplo-triângulo.

Os motores de 12 terminais não possuem ligações internas entre bobinas, o que possibilita os quatro tipos de ligações externas no motor. As possíveis são 220, 380, 440 e 760 V, sendo a última somente na partida. O motor trifásico é um consumidor de carga elétrica equilibrada. Isso significa que todas as suas bobinas são iguais, ou seja, têm a mesma potência, são para mesma tensão e, conseqüentemente, consomem a mesma corrente. Logo, as correntes medidas nas três fases sempre terão o mesmo valor.

Internamente as correntes nas bobinas de um mesmo motor sempre serão iguais, independentemente para qual tensão este for conectado. Já na rede (externamente nos terminais de alimentação) os valores serão diferentes para cada tensão.

1.6 MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA (CC)

São motores de custo mais elevado e, além disso, precisam de uma fonte de corrente contínua, ou de um dispositivo que converta a corrente alternada comum em contínua. Podem funcionar com velocidade ajustável entre amplos limites e se prestam a controles de grande flexibilidade e precisão. Por isso, seu uso é restrito a casos especiais em que estas exigências compensam o custo muito mais alto da instalação e da manutenção.

A energia elétrica utilizada hoje em dia na distribuição e transporte é a corrente alternada, porém os motores de corrente contínua têm tradicionalmente grandes aplicações nas indústrias. São eles que permitem variação de velocidade de uma esteira ou de um comboio, por exemplo.

Atualmente, componentes eletrônicos de tensão alternada já são capazes de controlar a velocidade do motor assíncrono facilmente e, pelo seu menor custo e recursos de aplicação, estão substituindo os motores de corrente contínua na maior parte das aplicações.

Figura 21 – Motores de corrente contínua (CC).



a) Motor CC modular.



b) Motor CC aberto.



c) Rotor motor CC alta potência.



d) Rotor motor CC (induzido).



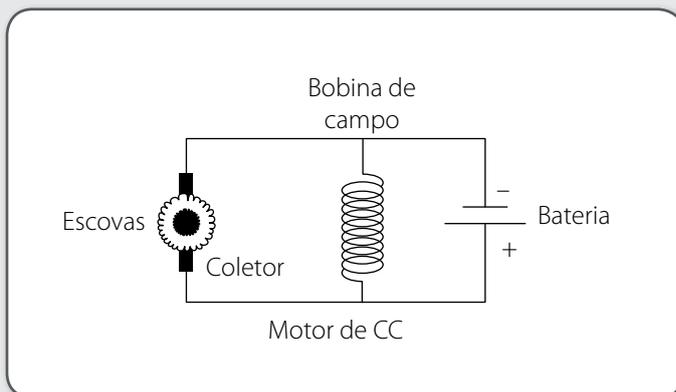
e) Motor CC 12VCC.



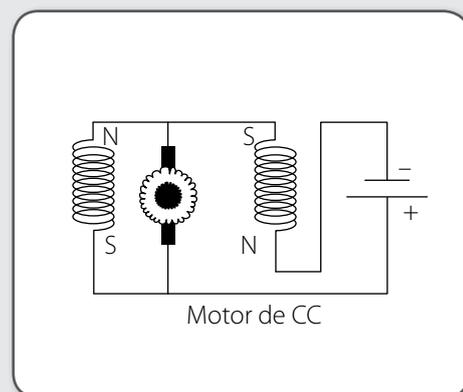
f) Motor CC aberto.

São motores alimentados por corrente contínua de fontes, pilhas ou baterias. Funcionam pelo sistema de escovas e rotor com coletor, com o objetivo de aumentar o torque (conjugado de partida). Podem ser fabricados com seus enrolamentos (bobinas de campo) em várias configurações.

Figura 22 – Esquemas de motores de CC de uso geral.



a) Esquema motor de CC (uma bobina).



b) Esquema motor de CC (duas bobinas).

2 FATORES QUE INTERFEREM NO FUNCIONAMENTO DO MOTOR

2.1 VELOCIDADE SÍNCRONA

A velocidade síncrona do motor é definida pela velocidade de rotação do **campo girante**, que depende do número de polos do motor e da frequência da rede, em Hertz.

Quanto maior a frequência, maior a velocidade. Porém, os motores de indução podem ser construídos com número de polos diferentes de dois e, nesse caso, o número de polos precisa ser levado em conta.

Os enrolamentos podem ser construídos com um ou mais pares de polos, que se distribuem alternadamente (um “norte” e outro “sul”) ao longo da periferia do núcleo magnético. O campo girante percorre um par de polos a cada ciclo. O campo girante tem velocidade fixa e constante, independentemente da variação da carga.

O motor trifásico é constituído de uma parte fixa denominada **estator**, que é uma carcaça de ferro silício laminado com ranhuras (canais) onde são colocadas as bobinas de fio esmaltado.

Figura 23 – Estatores de motores elétricos.



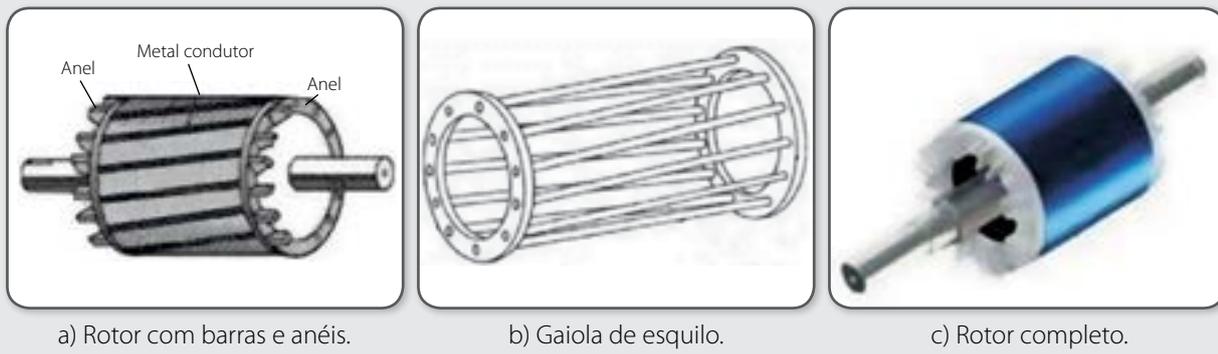
a) Estatores de ferro silício.



b) Estator com carcaça.

A parte móvel é denominada **rotor** (eixo do motor), que recebe a indução eletromagnética. Os rotores podem ser de curto-circuito ou de gaiola, bobinado ou de anéis. Os rotores podem ser de curto-circuito (gaiola de esquilo) ou bobinado (de anéis).

Figura 24 – Rotores gaiola de esquilo em curto-circuito.



Os motores com rotor bobinado ou de anéis são de grandes potências, portanto são os mais utilizados nas indústrias. O rotor possui um núcleo de ferro silício laminado, com um enrolamento onde são ligados os anéis.

Figura 25 – Rotor bobinado de motor trifásico.



2.2 VELOCIDADE ASSÍNCRONA

É a velocidade que varia com a carga mecânica aplicada ao eixo. O motor de corrente alternada possui velocidade assíncrona e, devido a sua simplicidade, robustez e baixo custo, é o motor mais utilizado, sendo adequado para quase todos os tipos de máquinas. Atualmente é possível o controle da velocidade dos motores assíncronos com o auxílio de inversores eletrônicos de frequência.

2.3 ESCORREGAMENTO

Se o rotor gira a uma velocidade diferente da velocidade síncrona, ou seja, diferente da velocidade do campo girante, essa diferença chama-se escorregamento, que pode ser expresso em rotações por minuto (rpm) e pode variar entre 3 e 6% a menos.

O motor com rotor bloqueado possui velocidade igual a “zero” em seu eixo e escorregamento igual a 1 (100%). Os motores funcionando a vazio (sem nenhuma carga mecânica) tem sua velocidade praticamente igual à do campo girante e, portanto, seu escorregamento é nulo (1%).

No estator do motor existem duas perdas: perdas no cobre e perdas no ferro. A **perda no cobre** é aquela que ocorre no enrolamento do motor devido à dissipação de calor (energia térmica ou efeito Joule). As **perdas no ferro** são praticamente nulas, pois dependem do escorregamento. Se o escorregamento é baixo, pode-se desprezar a perda no ferro. O escorregamento oscila conforme a intensidade da carga.

2.4 CONJUGADO

Também chamado de **torque**, é a medida do esforço necessário para girar um eixo. Portanto, é a força do eixo do motor para mover uma carga. O conjugado não deve ser muito baixo (baixo torque), para que a partida não seja demorada e provoque o sobreaquecimento do motor.

O motor deve ter o mais alto conjugado possível para ser capaz de vencer os eventuais picos de carga, que podem acontecer durante operações de alto impacto, principalmente com máquinas pesadas.

Também não deve arriar, isto é, perder bruscamente a velocidade, quando ocorrer quedas de tensões.

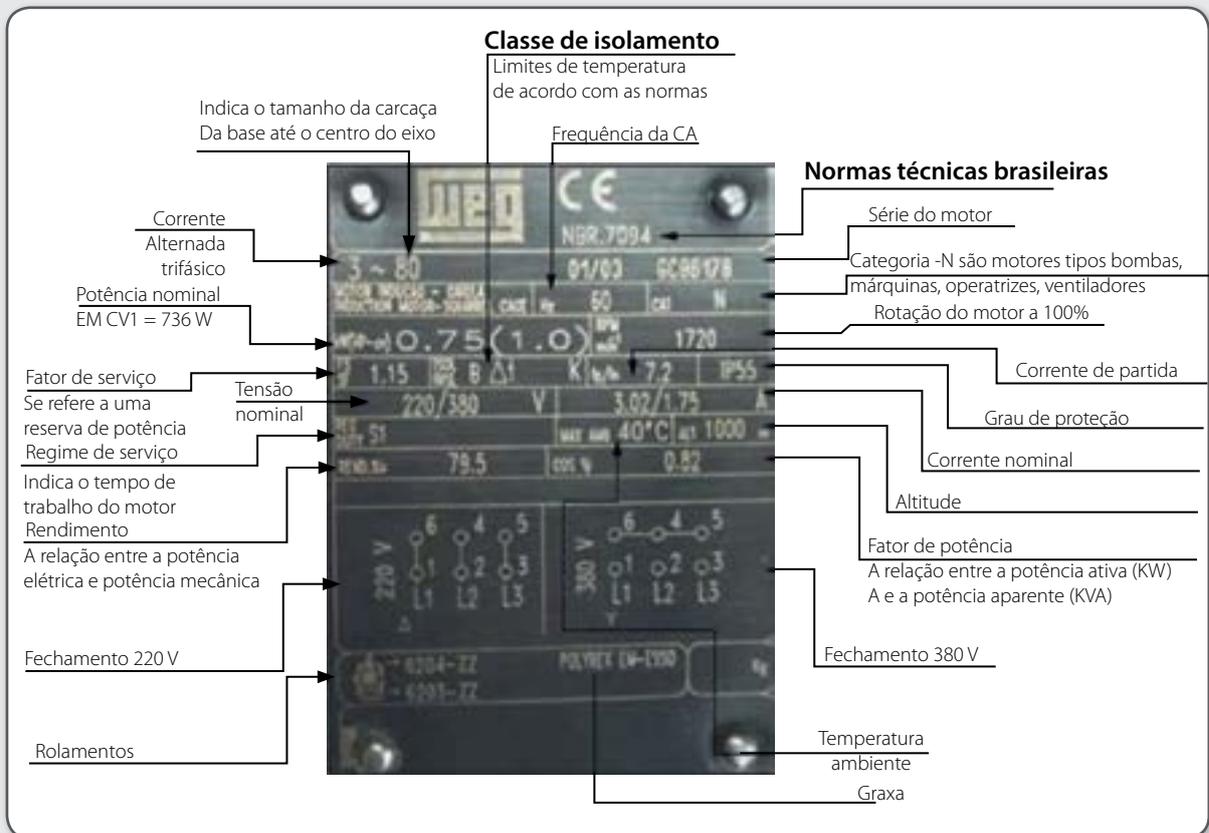
2.5 RENDIMENTO

Rendimento é a relação entre a potência da rede e a potência mecânica na ponta do eixo. O rendimento é determinado em percentagem de perdas (%) causadas pelo atrito dos rolamentos, aquecimento e fator de potência. Rendimento alto significa perdas baixas.

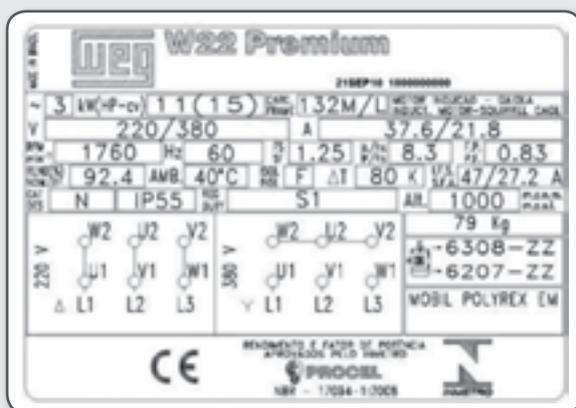
3 PLAQUETAS DE IDENTIFICAÇÃO DOS MOTORES ELÉTRICOS

Os motores elétricos trazem uma placa com diversas informações sobre seus dados técnicos, inclusive diagrama de instalação, de acordo com a NBR 17094.

Figura 26 – Plaquetas de identificação de motores elétricos.



a) Plaqueta de identificação de motor elétrico trifásico (esquema com números).



b) Plaqueta de identificação de motor elétrico trifásico (esquema com letras e números).



c) Plaqueta de identificação de motor elétrico trifásico (esquema com letras).

3.1 PLAQUETA DE MOTOR IMPORTADO - LEGENDAS EM INGLÊS

Δ – *Delta run* (Partida em triângulo)
SF – *Service Factory* (Fator de Serviço)
PF – *Power Factory* (Fator de Potência)
Hz – *Hertz* (Frequência)
V – *Volt* (Tensão)
PH – *Phases* (Fases)
HP – *Horse Power* (potência mecânica em Cavalos Vapor)
INS CL – *Insulation Class* (Classe de Isolação)
Alt – *Altitude* (Altitude)
Code – *Código/Categoria*
NEMA – *National Electrical Manufacturers Association*
(Associação Nacional de Fabricantes Elétricos)
RPM – *Revolutions per minute* (Rotação por Minuto)

3.2 LEITURA DA PLAQUETA DE IDENTIFICAÇÃO DO MOTOR ELÉTRICO

a) Fases

Indica o tipo de motor com relação a sua alimentação na rede elétrica (monofásico ou trifásico):

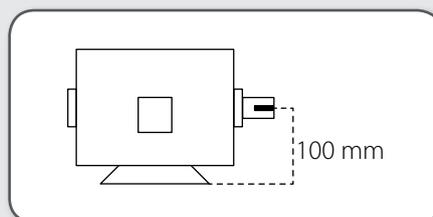
- 1 ~ (monofásico, corrente alternada)
- 3 ~ ou CA-3 (trifásico, corrente alternada)

b) Modelo (carcaça)

Indica a distância da base do motor até o centro do eixo (altura do eixo).

Exemplo: Modelo 100 L (altura do eixo = 100 mm).

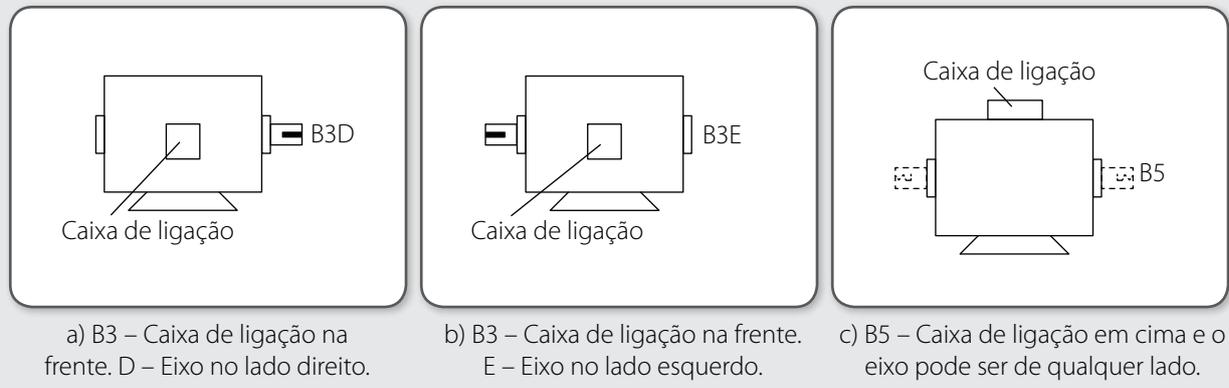
Figura 27 – Modelo da carcaça de um motor (altura do eixo).



c) Forma Construtiva

Indica a forma de construção referente ao lado do eixo e da caixa de ligação. Define como o motor vai ser fixado e acoplado à carga. Geralmente são fornecidos na forma construtiva **B3D** (montagem na posição horizontal, motor com pés, eixo à direita, olhando para a caixa de ligação).

Figura 28 – Formas construtivas de um motor.



d) Ventilação

O sistema de ventilação é o responsável pela refrigeração do motor.

Exemplo: TFVE – Ventilação externa dos motores fechados (IP 55).

Nos motores abertos (IP 21) a ventilação é interna.

e) Corrente Nominal (In)

Indica a corrente com 100% de carga no eixo.

Exemplo: 110 V – 13,0 A

220 V – 7,53 A

Se a corrente nominal estiver abaixo, o motor está sendo subutilizado (superdimensionado) e, se estiver acima, está sobrecarregado (forçado). Nesse caso haverá aumento de temperatura nos enrolamentos, que poderá queimar o motor. Para descobrir as condições de funcionamento do motor, usar o amperímetro alicate e o termômetro.

O maior problema de queima de motor trifásico é a falta de fase. A falta de uma fase aumenta a corrente nas outras duas, subindo a temperatura. A falta de fase pode ter origem em vários locais ao mesmo tempo, como emendas malfeitas, parafusos soltos, fusíveis queimados, entre outros.

O motor deve trabalhar entre 75% e 100% da corrente nominal. No entanto, essa corrente pode ser prejudicada em função da distância da instalação do motor com relação ao transformador de força da propriedade. A queda da corrente nominal causará perda de potência no motor e, conseqüentemente, a sua queima.

A queda da corrente nominal, causada pela distância, poderá ser compensada, utilizando condutores de seção correta através do cálculo a seguir.

Cálculo da corrente nominal (In) de um motor trifásico em função da distância

Fórmula:

$$I_n = \frac{736 \times CV}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times \cos \varphi}$$

Onde:

I_n = Corrente Nominal (A)

736 = Valor de potência elétrica de 1 CV (736 W)

CV = Potência mecânica (HP)

$\sqrt{3}$ = Raiz de 3 (trifásico) = 1,73

V = Tensão Nominal (fase a fase – VFF)

η = Rendimento

$\cos \varphi$ = Fator de Potência

Exemplo 1 – Calcular a corrente nominal.

Dados:

Motor trifásico: 220/380 V

Potência mecânica: 5,0 CV

Distância do transformador de força: 120 m

Rendimento: 0,87

$\cos \varphi$: 0,85

Cálculo:

$$I_n = \frac{736 \times 5}{1,73 \times 220 \times 0,87 \times 0,85}$$

$$I_n = \frac{3680}{281,45} = 13,07 \text{ A}$$

A corrente nominal é de **13,07 A**.

Exemplo 2 – Calcular a seção dos condutores de cobre (mm²).

Fórmula:

$$I_n = \frac{\sqrt{3} \times (I_n \times I_p) \times m}{58 \times \text{queda de tensão}}$$

Onde/Dados:

S = Seção dos condutores (mm²)

$\sqrt{3}$ = Raiz de 3 (trifásico) = 1,73

I_n = Corrente nominal (A) = 13,07 A

I_p = Corrente de partida (A) = 9,0 A

m = Distância em metros = 120 metros

58 = Constante (valor fixo)

Queda de tensão = 4%

Cálculo:

$$I_n = \frac{1,73 \times (13,07 \times 9,0) \times 120}{58 \times 8,8}$$

$$I_n = \frac{24419,98}{510,40} = 47,84 \text{ mm}^2$$

A seção dos condutores de cobre será de **50 mm²**, valor comercial mais próximo.

Tabela 4 – Dimensionamento de condutores – motores monofásicos, conforme a distância.

Tensão V	Pot. do motor CV	Cor. nominal A	Distância do motor (comprimento do condutor) (metros)																	
			30		50		75		100		150		200		250		300			
			Seção transversal dos condutores de Cobre em mm ² e Alumínio AWG/MCM																	
			cob	alu	cob	alu	cob	alu	cob	alu	cob	alu	cob	alu	cob	alu	cob	alu		
127	0,25	4	1,5	6	1,5	6	2,5	6	4	6	6	6	6	6	10	6	16	6	25	6
	0,5	7	2,5	6	2,5	6	4	6	6	6	10	6	16	6	16	6	25	6		
	0,75	9	2,5	6	4	6	6	6	10	6	16	6	16	6	25	4	25	6		
	1	12	4	6	6	6	10	6	10	6	16	6	25	6	35	2	35	1/0		
	2	18	6	6	10	6	16	6	16	6	25	6	35	6	50	2/0	70	4/0		
220	1	6,1	1,5	6	1,5	6	2,5	6	4	6	6	6	10	6	10	6	16	6		
	1,5	8,0	1,5	6	1,5	6	4	6	4	6	10	6	10	6	10	6	16	6		
	2	8,8	1,5	6	2,5	6	2,5	6	4	6	6	6	10	6	10	6	16	6		
	3	13,1	1,5	6	2,5	6	4	6	6	6	10	6	16	6	16	4	25	4		
	4	17,5	2,5	6	4	6	6	6	10	6	16	6	16	6	25	2	25	4		
	5	21,9	4	6	6	6	10	6	10	6	16	6	25	2	35	2	35	1/0		
	7,5	31,9	6	6	10	6	10	6	16	4	25	2	35	1/0	50	1/0	70	2/0		
	10	40,9	10	6	10	6	16	4	25	2	35	1/0	50	2/0	70	2/0	95	4/0		
	12,5	51,1	16	4	16	4	25	1/0	50	1/0	70	2/0	95	3/0	120	250	185	350		
	15	58,9	25	2	25	2	50	2/0	70	2/0	95	3/0	120	250	185	350	240	400		

Tabela 5 – Correntes de motores monofásicos (ABNT).

Correntes Nominais de motores monofásicos (A) (Carçaça – ABNT)							
Potência		II polos			IV polos		
CV	KW	110 V	220 V	440 V	110 V	220 V	440 V
1.1/2	1,1	15	7,5	3,75	15	7,5	3,75
2,0	1,5	19	9,5	4,75	19	9,5	4,75
3,0	2,2	26	13	6,5	30	15	7,5
4,0	3,0	36	18	9,0	38	19	9,5
5,0	3,7	46	23	11,5	50	25	12,5
7.1/2	5,5	68	34	17	68	34	17
10	7,5	84	42	21	92	46	23
12.1/2	9,2	116	58	29	112	56	28

Tabela 6 – Correntes de motores monofásicos (NEMA).

Correntes Nominais de motores monofásicos (A) (Carçaça – NEMA)				
Potência	II polos		IV polos	
CV	110 V	220 V	110 V	220 V
1/8	3,2	1,6	3,8	1,9
1/6	3,4	1,7	4	2
1/4	4	2	5,4	2,7
1/3	6	3	6,6	3,3
1/2	6,8	3,4	8,8	4,4
3/4	10,8	5,4	12	6
1	14	7	16	8
1.1/2	19	9,5	22	11
2	20,8	10,4	22	11
3	32	16	-	-

Tabela 7 – Correntes nominais de motores trifásicos.

Correntes nominais de motores trifásicos (A)							
Potência		II polos			IV polos		
CV	kW	220 V	380 V	440 V	220 V	380 V	440 V
0,16	0,12	0,80	0,46	0,40	0,90	0,52	0,45
0,25	0,18	1,10	0,63	0,55	1,30	0,75	0,65
0,33	0,25	1,30	0,75	0,65	1,60	0,92	0,80
0,50	0,37	1,80	1,00	0,90	2,10	1,21	1,05
0,75	0,55	2,60	1,50	1,30	3,00	1,73	1,50
1	0,75	3,20	1,85	1,60	3,80	2,20	1,90
1,50	1,10	4,80	2,75	2,40	5,00	2,90	2,50
2	1,50	6,00	3,45	3,00	6,50	3,75	3,25
3	2,20	9,00	5,20	4,50	9,00	5,20	4,50
4	3,00	12,0	6,95	6,00	12,0	6,95	6,00
5	3,70	14,0	8,10	7,00	15,0	8,65	7,50
6	4,40	16,0	9,25	8,00	17,0	9,80	8,50
7,5	5,50	20,0	11,6	10,0	21,0	12,2	10,5
10	7,5	27,0	15,6	13,5	28,0	16,2	14,0
12,5	9,20	33,0	19,0	16,5	34,0	19,6	17,0
15	11,0	38,0	22,0	19,0	42,0	24,2	21,0
20	15,0	52,0	30,0	26,0	50,0	29,0	25,0
25	18,5	62,0	35,8	31,0	62,0	36,0	31,0
30	22,0	74,0	43,0	37,0	75,0	43,0	37,5
40	30,0	100	58,0	50,0	98,0	56,5	49,0
50	37,0	125	72,0	62,5	120,0	69,0	60,0
60	45,0	145	84,0	72,5	145,0	84,0	72,5

Tabela 8 – Potência dos transformadores de sistema monofásico x motores monofásicos.

Tensão Volts	Potência do transformador em kVA	Motor de maior potência possível em CV	Sistema de partida	
	5	5	direta	
	10	7,5	direta	
	15		10	direta
			12,5	série-paralelo
	25		10	direta
			15	série-paralelo
	37,5		10	direta
			15	série-paralelo

Tabela 9 – Correntes nominais de motores trifásicos de gaiola (60 Hz).

Potência do motor CV	Corrente Nominal em 220V 1 800 rpm	Corrente Nominal em 220V 3 600 rpm	Potência do motor CV	Corrente Nominal em 220 V 1 800 rpm	Corrente Nominal em 220 V 3 600 rpm
0,33	1,6	1,5	15	40	40
0,5	2,2	2,0	20	52	52
0,75	3,0	3,0	25	65	65
1	4,2	3,6	30	75	78
1,5	5,2	5,0	40	105	105
2	6,8	6,4	50	130	130
3	9,5	9,0	60	145	145
4	12	11	75	175	185
5	15	15	100	240	240
6	17	-	125	290	300
7,5	21	21	150	360	350
10	28	28	200	480	480
12,5	34	-			

Tabela 10 – Condutores para motores trifásicos (220 V).

Pot. CV	Distância m	Condutor		Eletroduto Diâmetro (")	Pot. CV	Distância m	Condutor		Eletroduto Diâmetro (")	
		Cobre mm ²	Alumínio AWG/MCM				Cobre mm ²	Alumínio AWG/MCM		
0,5	302	1,5	12	1/2	15	178	35	1/0	1 1/4	
	471	2,5	10	1/2		246	50	3/0	1 1/2	
	729	6,0	8	1/2		286	70	4/0	1 1/2	
0,75	216	1,5	12	1/2		328	95	300	2	
	338	2,5	10	1/2		373	95	350	2	
	523	6,0	8	1/2		407	120	400	2	
	802	10	6	1/2		444	120	500	2 1/2	
1,5	123	1,5	12	1/2		475	185	600	2 1/2	
	192	2,5	10	1/2		504	185	700	2 1/2	
	296	6,0	8	1/2		552	240	800	3	
	454	10	6	1/2		20	95	25	2	1
683	16	4	3/4	135			35	1/0	1 1/4	
2	96	1,5	12	1/2			187	50	3/0	1 1/2
	150	2,5	10	1/2			217	70	4/0	1 1/2
	231	6,0	8	1/2			249	95	300	2
	355	10	6	1/2	283		952	350	2	
	533	16	4	3/4	309		120	400	2	
	781	25	2	1	337		120	500	2 1/2	
3	67	1,5	12	1/2	361		185	600	2 1/2	
	105	2,5	10	1/2	383		185	700	2 1/2	
	162	6,0	8	1/2	419		240	800	3	
	249	10	6	1/2	450		240	1000	3 1/2	
	374	16	4	3/4	475		300	-	3 1/2	
	548	25	2	1	495		300	-	3 1/2	
	777	35	0	1 1/4	516		400	-	3 1/2	

Tabela 10 – Condutores para motores trifásicos (220 V) – continuação.

Pot. CV	Distância m	Condutor		Eletroduto Diâmetro (")	Pot. CV	Distância m	Condutor		Eletroduto Diâmetro (")
		Cobre mm ²	Alumínio AWG/MCM				Cobre mm ²	Alumínio AWG/MCM	
4	80	2,5	10	1/2	25	109	35	1/0	1 1/4
	123	6,0	8	1/2		151	50	3/0	1 1/2
	189	10	6	1/2		176	70	4/0	1 1/2
	284	16	4	3/4		202	95	300	2
	417	25	2	1		229	95	350	2
	590	35	0	1 1/4		250	120	400	2
	816	50	3/0	1 1/2		273	120	500	2 1/2
5	65	2,5	10	1/2		292	185	600	2 1/2
	100	6	8	1/2		310	185	700	2 1/2
	153	10	6	1/2		339	240	800	3
	230	16	4	3/4		364	240	1000	3
	337	25	2	1		384	300	-	3 1/2
	478	35	0	1 1/4		402	300	-	3 1/2
	661	50	3/0	1 1/2		418	400	-	3 1/2
7,5	70	6	8	1/2	431	500	-	4	
	107	10	6	1/2	130	50	3/0	1 1/2	
	161	16	4	3/4	152	70	4/0	1 1/2	
	236	25	2	1	174	95	300	2	
	335	35	0	1 1/4	198	95	350	2	
	463	50	3/0	1 1/2	216	120	400	2	
	537	70	4/0	1 1/2	235	120	500	2 1/2	
10	617	95	300	2	252	185	600	2 1/2	
	81	10	6	1/2	267	185	700	2 1/2	
	122	16	4	3/4	293	240	800	3	
	179	25	2	1	314	240	1000	3	
	254	35	0	1 1/4	332	300	-	3 1/2	
	352	50	3/0	1 1/2	347	300	-	3 1/2	
	408	70	4/0	1 1/2	361	400	-	2 1/2	
	468	95	300	2	372	500	-	4	
	532	95	350	2	115	70	4/0	1 1/2	
	580	120	400	2	132	95	300	2	
12,5	633	120	500	2 1/2	150	95	350	2	
	101	16	4	3/4	164	120	400	2	
	149	25	2	1	179	120	500	2 1/2	
	211	35	0	1 1/4	191	185	600	2 1/2	
	292	50	3/0	1 1/2	203	185	700	2 1/2	
	339	70	4/0	1 1/2	222	240	800	3	
	389	95	300	2	238	240	1000	3	
	442	95	350	2	252	300	-	3 1/2	
	482	120	400	2	263	300	-	3 1/2	
	526	120	500	2 1/2	274	400	-	3 1/2	
15	563	185	600	2 1/2	282	500	-	3 1/2	
	598	185	700	2 1/2	108	95	300	2	
	85	16	4	3/4	156	185	600	2 1/2	
	126	25	2	1	195	240	1000	3	

Tabela 11 – Condutores para motores trifásicos (380 V).

Pot. CV	Distância m	Condutor		Eletroduto Diâmetro (")	Pot. CV	Distância m	Condutor		Eletroduto Diâmetro (")
		Cobre mm ²	Alumínio AWG/MCM				Cobre mm ²	Alumínio AWG/MCM	
3/4	650	1,5	12	1/2	25	232	25	2	1
1	508	1,5	12	1/2		328	35	1/0	1 1/4
1,5	368	1,5	12	1/2		454	50	3/0	1 1/2
	574	2,5	10	1/2		526	70	4/0	1 1/2
2	287	1,5	12	1/2	30	200	25	2	1
	449	2,5	10	1/2		283	35	1/0	1 1/4
	693	6	8	1/2		392	50	3/0	1 1/2
3	202	1,5	12	1/2		454	70	4/0	2
	315	2,5	10	1/2	521	95	300	2	
	487	6	8	1/2	40	215	35	1/0	1 1/4
	746	10	6	1/2		297	50	1/0	1 1/2
4	153	1,5	12	1/2		344	70	3/0	1 1/2
	239	2,5	10	1/2		396	95	4/0	1 1/2
	370	6	8	1/2	450	95	300	2	
	566	10	6	1/2	491	120	400	2	
5	124	1,5	12	1/2	50	535	120	500	2 1/2
	194	2,5	10	1/2		175	35	1/0	1 1/4
	299	6	8	1/2		243	50	3/0	1 1/4
	459	10	6	1/2		282	70	4/0	1 1/2
	690	16	4	3/4	324	95	300	2	
	136	2,5	10	1/2	368	95	350	2	
7,5	210	6	8	1/2	402	120	400	2	
	321	10	6	1/2	438	120	500	2 1/2	
	483	16	4	3/4	469	185	600	2 1/2	
	708	25	2	1	498	185	700	2 1/2	
10	159	6	8	1/2	545	240	800	3	
	244	10	6	1/2	60	203	50	3/0	1 1/2
	367	16	4	3/4		235	70	4/0	1 1/2
	538	25	2	1		270	95	300	2
12,5	132	6	8	1/2		307	95	350	2
	203	10	6	1/2	335	120	400	2	
	305	16	4	3/4	365	120	500	2 1/2	
	447	25	2	1	391	185	600	2 1/2	
	633	35	1/0	1 1/4	415	185	700	2 1/2	
15	112	6	8	1/2	454	240	800	3	
	171	10	6	1/2	487	240	1000	3	
	257	16	4	3/4	514	300	-	3 1/2	
	377	25	2	1	75	192	70	4/0	1 1/2
	534	35	1/0	1 1/4		221	95	300	2
20	130	10	6	1/2		251	95	350	2
	195	16	4	3/4		274	120	400	2
	286	25	2	1	299	120	500	2 1/2	
	405	35	1/0	1 1/2	320	185	600	2 1/2	
	560	50	3/0	1 1/2	340	185	700	2 1/2	
	158	15	4	3/4	372	240	800	3	

f) **Corrente de Partida (Ip)**

Motores de indução (como também outros tipos de motores elétricos) possuem uma característica indesejável que é a sua **corrente de partida**, que pode variar de 6 a 8 vezes o valor da corrente nominal, colocando em risco a rede de alimentação e o próprio motor. A razão dessa corrente de partida tão alta pode ser facilmente entendida considerando-se o princípio de funcionamento dos motores de indução.

Quando o motor é ligado, o rotor está completamente parado, mas o campo girante aparece imediatamente e, portanto, o rotor sofre uma variação de fluxo muito grande, induzindo-se nele uma corrente muito alta. Essa corrente produz um fluxo magnético intenso que tende a anular o fluxo produzido pelas bobinas do estator, que criam o campo girante.

Como reação, a corrente do estator também cresce rapidamente para restabelecer o fluxo anterior, dando origem ao surto de corrente. À medida que o motor acelera, a corrente de partida (de valor elevado) vai reduzindo até atingir a corrente nominal ou de placa.

Para minimizar o efeito da alta corrente de partida, utiliza-se técnicas de redução de tensão através de chaves rotativas especiais (2 tempos) que podem ser manuais ou automáticas. Diminuindo a tensão durante a partida conseqüentemente reduzirá também a corrente. Este problema ocorre principalmente com motores de alta potência.

A vida útil do enrolamento de um motor elétrico pode ser menor se for exposto a condições de operações desfavoráveis, sejam elétricas, mecânicas ou de meio ambiente.

A temperatura provocada pela corrente de partida pode causar sérios problemas ao rotor, como dilatação dos anéis de curto-circuito e deformação das garras da gaiola. O rotor é formado por lâminas de ferro silício com barras de alumínio fundido. O superaquecimento deteriora o isolamento dos fios e da forração. Também deteriora o verniz de impregnação dos enrolamentos do motor. A atuação de fusíveis e relês térmicos com o tempo muito longo também deteriora a isolação. A corrente de partida causa queda de tensão, e isto, pode prejudicar aparelhos eletrônicos e outros motores.

Se a corrente de partida não estiver impressa na plaqueta, ela poderá ser facilmente calculada com a seguinte fórmula:

$$I_p = \frac{I_n \times I_p}{I_n}$$

Onde:

I_p = Corrente de partida (A)

I_p/I_n = Corrente de rotor bloqueado* (A)

*quantas vezes a corrente de partida é maior que a nominal.

Exemplo – qual a corrente de partida de um motor elétrico ($I_n = 3,5 \text{ A}$ e relação $I_p/I_n = 6,5$)?
 $I_p = 3,5 \times 6,5 = \mathbf{22,75 \text{ A}}$ / A corrente de partida é 22,75 A.

g) Tensão (V)

Indica a tensão nominal de alimentação do motor especificada em Volt – V.

A tensão **monofásica** é medida entre fase e neutro. Os motores monofásicos normalmente são fabricados para serem ligados a uma rede de 127 ou 220 V. No entanto, existem lugares onde a tensão monofásica pode ser de 115, 230 ou 254 V. Nesse caso, deve-se instalar motores específicos para essas tensões. O sistema monofásico de baixa tensão é utilizado em serviços domésticos, comerciais e rurais.

A tensão **trifásica** é medida entre fases. Os motores trifásicos são os mais utilizados, já que os monofásicos têm limitação de potências, torques e rendimentos menores, aumentando o seu custo operacional. As tensões trifásicas mais usadas no Brasil são 220, 380 e 440 V.

Sistema de baixa tensão

- Monofásico: as tensões monofásicas padronizadas no Brasil são as de 127 V e 220 V.
Os motores monofásicos são ligados em duas fases ou a uma fase e o neutro. Assim, a tensão nominal do motor monofásico deverá ser igual à tensão do sistema. Quando vários motores monofásicos são conectados ao sistema trifásico (formado por três sistemas monofásicos), deve-se tomar o cuidado para distribuí-los de maneira uniforme, evitando-se assim, desequilíbrio de carga entre as fases.
- Trifásico: as tensões trifásicas mais usadas nas redes industriais são:
 - Baixa tensão: 220 V, 380 V e 440 V
 - Alta tensão: 2.300 V, 4.160 V e 6.600 V

O sistema trifásico estrela, de baixa tensão, consiste de três condutores de fase (L1, L2, L3) e o condutor neutro (N), sendo esse conectado ao ponto estrela do gerador ou ao enrolamento secundário dos transformadores.

Sistema Monofásico com retorno por terra – MRT

O sistema monofásico com retorno por terra (MRT ou Clic Rural) é um sistema elétrico em que a terra funciona como condutor de retorno da corrente de carga.

Apesar de existirem outros sistemas MRT, o mais empregado é o **Sistema MRT na versão neutro parcial**, empregados nas regiões onde o solo é de alta resistividade.

As potências nominais padronizadas, para transformadores são 5, 10, 15 e 25 kVA com tensões secundárias nominais de 127/254 V. Se ligar motor 220 V em rede de 254 V o consumo aumenta 33%, além do risco de queimar o motor. A rede MRT poderá ser derivada de uma rede de alta tensão trifásica (13,8 kV) ou bifásica (34,5 kV).

Figura 29 – Sistema de distribuição MRT.



Tabela 12 – Tensões nominais de baixa tensão usadas no Brasil.

Sistemas trifásicos a 3 ou 4 condutores (V)	Sistemas monofásicos a 3 condutores (V)
115/230 (*)	110/220
120/280 (*)	115/230 (*)
127/220 (*)	127/254 (*)
220/380 (*)	-
220 (*)	-
254/440	-
440	-
460	-
(*) Usadas em redes públicas de baixa tensão	

Tabela 13 – Tensões nominais dos aparelhos elétricos usados no Brasil.

Tipo	Tensão Nominal (V)
Monofásicos	110
	115
	120
	127
	220
Bifásicos	220
Trifásicos	220
	380
	400

Valores de tensões de redes de baixa tensão

São determinados pela medição entre fase (F) e neutro (N).

Tensão de linha (Volts): VL ou VFF (Volts entre duas fases).

Tensão de fase (Volts): VF ou VFN (Volts entre qualquer uma das fases e neutro).

Fórmula para calcular tensão de fase (VF ou VFN) de redes trifásicas (entre fase e neutro):

$$VF = VL \div \sqrt{3} \text{ (raiz de 3 = 1,73)}$$

Exemplo – Qual a **tensão monofásica** das redes abaixo?

$$VF = 220 \div 1,73 = \mathbf{127\ V}$$

$$VF = 380 \div 1,73 = \mathbf{220\ V}$$

$$VF = 440 \div 1,73 = \mathbf{254\ V}$$

$$VF = 660 \div 1,73 = \mathbf{380\ V}$$

Fórmula para calcular tensão de linha (VL ou VFF) de redes trifásicas (entre fases):

$$V_L = V_F \div \sqrt{3} \text{ (raiz de 3 = 1,73)}$$

Exemplo – Qual a **tensão trifásica** das redes abaixo?

$$V_L = 127 \times 1,73 = \mathbf{220 \text{ V}}$$

$$V_L = 220 \times 1,73 = \mathbf{380 \text{ V}}$$

$$V_L = 254 \times 1,73 = \mathbf{440 \text{ V}}$$

$$V_L = 380 \times 1,73 = \mathbf{660 \text{ V}}$$

Figura 30 – Valores de tensão de redes de baixa tensão.

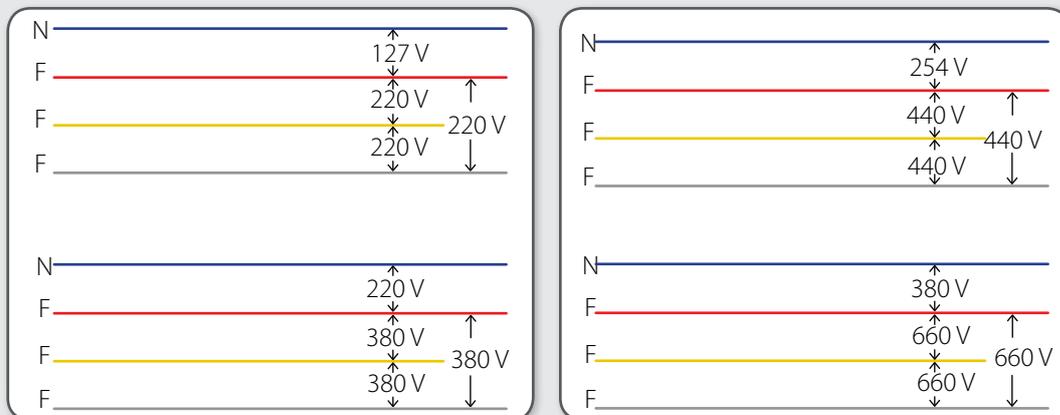


Tabela 14 – Classificação das tensões.

Classificação das tensões	CA	CC
Extra baixa – não superior a:	50 V	120 V
Baixa – não superior a:	1000 V	1500 V
Alta – superior a:	1000 V	1500 V

Tensão nominal – motores de apenas uma tensão

Monofásicos: (110) > 115 V, 127 V ou 220 V.

Trifásicos de baixa tensão: 220 V, 380 V ou 440 V.

Tensão nominal – motores trifásicos de tensão múltipla

Nos motores trifásicos a 2ª tensão deve ser 1,73 maior que a primeira:

220/380 V ($220 \times 1,73 = 380,60 \text{ V}$ (380 V)).

380/660 V ($380 \times 1,73 = 657,40 \text{ V}$ (660 V)).

440/760 V ($440 \times 1,73 = 761,20 \text{ V}$ (760 V)).

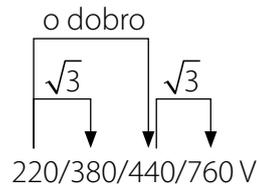
Motores de quatro tensões são de alta potência, onde:

A 2ª tensão é 1,73 vezes maior que a 1ª tensão.

A 3ª tensão é o dobro da 1ª tensão.

A 4ª tensão é 1,73 vezes a 3ª tensão.

Exemplo:



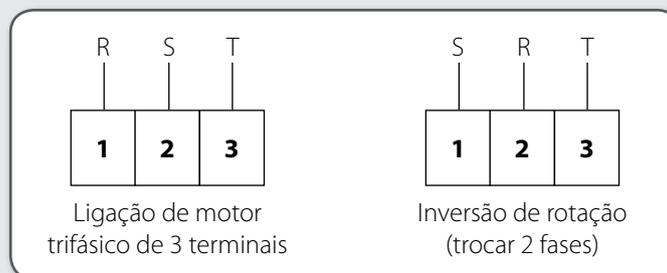
Os motores trifásicos podem ter 3, 6, 9 ou 12 terminais, sendo os de 6 e 12 terminais os mais comuns. Os motores de 6 terminais são de menor potência que os de 12 terminais.

O motor com ligação Y Δ tem apenas uma rotação (rpm).

Motores com 6 terminais tem dois valores de tensões (220/380 V). Os de 12 terminais tem quatro valores de tensões (220/380/440/660 V).

Para o fechamento (ligação) dos motores trifásicos de somente 3 terminais (uma tensão), é só ligar uma fase em cada borne.

Figura 31 – Ligação de motor trifásico.



Os motores podem funcionar sem problemas com tensão 10% acima ou abaixo. Mas uma tensão com 5% acima da nominal já provoca um aumento de 30 °C nos enrolamentos do motor.

h) Frequência (Hz)

Indica a frequência da rede de corrente alternada (60 Hz) em que o motor trabalha em rotação normal. A frequência pode variar sem trazer problemas para o motor e pode ir até 500 Hz, desde que ele seja específico para o uso de inversores de frequência.

Motor de 60 Hz ligado em 50 Hz pode queimar.

Motor de 50 Hz ligado em 60 Hz poderá funcionar normalmente, apenas aumenta a velocidade e potência.

i) Rolamento e graxa

Indica os tipos de rolamentos utilizados no motor e a graxa para lubrificação.

Exemplos:

LA 324

LA – rolamento do lado do acoplamento.

324 – número do rolamento e tipo de proteção (um Z indica proteção contra entrada de poeira de um dos lados e ZZ proteção dos dois lados do rolamento).

LOA 334 Z

LOA – rolamento do lado oposto ao acoplamento.

334 Z – número do rolamento e tipo de proteção.

Graxa: tipo, marca, quantidade e horas de trabalho para lubrificação.

Polyrex em-Esso. 34g – 8568 h

j) Temperatura Ambiente (Amb)

Indica a temperatura ambiente máxima tolerada pelo motor. Exemplo: 42 °C.

k) Altitude (Alt)

Motores funcionando em altitudes acima de 1.000 metros apresentam problemas de aquecimento causado pelo ar rarefeito e, conseqüentemente, diminuição do seu poder de arrefecimento (esfriamento). Uma refrigeração deficiente aumenta as perdas de energia e também a reduz a potência do motor.

Os motores têm aquecimento diretamente proporcional às perdas, e essas variam com a potência. Para instalação de um motor em altitudes acima de 1.000 metros, esse deverá ser fabricado com material isolante de classe superior.

l) Grau de Proteção (IP)

Indica o índice de proteção dos motores elétricos contra a penetração de objetos estranhos e líquidos no seu interior. As letras I e P são maiúsculas.

O grau de proteção dos motores é especificado sempre com “2 algarismos”.

Exemplo: IP 54 5 – proteção contra acúmulo de poeira.

4 – proteção contra pingos em todas as direções.

Tabela 15 – Grau de proteção de motores elétricos.

1º algarismo	Indicação	2º algarismo	Indicação
0	Sem proteção.	0	Sem proteção.
1	Proteção contra toque acidental com a mão e corpos estranhos sólidos de dimensão acima de 50 mm.	1	Proteção contra pingos de água na vertical.
2	Proteção contra toque acidental dos dedos e corpos estranhos sólidos de dimensão acima de 12 mm.	2	Proteção contra pingos de água com inclinação de 15° com a vertical.
3	Corpos estranhos sólidos de dimensão acima de 2,5 mm.	3	Proteção contra água de chuva com inclinação de 60° com a vertical.
4	Proteção contra ferramentas e corpos estranhos sólidos de dimensão acima de 1,0 mm.	4	Proteção contra respingos de todas as direções.
5	Proteção completa contra toque e contra acúmulo de poeiras nocivas.	5	Proteção contra jatos de água em todas as direções.
6	Totalmente protegido contra poeiras nocivas.	6	Proteção contra água de vagalhões.
		7	Proteção contra imersão temporária.
		8	Proteção contra imersão permanente.

m) Categoria (Cat)

Indica a capacidade de torque do motor (conjugado). Conforme as suas características de conjugado em relação à velocidade e à corrente de partida, os motores de indução trifásicos com rotor de gaiola são classificados em categorias, cada uma adequada a um tipo de carga. Essas categorias são definidas em normas, como a ABNT NBR 17094 e IEC 60034-1.

Tabela 16 – Categorias de motores elétricos.

Categorias	Torque de partida (conjugado)	Corrente de partida	Escorregamento	Aplicação	Exemplos de aplicações
N	Normal	Alta	Baixo	Constituem a maioria dos motores encontrados no mercado. Carregamentos normais moderados. Condições de partida fáceis.	Geradores, bombas, máquinas operatrizes, compressores, transportadores, etc.
H	Normal	Normal	Baixo	Utilizados para cargas que exigem um maior torque de partida. Sustenta eventuais sobrecargas.	Peneiras, bombas, máquinas operatrizes, compressores, transportadores.
D	Alto	Normal	Alto	Utilizados para cargas Intermitentes ou com choque.	Escadas rolantes, pulverizadores, guindastes, guas, centrifugadores, prensas excêntricas, elevadores, etc.

Obs.: Os motores antigos usavam Categorias A, B e F.

n) Isolação (Isol)

Indica a capacidade de isolação dos materiais empregados nos motores com relação à temperatura.

Materiais e Sistemas de Isolação

A vida útil de um motor elétrico depende quase que exclusivamente da vida útil da isolação do enrolamento. A isolação é afetada por muitos fatores, como temperatura, umidade, vibrações, ambientes corrosivos e outros.

Entre todos os fatores, o mais importante é, sem dúvida, a temperatura suportada pelos materiais isolantes empregados. Um aumento de 8 a 10 graus acima do limite da classe térmica da isolação pode reduzir a vida útil do enrolamento pela metade.

Quando se fala em diminuição da vida útil do motor, não está se referindo às temperaturas elevadas, quando o isolante se queima e o enrolamento é destruído repentinamente. Vida útil da isolação (em termos de temperatura de trabalho, que está bem abaixo daquela em que o material se queima), refere-se ao envelhecimento gradual do isolante. O material que vai se tornando ressecado, perdendo o poder isolante, até que não suporte mais a tensão aplicada e provoca o curto-circuito.

A experiência mostra que a isolação tem uma duração praticamente ilimitada, se a sua temperatura for mantida abaixo do limite de sua classe térmica. Acima desse valor, a vida útil da isolação torna-se cada vez mais curta, à medida que a temperatura de trabalho é mais alta. Esse limite de temperatura é muito mais baixo que a temperatura de “queima” do isolante e depende do tipo de material empregado. Essa limitação de temperatura refere-se ao ponto mais quente da isolação e não necessariamente ao enrolamento todo.

Com o uso cada vez mais intenso de inversores de frequência para variação de velocidade dos motores de indução, outros critérios da aplicação também devem ser observados para a preservação da vida do sistema de isolação do motor.

Material Isolante

Apesar da principal função do material isolante ser de impedir o fluxo de corrente de um condutor para terra, ele serve também para proteger contra ações mecânicas, proteger o condutor de degradação provocada pelo meio ambiente e transferir calor para o ambiente externo. O tipo e a qualidade da isolação afetam o custo, o peso, o desempenho e a vida útil do motor.

Sistema Isolante

Uma combinação de dois ou mais materiais isolantes usados num motor elétrico denomina-se sistema isolante. Essa combinação num motor elétrico consiste do esmalte de isolamento do fio, isolamento de fundo de ranhura, isolamento de fechamento de ranhura, isolamento entre fases, verniz e/ou resina de impregnação, isolamento do cabo de ligação e isolamento de solda.

Classes Térmicas

Como a temperatura é o fator predominante para o envelhecimento do material isolante e do sistema de isolamento, as classificações térmicas são úteis e reconhecidas mundialmente. A classe térmica especifica a capacidade dos enrolamentos do motor em suportar temperaturas.

Os motores blindados possuem aletas externas para dissipar o calor, que devem ser mantidas limpas. A ventoinha suga o ar para refrigerar as aletas nos motores blindados e para refrigerar o interior nos motores abertos. O material isolante usado nos enrolamentos e nos terminais de ligação deve suportar certa temperatura, que dependerá da “Classe de Isolação”.

Tabela 17 – Classe de isolamento de motores.

Classe	Temperatura
CL A	105 °C
CL E	120 °C
CL B	130 °C
CL F	155 °C
CL H	180 °C

Em locais quentes usar motores de Classe F ou superior.

Os enrolamentos dos motores grandes são amarrados com cadarço próprio, antes da impregnação, pois são destinados a suportar altas temperaturas.

A forração das ranhuras é feita com materiais resistentes a altas temperaturas e antichamas. O material usado para forração das ranhuras é o filme de poliéster (branco).

A separação das bobinas é feita com papel *pix* (preto) ou *milaflex* (preto brilhante, com camada de polipropileno). Os fios dos enrolamentos são isolados com esmalte (verniz industrial), também altamente resistente a temperaturas e antichamas.

Os espaguetes usados nas emendas e nos fios de conexões (lides) também são fabricados obedecendo às classes de isolamento (tensão e temperatura).

Figura 32 – Estatores de motores diversos danificados.



a) Forração das ranhuras do estator.



b) Motor trifásico queimado.



c) Enrolamento imbricado em curto.



d) Motor monof. enrolamento auxiliar queimado



e) Motor monof. enrolamento principal queimado



f) Colocação bobinas no motor trifásico.

o) Fator de Serviço (FS)

Indica a reserva de potência do motor para situação de sobrecarga. É o fator que, aplicado à potência nominal, indica a carga permissível que pode ser aplicada continuamente ao motor sob condições especificadas.

Note que se trata de uma capacidade de sobrecarga contínua, ou seja, uma reserva de potência que dá ao motor uma capacidade de suportar melhor o funcionamento em condições desfavoráveis.

O fator de serviço (FS) não deve ser confundido com a capacidade de sobrecargas momentâneas durando alguns minutos. Geralmente, os motores podem suportar sobrecargas de curta duração de até 150% da potência nominal.

FS igual a 1 significa que o motor não foi projetado para funcionar continuamente acima da sua potência ou corrente nominal. Isso não muda a sua capacidade de sobrecargas momentâneas.

Cálculo da potência de sobrecarga, utilizando o fator de serviço (FS) NBR 7094

Potência do motor: 1,5 CV

Fator de Serviço: 1.15

O número depois do ponto significa o porcentual a mais na potência nominal (15%).

Ps = Potência de sobrecarga

Qual a potência de sobrecarga utilizando a regra de três?

$$1,5 \text{ CV} \text{ ————— } 100 \%$$

$$X \text{ CV} \text{ ————— } 15 \%$$

$$X = 1,5 \times 15 \div 100 = 22,5 \div 100$$

$$X = 0,225 \text{ CV}$$

$$P_s = 1,5 \text{ CV} + 0,225 \text{ CV} = \mathbf{1,725 \text{ CV}}$$

Qual a potência de sobrecarga utilizando o FS?

$$P_s = 1,5 \text{ CV} \times 1,15 \text{ FS} = \mathbf{1,725 \text{ CV}}$$

Cálculo da corrente nominal máxima (In) utilizando o FS

Corrente nominal: 3,5 A

Fator de Serviço: 1.1

O número 1 depois do ponto, significa 10% a mais na corrente nominal (In).

In: Corrente nominal

In_{máx}: Corrente nominal máxima

Qual a corrente nominal máxima utilizando o FS?

$$I_n = 3,5 \text{ A} \times 10\% = 0,35$$

$$I_n = 0,35$$

$$I_{n_{máx}} = 3,5 \text{ A} + 0,35$$

$$\mathbf{I_{n_{máx}} = 3,85 \text{ A}}$$

Nesse caso, o motor pode trabalhar continuamente sem problemas.

p) Velocidade do motor (rpm)

Indica a rotação, por minuto, no eixo do motor.

A velocidade **síncrona** do motor (velocidade do campo girante) é:

- 3600 rpm para motores de 2 polos
- 1800 rpm para motores de 4 polos

A velocidade **assíncrona** do motor (velocidade do eixo) é:

- 3458 rpm para motores de 2 polos
- 1728 rpm para motores de 4 polos

Tabela 18 – Velocidade do motor trifásico.

Nº de polos	Frequência Hz	Velocidade síncrona (rpm)
2	60	3.600
	50	3.000
4	60	1.800
	50	1.500
6	60	1.200
	50	1.000
8	60	900
	50	750
10	60	720
	50	600

q) Regime de Serviço (Reg)

Indica as condições de continuidade de funcionamento dos motores elétricos.

Ex: Reg: S2 – tempo limitado de funcionamento.

Tabela 19 – Regime de serviço de motores elétricos.

Regime	Funcionamento
S1	Regime contínuo
S2	Regime de tempo limitado
S3	Regime intermitente periódico
S4	Regime intermitente periódico com paradas
S5	Regime intermitente periódico com frenagem elétrica
S6	Regime de funcionamento contínuo com carga intermitente
S7	Regime de funcionamento contínuo com frenagem elétrica
S8	Regime de funcionamento contínuo com mudança periódica

r) Potência dos motores elétricos

Potência Nominal

É a potência que o motor pode fornecer, dentro de suas características nominais, em regime contínuo. O conceito de potência nominal, ou seja, a potência que o motor pode fornecer, está intimamente ligado à elevação de temperatura do enrolamento.

Sabemos que o motor pode acionar cargas de potências bem acima de sua potência nominal, até quase atingir o conjugado máximo. O que acontece, porém, é que, se essa sobrecarga for excessiva, isto é, for exigido do motor uma potência muito acima daquela para a qual foi projetado, o aquecimento normal será ultrapassado e a vida do motor será diminuída, podendo ele, até mesmo, queimar rapidamente.

A potência solicitada ao motor é definida pela carga. Se a carga solicitar 90 CV do motor, ele terá que fornecer 90 CV de potência, independente se é de 75 ou 100 CV.

A potência mecânica é determinada em CV (Cavalo Vapor)

1 CV equivale a 736 W ou 0,736 kW

1 HP equivale a 746 W ou 0.746 kW

Tabela 20 – Conversão de potências de motor.

De	Multiplicar por	Para obter
CV	0,736	kW
HP	0,746	kW
kW	1,341	HP ou CV

Potência elétrica dos motores

A potência especificada na plaqueta de identificação do motor indica a potência mecânica no eixo em CV ou HP. Para determinar a potência elétrica consumida da rede pelo motor (kWh), usar a fórmula:

$$\text{kWh} = \text{CV} \times \text{W} \div \eta$$

Exemplo:

Potência Nominal (mecânica): 5 CV

Potência elétrica: W

Rendimento (η): 87,5% ou 0,875

$$\text{kWh} = 5\text{CV} \times 736\text{W} \div 0,875$$

$$\text{kWh} = 4.205 \text{ W}$$

$$\text{kWh} = 4.205 \text{ Wh ou } 4,20 \text{ kWh (Consumo de energia).}$$

A potência absorvida da rede é 4,20 kWh.

s) Fator de Potência ($\text{Cos } \varphi$)

Indica o índice de aproveitamento de energia elétrica (em %) dos aparelhos indutivos na qual a corrente está sempre atrasada com relação à tensão. A corrente fica atrasada num ângulo ($\text{cos } \varphi$), com relação à tensão, isto é, a tensão e a corrente estão fora de fase.

Para corrigir essa defasagem, deve-se instalar no circuito capacitores de correção de FP para colocar em fase a corrente e a tensão para reduzir a potência reativa. A correção da defasagem da corrente com relação à tensão eleva o FP melhorando o aproveitamento da energia.

O Fator de potência (FP) de um sistema elétrico qualquer, que está operando em corrente alternada (CA), é definido pela diferença entre a potência real ou ativa pela potência total ou aparente.

Tabela 21 – Fator de Potência em alguns países.

Fator de Potência	
Brasil	0,92
Espanha	0,92
Coréia	0,93
França	0,93
Portugal	0,93
Bélgica	0,95
Argentina	0,95
Alemanha	0,96
Suíça	0,96

Quando o FP estiver abaixo de 0,92 (no Brasil) significa mau aproveitamento da energia, e isso pode causar:

1. Acréscimo cobrado nas contas de energia elétrica (multa-FER);
2. Aumento das perdas elétricas dentro das instalações;
3. Queda ou variações de tensão nas instalações (oscilação);
4. Redução do aproveitamento da capacidade do transformador;
5. Condutores com temperaturas altas;
6. Diminuição da vida útil dos equipamentos elétricos.

Causas do Fator de Potência

1. Transformadores operando em vazio ou subcarregados durante longos períodos de tempo;
2. Motores operando abaixo das suas capacidades nominais (superdimensionado);
3. Utilização de grande número de motores de pequena potência;
4. Instalação de lâmpadas de descarga (fluorescentes, fluorescentes compactas, LEDs, vapor de mercúrio e vapor de sódio).

Multas por baixo Fator de Potência (FER)

Os grandes consumidores (comércio e indústria) pagam em suas contas de energia elétrica o consumo em kWh acrescido do FP (energia reativa).

Antigamente a cobrança de FP era chamada de Multa por Baixo Fator de Potência. Atualmente chama-se FER – Faturamento de Energia Reativa, que é aplicado sempre que apresentar na leitura FP abaixo de 0,92.

Os reatores magnéticos de lâmpadas fluorescentes (Ho – tubulares) de alto FP, possuem capacitor de correção incorporado, que eleva o fator de potência, até acima de 0,92, que evita a multa, portanto são mais caros. Os capacitores de correção melhoram o nível de tensão da rede.

Um circuito com baixo FP terá correntes maiores para realizar o mesmo trabalho que os de alto FP. O FP de 0,92 significa que o aparelho transforma em trabalho 92% de energia fornecida pela distribuidora. Os demais 8% é a potência reativa (Q), considerada perda.

A Potência Reativa é a diferença entre Ativa e Aparente, conforme a fórmula:

$$Q = S - P$$

Q: Potência reativa (VAr)

S: Potência aparente (VA)

P: Potência ativa (W)

Exemplo:

$$Q = 5000 \text{ VA} - 4600 \text{ W}$$

$$Q = 400 \text{ VAr (0,4 kVAr)}$$

A potência reativa é a energia utilizada para produzir campo magnético para funcionar os equipamentos de cargas indutivas. Não é utilizada para produzir trabalho (é uma energia perdida).

É possível corrigir o fator de potência elevando seu índice para um valor próximo ao 1. Essa prática é conhecida como **correção do fator de potência** e é conseguida mediante o acoplamento de bancos de capacitores nas linhas ou nos equipamentos.

As perdas de energia aumentam com a elevação da corrente elétrica transmitida. Quando a carga tem fator de potência menor do que 1, mais corrente é solicitada para manter a mesma potência útil.

Figura 33 – Bancos de correção do fator de potência.



1. Banco de capacitores.



2. Capacitores de correção de FP.

4 FECHAMENTO BÁSICO DE MOTORES TRIFÁSICOS

4.1 FECHAMENTOS EM TRIÂNGULO E EM ESTRELA

Fechamento em triângulo – Δ (220 V/380 V/440 V), para os motores (220/380 V – 380/660 V e 440/760 V).

Figura 34 – Configurações esquemática de motores trifásicos em 220 V.

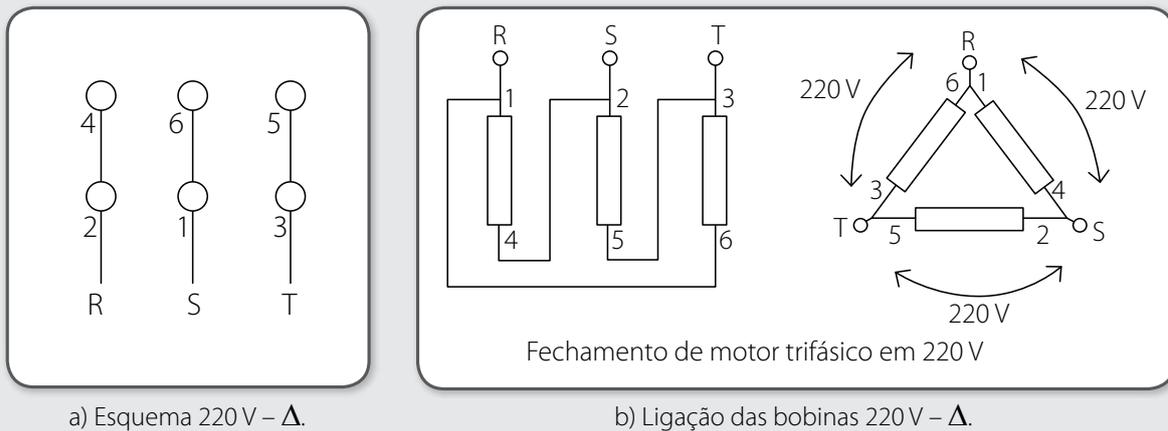
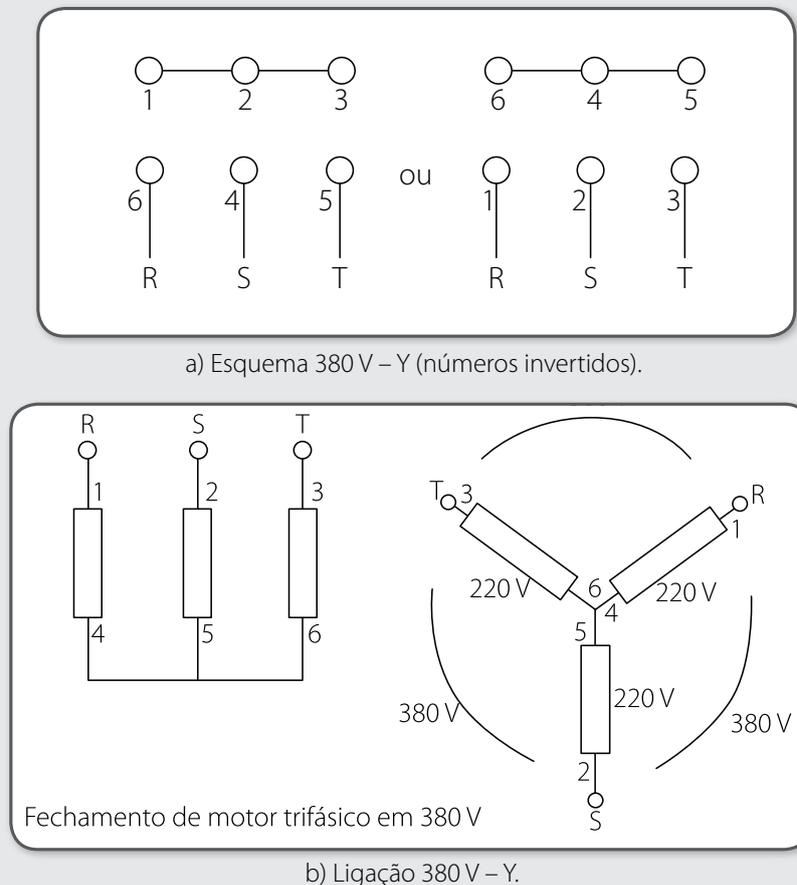
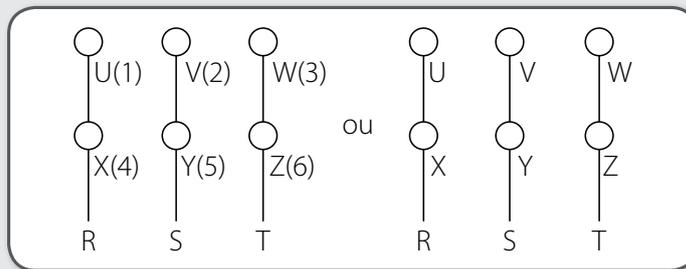


Figura 35 – Fechamento em estrela – Y (380 V /660 V/760 V), para os motores (220/380 V – 380/660 V e 440/760 V).

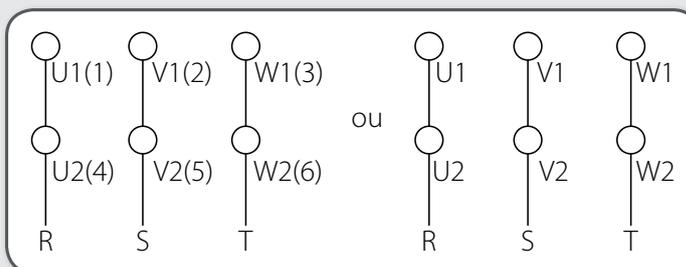


4.2 OUTROS FECHAMENTOS DE MOTOR TRIFÁSICO DE 6 PONTAS

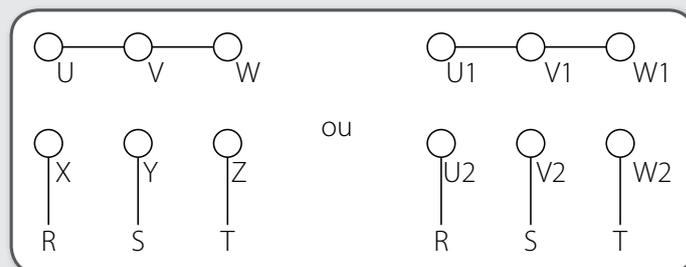
Figura 36 – Fechamentos trifásicos diversos.



a) Triângulo 220 V – Δ (somente letras).



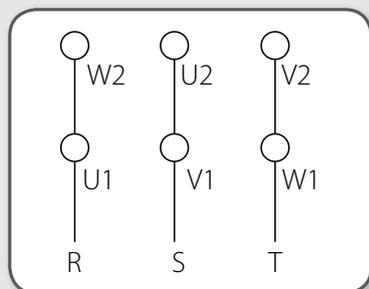
b) Triângulo 220 V – Δ (letras e números).



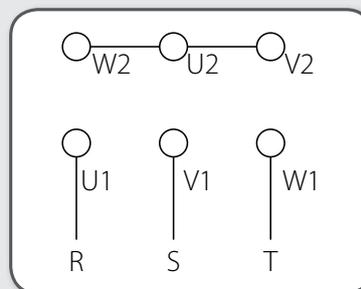
c) Estrela – 380 V – Y (somente letras ou letras e números).

4.3 FECHAMENTOS DE UM TIPO MOTOR IMPORTADO DE 6 PONTAS

Figura 37 – Esquema de motor importado.



a) Triângulo 220 V – Δ



b) Estrela – 380 V – Y

4.4 FECHAMENTOS DE MOTOR TRIFÁSICO DE 12 PONTAS

Figura 38 – Esquema de motor trifásico multi-tensão (12 pontas).

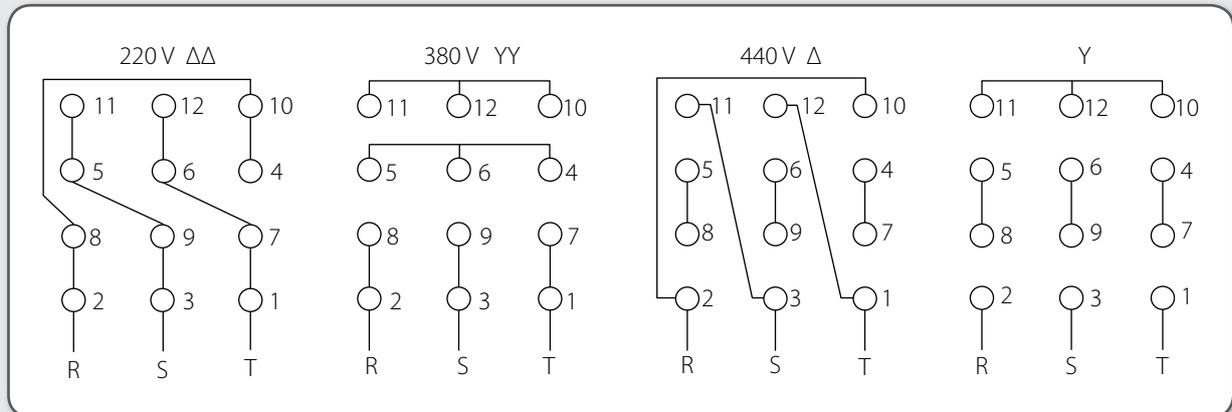
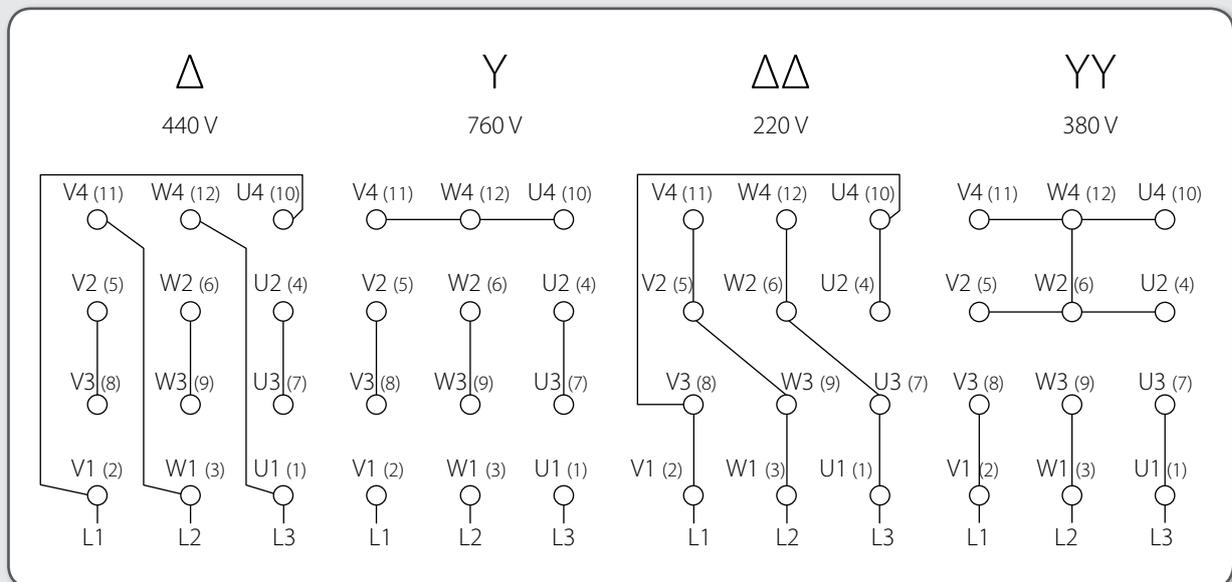


Figura 39 – Esquema de fábrica de motor trifásico 12 pontas.



5 NUMERAÇÃO DOS TERMINAIS DO MOTOR (APAGADOS)

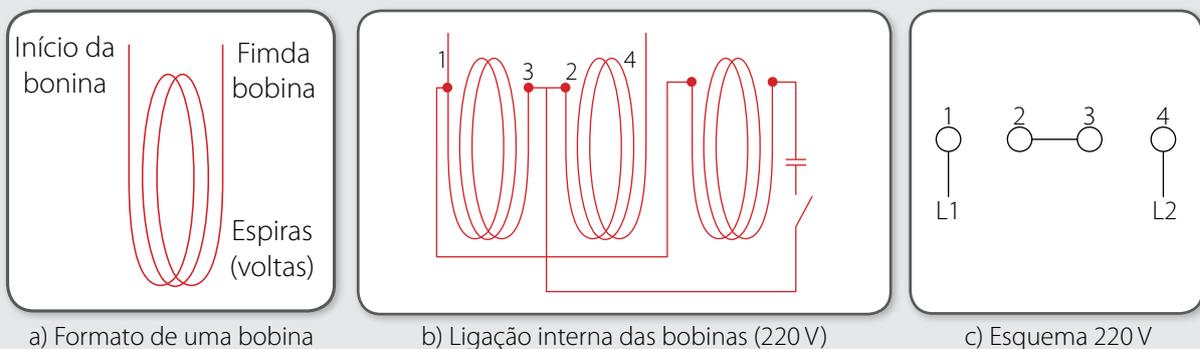
Para numerar os terminais (lides) dos motores, usam-se anilhas de numeração. O ideal é fazer a numeração pela “coroa” do motor (enrolamento aberto).

5.1 MOTOR MONOFÁSICO 4 PONTAS

O motor monofásico de 4 pontas tem rotação definida para um único sentido. Possui 3 pares de bobinas, mas as ligações são feitas com apenas 4 pontas. As outras duas pontas são ligadas no interior do motor.

Início e fim das bobinas: entrada 1 saída 3
 entrada 2 saída 4

Figura 40 – Formato das bobinas e ligações de motores monofásicos 4 pontas – 220 V.



Para achar os números que foram perdidos:

1. Achar as bobinas (início e fim) com lâmpada de prova ou ohmímetro. Unir com fita crepe os grupos de bobinas.
2. Numerar aleatoriamente qualquer grupo.
3. Numerar com 1 o início e 3 o fim de um grupo de bobina (início e fim).
4. Numerar com 2 o início e 4 o fim.
5. Fazer ligação em 220 V.
6. Ligar amperímetro e termômetro. Ver corrente nominal (I_n) em vazio.

Tabela 22 – Combinações a serem experimentadas (início e fim de bobinas).

1º	1	2 – 3	4	
2º	2	4 – 3	1	
3º	3	1 – 2	4	

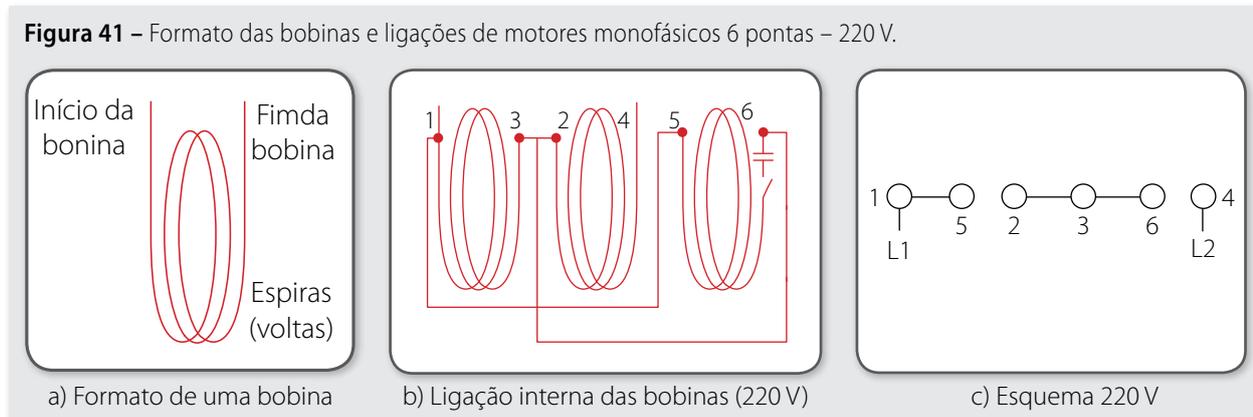
5.2 MOTOR MONOFÁSICO 6 PONTAS

O motor monofásico de 6 pontas tem dois sentidos de rotação e possui 3 pares de bobinas.

Início e fim das bobinas: entrada 1 saída 3

entrada 2 saída 4

entrada 5 saída 6



Para achar os números que foram perdidos:

1. Achar as bobinas (início e fim) com lâmpada de prova ou ohmímetro. Unir com fita crepe os grupos de bobinas.
2. Numerar aleatoriamente qualquer grupo.
3. Numerar com 1 o início e 3 o fim de um grupo de bobina (início e fim).
4. Numerar com 2 o início e 4 o fim.
5. Numerar com 5 o início e 6 o fim.
6. Fazer ligação em 220 V.
7. Ligar amperímetro e termômetro. Ver corrente nominal (I_n) em vazio.

Tabela 23 – Combinações a serem experimentadas (início e fim de bobinas).

1º	1-5	2-3-6	4	
2º	2-5	4-3-6	1	
3º	3-5	1-2-6	4	
4º	4-5	2-3-6	1	

5.3 MOTOR TRIFÁSICO 6 PONTAS

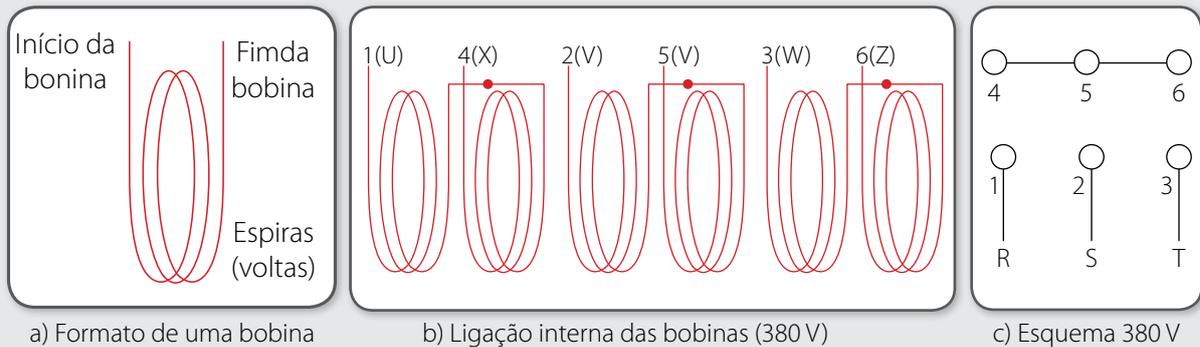
O motor trifásico tem 3 pares de bobinas (duas por fase).

Início e fim das bobinas: entrada 1 saída 4 (a) ou U e X

entrada 2 saída 5 (b) ou V e Y

entrada 3 saída 6 (c) ou W e Z

Figura 42 – Formato das bobinas e ligações de motores trifásicos – 380 V.



As bobinas contêm várias espiras de fios de cobre esmaltado (envernizado) de bitola predeterminada, que são alojadas em ranhuras do estator do motor, isoladas com **filme de poliéster** e separadas por **papel picks** (preto). O número de ranhuras varia de acordo com o tipo, potência e rotação do motor. A distância das ranhuras do estator é chamada **passo**. As bobinas são opostas entre si dentro do estator.



ATENÇÃO

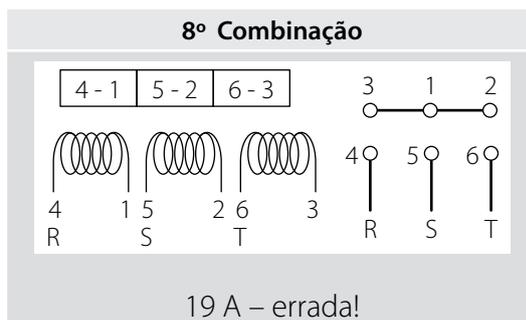
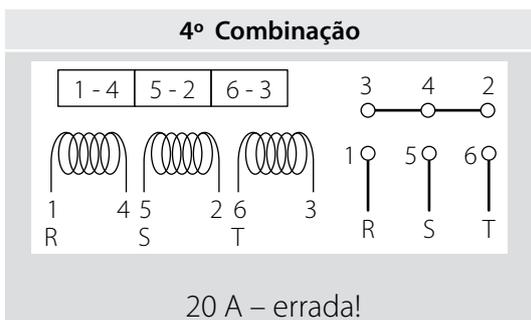
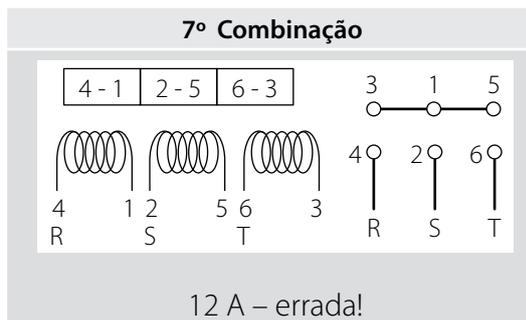
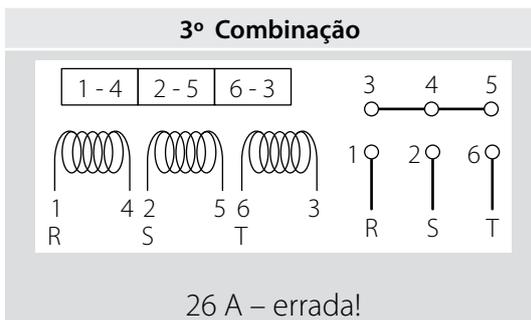
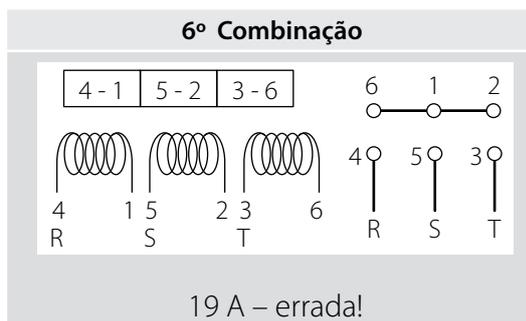
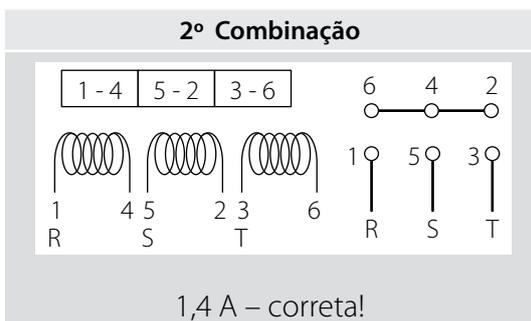
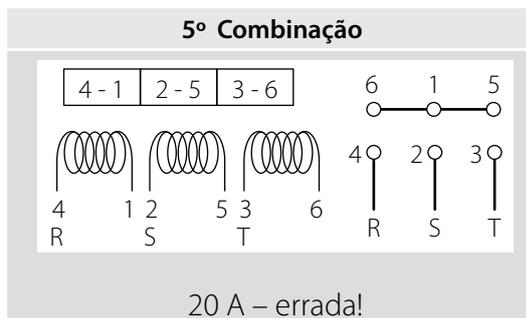
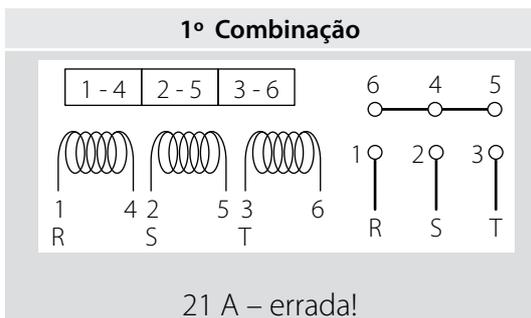
Não colocar a mão na fiação enquanto estiver girando. Mesmo com o motor desligado pode dar choque, pois se transforma em gerador.

Para achar os números que foram perdidos:

1. Achar as bobinas (início e fim) com lâmpada de prova ou ohmímetro. Unir com fita crepe os grupos de bobinas.
2. Numerar aleatoriamente qualquer grupo.
Numerar com 1 o início e 4 o fim de um grupo de bobina (início e fim).
Numerar com 2 o início e 5 o fim.
Numerar com 3 o início e 6 o fim.
3. Fazer ligação em estrela.
4. Ligar amperímetro e termômetro. Ver corrente nominal (I_n) em vazio.
5. Testar combinações. Se a **corrente nominal** coincidir, a ligação estará certa.
Exemplo: $I_n = 1,4$ A.

Tabela 24 – Combinações a serem experimentadas.

Combinação	Início e fim das bobinas		
1º	1 – 4	2 – 5	3 – 6
2º	1 – 4	5 – 2	3 – 6
3º	1 – 4	2 – 5	6 – 3
4º	1 – 4	5 – 2	6 – 3
5º	4 – 1	2 – 5	3 – 6
6º	4 – 1	5 – 2	3 – 6
7º	4 – 1	2 – 5	6 – 3
8º	4 – 1	5 – 2	6 – 3



6 ATERRAMENTO

Aterramento é o sistema de interligação das partes metálicas dos equipamentos ao solo através de condutores e hastes de cobre, com o objetivo de proteger as pessoas contra choques elétricos causados por fugas de eletricidade ou descargas atmosféricas.

São dois os tipos de aterramento numa instalação: aterramento funcional e aterramento de proteção.

O **aterramento funcional (PEN)** consiste na ligação à terra do condutor neutro, com o objetivo de garantir o funcionamento correto, seguro e confiável da instalação. A ligação do neutro à terra deve ser feita na entrada da instalação.

O **aterramento de proteção (PE)** consiste na ligação à terra das massas dos aparelhos elétricos, com o objetivo de proteção contra choques indiretos provocados por falhas na isolação dos aparelhos, utensílios e instrumentos elétricos, devido ao envelhecimento natural ou por defeitos de fabricação. Um aparelho elétrico com uma isolação bem dimensionada, bem construída e bem conservada deve durar em torno de 20 a 30 anos.

O **aterramento natural** pode ser feito aproveitando a ferragem do concreto armado das fundações. Esse tipo de aterramento é indicado pelas normas de instalações de baixa tensão (NBR 5410) e de proteção das estruturas contra descargas atmosféricas (NBR 5419), pois são obtidos os aterramentos de resistência mais baixa possível devido à profundidade das estacas, brocas, vigas e sapatas dos pilares.

Em casas sem fundações, pode-se enterrar os eletrodos de cobre diretamente no solo. Os eletrodos mais utilizados, padronizados pela NBR 5410, são barras redondas de aço cobreado, cantoneiras de aço galvanizado a quente que são fincados no solo verticalmente. Pode-se utilizar também cabos de cobre nus de no mínimo 50 mm² de seção, enterrados numa profundidade mínima de 50 cm no sentido horizontal.



PRECAUÇÃO

O aterramento pode ser formado por um ou mais eletrodos, isolados ou não, com a finalidade de proteger seres vivos e aparelhos elétricos, realizando o controle de sobre tensões, que podem ser oriundas de descargas atmosféricas, manobras de equipamentos de alta potência, falhas nas redes e dispositivos elétricos em geral.

Os choques, muitas vezes, são fatais. Ocorrem por contatos diretos em partes metálicas sob tensão (partes vivas). Mas podem ocorrer por contatos indiretos de pessoas ou animais com partes metálicas normalmente não energizadas, mas que podem dar choque quando ocorrer falhas no isolamento.

6.1 SISTEMAS DE ATERRAMENTO

Condutor PEN: é o condutor ligado à terra que garante ao mesmo tempo as funções de condutor de proteção e de condutor neutro. A designação PEN é a combinação de PE (*Protection Earth*) + N (de neutro). O condutor PEN não é considerado um condutor vivo.

Condutor PE (*Protection Earth*): é o condutor terra de proteção de cor verde ou verde-amarelo ligados às massas (carcaças), QDC e pino central dos plugues e tomadas.

Condutor de Aterramento: cabo de cobre que interliga o sistema de aterramento à barra TAP (Terminal de Aterramento Principal).

Barramento de Equipotencialidade Principal (BEP): mesmo que TAP (Terminal de Aterramento Principal) e LEP (Ligação Equipotencial Principal). Barra de aterramento cobreada ou galvanizada, instalada junto à construção, na entrada da instalação onde são ligados equipamentos de proteção e utensílios domésticos, com o objetivo de impedir que surjam diferenças de tensões perigosas para as pessoas.

Barramento de Equipotencialização Suplementar (BES): barras auxiliares para aterramento em prédios grandes.

Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA): sistema de aterramento para prédios com proteção contra raios.

Resistência de aterramento (total): resistência elétrica entre o terminal de aterramento principal de uma instalação elétrica à terra. As medições podem ser feitas através de um ohmímetro ou terrômetro. A medida de tensão de aterramento com terrômetro deverá ser menor que 10 V. Norma Brasileira ABNT – NBR 15749, medição de resistências e de potenciais na superfície do solo em sistema de aterramento.

Figura 43 – Aterramento (cabo e eletrodo terra).



A conexão do cabo de cobre na haste de aterramento é feita através de abraçadeiras de bronze. A conexão mais eficaz é através da solda exotérmica.

Figura 44 – Material para aterramento.



a) Haste de aterramento (copperweld).



b) Soldagem exotérmica.



c) Solda exotérmica do fio terra.

Podem ser utilizadas várias hastes de 2,40 m ou de 3 m interligadas com cabo de cobre de 16 mm², na distância de aproximadamente 2,40 m, fixadas com abraçadeiras de bronze ou com solda exotérmica. O fio terra deve ter a mesma bitola (espessura) das fases e, no máximo, até 16 mm². A partir dessa espessura poderá ter a metade da bitola das fases.



PRECAUÇÃO

As carcaças (massa) dos aparelhos elétricos metálicos podem dar choques, devido a defeitos e também por indução eletromagnética. Nessas condições haverá consumo de energia elétrica. Não use eletrodos não padronizados. Os de aço cobreado devem ter uma camada de cobre acima de 254 micrômetros, o que é chamado de camada alta, com comprimento de 2,40 a 3,00 m.

As barras de camada baixa de cobre são danificadas já na cravação, implicando na destruição rápida do eletrodo. Às vezes duram menos de um ano. Não use hastes práticas, cortadas com comprimento de 30 cm ou hastes não padronizadas, pois pode economizar na compra e, depois, estar sujeito a choques que podem ser fatais.

Não use eletrodos de aço zincados eletroliticamente em vez de aço galvanizado a quente, pois duram menos de um ano. Não use cabos de cobre nu de seção inferior a 50 mm², pois a duração também vai ser menor que a prevista pelas normas (25 a 30 anos).

Tabela 25 – Resistência do aterramento.

Resistência em Ohms do aterramento (NBR 5410/97)	
menos de 10 Ω	terra excelente
de 10 a 30 Ω	terra aceitável
mais de 30 Ω	terra condenado

7 CONDUTOR NEUTRO

Cada circuito elétrico deve ter o seu Neutro. A NBR 5410 determina que **o condutor neutro não pode ser comum a mais de um circuito**. As saídas de neutro devem ser feitas a partir do barramento de N para cada ponto de circuito.

ATENÇÃO

Todos os condutores N e F devem sair do Quadro de Distribuição para cada ponto (iluminação, tomadas, etc.). Jamais interrompa o neutro. Em sistemas bifásicos e trifásicos a interrupção de N causa sérios danos aos equipamentos.

Se interromper o N, os aparelhos de maior potência tornam-se condutores e os de menor potência recebem tensão maior (o dobro) e irão queimar. Os aparelhos eletrônicos são os mais afetados, como computadores, central telefônica, fax, estabilizadores, reatores, etc.

O neutro interrompido deixa de ser neutro e passa a ser retorno das fases energizando a água de todo o encanamento e as carcaças dos aparelhos. Além do choque haverá consumo de energia elétrica, pois pode até provocar aquecimento da água.

PRECAUÇÃO

Se ligar o fio terra no neutro, e se este for interrompido, os aparelhos aterrados receberão tensão por retorno de fase que pode passar de 200 V. Se houver algum aparelho ligado, passará a dar choque com sério risco de morte.

Não utilize o neutro como aterramento. O fabricante de chuveiros elétricos ENERBRÁS coloca em seus produtos o seguinte esclarecimento: "Para evitar choque elétrico conecte o fio terra ao sistema de aterramento. Jamais utilize o neutro, se houver, como aterramento".

8 CONDUTORES ELÉTRICOS

Condutor elétrico é um material metálico, geralmente cilíndrico, utilizado para conduzir energia elétrica. Um **fio** é um material metálico maciço e flexível, de seção transversal invariável. Os fios podem ser usados diretamente como condutores, com ou sem isolamento, ou na fabricação de cabos.

A NBR 5111 estabelece, para os fios de cobre nu de seção circular para fins elétricos, os valores de resistividade e condutividade porcentual (Tabela 26).

Tabela 26 – Resistividade e condutividade de fios de cobre nu para fins elétricos a 20 °C.

Material	Diâmetros Nominais (d) em mm	Resistividade a 20 °C em $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	Condutividade a 20 °C em %
Cobre mole	–	0,017241	100
Cobre meio-duro	$1,024 \leq d < 8,252$	0,017837	96,66
	$8,252 < d < 11,684$	0,017654	97,66
Cobre	$1,024 \leq d \leq 8,252$	0,017930	96,16
	$8,252 < d \leq 11,684$	0,017745	97,16

A NBR NM 280 define, para condutores de cobre, 6 classes de encordoamento, numeradas de 1 a 6 e com graus crescentes de flexibilidade (Tabela 27).

Tabela 27 – Classes de condutores.

Classe 1	Condutores sólidos (fios)
Classe 2	Condutores encordoados, compactados ou não
Classe 3	Condutores encordoados, não compactados
Classes 4, 5 e 6	Condutores flexíveis

A IACS, Padrão Internacional de Cobre Recozido, corresponde a um fio de cobre com 1 m de comprimento, 1 mm^2 de seção transversal e resistividade a 20 °C, $0,01724 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

Os condutores, sejam de cobre, alumínio ou outro metal, têm suas condutividades sempre referidas ao padrão e dados em porcentagem (%). O cobre e o alumínio são os metais mais usados na fabricação de condutores, devido às suas propriedades elétricas e seu custo.

Durante muitos anos, o cobre tem sido o mais utilizado em condutores de isolamento. Os condutores de alumínio nus são os mais usados para transmissão e distribuição, mas também podem ter isolamento.

Figura 45 – Condutores elétricos (cabos).



a) Cabo de cobre nu.

b) Cabo de alumínio nu com alma de aço.

c) Cabo de alumínio isolado.

O **condutor encordoado** é constituído por um conjunto de fios dispostos helicoidalmente, tornando um condutor de maior flexibilidade que o condutor sólido (fio).

Um **cabo** é um condutor encordoado constituído por um conjunto de fios encordoados, isolados ou não entre si, podendo o conjunto ser isolado ou não.

Chama-se **corda** o componente de um cabo formado por um conjunto de fios enrolados e não isolados entre si. Uma corda pode ter várias “cordinhas” que são chamadas de “pernas”.

Figura 46 – Cabos encordoados.



a) Cabos encordoados com cordinhas.

b) Cabos encordoados com dupla isolamento.

c) Cabos flexíveis.

Um **condutor compactado** é um condutor encordoado que foi prensado para reduzir os espaços entre os fios.

O **revestimento** é uma camada fina de um metal ou liga, depositada sobre outro metal ou liga diferente, para fins de proteção. Um fio **revestido** é dotado de um revestimento, como por exemplo, o “fio estanhado”. Um cabo revestido não possui isolação ou cobertura, é constituído de fios revestidos.

O **fio nu** não tem revestimento, isolação ou cobertura e é formado por fios nus.

A **isolação** é um conjunto de materiais isolantes usados para isolar eletricamente.

É um termo qualitativo (isolação de um condutor, isolação de borracha, plástico, etc.). Não deve ser confundido com isolamento, pois este é quantitativo (tensão de isolamento de 750 V, resistência de isolamento de 5 M Ω , etc.).

A isolação é aplicada sobre o condutor com a finalidade de isolá-lo eletricamente do ambiente. Os materiais usados como isolação (Tabela 28), além de alta resistividade, devem possuir alta rigidez dielétrica, principalmente quando empregados em tensões superiores a 1 kV.

Tabela 28 – Materiais para isolação de condutores elétricos.

Polímeros termoplásticos	Cloreto de polivinila (PVC), Polietileno (PE), Polipropileno, etc.
Polímeros termofixos	Polietileno reticulado (XLPE), borracha etileno-propileno (EPR), borracha de silicone, etc.
Outros materiais	Papel impregnado, fibra de vidro, etc.

8.1 CONDUTOR ISOLADO

Um condutor isolado (fio ou cabo) é dotado apenas de isolação. A isolação não precisa necessariamente ser constituída por uma única camada (por exemplo, podem ser usadas duas camadas do mesmo material, sendo a camada externa especialmente resistente à abrasão).

O condutor “Pirastic Ecoflam” da Pirelli (Figura 47) é encontrado nas versões de fio e cabo. Sua isolação é constituída por duas camadas de composto à base de PVC, isento de chumbo, sendo que a externa possui resistência maior à abrasão. A superfície é bastante deslizante, o que facilita o puxamento.

Figura 47 – Cabo “Pirastic Ecoflam” da Pirelli.



A cobertura é um invólucro externo não metálico e contínuo, sem função de isolação, destinado a proteger o fio ou cabo contra influências externas. Um fio ou cabo coberto pode ser com ou sem revestimento, dotado apenas de cobertura.

8.2 CABO UNIPOLAR

Um cabo unipolar (singelo) é constituído por um único condutor isolado e dotado, no mínimo, de cobertura.

8.3 CABO MULTIPOLAR

Um cabo multipolar (múltiplo) é constituído por dois ou mais condutores isolados e dotado, no mínimo de cobertura. Os condutores isolados dos cabos são chamados de **veias**. Os cabos multipolares que contém 2, 3 ou 4 veias, são chamados respectivamente de bipolares, tripolares e tetrapolares.

Figura 48 – Cabos multipolares.



Nos cabos uni e multipolares a cobertura atua principalmente como proteção da isolação, impedindo seu contato direto com o ambiente. Os materiais mais usados para coberturas são polímeros termofixos e termoplásticos.

Polímeros termofixos: neoprene, polietileno clorossulfanado (hypalon), borracha de silicone.

Polímeros termoplásticos: PVC, polietileno, poliuretano, etc.

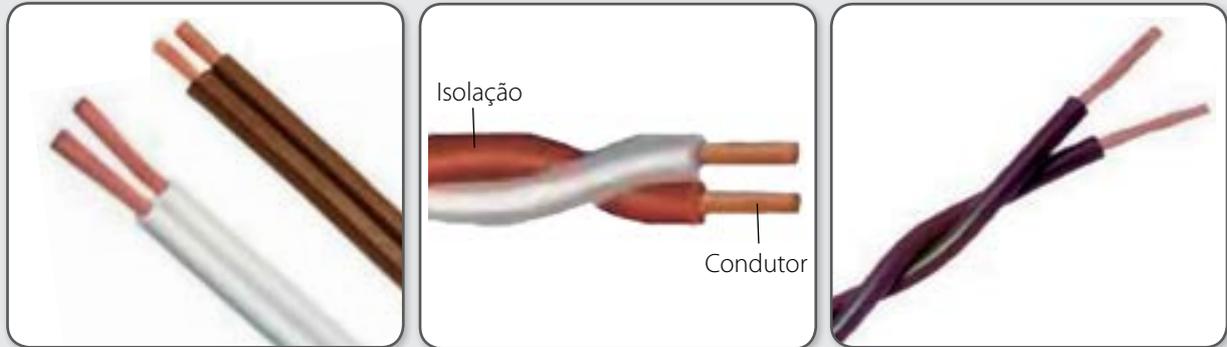
O enchimento é o material utilizado em cabos multipolares para preencher os espaços entre as veias. A capa é o invólucro interno, metálico ou não, aplicado sobre uma veia, ou sobre um conjunto de veias de um cabo.

As capas não metálicas, geralmente de polímeros termoplásticos, têm como finalidade principal dar ao cabo a forma cilíndrica. As capas metálicas, de chumbo ou alumínio, têm a função mecânica e elétrica.

8.4 CORDÃO

Um cordão é um cabo flexível com reduzido número de condutores isolados (em geral 2 ou 3) de pequena seção transversal sendo geralmente paralelos ou torcidos.

Figura 49 – Cordões condutores (cabo flexível).



a) Cordões paralelos.

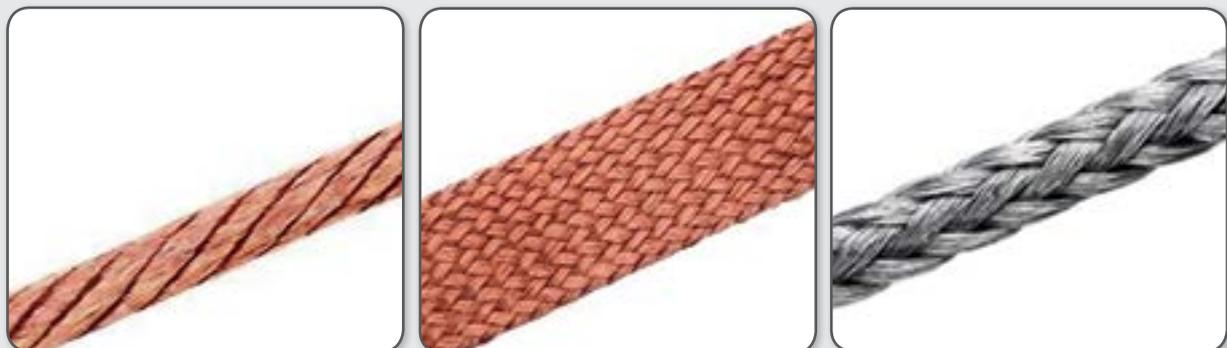
b) Cordões torcidos polarizados.

c) Cordão torcido.

8.5 CORDOALHA

Uma cordoalha é um condutor formado por um tecido de fios metálicos.

Figura 50 – Cordoalhas.



a) Cordoalha torcida de cobre.

b) Cordoalha trançada de cobre.

c) Cordoalha estanhada.

8.6 CABO MULTIPLEXADO

Um cabo multiplexado é um cabo formado por dois ou mais condutores isolados, ou cabos unipolares, dispostos helicoidalmente, sem cobertura (bíplex, tríplex e quadríplex).

8.7 CABO MULTIPLEXADO AUTOSSUSTENTADO

Também chamado de *cabo* pré-reunido, é um cabo multiplexado que contém um condutor de sustentação, isolado ou não (bíplex, tríplex e quadríplex).

Figura 51 – Cabos multiplexados.



A **armação** é o elemento metálico que protege o cabo contra esforços mecânicos. As armações podem ser de fios ou fibras de aço ou alumínio, constituindo-se numa proteção mecânica adicional, que absorve os esforços de tração, compressão ou de impacto. As armações são colocadas sobre um **acolchoamento**, como sendo o material não metálico que protege mecanicamente o componente situado diretamente sob ele, num cabo unipolar ou multipolar.

Tabela 29 – Tipos e características de condutores.

Tipos de condutores	Características
Condutor Isolado	Condutor sólido ou encordado + isolação.
Cabo Unipolar	Condutor isolado + cobertura (no mínimo).
Cabo Multipolar	2 ou mais condutores isolados (veias) + cobertura (no mínimo)
Cordão	Condutores isolados de pequena seção (2 ou 3) paralelos ou torcidos.
Cabo Multiplexado	Condutores isolados ou cabos unipolares (2 ou mais) dispostos helicoidalmente (sem cobertura).
Cabo Pré-Reunido	Cabo multiplexado + condutor de sustentação.

8.8 CONDUTOR SETORIAL

A seção de um condutor setorial tem a forma aproximada de um setor circular. O cabo setorial é multipolar e os condutores são setoriais.

8.9 CABOS DE POTÊNCIA

Os cabos de potência são isolados. Os cabos unipolares e multipolares são utilizados para transportar energia elétrica em instalações de geração, transmissão e distribuição.

8.10 CABOS DE CONTROLE

Os cabos de controle são utilizados em circuitos de controle de sistemas e equipamentos elétricos.

Os fios e cabos são caracterizados por sua **seção nominal**. A seção nominal não corresponde ao valor estritamente geométrico (área da seção transversal do condutor), mas sim a um valor determinado por uma medida de resistência. É o que se pode chamar de “seção elétrica efetiva”. As seções nominais são dadas em **milímetros quadrados**, de acordo com uma série definida pela IEC. A NBR 6880 define as seções nominais dos condutores de cobre, caracterizando para as diversas classes de encordoamento os valores de resistência.

Tabela 30 – Resistividade dos condutores de cobre conforme a classe.

Encordoamento Classe 1	Resistência máxima a 20 °C, em Ω /km.
Encordoamento Classes 2 e 3	Resistência máxima a 20 °C, em Ω /km e o número mínimo de fios no condutor.
Encordoamentos Classes 4, 5 e 6	Resistência máxima a 20 °C, em Ω /km e diâmetro máximo dos fios no condutor, em mm.

8.11 TENSÕES DE ISOLAMENTO NOMINAIS

As tensões de isolamento nominais dos fios e cabos são as tensões para as quais eles são projetados. São designados pelo par de valores V_0/V , associados a sistemas trifásicos, sendo V_0 o valor eficaz da tensão entre o condutor e o terra, ou blindagem da isolação (tensão fase-terra) e V o valor eficaz da tensão entre condutores (tensão fase-fase). É o valor de V que é usado para classificar os cabos quanto a tensão.

Cabos de baixa tensão: $V \leq 1 \text{ kV}$

Cabos de média tensão: $1 \text{ kV} < V \leq 35 \text{ kV}$

Cabos de alta tensão: $V > 35 \text{ kV}$.

8.12 TEMPERATURA DOS CONDUTORES

Os fios e cabos providos de isolação são definidos por 3 temperaturas medidas no condutor propriamente dito: *em regime permanente*, *em regime de sobrecarga* e *em regime de curto-circuito*.

Temperatura no condutor em regime permanente (ou em serviço contínuo): é a temperatura alcançada em qualquer ponto do condutor em condições estáveis de funcionamento. A cada tipo (material) de isolação corresponde a uma temperatura máxima para o serviço contínuo.

Temperatura no condutor em regime de sobrecarga: é a temperatura alcançada em qualquer ponto do condutor em regime de sobrecarga. Para os cabos de potência, estabelece-se que a operação em regime de sobrecarga, para temperaturas máximas especificadas em função da isolação, não deve superar 100 horas durante 12 meses consecutivos, nem superar 500 horas durante a vida do cabo.

Temperatura no condutor em regime de curto-circuito: é a temperatura alcançada em qualquer ponto do condutor durante o regime de curto-circuito. Para os cabos de potência, a duração máxima de um curto-circuito, no qual o condutor pode manter temperaturas máximas especificadas em função da isolação, é de 5 segundos.

Exemplos de caracterização de seções nominais pela NBR NM 280

Um fio de cobre nu de 10 mm^2 , para condutor isolado. A NBR NM 280 define essa seção nominal pela resistência máxima a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ de $1,83 \text{ } \Omega/\text{km}$.

No caso de um condutor encordado de 10 mm^2 , Classe 2, para condutor isolado, a norma específica que ele deve possuir é no mínimo 7 fios (condutor não compactado circular) e apresentar uma resistência máxima de $1,83 \text{ } \Omega/\text{km}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tratando-se de um condutor encordado de 10 mm^2 , Classe 5, para condutor isolado flexível, a NBR NM 280 determina essa seção nominal, indicando que os fios componentes devem possuir, no máximo, diâmetro de $0,41 \text{ mm}$ cada um e o condutor deve apresentar uma resistência máxima de $1,91 \text{ } \Omega/\text{km}$, a $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tabela 31 – Temperatura características dos fios e cabos em função do material de isolação.

Material	$^\circ\text{C}$ temperatura máxima z (regime contínuo)	$^\circ\text{C}$ temperatura máxima sc (regime de sobrecarga)	$^\circ\text{C}$ temperatura máxima cc (regime de curto-circuito)
PVC	70	100	160
EPR	90	130	250
XLPE	90	130	250

8.13 CAPACIDADE DOS CONDUTORES EM CONDUZIR CORRENTE

A capacidade de condução de corrente de um condutor, ou de um conjunto de condutores, é a corrente máxima que podem conduzir continuamente nas condições especificadas, sem que a temperatura em regime permanente ultrapasse a temperatura máxima para serviço contínuo. Nos fios e cabos com isolação, a capacidade de condução de corrente depende de diversos fatores:

1. material do condutor;
2. seção;
3. material da isolação (que determina a temperatura máxima de serviço contínuo);
4. temperatura ambiente e em condutores enterrados, temperatura do solo;
5. resistividade térmica do solo (para cabos enterrados);
6. agrupamento de fios e cabos;
7. agrupamento de condutos.

8.14 IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DOS CONDUTORES ELÉTRICOS

A qualidade dos condutores é de suma importância para a segurança, o bom desempenho da instalação e a conservação de energia.



ATENÇÃO

O uso de condutores de segunda linha (geralmente apresentados como “similar mais barato”) pode causar prejuízos e propagar incêndios. Proteja seu patrimônio com produtos de qualidade.

Os fios e cabos de boa qualidade apresentam peso constante, normalmente maior que os produtos de segunda linha. Apesar da indicação de 100 m, nem sempre os produtos de segunda linha possuem esse comprimento. Já os de primeira linha são medidos por equipamentos eletrônicos, o que garante rolos com a medida correta.

O cobre utilizado nos condutores de primeira linha segue normas de qualidade nacionais e internacionais. Os condutores de segunda linha, com alto grau de impurezas, provocam superaquecimento e pode originar fugas de corrente, choques elétricos, curtos-circuitos e incêndio. O cobre puro utilizado nos condutores de primeira linha é recozido em processo contínuo, o que aumenta a sua flexibilidade e facilita os trabalhos de emendas, dobras, ligações em tomadas e interruptores.

O isolamento especial dos bons condutores permite trabalho contínuo à temperatura de 70 °C, com total segurança. O isolamento utilizado nos condutores de qualidade inferior, à base de PVC recuperado, possui pequena vida útil, aumentando os riscos. A isolação uniforme em torno e ao longo do condutor é mais um item de segurança. O aditivo deslizante, utilizado nos condutores de qualidade, é também uma vantagem, facilitando a instalação e reduzindo custos de mão de obra.

Os condutores de primeira linha, acrescidos do item antichama são totalmente seguros, pois não propagam incêndios. Os materiais dos condutores de segunda linha não possuem a característica antichama, propagando o fogo com facilidade.

Quando instalados corretamente, os condutores de primeira linha apresentam vida útil superior a 30 anos, em perfeitas condições. A utilização de condutores de segunda linha, geralmente resulta em pequena vida útil, com maiores chances de curto-circuito, choques elétricos e incêndio de origem elétrica.

Os cabos flexíveis garantem eficiência das instalações residenciais, com segurança e economia. Facilita a enfição em eletrodutos e a ligação em tomadas e interruptores, evitando danos e economizando mão de obra.

Os condutores de primeira linha obedecem às mais rigorosas normas nacionais e internacionais de qualidade e segurança. Seus componentes são testados e submetidos a ensaios rigorosos durante o processo de fabricação, em modernos laboratórios, para oferecer segurança total.

8.15 COMPORTAMENTO DOS CABOS EM CONDIÇÕES DE FOGO E INCÊNDIO

A construção dos cabos elétricos envolve volumes significativos de materiais orgânicos na isolação, na cobertura, e em outros componentes. Tais materiais são combustíveis e podem propagar fogo e incêndio.

Em princípio, os fios e cabos isolados (isolação ou cobertura, no caso de cabos uni e multipolares) quando submetidos à ação do fogo, podem ser classificados em quatro categorias: propagador de chamas, não propagador de chamas, resistente a chamas e resistente ao fogo.

Propagador de chamas: o cabo quando submetido diretamente na chama, mesmo por pouco tempo, entra em combustão e a mantém mesmo após a retirada da chama ativadora. Esses cabos podem contribuir para propagação dos incêndios. O polietileno reticulado (XLPE) e a borracha de etileno-propileno (EPR) podem ser considerados materiais propagadores de chamas.

Não propagador de chamas: a chama se autoextingue após cessar a causa ativadora. O comportamento dos cabos com relação ao fogo depende do tempo de exposição e da intensidade da chama, da quantidade de cabos agrupados, etc. O PVC e o neoprene são considerados não propagadores de chamas. Os condutores isolados de PVC tipo BW (NBR NM 247) enquadram-se nessa categoria.

Resistente a chamas: nesses cabos a chama não se propaga mesmo em exposição prolongada. Quando submetidos ao rigoroso ensaio de queima vertical efetuado em feixe de cabos com concentração de material combustível bem definida (de acordo com NBR NM IEC 60332-3), os danos causados pela chama ficam limitados a poucas dezenas de centímetro. Os cabos de PVC aditivado possuem essas propriedades e são classificados como BWF (NBR NM 247). Os cabos da linha Pirastic da Pirelli e os uni e multipolares, como também os da linha Sintenax são de categoria resistente a chamas.

Resistente ao fogo: o cabo tem a característica de permitir e manter um circuito em funcionamento em presença de incêndio, atendendo a norma NBR 10.301 (exposição direta à chama, 750 °C, por 3 horas). Esses cabos são recomendados para os circuitos de segurança.

O mau condutor gera aquecimento e aumenta a sua resistência elétrica, prejudicando a circulação de corrente. O semicondutor é um material em que a corrente circula somente num sentido, não há retorno. São usados em componentes eletrônicos.

Os condutores especificados na tabela correspondem a uma temperatura de 30 °C, mas os fios e cabos devem suportar até 70 °C.

As emendas de cabos de grande espessura devem ser feitas com conector de parafuso fendido. As pontas de terminação de fios rígidos podem ser emendadas em forma de rabo de rato ou em prolongamento.

Os cabos PP tripolares trazem as cores: vermelho, amarelo e branco, que são as mais usadas para sistema trifásico.

8.16 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES PARA MOTORES

Para se convencionar a resistividade do cobre, os cientistas pegaram um pedaço de cobre de 1 m de comprimento por $1,0 \text{ mm}^2$ e, com um ohmímetro de precisão, obtiveram uma leitura de 0,017 ohm. Diz-se então que a resistividade do cobre puro é de 0,017 ohm/m.

Seguindo o mesmo raciocínio, temos que a resistência equivalente de 100 m de um condutor de cobre de 10 mm^2 é:

$$100 \times (0,017 \div 10) = 0,17 \Omega$$

Da mesma forma, 100 m de fio de cobre de $4,0 \text{ mm}^2$ é:

$$100 \times (0,017 \div 4) = 0,42 \Omega$$

A resistência elétrica de um condutor é diretamente proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional à sua área de seção transversal. Assim, quanto mais grosso for o condutor, menor é a sua resistência. A resistividade de um metal varia muito com a temperatura, ou seja, quanto mais quente, maior é a sua resistividade.

A perda máxima permitida nas redes elétricas é de 5% de tensão. Para calcular a queda de tensão na rede elétrica, usar as seguintes fórmulas:

Para sistema monofásico:
$$S = \frac{2 \times I \times L}{58 \times u}$$

Para sistema trifásico:
$$S = \frac{\sqrt{3} \times I \times L}{58 \times u}$$

Onde:

S = Bitola em mm^2

I = Corrente em A

L = Distância até a fonte de energia em m

u = Queda de tensão em V

58 = Constante para resistividade de cobre

Exemplo 1 – Calcular a queda de tensão de uma rede monofásica de 40 A, com condutores de 10 mm^2 de cobre, numa distância de 100 m:

$$S = \frac{2 \times I \times L}{58 \times u}$$

$$10 = \frac{2 \times 40 \times 100}{58 \times u}$$

$$u = \frac{8000}{580}$$

$$u = 13,79\%$$

A queda de tensão na rede é de 13,79%.

Exemplo 2 – Calcular a queda de tensão de uma rede trifásica de 40 A, com condutores de 10 mm² de cobre, numa distância de 100 m.

$$S = \frac{\sqrt{3} \times I \times L}{58 \times u}$$

$$10 = \frac{1,73 \times 40 \times 100}{58 \times u}$$

$$u = \frac{6920}{580}$$

$$u = 11,93\%$$

A queda de tensão na rede é de 11,93 %.

Tabela 32 – Número de condutores por eletroduto de 25 mm.

Nº de condutores por eletroduto de 25 mm	Condutor (mm ²)
10	1,5
8	2,5
6	4
4	6

Tabela 33 – Corrente dos condutores de alumínio ao ar livre.

Cabo de alumínio		Corrente (A)
AWG	mm ²	
6	13	80
4	21	110
2	34	149
1/0	53	201
2/0	67	232
3/0	85	270
4/0	107	314

Tabela 34 – Características dos cabos flexíveis de cobre.

Seção nominal (AWG)	Formação (Nº fios/mm)	Espessura de isolamento (mm)	Resistência elétrica a 20 °C (Ω/km)	Ø externo nominal (mm)	Capacidade de corrente (A)
22	7/0,25	0,80	55,4	2,45	10
20	10/0,25	0,80	34,6	2,50	15
18	16/0,25	0,80	21,8	2,80	19
16	26/0,25	0,80	13,7	3,10	24
14	41/0,25	0,80	8,62	3,45	31
12	41/0,32	0,90	5,43	4,10	44
10	68/0,32	1,15	3,409	5,40	60
8	108/0,32	1,15	2,144	6,35	79
6	170/0,32	1,50	1,348	7,85	109
4	273/0,32	1,50	0,8481	9,15	155
2	429/0,32	1,50	0,5335	10,70	227
1	533/0,32	2,00	0,4230	14,20	255
1/0	663/0,32	2,00	0,3354	15,00	285
2/0	836/0,32	2,00	0,2660	15,90	509
3/0	1064/0,32	2,00	0,2110	17,80	590
4/0	1344/0,32	2,00	0,1673	19,60	683

9 ISOLANTES

Os materiais isolantes usados em eletricidade são: baquelite, PVC, porcelana, fenolite, etc. O papel *milaflex* (preto brilhante) e *fix* são usados para separação de bobinas em motores elétricos e transformadores. O filme de poliéster é usado para fazer a forração dentro das ranhuras onde são alojadas as bobinas do motor.

Figura 52 – Fibras para isolação de motores elétricos (papel milaflex).



As fitas *fiber glass* (fibra de vidro), são utilizadas em locais de alta temperatura.

Figura 53 – Fita de fibra de vidro (*fiber glass*).



A fita auto-fusão protege até 69.000 Volts. Isola contra umidade, mas não resistem a ações mecânicas, são frágeis, portanto deve-se recobrir com fita de PVC. Não retirar o filme protetor da fita auto-fusão antes de isolar.

Figura 54 – Fitas isolantes de auto-fusão.



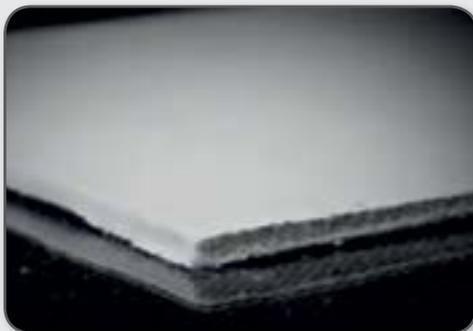
O material isolante epóxi é utilizado como base em painéis de comandos elétricos.

Figura 55 – Isoladores epóxi para painéis de comando.



A mica e o amianto são materiais isolantes resistentes ao calor intenso. São utilizados para isolar sistemas elétricos de alta temperatura.

Figura 56 – Isolantes térmicos.



a) Isolante térmico de amianto.



b) Isolante térmico de mica.

10 CONDUTOS ELÉTRICOS (ELETRODUTOS)

Conduto elétrico é uma canalização destinada a conter condutores elétricos. Nas instalações elétricas são utilizados vários tipos de condutos: eletrodutos, calhas, molduras, blocos alveolados, canaletas, bandejas, escadas para cabos, poços e galerias.

10.1 ELETRODUTOS

Eletrodutos são condutos de linha elétrica fechada, circular ou não, para conter condutores, permitindo tanto a fixação quanto a retirada dos condutores por puxamento. Os eletrodutos podem ser metálicos (de aço ou alumínio), de PVC, de polietileno, etc. São usados em linhas elétricas embutidas ou aparentes.

A principal função do eletroduto é proteger os condutores elétricos contra influências externas (choques mecânicos, agentes químicos, etc.). Em alguns casos é para proteger o meio ambiente contra perigos de incêndio e de explosão, quando houver falhas na instalação. Os tipos mais comuns são circulares.

Segundo as normas da IEC, os eletrodutos podem ser: metálicos rígidos, isolantes rígidos, curváveis, transversalmente elásticos, flexíveis e flexíveis metálicos.

Eletrodutos metálicos rígidos: são geralmente de aço carbono, com proteção interna e externa feita com materiais resistentes à corrosão, como o aço e alumínio. A proteção dos eletrodutos de aço carbono é um revestimento de zinco aplicado por imersão a quente (galvanização ou esmaltado). Não pode ser curvado, a não ser com ajuda mecânica, com ou sem tratamento especial.

São fabricados segundo a norma NBR 5597 (2 tipos “pesado” e “extra”) e segundo a norma NBR 5598 (único tipo), de paredes grossas, destinados a instalações industriais. Os esmaltados só devem ser usados em instalações externas, em linhas embutidas ou aparentes, em locais onde existem substâncias corrosivas. Os galvanizados são usados em instalações externas (aparentes) ou em linhas subterrâneas, em contato direto com a terra ou envelopados em concreto.

Os fabricados segundo a NBR 5624 (único tipo), de paredes finas, são destinados a instalações não industriais, com as mesmas restrições dos galvanizados e esmaltados. Os eletrodutos de aço são fabricados em varas de 3 metros, e suas dimensões são indicadas em tabelas.

Eletrodutos isolantes rígidos: são tipos diferentes de conduto. São fabricados em PVC, polietileno de alta densidade, barro vitrificado (manilhas), cimento-amianto, etc. Para linhas acima do solo, aparentes ou embutidas, e para fins subterrâneos em envelopes de concreto, os eletrodutos de PVC são os mais usados no Brasil.

Eles devem ser eletrodutos roscáveis e soldáveis, com duas espessuras (Classe A e Classe B) e varas também de 3 metros. Os outros tipos, com exceção dos de polietileno, são usados exclusivamente em linhas subterrâneas ou contidos em canaletas.

Eletrodutos curváveis: pode ser curvado com a mão, usando uma força razoável, mas sem qualquer outra ajuda.

Eletrodutos transversalmente elásticos: são curváveis que, deformado sob a ação de uma força transversal aplicada durante um curto intervalo de tempo, retorna sua forma original logo após cessar a força.

Eletrodutos flexíveis: são curváveis e que podem ser dobrados com a mão, usando uma pequena força. Podem ser frequentemente dobrados em serviço.

Eletrodutos flexíveis metálicos: podem ser feitos de uma fita de aço enrolada em hélice, às vezes recoberto por uma camada de plástico, ou isolante, de polietileno ou de PVC. Sua utilização principal é na ligação de equipamentos que tem vibração ou pequenos movimentos.

Para instalação de motores em máquinas, usar tubos flexíveis cobreados e corrugados, mas são de custo elevado. Os tubos SEAL são metálicos corrugados com revestimento externo de PVC, mas possuem custo elevado.

Figura 57 – Eletrodutos flexíveis.



a) Eletrodutos flexíveis metálicos.



b) Eletrodutos curváveis.



c) Eletrodutos flexíveis elásticos.

Tubos de aço zincado com condutores (caixas de alumínio ou PVC) podem ser roscados (com rosca) ou encaixados.



ATENÇÃO

Para curvas acentuadas usa-se eletrodutos “espiroflex” (corrugados) de PVC, antichama. Os tubos de polietileno (mangueira de água) são combustíveis, portanto não devem ser utilizados em instalações elétricas.

Os eletrodutos rígidos (de aço ou PVC), depois de serrados deixam rebarbas nas pontas que danificam a capa isolante dos condutores. Deve-se retirar as rebarbas com limas de ranhura grossa (bastarda) ou fina (murça), no formato chato, meia cana ou redonda. Após retirar as rebarbas, revestir as pontas com fitas isolantes.

Deve-se fixar ou embutir eletrodutos sempre em linha reta tanto na vertical como horizontal, para facilitar a passagem dos condutores elétricos.

Para usar o passa fio (guia), deve-se prender um fio no orifício e os outros fixar com fita isolante. Passar vaselina industrial sólida na ponta do passa fio e dos condutores, para melhor deslizamento. Não passar qualquer outro produto como, graxa, sabão, óleo, etc.

Figura 58 – Eletrodutos diversos.



a) Eletroduto PVC rígido.



b) Curva PVC rígido.



c) Eletrodutos corrugados.



d) Eletrodutos de aço roscável.

10.2 COMO DOBRAR ELETRODUTOS DE PVC RÍGIDO PRETO

Aquecer com soprador térmico e ir forçando aos poucos. Depois de dobrado, fazer o resfriamento com o mesmo soprador a frio. Até um secador de cabelo poderá ser usado.

Os tubos de PVC da cor cinza também são eletrodutos, mas são mais caros que os da cor preta.

As caixas de passagens e os eletrodutos devem estar limpos e livres de rebarbas. Eliminar restos de materiais de construção. As pontas dos eletrodutos em excesso também devem ser cortados.

Usar prensa cabos nas saídas das caixas. Para cabos com 18 a 25 mm de diâmetro usar prensa cabo bitola BSP 1", e para cabos com 6 a 12 mm de diâmetro, bitola BSP 1/2".

Amarrar os condutores com abraçadeiras plásticas (anilhas).

10.3 ACESSÓRIOS PARA ELETRODUTOS

Luva: para unir dois tubos ou curvas (eletrodutos rígidos).

Bucha: para arremate das pontas dos eletrodutos, para evitar danos à isolação dos condutores por eventuais rebarbas, durante o puxamento. Deve ser colocada na ponta do eletroduto dentro da caixa de medição (eletrodutos rígidos).

Arruela: porca colocada no eletroduto para fixar na parte externa da caixa (eletrodutos rígidos).

Curva: de 45° ou 90° (eletrodutos rígidos).

Abraçadeira: do tipo D, com chaveta ou parafuso (eletrodutos rígidos e flexíveis).

Box: para fixar o eletroduto flexível na caixa ou a um eletroduto rígido (eletrodutos flexíveis).

Figura 59 – Abraçadeiras para fixar eletrodutos.



A NBR 5410 recomenda que sejam instalados somente condutores isolados, cabos unipolares e multipolares nos eletrodutos. As dimensões internas dos eletrodutos e seus acessórios devem

obedecer aos seguintes critérios: um condutor ou cabo não deve ocupar mais de 53% da área útil do eletroduto, dois condutores, máximo 31% e para três ou mais condutores 40%.

Essa recomendação serve para evitar o uso de mangueiras, que não suportam esforços e podem comprometer a integridade dos condutores contidos. Eletrodutos com curvas não devem ultrapassar 3 m entre curvas de 90°.

10.4 ELETROCALHA

Eletrocalha é um conduto fechado utilizado em linhas aparentes, com tampas em toda a sua extensão, para permitir a instalação e a remoção de condutores. As calhas podem ser metálicas (aço ou alumínio) ou isolantes (plástico). As paredes da calha podem ser fechadas ou perfuradas e a tampa encaixada.

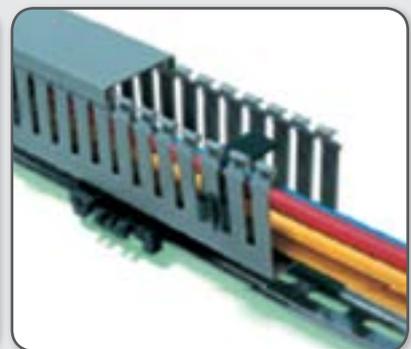
Figura 60 – Eletrocalhas de PVC.



a) Eletrocalha fechada.



b) Eletrocalha ventilada (fechada).

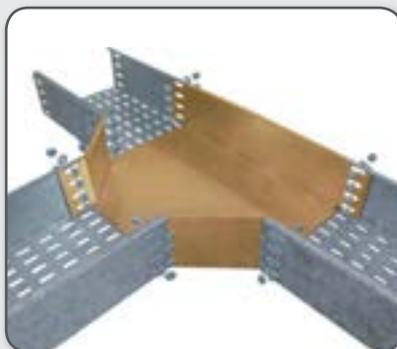


c) Eletrocalha ventilada (aberta).

10.5 BANDEJA

A bandeja é um suporte de cabos que possui uma base com rebordos e sem cobertura, podendo ser ou não perfurada. São geralmente metálicas (aço, alumínio).

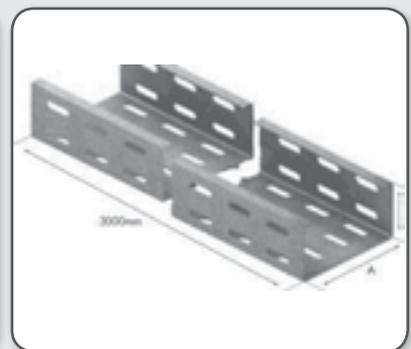
Figura 61 – Bandejas de aço.



a) Bandeja aberta.



b) Bandeja de aço tipo malha.



c) Bandeja perfurada.

10.6 CAIXAS DE PASSAGEM

Também chamadas de caixas de derivação, são utilizadas para a passagem e/ou ligações de condutores entre si e/ou a dispositivos instalados. Quanto ao formato as caixas de passagem podem ser retangular (2 x 4"), quadrada (4 x 4"), hexagonal (4 x 4" – 6 lados) e octogonal (4 x 4" – 8 lados). Devem ser rígidas, de boa qualidade, com bom acabamento e e possuir boa resistência mecânica.

Figura 62 – Caixas de passagens de PVC.



a) Quadrada.



b) Retangular.



c) Octogonal.

10.7 ESPELHO

O espelho é a peça que serve de tampa para uma caixa de derivação, ou de suporte e remate para dispositivo de acesso externo.

10.8 CONDULETE

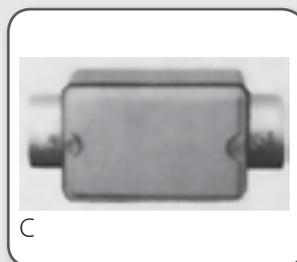
Um condutele é uma caixa de derivação para linhas aparentes, dotada de tampa própria. Os tipos de caixas de condutes de alumínio ou PVC são: C, D, E, T, X, LR, LL, TB.

Figura 63 – Condutes de alumínio.



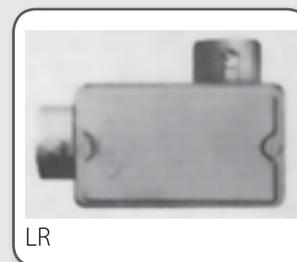
E

a) Tipo E.



C

b) Tipo C.



LR

c) Tipo LR.



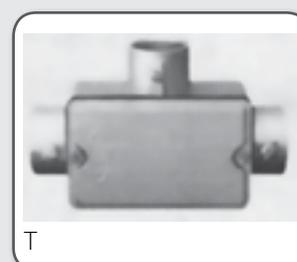
LL

d) Tipo LL.



LB

e) Tipo LB



T

f) Tipo T.



ATENÇÃO

Ao fazer uma instalação elétrica é preciso limpar as caixas de passagem retirando todo o material de construção acumulado e cortar o excesso de eletrodutos dentro das caixas. Se quebrar as orelhas de fixação de espelho, pode-se usar bucha de 6 mm com espuma de poliuretano para fixar novamente. A altura padrão das tomadas é de 30 a 40 cm do piso.

11 DISPOSITIVOS USADOS EM ACIONAMENTOS DE MOTORES ELÉTRICOS

11.1 FUSÍVEIS

São dispositivos utilizados para a proteção de circuitos elétricos contra curtos-circuitos e sobrecargas.

Fusíveis *diazed*: são utilizados principalmente contra curtos-circuitos em instalações de motores elétricos. São montados em corpo de cerâmica de alta qualidade. Os fusíveis *diazed* podem ser rápidos ou retardados.

Os fusíveis rápidos são utilizados em circuitos onde não ocorre muita variação de corrente entre a partida e o funcionamento normal. São empregados nas instalações de motores de baixa potência e circuitos eletrônicos com semicondutores até 690 V. Esses fusíveis recebem uma letra **A** na identificação ou **Ar** e são chamados de fusíveis *silized*.

Os fusíveis *diazed* retardados possuem curva de retardo para suportar cargas maiores e são classificados como "gL/gG".

Figura 64 – Fusível *silized* rápido.



! ATENÇÃO

Nos fusíveis *diazed* tipo D de alta qualidade, os seus contatos são feitos de latão que é uma liga boa condutora de eletricidade. Nos fusíveis de má qualidade, os contatos e o parafuso de ajuste são de ferro, além de enferrujarem são de baixa ampacidade (baixa amperagem, mau condutor). A cor do anel do fusível (Tabela 35) deve combinar com a cor do parafuso de ajuste que tem a mesma ampacidade. Esses fusíveis possuem areia branca de quartzo apropriada para a extinção do arco elétrico (voltaico). Como os fusíveis de má qualidade usam areias impróprias, podem causar danos ao sistema.

Sempre que um fusível *diazed* queimar, deve-se fazer limpeza na tampa e na base para retirar o resíduo de areia. O limite de corrente para o uso de fusíveis *diazed* tipo D retardado é até 63 A. A partir dessa ampacidade, deve-se utilizar fusíveis NH.

Tabela 35 – Cores do anel dos fusíveis *diazed* gL/gG.

Cor	Intensidade de corrente (A)	Cor	Intensidade de corrente (A)
Rosa	2	Azul	20
Marrom	4	Amarelo	25
Verde	6	Preto	35
Vermelho	10	Branco	50
Cinza	16	Laranja	63

Figura 65 – Fusíveis *diazed*.



a) Fusível *diazed* tipo D retardado WEG.



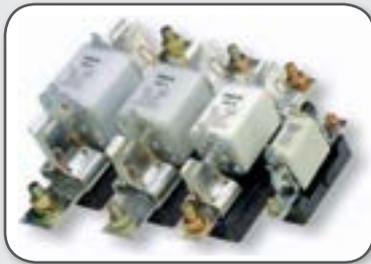
b) Fusíveis *diazed* tipo D retardado SIEMENS.



c) Conjunto completo de um fusível *diazed*.

Fusíveis NH: são montados em corpo cerâmico de alta qualidade, preenchido com areia de quartzo impregnada, elemento fusível em prata pura e terminais/faca em cobre prateado. São utilizados principalmente na entrada de quadros de distribuição e logo depois da chave geral. São classificados em 00, 1, 2 e 3.

Figura 66 – Fusíveis NH.



a) Fusíveis NH diversos.



b) Fusível NH retardado.



c) Base para fusíveis NH.

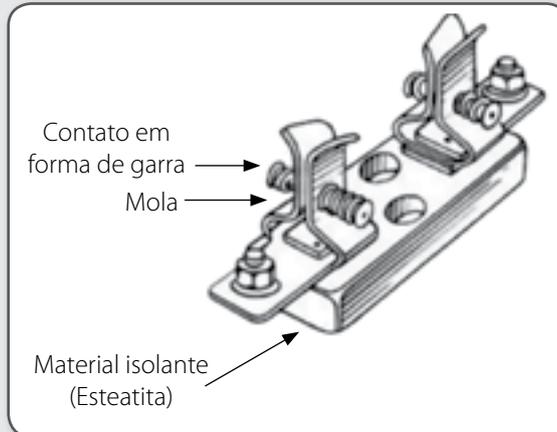


d) Fusíveis NH 00.

Figura 67 – Acessórios para fusíveis NH.



a) Punho para retirar fusíveis NH.



b) Base para fusíveis NH.

11.2 DISJUNTORES

Disjuntor é um dispositivo de proteção termomagnética que protege a fiação de uma instalação elétrica, contra sobrecargas e curtos-circuitos. Todo fio tem uma capacidade de condução de corrente elétrica (ampacidade) que, se for ultrapassada, aquece e pode causar incêndio. O disjuntor tem a função de limitar a corrente desligando o circuito toda vez que ela for ultrapassada.

! ATENÇÃO

Para adquirir dispositivos de proteção em geral, é preciso verificar se os produtos são certificados pelo INMETRO. No caso de disjuntores, é importante adquirir produtos que atendam à norma NBR MM 60898, de Proteção de sobrecorrentes para Instalações domésticas e similares. Na escolha do disjuntor, a corrente nominal deve estar de acordo com a capacidade do fio quanto à condução de corrente. Os disjuntores devem ser termomagnéticos (DTM). Devem ter bobina para desarmar em caso de curto-circuito e lâmina bimetálica para desarmar se ocorrer sobrecarga prolongada.

Os disjuntores de baquelite (pretos), norma americana NEMA tem baixa eficiência.

Disjuntores de PVC (brancos), norma alemã DIN (DIN IEC) são mais eficientes. São minidisjuntores termomagnéticos que possuem bobina e lâmina bimetálica.

A entrada das linhas em um disjuntor poderá ser em qualquer dos lados se não houver especificação. Algumas empresas determinam a entrada como LINE (linha) e LOAD (saída).

A escolha da corrente nominal (In) do disjuntor deve ser feita em função da temperatura ambiente e de um modo geral adota-se:

- 30 °C para disjuntores domésticos
- 40 °C para disjuntores industriais

Em temperaturas diferentes o comportamento dos disjuntores vai depender da tecnologia utilizada nas unidades de disparo.

Os minidisjuntores STECK protegem contra curtos-circuitos e sobrecargas. Possuem contatos de prata, garantidos contra soldagens. São de disparo livre, isto é, podem disparar mesmo com a alavanca de acionamento travada na posição “liga” (alguém pode segurar a alavanca com a mão).

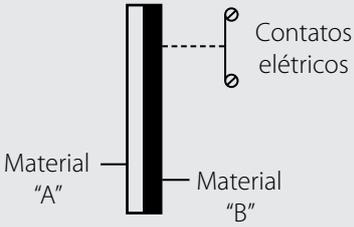
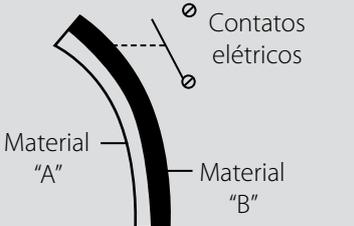
Tabela 36 – Dados técnicos dos disjuntores comerciais STECK.

Dados técnicos dos disjuntores STECK	
Tensão máxima de serviço (CA):	440 V
Tensão de trabalho (V):	230/440 V
Correntes nominais (carga):	2 até 125 A
Frequência (Hz):	50/60 Hz
Temperatura ambiente (limites):	-20 °C, +50 °C
Curva de disparo:	B e C
Manobras mecânicas (liga-desliga manual):	≥ 20.000
Manobras elétricas (disparo automático):	≥ 4.000
Grau de proteção (IP):	IP 20 e IP 40 (em painel)
Seção de condutor (mm ²):	075 a 25 mm ²
Posição de montagem:	Sem restrição
Fixação:	Encaixe perfil DIN 35 mm

Tabela 37 – Curvas de disparo de disjuntores comerciais GE.

Proteção contra curtos-circuitos (atuação do sistema magnético)			
Curva	Valores de atuação	Tempo de disparo	Aplicação
B	Entre 3 e 5 In (3 a 5 x In)	3 x In tempo ≥ 0,1 s 5 x In tempo ≥ 0,1 s	Cargas resistivas, como: aquecedores, chuveiros elétricos, fornos elétricos, lâmpadas incandescentes, etc.
C	Entre 5 e 10 In (5 a 10 x In)	5 x In tempo ≥ 0,1 s 10 x In tempo ≥ 0,1 s	Cargas indutivas ou com corrente de partida elevada, como: fluorescentes, motores pequenos, etc.
Tipo B: para cargas resistivas Tipo C: para cargas indutivas (os mais usados)			

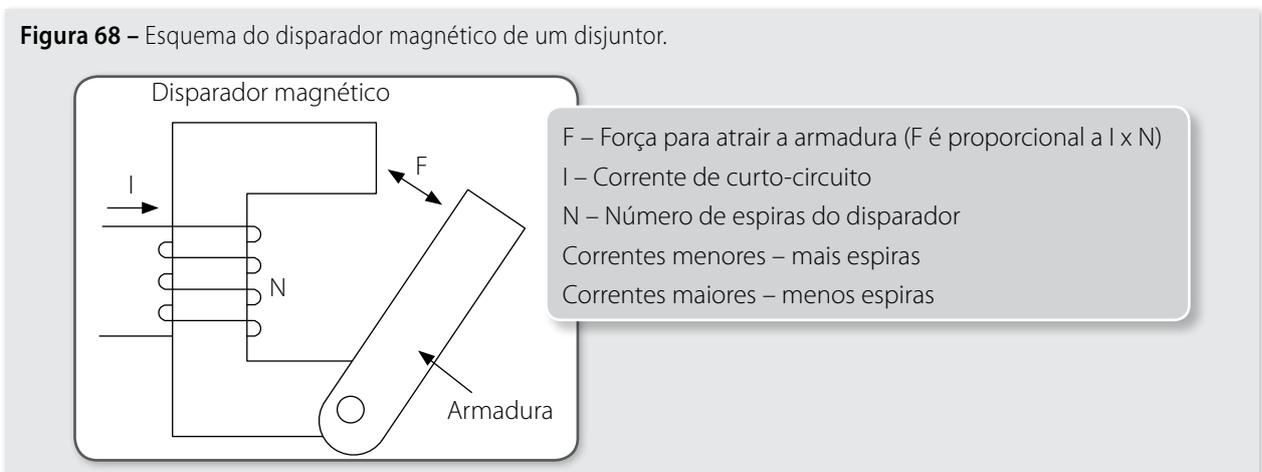
Tabela 38 – Princípio de funcionamento de disparo térmico dos disjuntores comerciais SIEMENS.

Elementos de disparo de disjuntor	
Elementos	Características
 <p>Material "A" Material "B" Contatos elétricos</p>	Formado basicamente por 2 lâminas de metais com coeficientes de dilatação diferentes, por onde circula a corrente nominal, sem causar dilatação dos elementos (baixa temperatura em regime nominal).
 <p>Material "A" Material "B" Contatos elétricos</p>	Quando uma corrente de sobrecarga (sobre corrente) passa pelas lâminas unidas, o calor anormal faz dilatar mais o material "B" que o material "A", provocando o desligamento do disjuntor.

Funcionamento do disparo magnético do disjuntor

- Elementos de disparo do disjuntor Siemens.
- Disparo magnético (curto-circuito) – Esquemático.
- Uma família de disjuntores possui a mesma inércia (mesma força).

Figura 68 – Esquema do disparador magnético de um disjuntor.



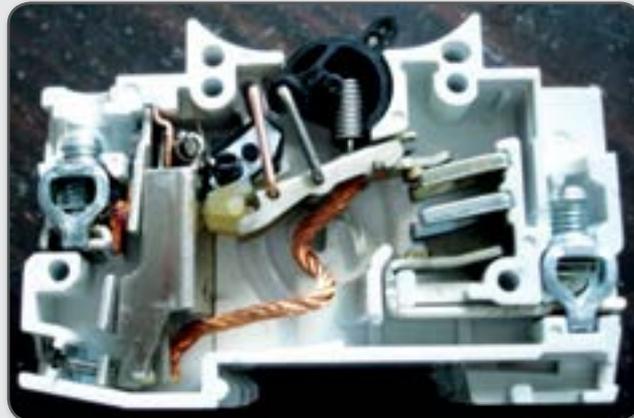
A Figura 69 mostra detalhes internos de um minidisjuntor termomagnético, projetado para atender as Normas Internacionais (IEC), de corrente nominal 10 ampères e montagem em trilho DIN 35 mm.

Figura 69 – Vista interna de um disjuntor termomagnético.



1. Manopla ou alavanca: para fazer o fechamento ou a abertura manual do disjuntor. Também indica o estado do disjuntor ligado (vermelho visível), desligado ou desarmado (verde visível). A maioria dos disjuntores são projetados de forma que o disjuntor desarme mesmo que a manopla seja travada na posição “ligado”.
2. Mecanismo atuador: junta ou separa da rede elétrica.
3. Contatos: permitem que a corrente flua quando o disjuntor está ligado e seja interrompida quando desligado.
4. Terminais de ligação de entrada e saída.
5. Bimetal: lâminas responsáveis pelo disparo por sobrecarga (térmico).
6. Parafuso calibrador: permite o ajuste preciso da corrente das lâminas bimetálicas na fábrica.
7. Solenoide ou bobina: para disparo magnético (curto-circuito).
8. Câmara de extinção de arco, que poderá se formar no momento do desligamento dos contatos, principalmente em disjuntores de alta corrente.

Figura 70 – Vista interna de um minidisjuntor térmico.



11.3 IDR (DR): INTERRUPTOR DIFERENCIAL RESIDUAL

DR é um dispositivo de seccionamento mecânico destinado a provocar a abertura dos próprios contatos quando ocorrer uma fuga de corrente para terra. A função principal do DR é proteger as pessoas ou patrimônio quando ocorre fugas de energia para a terra.



ATENÇÃO

O DR não substitui um disjuntor, pois ele não protege contra sobrecargas ou curtos-circuitos. O circuito protegido por DR necessita ainda de uma proteção contra sobrecargas e curto-circuito (disjuntores e fusíveis) devidamente dimensionados. Só funciona se houver fuga de corrente para a terra, no entanto necessita que o sistema seja aterrado.

O DR não atua (não desarma) com contatos entre fases ou fase e neutro. Se o aterramento estiver ligado ao N o DR não atua. Funciona com um sensor que mede as correntes que entram e saem no circuito. As duas são de mesmo valor, porém em direções contrárias em relação à carga.

A corrente especificada no DR não indica limite para desligamento. Indica a corrente máxima suportada por ele, sem causar danos ao mesmo. Se a corrente for superior a especificada, o DR continua conduzindo até ser danificado. O DR não pode ser utilizado como disjuntor e sim instalado em conjunto com o mesmo. A corrente nominal do disjuntor principal não poderá ser superior a do DR. O fio neutro deverá ser ligado ao DR, o que não ocorre no disjuntor.

A instalação do DR é obrigatória principalmente em áreas molhadas e úmidas, porque são as de maior incidência de ocorrência de choques. Deverá ser realizada prova de funcionamento do DR a cada 3 meses, através do botão de teste.

Tabela 39 – Corrente de proteção do DR.

Brasil	Europa	Estados Unidos	Proteção
30 mA	10 mA	5 mA	Residencial ou proteção de pessoas.
100 a 300 mA			Proteção do patrimônio
150 a 1000 mA			Proteção contra incêndios.



PRECAUÇÃO

Os perigos da corrente elétrica

Podem ser caracterizados quatro perigos críticos associados à corrente elétrica: tetanização, parada respiratória, queimaduras e fibrilação ventricular.

Tetanização: é a paralisia muscular provocada pela circulação de corrente através dos tecidos nervosos que controlam os músculos. A corrente é superior aos impulsos de comando da mente, podendo bloquear um membro ou o corpo inteiro. De nada vale a consciência do indivíduo em querer interromper o contato.

Parada respiratória: ocorre quando estão envolvidos na tetanização os músculos peitorais. Os pulmões são bloqueados e a respiração é interrompida. É uma situação de emergência.

Queimaduras: acontecem quando a passagem da corrente elétrica pelo corpo humano é acompanhada pelo calor do efeito joule. Nos pontos de entrada e saída da corrente a situação torna-se mais crítica devido à elevada resistência da pele e a maior densidade de corrente naqueles pontos. As queimaduras produzidas por corrente elétrica são as mais profundas e as mais difíceis de serem curadas, podendo causar a morte por insuficiência renal.

Fibrilação ventricular: ocorre se a corrente atingir diretamente o músculo cardíaco, perturbando seu funcionamento regular. Os impulsos em condições normais regulam as contrações (sístole) e as expansões (diástole), o coração vibra desordenadamente e perde o passo. A situação é de emergência extrema, porque cessa o fluxo de sangue no corpo. A fibrilação é irreversível, se mantém mesmo quando cessa a corrente. Só pode ser anulada com o uso do “desfibrilador”, que é um equipamento hospitalar.

Quando uma tensão é aplicada entre dois pontos do corpo de uma pessoa, passa a circular uma corrente elétrica. A resistência do corpo humano varia muito conforme a natureza física e biológica, como também da tensão aplicada e o trajeto da corrente.

Tabela 40 – Efeitos fisiológicos da corrente elétrica.

CA – 15 a 100 Hz – Trajeto entre extremidades do corpo com mínimo de 50 kg de peso	
Faixa de corrente	Reações fisiológicas habituais
0,1 a 0,5 mA	Leve percepção superficial, habitualmente nenhum efeito.
0,5 a 10 mA	Ligeira paralisia nos músculos do braço, com início de tetanização; habitualmente nenhum efeito perigoso.
10 a 30 mA	Nenhum efeito perigoso se houver interrupção em no máximo 5 segundos.
30 a 500 mA	Paralisia estendida aos músculos do tórax, com sensação de falta de ar e tontura; possibilidade de fibrilação ventricular se a descarga elétrica se manifestar na fase crítica do ciclo cardíaco e por tempo superior a 200 ms.
Acima de 500 mA	Traumas cardíacos persistentes; nesse caso o efeito é letal, salvo intervenção imediata de pessoal especializado com equipamento adequado.

Domínio da corrente sobre o corpo humano

Na prática sempre ocorre em qualquer circuito, uma corrente de fuga, isso porque não existe isolantes perfeitos. No entanto, em condições normais, as correntes de fuga são extremamente baixas e não chegam a causar problemas à instalação.

Tabela 41 – Correntes de fuga máximas permitidas nos aparelhos.

Aparelho	Correntes de fuga admitidas (mA)	
	Aparelho 220 V	Aparelho 110 V
Eletrrodomésticos a motor: - Fixo: - Portátil:	< 3,5 < 0,5	< 2,6 < 0,4
Eletrrodomésticos com aquecimento: (ferro, torradeira, etc.)	< 3,0	< 2,3
Equipamento para tratamento de pele:	< 0,5	< 0,4
Ferramenta portátil: - Comum: - Classe II:	< 0,5 < 0,1	< 0,4 < 0,08
Luminária:	< 0,1	< 0,08
Chuveiro, torneira (com resistência blindada e isolamento Classe II):	< 3	–

Corrente de 6 a 14 mA: mulheres ficam presas.

Corrente de 9 a 23 mA: homens ficam presos.

No circuito de uma instalação, em condições normais, se envolver com um amperímetro alicate, de uma só vez, todos os seus condutores vivos (fases e neutro, se existir), a leitura será zero (indicando que toda a corrente que vai, volta). Se o circuito tiver uma corrente de fuga detectável para a terra, a leitura do amperímetro não será zero (indicando que parte da corrente vai para a terra). Nesse caso, diz-se que o circuito possui uma “corrente diferencial-residual”.

Figura 71 – Interruptores diferenciais residuais (IDR).



! ATENÇÃO

As instalações elétricas sempre apresentam correntes de fuga. A intensidade da corrente que flui para a terra depende da qualidade dos equipamentos, da instalação, e da idade desta. A corrente de fuga pode ser pequena ou muito elevada, nesse caso não é possível instalar o DR.

O DR é de uso obrigatório em locais com risco de choques perigosos, como:

1. circuitos que sirvam pontos em locais contendo banheira e chuveiro;
2. circuitos que alimentem tomadas de corrente em áreas externas;
3. circuitos de tomadas de corrente em áreas internas que possam vir alimentar equipamentos no exterior;
4. circuitos de tomadas de corrente em cozinhas, copas, lavandeiras, áreas de serviço, garagens e em todo local interno molhado em uso ou sujeito a lavagens.

11.4 DPS: DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS (RAIOS)

DPS são dispositivos de proteção contra surtos e foram desenvolvidos para a proteção de equipamentos e instalações contra surtos e sobre tensões provenientes de descargas diretas ou indiretas na rede elétrica, mais comumente causadas por raios e/ou manobras no sistema elétrico, e descarregá-las diretamente para a terra.

O para-raios oferece uma excelente proteção contra essas descargas, mas tem algumas situações em que pode acontecer um desvio da descarga elétrica do raio por outro caminho, chegando dentro da residência e causando a queima de equipamentos elétricos.

O raio pode percorrer distâncias enormes bastando ter um condutor metálico apropriado como a rede elétrica externa e a rede telefônica. O raio pode entrar numa casa se não estiver protegida por para-raios.



ATENÇÃO

O para-raios e os DPS têm funções distintas e protegem as instalações elétricas e equipamentos de maneiras diferentes, mesmo sendo direcionados para a mesma função que é a "Proteção contra Surtos Atmosféricos – Raios".

O Sistema de Proteção de Descargas Atmosféricas - SPDA, está regulamentado pelas NBR 5410, 5419 e 7117 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Independentemente do tipo ou da origem, as descargas geram um aumento repentino na tensão da rede (os surtos e sobre tensões momentâneas) que danificam equipamentos eletroeletrônicos e a própria instalação, trazendo muitos prejuízos.

As companhias de seguro dos Estados Unidos gastam em torno de US\$ 550 milhões por ano com pagamento de equipamentos queimados por efeito dos raios, principalmente em instalações sem aterramento.

É possível montar DPS em quadros de distribuição, pois sua carcaça está adaptada para montar em trilhos DIN. Deve-se instalar um DPS em cada fase do quadro de distribuição. Não é necessário instalar no condutor Neutro, mas poderá ser instalado.

Não há lado definido de energização, podendo ser alimentado por ambos os lados conforme esquema do produto. O lado da saída é conectado diretamente os condutores da haste de aterramento. Os DPS não devem ser instalados ao lado dos disjuntores (terminais) secundários para evitar a indução eletromagnética pela sobre tensão nas saídas.

Segundo dados do Grupo de Eletricidade Atmosférica (Elat - INPE), no Brasil temos uma das maiores incidências de raios do mundo (algo em torno de 70 milhões a cada ano), sendo que esta é também uma das maiores causas de acidentes em nosso país (na frente dos índices de inundações, incêndios, entre outros). Apenas para citar alguns números, no verão de 2011, o município de São Paulo atingiu a marca recorde de 1.700 raios em uma hora, sendo que os prejuízos por ano no país alcançam a marca de 1 bilhão de reais, com uma média de 130 mortos.

A norma brasileira de instalações elétricas NBR 5410, impõe o uso de DPS em duas situações:

1. Em edificações alimentadas total ou parcialmente por rede aérea, que estão sujeitas a mais de 25 dias de trovoadas por ano.
2. Em edificações com SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas) para-raios.

Características e tipos de DPS

A tensão nominal de um DPS é a voltagem para o qual ele foi projetado e que existirá entre os terminais do dispositivo quando não existir uma sobre tensão na rede. Essa tensão é a nominal do sistema, mais uma tolerância para evitar a atuação do DPS frente a aumentos de tensão considerados admissíveis e suportáveis pelos equipamentos protegidos.

Existem três famílias de DPS: tipo I, II e III. São fabricados a partir de centelhadores, varistores, diodos ou a combinação deles.

Se a edificação possuir um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) externo ou se a rede da concessionária é aérea, deve-se instalar DPS tipo I no quadro de distribuição. Os DPS tipo I mais utilizados são 50 KA, 33 KA e 25 KA.

Se não existir SPDA externo ou a rede da concessionária seja subterrânea, o primeiro DPS a ser instalado no quadro de entrada é do tipo II, que protegerá as instalações elétricas contra sobre tensões induzidas ou surtos de manobra criados por variações bruscas de tensão da própria rede da concessionária.

Em casas, fábricas ou edificações maiores recomenda-se DPS com corrente nominal de descarga de 20 KA, e corrente máxima de 40KA. Em apartamentos ou salas comerciais, correntes nominais de descarga de 10 KA e corrente máxima de 20 KA.

Um DPS à base de varistores pode conduzir entre 10 e 20 vezes a corrente nominal e uma ou duas vezes a corrente máxima.

Os DPS tipo III só conduzirão correntes de baixa amplitude, entre 5 a 10 KA. Como os DPS tipo III são geralmente fabricados a partir de diodos semicondutores, só é necessário especificar a corrente nominal de descarga, já que DPS fabricados com diodos não se degradam com o uso e neste caso as correntes nominais e máximas são iguais.

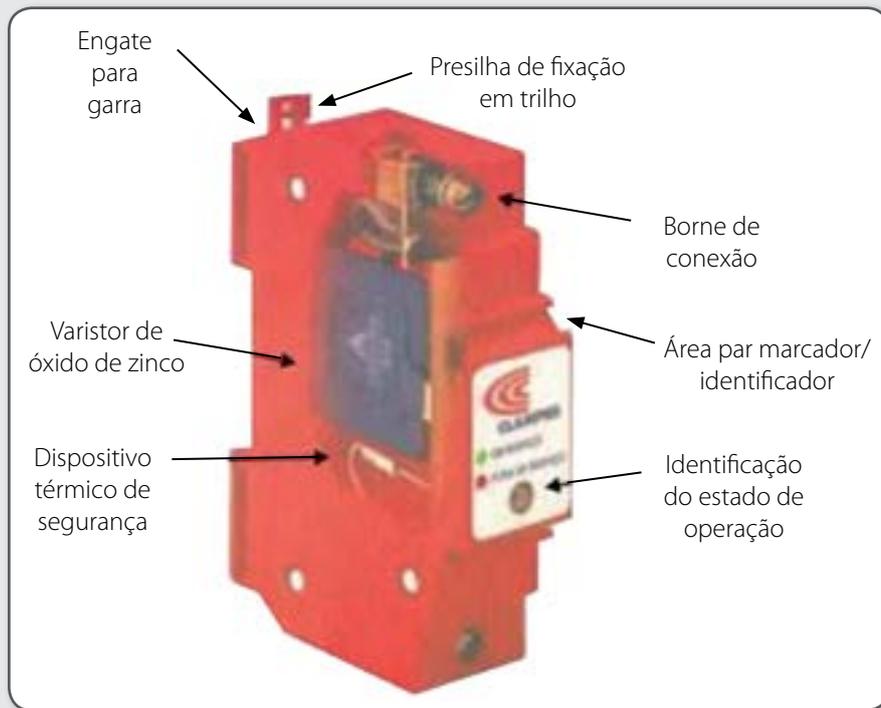
Os DPS são instalados entre a fase e o terra da instalação. Por isso a tensão nominal do DPS deverá ser a tensão fase-terra do sistema. Para redes 220/127 V, usar DPS 175 V. Para redes 380/220 V, usar DPS 280 V e para redes 440/254 V, usar DPS 320 V.

DPS tipo I: desvia correntes de impulso causadas por descargas atmosféricas diretas na instalação.

DPS tipo II: desvia correntes de surto causadas por descargas atmosféricas indiretas ou surtos de manobra.

DPS tipo III: desvia correntes de surto causadas por eventos internos à instalação, incluindo a atuação de DPS tipo I e II.

Figura 72 – Dispositivos de proteção contra surtos (DPS).



a) Partes de um DPS.



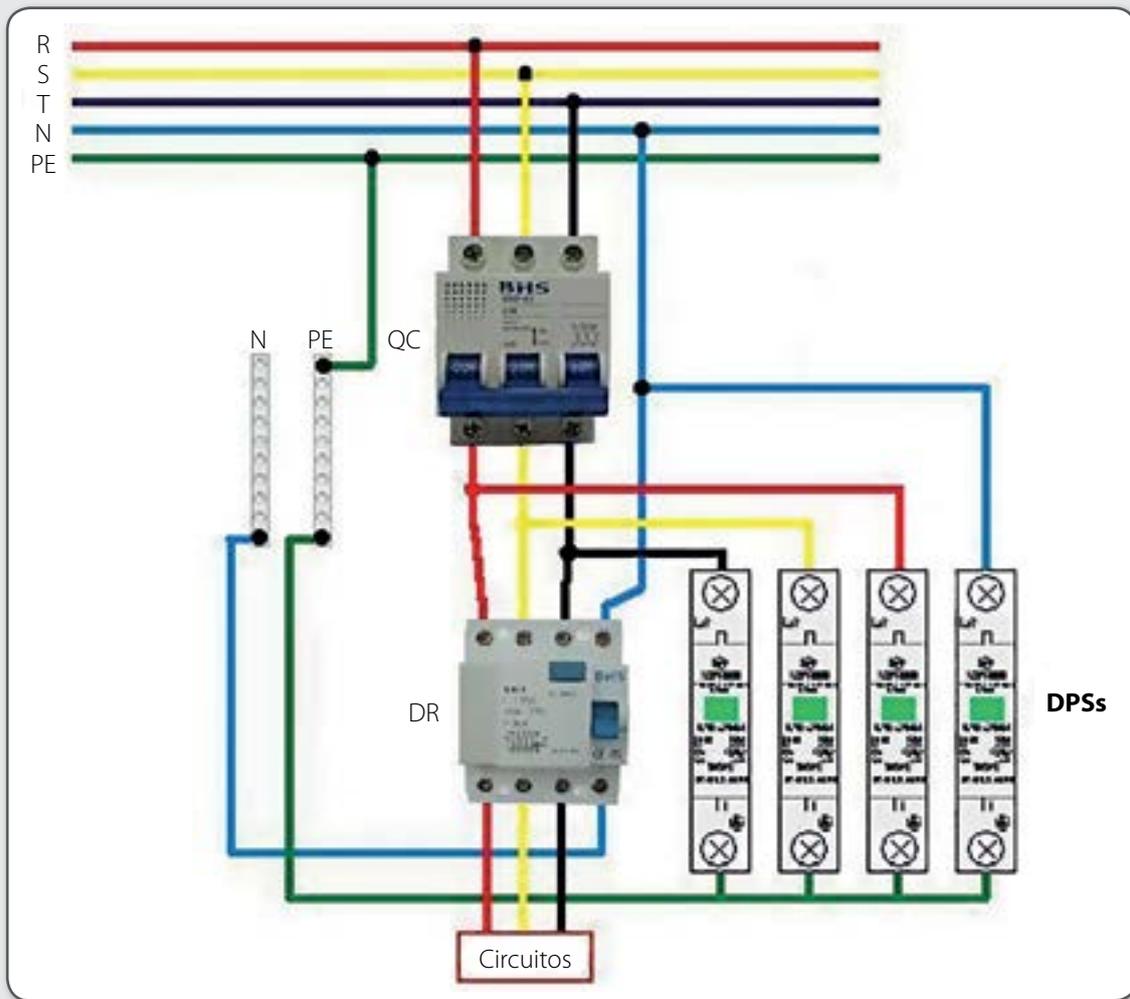
b) DPS VCL.



c) DPS Exatron.

O componente básico do DPS é o “varistor”, que é composto de óxido metálico no qual a resistência em tensão nominal tende ao infinito. Numa tensão elevada, sua resistência diminui drasticamente.

Figura 73 – Esquema de um circuito trifásico com DPS.



11.5 BOTOEIRAS

Botoeiras ou botões de comando são chaves de acionamento manual para ligar e desligar um circuito elétrico através de pulso (pressão). Podem ser instaladas em painéis de comando ou nos próprios quadros de acionamento de motores.

São constituídos de um botão de acionamento e contatos móveis e fixos. Podem variar quanto às cores, formato e proteção do acionador, quantidade e tipos de contatos, e reação ao acionamento.

Quanto ao formato e proteção do acionador, existem desde botoeiras tipo soco, que têm o acionador grande na forma de cogumelo de fácil acionamento, destinadas a situações de emergência, até com acionador protegido por tampa, que evitam o acionamento por toque acidental.

A variação quanto à reação ao acionamento consiste de dois tipos:

- de posição (travamento), que troca a condição do contato NA ou NF, permanecendo travado até o próximo acionamento.
- de impulso (impacto), que troca a posição do contato somente enquanto estiver pressionado, voltando às condições iniciais assim que cesse a pressão.

Além do acionamento de cargas, os botões podem ser utilizados também como sinalizadores se tiver lâmpada agrupada. Embaixo dos botões estão os blocos de contatos, cujas conexões obedecem às normas técnicas vigentes:

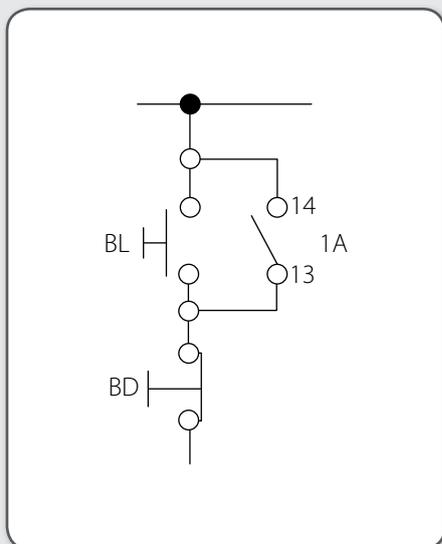
- 13 e 14 ou 3 e 4 são abertos (NA ou NO).
- 21 e 22 ou 1 e 2 são fechados (NF ou NC).

As botoeiras verdes são NA e as vermelhas NF.

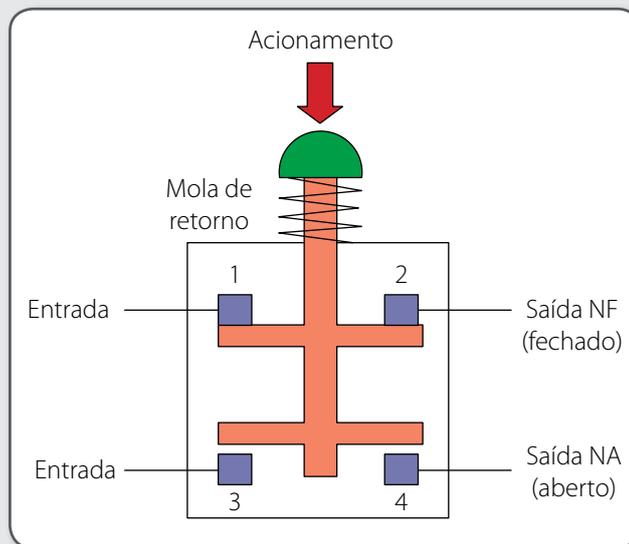
Botoeira de botão duplo:

- Botão **verde I**: Liga (NA).
- Botão **vermelho O**: Desliga (NF).

Figura 74 – Botoeiras.



a) Diagrama de uma botoeira com dois botões.



b) Esquema de uma botoeira NF-NA.

Figura 75 – Botoeiras diversas.



a) Botão comando
NA + NF.



b) Botão cogumelo com
trava.



c) Botão de comando
verde NA.



d) Botão de comando
vermelho NF.



e) Botão cogumelo sem
trava (soco).



f) Botão sinalizador
luminoso.



g) Botoeira 1NA + 1NF.



h) Botoeira 1NA + 1NF
com dois botões.

11.6 SINALIZADORES

Os sinalizadores luminosos indicam as condições de funcionamento dos motores durante a operação. São utilizados como alerta visual para condições normais ou anormais de funcionamento. As luzes dos sinalizadores possuem cores especificadas para cada condição de funcionamento, determinadas através de normas.

As lentes devem mostrar iluminação com alto brilho quando acesa. Os sinalizadores luminosos podem ser separados ou incorporados às botoeiras. Além de luminosos, os sinalizadores podem ser também sonoros.

Tabela 42 – Cores principais dos sinalizadores.

Cor	Situação da operação	Aplicação
Vermelho	Situação anormal	Indica que o motor parou pela atuação de dispositivo de proteção.
Amarelo	Atenção, cuidado	Motor em situação de sobrecarga, limite máximo
Verde	Situação normal	Motor em situação normal de funcionamento.

11.7 CONECTORES E TERMINAIS

Conectores e terminais são dispositivos eletromecânicos utilizados nas emendas e ligações rápidas de condutores a dispositivos elétricos. Sua função é unir e conectar dois condutores para eliminar a possibilidade de fugas de correntes que possam ocorrer em emendas convencionais evitando a perda de energia elétrica, desde que sejam executadas corretamente.

Os conectores e terminais diminuem a quantidade de emendas de fios dentro das caixas de passagem e derivações, o que facilita o trabalho dos eletricitistas possibilitando uma melhor qualidade e apresentação da instalação. Proporcionam um isolamento mais eficiente, evitando a possibilidade de curtos-circuitos em caixas de passagem e quadros de distribuição. Também facilitam a inspeção, manutenção e reparo nos pontos de junção de condutores.

A variedade de conectores e terminais é muito grande e a utilização vai depender da função e local de aplicação.

Figura 76 – Conectores diversos.



a) Conectores de torção.



b) Conectores múltiplos – Sindal.



c) Porcelana – Sindal.



d) Conector cunha.



e) Cunha com cabos.



f) Conectores de parafuso fendido fios 6 mm².



g) Para fios 10mm².



h) Conector paralelo.



i) Conector SACK.



j) Conjunto SACK



k) Encosto SACK..

Figura 77 – Terminais diversos.



11.8 RELÊS

Relê é um dispositivo eletromecânico, formado por um eletroímã, que atrai um contato metálico para ligar dois circuitos elétricos. O relê funciona quando uma corrente circula pela sua bobina, criando um campo magnético que atrai contatos metálicos, fechando ou abrindo circuitos.

Quando a corrente deixa de passar pela bobina o campo magnético deixa de existir, fazendo com que os contatos voltem para a posição original. Os relés podem ter diversas configurações quanto aos seus contatos: podem ter contatos NA, NF ou ambos, neste caso com um contato comum ou central (C).

Os contatos NA (normalmente abertos) são os que estão abertos enquanto a bobina não está energizada e que fecham, quando a bobina recebe corrente.

Os NF (normalmente fechados) abrem-se quando a bobina recebe corrente, ao contrário dos NA. O contato central ou C é o comum (entrada).

Relês temporizadores eletrônicos (RT)

Os relês temporizadores são dispositivos eletrônicos para acionamentos de motores elétricos que dependem do tempo ajustado (retardo) em segundos ou minutos. São utilizados em diversos sistemas de comandos elétricos, como: partida em sequência de vários motores, estrela-triângulo, compensadoras, etc.

Contatos reversíveis: 15 e 25 – centro (entradas).

16, 18, 26 e 28 – saídas

15 – 16: fechado (NF)

15 – 18: aberto (NA)

25 – 26: fechado (NF)

25 – 28: aberto (NA)

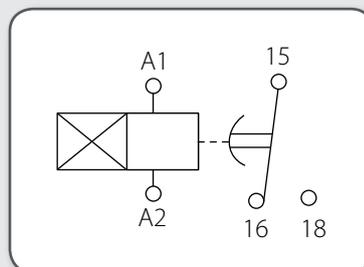
Relê temporizador com retardo na energização

Comuta seu contato de saída para a posição de trabalho após o intervalo de tempo selecionado na escala do temporizador, contado a partir do instante da energização e permanece acionado enquanto estiver energizado.

Figura 78 – Relê temporizador com retardo na energização.



a) Relê temporizador com retardo na energização.



b) Diagrama.

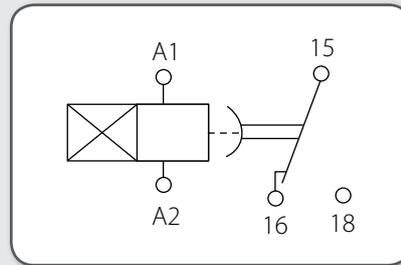
Relê temporizador com retardo na desenergização

Comuta seu contato de saída para a posição de trabalho quando o temporizador é energizado. O mesmo volta à posição de repouso após o intervalo de tempo selecionado na sua escala contado a partir da desenergização.

Figura 79 – Relê temporizador com retardo na desenergização.



a) Relê temporizador com retardo na desenergização.



b) Diagrama.

Relê temporizador para partida estrela-triângulo de motores trifásicos

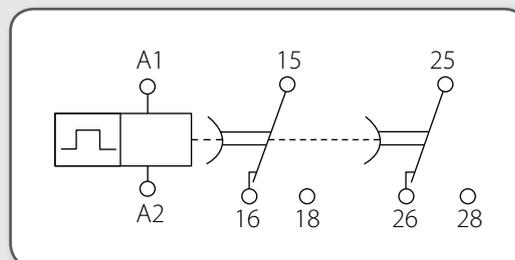
Energizando-se o temporizador, um relê de saída comuta seus contatos para a posição de trabalho e após o intervalo de tempo ajustado na escala do temporizador, retornam para a posição de repouso. Com um atraso fixo da ordem de 200 ms, um segundo relê de saída comuta seus contatos para a posição de trabalho até que o aparelho seja desenergizado.

A primeira saída aciona o contator que liga o motor em “estrela” (Y) e a segunda aciona o contator que faz a conexão do mesmo em “triângulo” (Δ).

Figura 80 – Relê temporizador Y – Δ .



a) Relê temporizador para partida Y – Δ .



b) Diagrama.

Relê falta de fase (RFF)

São dispositivos eletrônicos que protegem o sistema trifásico contra falta de fase ou neutro (opcional). Sempre que ocorrer uma falha na rede trifásica, o relê interrompe a saída de alimentação do contator protegendo o sistema.

Não é necessário instalar um RFF para cada motor, instala-se somente uma unidade no painel principal.

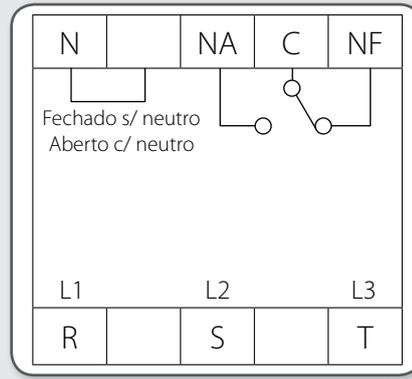
Figura 81 – Relês falta de fase.



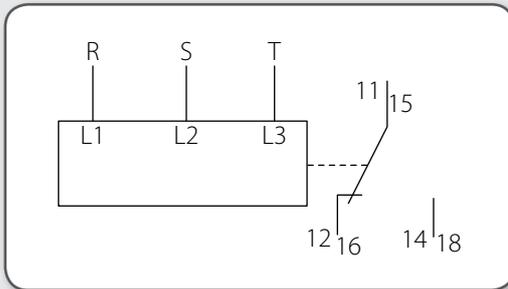
a) Relê falta de fase com neutro.



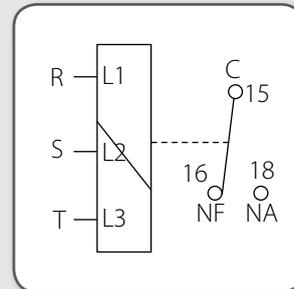
b) Relê falta de fase sem neutro.



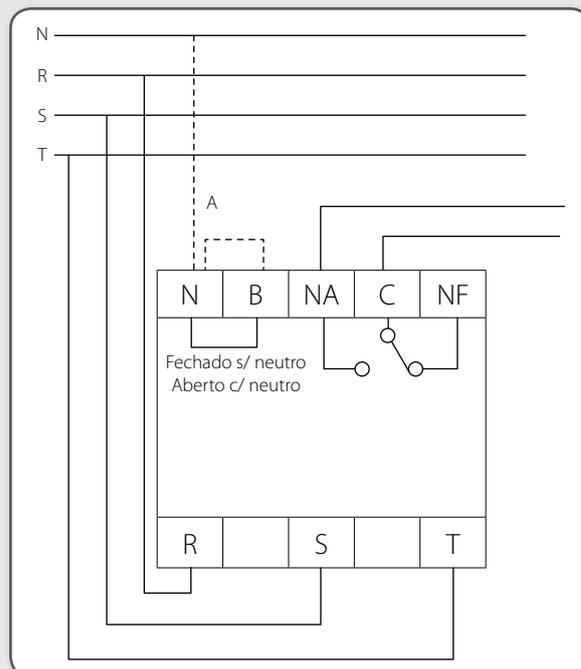
c) Esquema relê falta de fase com neutro.



d) Diagrama de relê falta de fase.



e) Diagrama de relê falta de fase.



f) Diagrama esquemático de relê falta de fase com neutro.

11.9 DISJUNTOR MOTOR

Disjuntor motor é um dispositivo de proteção para o circuito principal. Eles combinam controle e proteção do motor em um único dispositivo. Podem ser equipados com muitos outros acessórios. Barras de conexão asseguram que o disjuntor motor possa ser conectado ao contator, sem a necessidade de cabeamento.

O aparelho de disjuntor motor é composto por disparadores térmicos e magnéticos. São de acionamento manual, desligando e ligando motores e protegendo instalações sem fusíveis contra possíveis sobrecargas, curtos-circuitos ou falta de fase em motores e outras cargas.

O disjuntor motor possui quatro funções principais:

A primeira é o **seccionamento**, que isola os condutores ativos da rede quando o motor está desligado e protege o mesmo de queimas.

A segunda é a **proteção contra curtos-circuitos**, que interrompe automaticamente os circuitos elétricos.

A terceira é a **proteção contra sobrecargas**, com a função de interromper e controlar as correntes de sobrecarga.

A última é a função de **comutação**, feita manual ou automática, ligando e desligando o motor. Quando o mesmo está associado ao contator, é possível ligá-lo à distância (formam um conjunto com o intuito de proteger a instalação).

Ao utilizar esse disjuntor, o custo-benefício vale muito a pena, pois é um dispositivo de baixo custo. Para saber qual modelo é o certo para sua instalação, é preciso saber qual é a potência do motor, tensão de rede e quantos contatos auxiliares possuem.

O disjuntor motor possui um tamanho bem prático que ajuda a economizar espaço e ainda possui rápida ação quando é necessário o desligamento, tornando-se um aparelho muito recomendado e seguro.

Figura 82 – Esquemas de instalação de disjuntor motor.

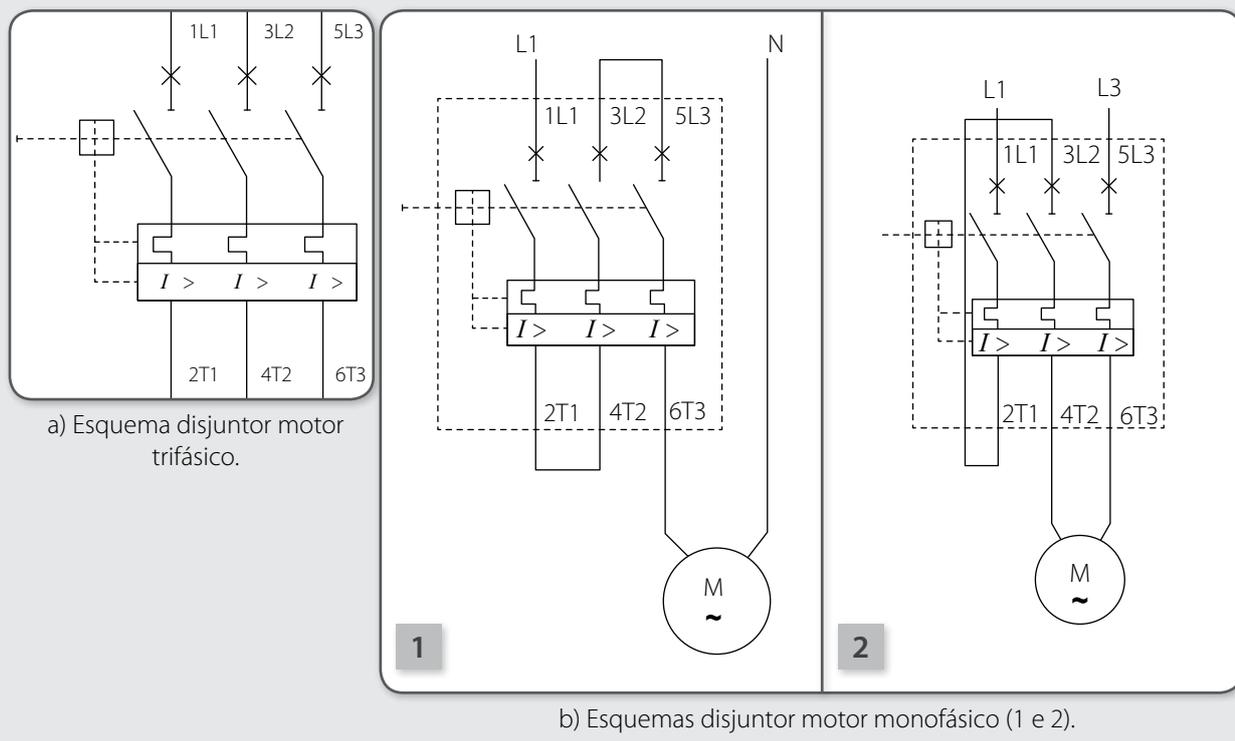


Figura 83 – Disjuntores-motor.



a) Disjuntores motor WEG.

b) Disjuntores motor Metaltex.

11.10 CONTADORES

Contadores são chaves de operação eletromagnética, capazes de ligar e desligar um circuito, através de um comando de corrente elétrica. São usados principalmente para comandos elétricos automáticos à distância. São constituídos de uma bobina que, quando alimentada, cria um campo magnético no núcleo fixo que por sua vez atrai o núcleo móvel que fecha o circuito.

Cessando a alimentação da bobina, desaparece o campo magnético, provocando o retorno do núcleo móvel através de molas. Tanto o núcleo fixo, quanto o móvel são fabricados de ferro silício.

Nos contatores temos os contatos principais e auxiliares:

- **contatos principais:** são mais robustos e suportam maiores correntes. Quanto maior for a carga acionada, maior será a corrente nos contatos.
- **contatos auxiliares:** são utilizados para sinalização e comandos de vários dispositivos. São os contatos NF (normalmente fechados) e NA (normalmente abertos).

Os contatos possuem uma camada de prata para suportar o arco voltaico e aumentar a durabilidade.

O contatores devem fechar seus contatos com firmeza sem trepidação ou ruídos. Deve-se fazer testes no contator com os contatos auxiliares e observar se não ocorre o efeito “ricochete” (trepidação) ao “atracar” (fechar os contatos).

Contatos principais

São contatos responsáveis para acionamento da carga principal do circuito, que podem ser motores, cargas resistivas, capacitivas e outras.

Os contatos fixos e móveis estão dentro de câmaras de extinção de arco voltaico. A partir de 46 A (380 V, AC3), nas suas câmaras de extinção existem placas que alongam o arco voltaico na abertura do contator, para maior eficiência na extinção do arco nesses valores de cargas.

É preciso substituir os contatos principais, quando as pastilhas de prata forem reduzidas a 1/3 do inicial.

A identificação dos contatos principais é feita de acordo com as normas, empregando-se números e letras (DIN EN 50005).

Os terminais de entrada (lado da rede) são identificados como 1, 3 e 5 e os de saída (lado da carga) como 2, 4 e 6. Também recebem a denominação de entrada L_1 , L_2 e L_3 e de saída T_1 , T_2 e T_3 . Os terminais de alimentação da bobina são identificados por “ A_1 ” e “ A_2 ” ou ainda “a” e “b”.

Contatos auxiliares

São contatos que trabalham em conjunto com o contator, para acionamento de cargas auxiliares de circuitos diversos, como comando, sinalização, inter-travamento (autossustentação) e outras aplicações. Podem ser incorporados ao contator ou serem fornecidos separadamente em forma de blocos Na ou NF.

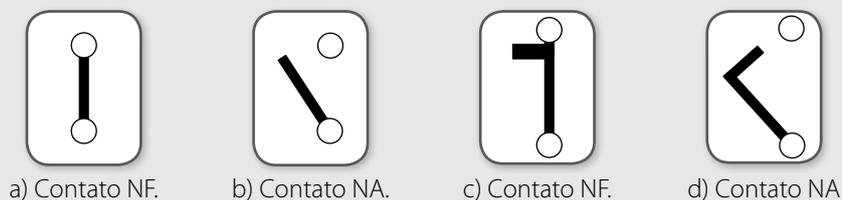


ATENÇÃO

Não se deve acrescentar mais contatos auxiliares além do recomendado pelo fabricante, pois isso afetará o funcionamento do contator e reduzirá a sua vida elétrica e mecânica.

A identificação dos contatos auxiliares é feita de acordo com as normas, através de números de dois dígitos (DIN EN 50011 e 50012). O primeiro dígito indica a posição ocupada pelo contato a partir da esquerda, enquanto o segundo dígito indica a função do contato.

Figura 84 – Esquemas dos contatos auxiliares de um contator.



Os contatos fechados são todos os que tem final 1 e 2 (NF ou NC).

NF – Normalmente Fechado (NC – *Normaly Closed*).

11 – 12, 21 – 22, 31 – 32, 41 – 42, 51 – 52, 61 – 62, 71 – 72 e 81 – 82

Os contatos abertos são todos os que tem final 3 e 4 (NA ou NO).

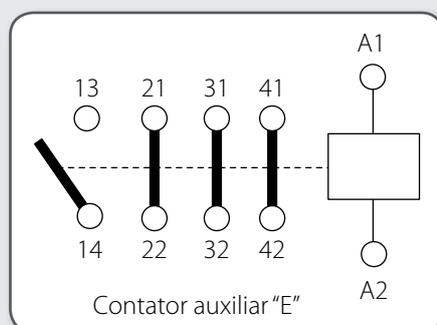
NA – Normalmente Aberto (NO – *Normaly Open*).

13 – 14, 23 – 24, 33 – 34, 43 – 44, 53 – 54, 63 – 64, 73 – 74 e 83 – 84.

Nos projetos elétricos a utilização dos contatos auxiliares deve obedecer a ordem dos circuitos. Exemplo: 1º algarismo é a ordem e o 2º a posição (NA ou NF).

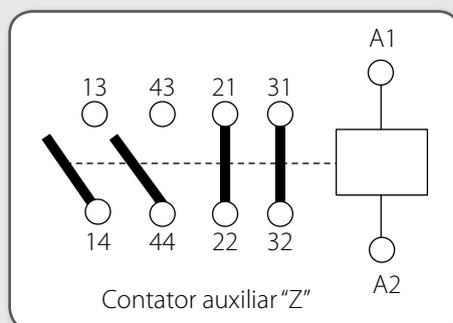
Nos contadores com somente um contato auxiliar NF, a identificação deve ser 21 – 22. Além do código de posição e função, existe uma nomenclatura dependente da posição mecânica dos contatos auxiliares: terminação “E”, para disposição preferencial, regulamentada que, em sequência de 2 contatos, 1 “NA” e 1 “NF”, tem-se sempre por primeiro contato NA, seguido do NF. Nas sequências com número de contatos superior a 2, tem-se um contato NA iniciando a sequência, seguido de todos os NF e, após estes, os NA restantes. Assim, acrescenta-se ao contator a terminação “E”, conforme apresentado na Figura 85.

Figura 85 – Contatos auxiliares de um contator do tipo E.



Quando o contator possui características diferentes, com contatos auxiliares em qualquer sequência, que tenha em primeiro lugar todos os contatos NA seguidos de todos os NF, recebe a variante "Z", conforme ilustrado na Figura 86.

Figura 86 – Contatos auxiliares de um contator do tipo Z.



Corrente Nominal de Serviço do contator (I_e)

É a corrente suportada pelo contator, indicada pelo fabricante, conforme a tensão nominal de serviço, frequência e categoria de emprego.

Corrente Nominal Térmica Convencional (I_{th})

É a máxima corrente, indicada pelo fabricante, que o contator pode conduzir numa operação de 8 horas, sem que as sobre temperaturas de seus componentes ultrapassem os valores limites determinados pelas normas.

Capacidade de Ligação

Valor de corrente que o contator é capaz de estabelecer segundo as condições determinadas pelas normas.

Capacidade de Interrupção

Valor de corrente que o contator pode interromper, sob certa tensão e em condições especificadas de emprego, segundo as condições determinadas pelas normas.

Corrente Suportada de Curta Duração

Corrente que um contator pode conduzir na posição fechada, durante um curto intervalo de tempo especificado, sem atingir um aquecimento perigoso.

Tensão Nominal de Serviço (U_e)

É o valor de tensão que determina juntamente com a corrente nominal de serviço a utilização do contator.

Tensão de Comando (Ub)

É a tensão a ser aplicada nos terminais das bobinas dos contatores.

Faixa de Operação

Faixa na qual pode ocorrer uma variação na tensão de comando, sem que seja afetada a segurança de operação do contator. Os contatores devem estar em conformidade com a norma VDE 0660 que determina uma faixa de 0,85 a 1,1 vezes a tensão de comando.

Tensão Nominal de Isolamento (Ui)

É o valor de tensão que caracteriza a resistência de isolamento do contator.

Resistência de Isolamento

Propriedade do material isolante, que evita que este torne condutor, devido às correntes de descarga.

Vida Útil Elétrica

É a resistência dos contatos contra desgastes elétricos. É definida pelo número de manobras sob carga que os contatos dos polos podem efetuar sem que seja necessário fazer manutenção. Depende da categoria de emprego, corrente e tensão nominal de serviço.

Vida Útil Mecânica

É a resistência ao desgaste sendo determinada pelo número de ligações sem carga, que o contator pode realizar, sem defeitos mecânicos.

Tempo de Fechamento

É o tempo entre o instante em que se aplica a tensão nos terminais da bobina e o instante em que os contatos principais se tocam em todos os polos.

Tempo de Abertura

É o tempo entre o instante em que se retira a alimentação da bobina e o momento em que ocorre a separação dos contatos com a extinção do arco em todos os polos.

Categorias de Emprego

Determina as condições para a ligação e interrupção da corrente e da tensão nominal de serviço correspondente, para a utilização normal do contator, nos mais diversos tipos de aplicação, para CA ou CC.

Anéis de Curto-Circuito

Os anéis de curto-circuito são colocados no núcleo fixo de contatores com acionamento com CA. Sua finalidade é evitar que ocorram ruídos e trepidações (ricochete), já que a passagem da corrente alternada por zero, a força magnética desaparece. O anel não deixa a força magnética atingir o valor zero.

O ricochete é o fator decisivo no desgaste dos contatos do contator, de duas formas:

- desgaste por ação mecânica;
- desgaste por queima, devido ao número de arcos a serem extinguidos (podendo até colar os contatos).

No desligamento sempre ocorre um arco voltaico que deve ser eliminado rapidamente para evitar danos nos contatos. O calor gerado pelo arco provoca fusão e evaporação do material do contato, diminuindo a sua vida útil. Quanto mais manobras acontecerem maior será o desgaste do contator. A vida elétrica dos contatos principais dos contadores situa-se na faixa de 1 milhão de manobras em regime AC 3 e a vida mecânica em torno de 10 milhões.

Limites de Temperatura

Os contadores são projetados e construídos para operar normalmente na faixa de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Posição de Montagem

A instalação dos contadores deve ser feita na vertical (em pé na parede). O ângulo máximo de inclinação permitido é 30° . Inclinações diferentes causam a redução da vida elétrica e mau funcionamento mecânico.

Vibrações

Os contadores devem ser instalados de preferência em superfícies fixas, sem vibrações.

Altitude

O aumento da altitude diminui a densidade do ar, influenciando na tensão e corrente de serviço, assim como na dissipação do calor. A norma IEC 58 determina que a altitude local de instalação não deve exceder a 2000 m.

Queda de Tensão

Para um bom funcionamento, os contadores devem alimentar as bobinas com tensões nominais estáveis.

Acionamento CA

O campo magnético é produzido pela bobina, e para o acionamento em corrente alternada existem os anéis em curto-circuito que anulam o ponto zero da CA evitando a vibração. O entreferro evita o colamento após a desenergização da bobina, e os contatos retornam por meio das molas de compressão.

Figura 87 – Comutação de contadores mono, bi e trifásico.

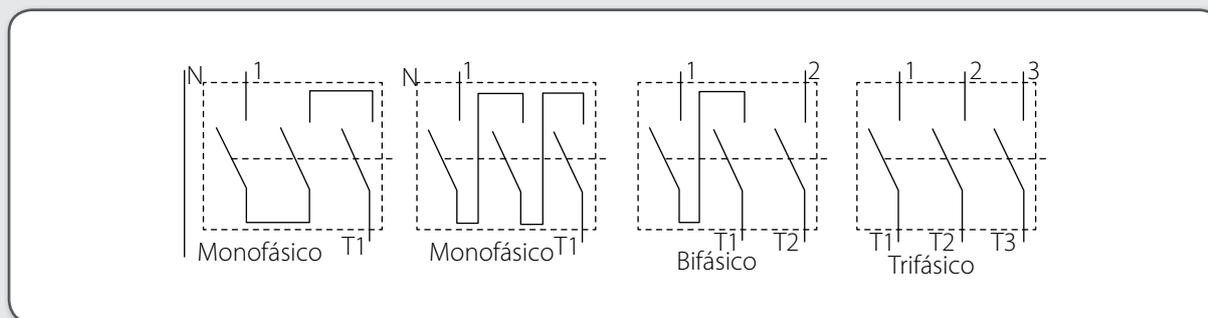


Figura 88 – Contadores diversos.



11.11 RELÊS TÉRMICOS DE SOBRECARGA (BIMETÁLICO)

Os relês térmicos são dispositivos acoplados aos contadores, com o objetivo de proteger os sistemas elétricos contra sobrecargas, desligando por efeito térmico a alimentação da bobina do contator, desativando o circuito da carga principal.

Segundo a norma VDE 0660-104 um relê térmico de sobrecarga deve trabalhar normalmente numa faixa de 5 °C a 40 °C (WEG -20 °C a +60 °C) e umidade relativa do ar de 50%. São montados com bimetálicos de compensação que não tem influência da variação da temperatura ambiente sobre o desarme.

Os relês térmicos pode ser dividido em duas partes:

- circuito principal ou de potência.
- circuito auxiliar ou de comando.

Circuito principal de potência

É composto de uma carcaça térmica, três bimetálicos de aquecimento, alavanca de desarme, terminais de entrada e saída para a carga.

A identificação dos terminais é:

- entrada (vindo do contator) – 1, 3 e 5.
- saída (saída para o motor) – T₁, T₂ e T₃.

Circuito auxiliar ou de comando

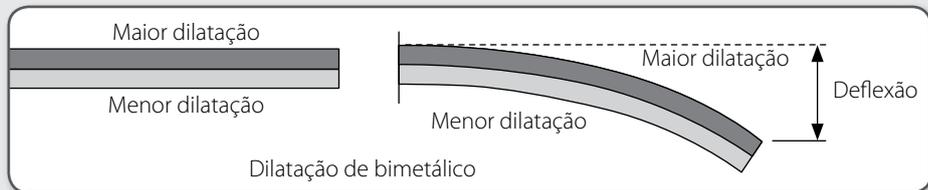
É composto de dois contatos auxiliares do tipo reversíveis, por onde circula a corrente de comando, botão de regulação de corrente, botão de rearme (para acionamento manual ou automático).

A identificação dos contatos auxiliares de comando é:

- 95 e 96: contato fechado (NF-NC) – alimentação da bobina.
- 97 e 98: contato aberto (NA-NO) – para sinalização.

Com a circulação da corrente nominal do motor (para a qual o relê está regulado), os bimetálicos curvam-se. Isso porque o bimetálico é composto de materiais com coeficientes de dilatação diferentes. A curvatura do bimetálico se dá para o lado do material de menor coeficiente.

Figura 89 – Funcionamento do bimetálico.



Em condições normais de funcionamento a corrente que circula pelo bimetálico, se curva, mas não é suficiente para desarmar o relê térmico. Quando ocorre uma sobrecarga, os bimetálicos se curvam mais, provocando o deslocamento da alavanca de desarme do circuito auxiliar e corta a alimentação da bobina do contator, desligando a carga.

Figura 90 – Instalação de relês térmicos tripolares para mono, bi e trifásico.

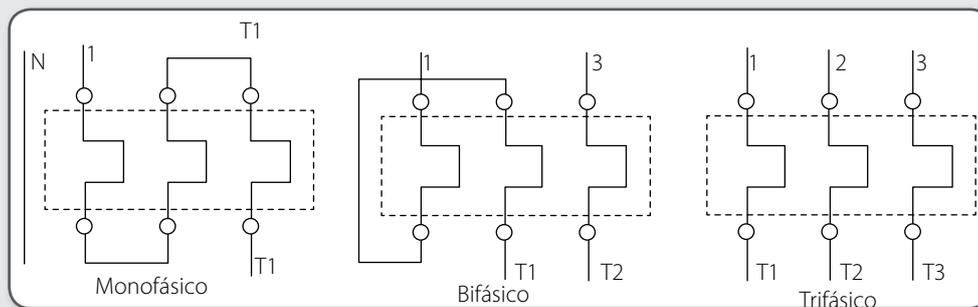


Figura 91 – Relês térmicos de sobrecarga diversos.



a) Siemens 3UA.



b) Siemens Sirius 3RU.



c) Telemecanique LR.

Tabela 43 – Coordenação entre contadores tipo CW e Relês RW (WEG):

Faixas de corrente do relê-A	CW 07 x RW 27.1	CW 4 x RW 27.2	CW 7 x RW 27.2	CW 17 x RW 27.2	CW 27 x RW 27.2	CW 37 x RW 27.2	CW 47 x RW 67
0,28-0,4	x	x	x	x	x	x	
0,4-0,6	x	x	x	x	x	x	
0,56-0,8	x	x	x	x	x	x	
0,8-1,2	x	x	x	x	x	x	
1,2-1,8	x	x	x	x	x	x	
1,8-2,8	x	x	x	x	x	x	
2,8-4,0	x	x	x	x	x	x	
4,0-6,0	x	x	x	x	x	x	
5,6-8,0		x	x	x	x	x	
8,0-12		x	x	x	x	x	
11,0-17,0				x	x	x	
15,0-23,0					x	x	
22,0-32,0						x	x
30,0-46,0						x	x
42,0-62,0							x

Tabela 44 – Relês térmicos comerciais SIEMENS.

Relê	Faixa de ajuste (A)	Fusíveis Diazed ou NH retardados (A)	Potência de motores trifásicos com rotor de curto-circuito – AC2 e AC3 CV		
			220 V	380 V	440 V
3UA 50 In=12,5 A	0,1-0,16	0,5 (rápido)	-	-	-
	0,16-0,25	0,8 (rápido)	-	0,08	0,08
	0,25-0,4	1,25	0,08	0,12	0,12-0,16
	0,4-0,63	2	0,12	0,16-0,25	0,25
	0,63-1	2	0,16	0,25-0,33	0,33-0,5
	1-1,6	4	0,25-0,33	0,5	0,75
	1,6-2,5	6	0,5	0,75-1	1
	2,5-4	10	0,75-1	1,5-2	1,5-2
	4-6,3	16	1,5-2	3	3-4
	6,3-10	25	3	4-5	5
8-12,5	25	3-4	7,5	7,5	

Relê	Faixa de ajuste (A)	Fusíveis Diazed ou NH retardados (A)	Potência de motores trifásicos com rotor de curto-circuito – AC2 e AC3 CV		
			220 V	380 V	440 V
3UA 52 In = 25 A	0,4-0,63	2	0,12	0,16-0,25	0,25
	0,63-1	2	0,16	0,25-0,33	0,33-0,5
	1-1,6	4	0,25-0,33	0,5	0,75
	1,6-2,5	6	0,5	0,75-1	1
	2,5-4	10	0,75-1	1,5-2	1,5-2
	4-6,3	16	1,5-2	3	3-4
	6,3-10	25	3	4-5	5
	10-16	35	4-5	7,5-10	7,5-10
3UA 42 In = 63A	4-6,3	16	1,5-2	3	3-4
	6,3-10	25	3	4-5	5
	10-16	35	4-5	7,5-10	7,5-10
	16-25	50	7,5	12,5-15	12,5-15
	25-40	80	10-12,5 12,5-15	20-25	20-25 25-30
	40-63	125	20-25	30-40	40-50
3UA 43 In = 160 A	30-45	100	12,5-15	25-30	25-30
	40-63	125	20-25	30-40	40-50
	55-80	160	25-30	50	60
	70-100	200	40	60	75
	100-35	250	50	75	100
	130-160	250	60	100	125



ATENÇÃO

Nunca ajustar o disco do relê térmico acima da corrente nominal (In) do motor.
O disco de ajuste do relê térmico deve ser de 58% da corrente nominal do motor.
Exemplo: In do motor = 10A / 10A x 0,58 = 5,8 A (58%).

11.12 CHAVE SÉRIE-PARALELO

É uma chave de partida em *série-paralelo*, manual, para motores monofásicos acima de 5 CV. A partida é realizada inicialmente em *série* (tensão maior) até o motor atingir em torno de 80% da rotação nominal e, depois é comutada para *paralelo* (tensão menor) para o funcionamento normal (serviço).

Para partida em *série-paralelo* o motor deve ter duas tensões de funcionamento, a menor é igual à da rede e a outra duas vezes maior. Os motores podem ser 110/220 V, 220/440 V, 127/220 V, 127/254 V e 254/508 V.

Neste tipo de partida o pico de corrente fica reduzido a aproximadamente 1/4 da partida direta. Portanto, o conjugado de partida do motor também fica reduzido a 1/4 e, portanto, a máquina deve partir em vazio.

A partida é realizada em dois estágios: acionando a alavanca para a posição "partida". As bobinas do motor são ligadas em série e após atingir a rotação de aproximadamente 80% da nominal, muda-se a posição da alavanca para "serviço" onde as bobinas do motor conectam-se em paralelo, que é a ligação de trabalho.

Figura 92 – Chave série-paralelo.



11.13 CHAVE ESTRELA-TRIÂNGULO

É uma chave para partida com redução de tensão e, conseqüentemente, a redução de corrente. A partida é feita na ligação estrela no motor, mas a alimentação é em tensão de triângulo, isto é, tensão da rede. Nesse caso, as bobinas do motor recebem 58% da tensão que deveria receber. Quando o motor atingir aproximadamente 90% da sua velocidade nominal, é realizada a mudança para a ligação triângulo, passando a receber a tensão nominal.

A chave estrela-triângulo proporciona redução da corrente de partida para aproximadamente 33% da nominal. Para a partida estrela-triângulo, o motor trifásico deverá ter 2 tensões de ligações (estrela e triângulo), e seis terminais.

A tensão de alimentação deve ser correspondente à tensão da ligação triângulo do motor. A partida em estrela deverá ser feita com o motor em vazio (sem carga), pois o seu conjugado (torque) é reduzido, devido à queda de tensão e corrente.

Figura 93 – Chaves estrela-triângulo.



a) Chave estrela-triângulo a banho de óleo.

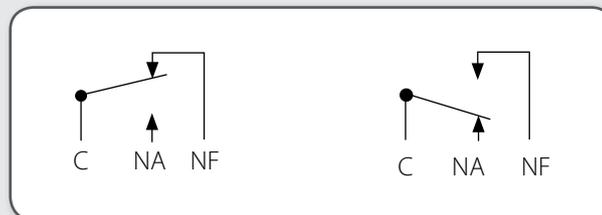


b) Chave estrela-triângulo seca.

11.14 INTERRUPTORES FIM DE CURSO E MICRORRUPTORES

Interruptores fim de curso e microrruptores são interruptores de precisão mecânica e de ação rápida. Normalmente possuem contatos NA (normalmente abertos) e NF (normalmente fechados).

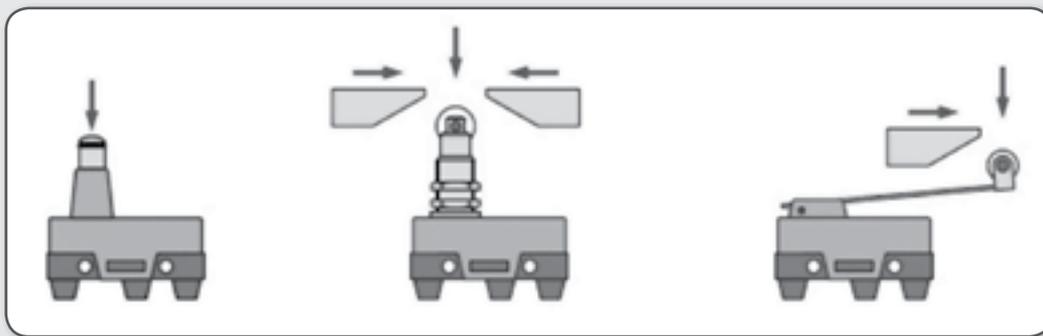
Figura 94 – Contatos de um microrruptor.



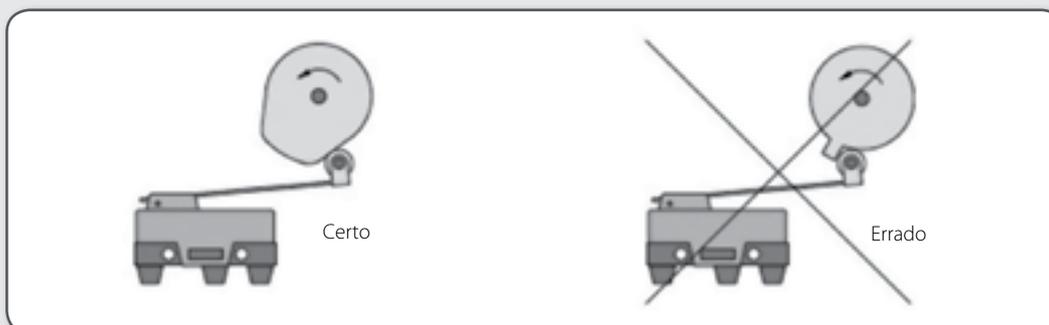
O curso de acionamento é muito pequeno, portanto precisa ser muito bem fixado para não ocorrer movimentação e nem vibração dos microrruptores.

Os microrruptores necessitam de uma pressão muito baixa para atuar. Ao instalar deve-se tomar o cuidado para que o mecanismo de acionamento não atinja a carcaça do dispositivo, o que poderá danificá-lo.

Figura 95 – Funcionamento de um interruptor fim de curso.



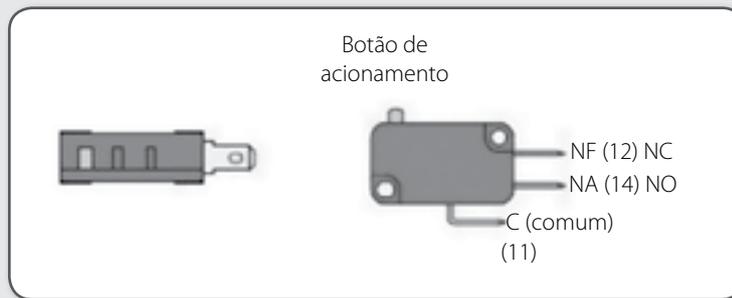
a) Acionamento de interruptor fim de curso.



b) Instalação de um interruptor fim de curso.

Ao soldar fios nos terminais dos microrruptores, a operação deve ser rápida e não deve forçar os terminais. Evite aproximar o ferro de solda na carcaça para não derreter o dispositivo. Deixar esfriar antes de utilizar.

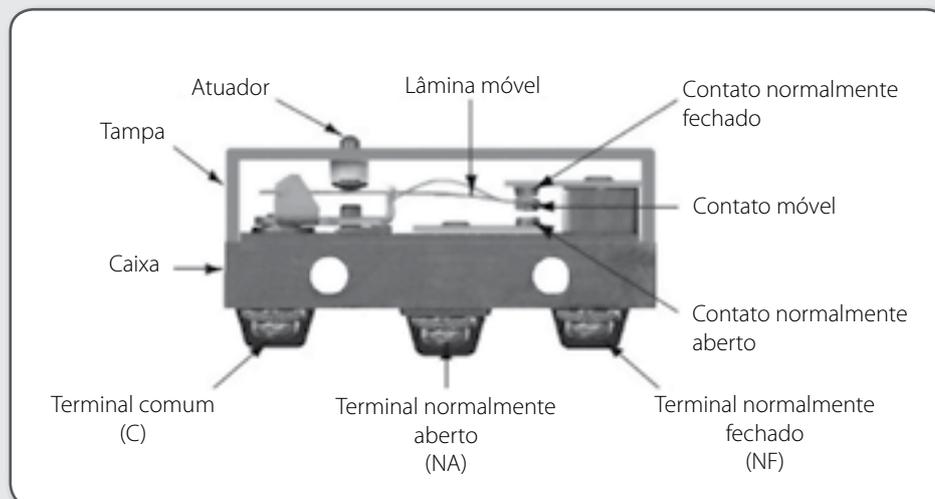
Figura 96 – Microrruptores diversos.



a) Microrruptores com terminais de encaixe.



b) Microrruptores com terminais de encaixe e fim de curso.



c) Mecanismos de um microrruptor.

11.15 SENSORES

São dispositivos sensíveis a algum tipo de energia como: luminosa, térmica, cinética, magnética, etc. Possuem a função de detectar mudanças no local ou equipamento e informar através de um monitoramento. O sensor converte qualquer tipo de energia em elétrica.

Os atuadores dos sensores são responsáveis pela realização do trabalho durante o processo de automação. Podem ser magnéticos, hidráulicos, pneumáticos, elétricos ou de acionamento misto. Exemplos de atuadores: válvulas, relés, cilindros, motores, solenoides, etc. Alguns sensores são acionados por sistemas de programas inseridos em suas memórias chamados de Controladores Lógicos Programáveis (CLPs).

Os tipos mais comuns de sensores são de: presença, luz, som, temperatura, posição, velocidade, pressão, nível, vazão, tensão, corrente, potência, magnéticos e outros.

Figura 97 – Controlador eletrônico de temperatura (sensor de temperatura).



12 CONSIDERAÇÕES SOBRE A INSTALAÇÃO ELÉTRICA DOS MOTORES

Para o dimensionamento dos cabos de alimentação e dispositivos de manobra e proteção, deve-se levar em consideração as normas vigentes:

1. corrente nominal do motor
2. fator de serviço
3. corrente de partida
4. condições do ambiente e da instalação
5. a máxima queda de tensão, etc.



ATENÇÃO

Todos os motores devem ser instalados com sistemas de proteção contra sobrecarga. Para motores trifásicos recomenda-se também a instalação de sistemas de proteção contra falta de fase.

Assegurar que o motor esteja conectado corretamente à rede de alimentação elétrica a partir de contatos seguros e permanentes.

Nos motores sem placa de bornes, os cabos terminais devem ser bem isolados, utilizando materiais compatíveis com a tensão de alimentação e classe de isolamento informada na placa de identificação.

As conexões dos cabos de alimentação e do sistema de aterramento devem ser bem apertadas para evitar fugas de correntes.

Os capacitores podem reter energia elétrica, mesmo com o motor desligado. Não toque nos capacitores e/ou nos terminais do motor sem antes verificar a existência de tensão nos mesmos.

Após fazer a conexão do motor, certifique-se que nenhum corpo estranho permaneceu no interior da caixa de ligação.

As entradas da caixa de ligação devem ser fechadas, e protegidas para garantir o grau de proteção do invólucro indicado na placa de identificação do motor.

As entradas de cabos utilizadas para alimentação e controle devem empregar componentes (como, por exemplo, prensa-cabos e eletrodutos) que atendem as normas e regulamentações vigentes no país.

Todas as proteções, inclusive as de sobre correntes, devem ser ajustadas com base nas condições nominais da máquina. Essa proteção também terá que proteger o motor em caso de curto-circuito, falta de fase, ou rotor bloqueado.

Acoplamentos

Os acoplamentos são utilizados para a transmissão do torque do motor para a máquina acionada. É necessário utilizar ferramentas apropriadas para a montagem e desmontagem dos acoplamentos para evitar danos ao motor.

Recomenda-se a utilização de acoplamentos flexíveis, capazes de absorver pequenos desalinhamentos durante a operação do equipamento.

As cargas máximas e limites de velocidade informados nos catálogos dos fabricantes dos acoplamentos e do motor não devem ser excedidos. Realizar o nivelamento e alinhamento do motor com a máquina.

O **acoplamento direto** é caracterizado quando o eixo do motor está acoplado diretamente ao eixo da carga acionada, sem o uso de elementos de transmissão.

O **acoplamento por engrenagens** é utilizado quando há a necessidade de uma redução de velocidade. É imprescindível que os eixos estejam perfeitamente alinhados, rigorosamente paralelos quando se usa engrenagens retas.

A transmissão por polias e correias é utilizada quando há a necessidade de uma relação de velocidades entre o motor e a carga acionada.

O **nivelamento** é muito importante para não comprometer a vida útil do motor e deve ser realizado para corrigir eventuais desvios de nivelamento, que possam existir.

O **alinhamento** entre o motor e a máquina acionada é uma das variáveis que mais contribuem para prolongar a vida do motor. O desalinhamento entre os acoplamentos gera elevadas cargas que reduzem a vida útil dos mancais, provocam vibrações e, em casos extremos, podem causar a ruptura do eixo.

Para acoplamento por polias e correias, o alinhamento deve ser realizado de tal modo que o centro da polia motora esteja no mesmo plano do centro da polia movida e os eixos do motor e da máquina estejam perfeitamente paralelos.

13 OPERAÇÃO DOS MOTORES ELÉTRICOS

Depois de executar a instalação, alguns aspectos devem ser verificados antes da partida inicial do motor, principalmente se o motor não foi colocado imediatamente em operação após sua instalação.

Deve-se verificar:

1. Se os dados que constam na placa de identificação estão de acordo com a aplicação do motor.
2. A correta montagem e alinhamento do conjunto (motor + máquina acionada).
3. O sistema de acionamento, considerando que a rotação do motor não ultrapasse a velocidade máxima estabelecida.
4. O sentido de rotação do motor. Algumas máquinas podem ser danificadas se a rotação for invertida.
5. A caixa de ligação deve estar limpa e seca. Seus elementos de contato devem estar isentos de oxidação e suas vedações devem estar em condições apropriadas de uso. Suas entradas também devem estar corretamente fechadas e protegidas de acordo com o grau de proteção.
6. As conexões do motor, verificando se foram corretamente realizadas, inclusive aterramento e cabos auxiliares, conforme recomendações.
7. A condição dos rolamentos. Se apresentarem sinais de oxidação, devem ser substituídos. Caso não apresentem oxidação, realize o procedimento de relubrificação. Motores instalados há mais de dois anos, mas que não entraram em operação, devem ter seus rolamentos substituídos antes de serem colocados em operação.
8. Nos motores com mancais de deslizamento deve ser assegurado o nível correto de óleo do mancal. O mesmo deve estar na metade do visor.
9. Que o motor não parta e nem opere com cargas desalinhadas.
10. Que quando o motor for armazenado por período igual ou maior ao intervalo de troca de óleo, este deverá ser trocado antes da colocação em funcionamento.
11. A análise da condição dos capacitores, se existirem. Para motores instalados por um período superior a dois anos, mas que não entraram em operação, recomenda-se a substituição de seus capacitores de partida de motores monofásicos.
12. Que entradas e saídas de ar estejam completamente desobstruídas. O ar na entrada do motor deve estar na temperatura ambiente.
13. Que todas as partes girantes, como polias, acoplamentos, ventiladores externos, eixo, etc., estejam protegidas contra toques acidentais.

14. Ligar a máquina sem nenhuma carga (quando possível), acionando a chave de partida como se fosse um pulso, verificando o sentido de rotação, a presença de ruído, vibração ou outra condição anormal de operação.
15. Religar o motor, que deve partir e funcionar de maneira suave. Caso isso não ocorra, desligue o motor, verifique novamente o sistema de montagem e conexões antes de dar uma nova partida.
16. No caso de vibrações excessivas, verificar se os parafusos de fixação estão adequadamente apertados ou se a vibração é proveniente da máquina. Verificar periodicamente a vibração.
17. Operar o motor sob carga nominal por um pequeno período de tempo e comparar a corrente de operação com a corrente indicada na placa de identificação.
18. Recomenda-se ainda que algumas variáveis do motor sejam acompanhadas até seu equilíbrio térmico: corrente, tensão, temperatura nos mancais e na superfície externa da carcaça, vibração e ruído.
19. Devido ao valor elevado da corrente de partida dos motores de indução, o tempo gasto na aceleração das cargas resulta na elevação rápida da temperatura do motor. Se o intervalo entre partidas sucessivas for muito reduzido, isso resultará no aumento da temperatura nos enrolamentos, danificando-os ou reduzindo a sua vida útil.

Os motores elétricos são projetados para operar a uma altitude limitada a 1000 m acima do nível do mar e em temperatura ambiente entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Qualquer variação das condições do ambiente, onde o motor irá operar, deve estar indicada na placa de identificação do motor.

Para motores que são resfriados através do ar ambiente, as entradas e saídas de ar devem ser limpas em intervalos regulares para garantir uma livre circulação do ar. O ar quente não deve retornar para o motor.

O ar utilizado para refrigeração do motor deve estar na temperatura ambiente, limitada a faixa de temperatura indicada na placa de identificação do motor (quando não indicado, considerar uma faixa de temperatura entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$).

O calor do sol causa aumento da temperatura de operação, portanto motores instalados externamente devem sempre estar protegidos contra a incidência direta dos raios solares.

Possíveis desvios em relação à operação normal (atuação de proteções térmicas, aumento do nível de ruído, vibração, temperatura e corrente) devem ser examinados e eliminados por pessoal capacitado.

Na condição em carga, a vibração do motor será influenciada por vários fatores, como: tipos de carga acoplada, condição de fixação do motor, condição de alinhamento com a carga e vibração da estrutura ou base devido a outros equipamentos.

14 PARTIDA DOS MOTORES ELÉTRICOS

Sempre que possível, a partida do motor deve ser direta (em plena tensão). É o método mais simples, no entanto, somente é viável quando a corrente de partida não afeta a rede de alimentação.

Nos casos em que a corrente de partida do motor é alta, podem ocorrer as seguintes consequências:

- Elevada queda de tensão de alimentação da rede, provocando interferência nos equipamentos instalados no sistema.
- O superdimensionamento do sistema de proteção (cabos, contadores), eleva os custos da instalação.

Caso a partida direta não seja possível devido aos problemas citados, pode-se usar o método indireta compatível com a carga e a tensão do motor, para reduzir a corrente de partida. Quando é utilizado um método com tensão reduzida, o torque de partida do motor também será reduzido.

As partidas indiretas podem ser feitas com chaves **série-paralelo** (motores monofásicos ou trifásicos de alta potência), **estrela-triângulo** e **compensadora** (motores trifásicos) e por **inversores de frequência**.

15 CUIDADOS COM OS MOTORES ELÉTRICOS

Se os motores não forem instalados imediatamente, recomenda-se armazená-los em local seco com umidade relativa do ar de até 60%, com temperatura ambiente acima de 5 °C e abaixo de 40 °C isento de poeira, vibrações, gases, agentes corrosivos, com temperatura uniforme, em posição normal e sem apoiar sobre eles outros objetos.

Remova polias (caso existam) da ponta de eixo, e as mantenha livre e com graxa protetiva para evitar corrosão.

Todas as superfícies usinadas expostas (por exemplo, ponta de eixo e flange) são protegidas na fábrica por um inibidor de oxidação temporário. Essa película protetora deve ser reaplicada periodicamente durante o período de armazenagem (pelo menos a cada seis meses) ou quando for removida ou estiver deteriorada.

Recomenda-se girar o eixo do motor pelo menos uma vez ao mês (manualmente, no mínimo cinco voltas, deixando o eixo em posição diferente do original).

Motores verticais podem ser armazenados na posição vertical ou na posição horizontal. Para motores com rolamento aberto armazenados por mais de seis meses, os rolamentos devem ser relubrificadas, antes da entrada em operação.

Caso o motor permaneça armazenado por um período superior a dois anos, recomenda-se substituir os rolamentos ou então estes devem ser removidos, lavados, inspecionados e relubrificadas.

O motor deve ser armazenado na sua posição original de funcionamento e com óleo nos mancais. O nível do óleo deve ser respeitado, permanecendo na metade do visor de nível. Durante o período de armazenagem, deve-se retirar o dispositivo de travamento do eixo e, mensalmente girar o eixo com a mão (cinco voltas), para recircular o óleo e conservar o mancal em boas condições.

Durante qualquer manuseio do motor, os mancais devem estar sem óleo. Dessa forma, antes da entrada em operação, todo o óleo dos mancais deve ser drenado. Após a instalação, o óleo deve ser recolocado para garantir a conservação do mancal. Nesse caso, deve-se também proceder com o giro semanal do eixo.

Nos motores monofásicos armazenados por um período maior que dois anos, é recomendado que seus capacitores de partida sejam substituídos. As caixas de ligação devem estar limpas e secas no seu interior. Os elementos de contato devem estar isentos de oxidação e corretamente conectados.

As entradas de cabos não utilizadas devem estar corretamente seladas, a tampa da caixa de ligação deve ser fechada e as vedações devem estar em condições apropriadas para atender o grau de proteção do motor.

Deve-se assegurar espaço suficiente para realização de serviços de limpeza.

Remova ou fixe completamente a chaveta com fita crepe antes de ligar o motor.

Para motores montados na vertical com a ponta de eixo para baixo, recomenda-se o uso de chapéu para evitar a penetração de corpos estranhos no interior do motor.

Para motores montados na vertical com a ponta de eixo para cima, recomenda-se o uso de um defletor de água para evitar a penetração de água pelo eixo.



ATENÇÃO

Os motores devem ser instalados em locais de fácil acesso, que permitam a realização de inspeções periódicas, de manutenções locais e, se necessário, a remoção dos mesmos para serviços externos.

1. O local deve ser limpo e bem ventilado.
2. A instalação de outros equipamentos ou paredes não deve dificultar ou obstruir a ventilação do motor e deve ter espaço suficiente para manutenção e manuseio.
3. Não colocar sobre os motores: caixas, sacos e entulhos que possam obstruir suas vias de ventilação.
4. Manter o local sempre seco, isento de água ou umidade.
5. Trocar as correias sempre que apresentarem desgaste.
6. Fazer pintura na carcaça dos motores para evitar ferrugens e corrosões.

16 MANUTENÇÃO DOS MOTORES ELÉTRICOS

A finalidade da manutenção é prolongar ao máximo a vida útil do motor. A falta de manutenção causará paradas não desejadas do equipamento. Antes de iniciar qualquer serviço de manutenção, as máquinas devem estar completamente paradas e desconectadas da rede de alimentação.

16.1 INSPEÇÃO GERAL

A frequência com que devem ser realizadas as inspeções depende do tipo do motor, da aplicação e das condições do local da instalação. Durante a inspeção, recomenda-se:

1. Fazer uma inspeção visual do motor e do acoplamento, observando os níveis de ruído, vibração, alinhamento, sinais de desgaste e oxidação. Peças danificadas devem ser substituídas.
2. Manter a carcaça limpa, eliminando todo acúmulo de óleo ou de pó na parte externa do motor para facilitar a troca de calor com o meio ambiente.
3. Verificar a condição do ventilador, das entradas e saídas de ar, assegurando um livre fluxo do ar.
4. Verificar o aperto das conexões dos cabos de alimentação e a isolação.
5. Verificar o estado da passagem dos cabos na caixa de ligação, os prensa-cabos e as vedações nas caixas de ligação e efetuar a troca, se necessário.

16.2 LIMPEZA GERAL

O interior do motor deve ser mantido limpo, isento de poeira, detritos e óleos. Para a limpeza utilizar escovas ou panos limpos de algodão. Se a poeira não for abrasiva, a limpeza deve ser feita com um aspirador de pó industrial, "aspirando" a sujeira da tampa defletora e todo o acúmulo de pó contido nas pás do ventilador e na carcaça.

Os detritos impregnados com óleo ou umidade podem ser removidos com pano embebido em solventes adequados. Também é recomendado fazer a limpeza das caixas de ligação. Os bornes e conectores de ligação devem ser mantidos limpos e sem oxidação. É importante evitar a presença de graxa ou zinabre nos componentes de ligação.

Para obter uma operação mais satisfatória e uma vida mais prolongada do enrolamento, recomenda-se manter o mesmo livre de sujeira, óleo, pó metálico, contaminantes etc. O enrolamento deve ser inspecionado e limpo periodicamente e deve trabalhar com ar limpo.

Para condições extremas de sujeira, poderá haver a necessidade da limpeza com um solvente líquido apropriado. Essa limpeza deverá ser feita rapidamente para não expor o enrolamento por muito tempo à ação dos solventes. Após a limpeza com solvente o enrolamento deverá ser secado completamente.

Após uma limpeza cuidadosa:

- Verificar as isolações do enrolamento e das ligações.
- Verificar as fixações dos distanciadores, amarrações, estecas de ranhuras, bandagens e suportes.
- Verificar se não ocorreram eventuais rupturas, se não há soldas deficientes e curto-circuito entre espiras.

16.3 LUBRIFICAÇÃO

A correta lubrificação é de vital importância para o bom funcionamento do motor. Utilizar o tipo e a quantidade de graxa ou óleo especificado e seguir os intervalos de relubrificação recomendados para os mancais.

Para cada variação de 15 °C na temperatura do mancal, o intervalo de relubrificação deverá ser reduzido pela metade.

Motores originais de fábrica para posição horizontal, porém instalados na posição vertical, devem ter seu intervalo de relubrificação reduzido pela metade.

Nos motores sem graxeira, a lubrificação deve ser efetuada conforme plano de manutenção preventiva existente. A desmontagem e montagem do motor, deve ser feita conforme recomendações técnicas.

Motores com rolamentos blindados (por exemplo, ZZ, DDU, 2RS, VV) devem ter os rolamentos substituídos ao final da vida útil da graxa.

Em motores com graxeira, a relubrificação dos rolamentos deve ser feita com o motor parado e da seguinte maneira:

1. Limpar as proximidades do orifício de entrada de graxa.
2. Colocar aproximadamente a metade da graxa total recomendada na placa de identificação do motor e girar eixo durante aproximadamente 1 (um) minuto na rotação nominal.
3. Desligar o motor, colocar o restante da graxa e recolocar a proteção de entrada.

Para relubrificação dos rolamentos com o motor em operação, deve-se proceder da seguinte maneira:

1. Limpar as proximidades do orifício de entrada de graxa.
2. Colocar a quantidade total de graxa recomendada na placa de identificação do motor e recolocar a proteção de entrada.

16.4 COMPATIBILIDADE DA GRAXA MOBIL POLYREX EM COM OUTRAS GRAXAS

A graxa Mobil Polyrex EM possui espessante de poliureia e óleo mineral, e é compatível com outras graxas que contenham:

- Espessante de lítio ou complexo de lítio ou poliureia e óleo mineral altamente refinado.
- A graxa aplicada deve possuir em sua formulação aditivos inibidores de corrosão e oxidação.

Apesar da graxa Mobil Polyrex EM ser compatível com os tipos de graxa indicados acima, não é recomendada a mistura de graxas.

17 USO RACIONAL DE MOTORES ELÉTRICOS

1. Não utilize motores de elevadas potências sem necessidade. Eles causam desperdício de energia. O mesmo acontece com motores de potências inferiores.
2. Evite usar motores elétricos nos horários em que a energia é usada para iluminação, evitando sobrecargas nas redes elétricas.
3. Não ligue mais de um motor ao mesmo tempo. A corrente requerida na partida é muito elevada e a rede pode não suportar, além do consumo extra de energia.
4. Utilize chaves adequadas para cada tipo de motor e operação, evitando, assim, danos nos equipamentos e desperdício de energia.
5. Use os motores no maior tempo possível, de preferência de uma só vez. Evite muitas partidas durante o trabalho. O consumo é alto até que eles atinjam a rotação normal.
6. Motores de potências acima de 5 CV devem ter a partida aliviada (indireta). Partida direta em motores de alta potência, geram alto consumo e risco de incendiar a rede elétrica e os próprios motores.
7. Os motores não devem ser instalados em locais úmidos. Nessas condições eles provocam choque e consomem mais energia. Além riscos de morte aos usuários mesmo havendo aterramento.

18 ATIVIDADE DE DESMONTAGEM E MONTAGEM DO MOTOR ELÉTRICO

A atividade de desmontagem e manutenção de motores elétricos deverá ser feita de maneira organizada, com cautela, em local apropriado e limpo, e que tenha uma bancada equipada com ferramentas adequadas ao trabalho. A desmontagem deverá ser feita através de uma sequência, que pode variar conforme a marca e o tipo de motor.

18.1 DESMONTAGEM DE MOTORES ELÉTRICOS

De maneira geral os passos para a desmontagem do motor são:

1. Retirar as ligações dos terminais do motor da sua caixa de ligação. Não faça nenhum trabalho de desmontagem, limpeza ou manutenção com o motor instalado na rede.
2. Reunir todas as ferramentas que serão utilizadas antes de iniciar a atividade. Estas deverão estar em condições de trabalho.
3. Fazer uma limpeza rigorosa na parte externa do motor, removendo toda a poeira, graxas e outros resíduos.
4. Retirar a polia se tiver, utilizando um sacador. Não bata na polia que pode entortar o eixo do motor.
5. Antes de soltar os parafusos de fechamento do motor é necessário marcar as tampas e a carcaça com uma pequena punção, para que fiquem exatamente nas posições originais depois de montado novamente.
6. Soltar os parafusos de fechamento do motor, se for de refrigeração interna.
7. Retirar a tampa defletora de ventilação, se o motor for de refrigeração externa.
8. Soltar o contrapino fixador da ventoinha e retirá-la com muito cuidado. Se o eixo tiver sinal de ferrugem é necessário lixar e passar um pouco de óleo antes de sacar a ventoinha.
9. Nos motores de refrigeração externa, soltar os parafusos de fixação das tampas.
10. Retirar a tampa dianteira primeiro (lado da polia), dando batidas leve com um martelo. Não bater com o martelo diretamente na tampa do motor. Utilizar uma talhadeira. O rotor poderá até sair junto. A retirada do rotor deverá ser feita com muito cuidado para não encostar nos enrolamentos de fio.
11. Retire a tampa traseira com o mesmo procedimento. Nos motores monofásicos deve-se tomar muito cuidado com o interruptor centrífugo que é parafusado na tampa.
12. Para retirar os rolamentos é preciso usar um sacador próprio. Para isso prender o rotor na posição vertical numa morsa de bancada. O rotor não deverá ser preso diretamente nos batentes de ferro da morsa, isso poderá danificá-lo. Deve-se forrar os batentes com cantoneiras de alumínio.
13. Se os rolamentos forem blindados dos dois lados (ZZ) e apresentarem folga ou chiado, devem ser substituídos. Se forem abertos ou blindados de um lado (Z), devem ser lavados com óleo *diesel* ou gasolina e fazer a verificação de folga ou chiado. Se não apresentarem nenhum problema, deve-se engraxar novamente para a montagem.

14. Os procedimentos de limpeza interna estão descritos no capítulo de manutenção.

18.2 MONTAGEM DE MOTORES ELÉTRICOS

1. Antes de colocar os rolamentos é importante fazer uma leve lubrificação no eixo do rotor para facilitar a operação.
2. A colocação dos rolamentos é feita numa prensa hidráulica apropriada ou através de leves batidas com um martelo e um cano compatível com o diâmetro do centro do rolamento. Rolamento de blindagem Z, o lado aberto deve ficar para dentro do motor.
3. Colocar primeiramente a tampa traseira sem esquecer das marcas das posições originais da tampa com a carcaça. Dar batidas leves com um martelo para que o encaixe fique perfeito. Bater somente nos locais apropriados para não danificar a tampa.
4. Colocar a polia antes de fechar o motor. Acoplar a tampa dianteira no eixo e prender o rotor na morsa na posição vertical, de modo que a outra ponta encoste na parte de baixo da morsa sobre uma madeira para não danificar a ponta do eixo. Lubrificar o eixo e inserir a polia verificando o encaixe da chaveta, dar batidas leves com o martelo sobre um calço para não danificar a polia. Apertar o parafuso Allen. Essa operação deve ser feita preferencialmente numa prensa hidráulica. Não colocar a polia com o motor fechado, isso poderá causar sérios danos ao motor. Sempre que for colocar polias em motores elétricos, estes devem ser desmontados.
5. Antes de inserir o rotor deve-se fazer uma pequena lubrificação com óleo na sede do rolamento e conferir se a arruela de encosto ondulada está encostada no rolamento da tampa traseira.
6. Colocar o rotor com cuidado para não encostar no enrolamento de cobre, isso pode ferir o verniz isolante e provocar curto-circuito e queimar o motor.
7. Colocar a tampa dianteira, obedecendo o mesmo critério.
8. Colocar os parafusos e dar leves batidas na tampa com o martelo. Apertar bem os parafusos e dar mais algumas marteladas leves na tampa até sentir firmeza. As tampas não podem ficar envezadas (fora da posição original).
9. Colocar os outros componentes na ordem inversa da desmontagem.
10. Apertar bem os parafusos das tampas, dar leves batidas com martelo nos locais apropriados para o assentamento final. Girar o eixo manualmente para verificar se o rotor ficou livre e que não apresente ruídos estranhos.



ATENÇÃO

Nunca ligue um motor com a chaveta no rasgo do eixo sem a polia. Para isso é necessário dar várias voltas com fita crepe para prender a chaveta.

19 PROBLEMAS E SOLUÇÕES EM MOTORES ELÉTRICOS

Os principais problemas referentes a motores elétricos e as possíveis causas e soluções estão apresentadas na Tabela 45, enquanto os principais problemas com rolamentos são apresentados na Tabela 46.

Tabela 45 – Problemas e soluções em motores elétricos.

Problema	Possíveis causas	Solução
Motor não parte, nem acoplado e nem desacoplado	Interrupção na alimentação do motor	Verificar o circuito de comando e os cabos de alimentação do motor
	Fusíveis queimados	Substituir os fusíveis
	Erro na conexão do motor	Corrigir as conexões do motor conforme diagrama de conexão
	Mancal travado	Verificar se o mancal gira livremente
Quando acoplado com carga, o motor não parte ou parte muito lentamente e não atinge rotação nominal	Carga com torque muito elevado durante a partida	Não aplicar carga na máquina durante a partida
	Queda de tensão muito alta nos cabos de alimentação	Verificar o dimensionamento da instalação (transformador, seção dos cabos, relés, disjuntores, etc.)
Ruído elevado/anormal	Defeito nos componentes de transmissão ou na máquina acionada	Verificar a transmissão de força, o acoplamento e o alinhamento
	Base desalinhada/desnivelada	Realinhar/nivelar o motor e a máquina acionada
	Desbalanceamento dos componentes ou da máquina acionada	Refazer balanceamento
	Tipos diferentes de balanceamento entre motor e acoplamento (meia chaveta, chaveta inteira)	Refazer balanceamento
	Sentido de rotação do motor errado	Inverter o sentido de rotação do motor
	Parafusos de fixação soltos	Reapertar os parafusos
	Ressonância da fundação	Verificar o projeto da fundação
	Rolamentos danificados	Substituir os rolamentos

Aquecimento excessivo no motor	Refrigeração insuficiente	Limpar as entradas e saídas de ar da defletora e da carcaça
		Verificar as distâncias mínimas entre a entrada da defletora de ar e paredes próximas
		Verificar temperatura do ar na entrada
	Sobrecarga	Medir a corrente do motor, analisando sua aplicação e, se necessário, diminuir a carga
	Excessivo número de partidas ou momento de inércia da carga muito elevado	Reduzir o número de partidas
	Tensão muito alta	Verificar a tensão de alimentação do motor. Não ultrapassar a tolerância
	Tensão muito baixa	Verificar a tensão de alimentação e a queda de tensão no motor. Não ultrapassar a tolerância
Interrupção de um cabo de alimentação	Verificar a conexão de todos os cabos de alimentação	
Aquecimento excessivo no motor	Desequilíbrio de tensão nos terminais de alimentação do motor	Verificar se há fusíveis queimados, comandos errados, desequilíbrio nas tensões da rede de alimentação, falta de fase ou nos cabos de ligação
	Sentido de rotação não compatível com o ventilador unidirecional	Verificar sentido de rotação conforme marcação do motor
Aquecimento do mancal	Graxa/óleo em demasia	Fazer limpeza do mancal e lubrificar segundo as recomendações
	Envelhecimento da graxa/óleo	
	Utilização de graxa/óleo não especificados	Lubrificar segundo as recomendações
	Falta de graxa/óleo	Reduzir tensão nas correias
	Excessivo esforço axial ou radial	Redimensionar a carga aplicada ao motor

Tabela 45 – Problemas com rolamentos.

Defeitos	Possíveis causas	Determinação e eliminação
Motor ronca durante a operação	Rolamentos danificados	Rolamentos danificados
Ruídos moderados no rolamento, pontos foscos, formação de ranhuras nas pistas	Rolamento foi montado em posição enviesada	Recuperar o assento no eixo e substituir o rolamento
Alto ruído do rolamento e um aquecimento maior do rolamento	Corrosão na gaiola, pequenos cavacos na graxa, formação de falhas nas pistas devido a deficiência da graxa, eventualmente folga inadequada no rolamento	Fazer limpeza e reengraxar segundo as prescrições
		Substituir o rolamento
Aquecimento dos rolamentos	Graxa em excesso	Retirar o bujão de escapamento da graxa e deixar o motor funcionando até que se verifique a saída do excesso de graxa
	Excessivo esforço axial ou radial da correia	Diminuir o esforço da correia
	Eixo torto/vibração excessiva	Corrigir o eixo e verificar o balanceamento do rotor. Verificar a origem da vibração e corrigir
	Falta de graxa	Adicionar graxa no rolamento
	Graxa endurecida ocasionando o travamento das esferas	Substituir os rolamentos
	Matérias estranhas na graxa	Lavar os rolamentos e lubrificar
Manchas escuras num lado da pista do rolamento	Força axial muito grande	Examinar as relações do acionamento e acoplamento
Linhas escuras bastante juntas nas pistas ou ranhuras transversais; No caso de rolamento de esferas, marcas puntiformes	Circulação de corrente pelos mancais	Limpar e substituir o isolamento do mancal. Colocar isolamento, se não houver
		Desviar a corrente evitando passá-la pelo rolamento
Sulcos nas pistas. Recalcamentos na divisão dos elementos cilíndricos	Vibrações externas, principalmente quando o motor permaneceu fora de operação por longos períodos	De tempos em tempos girar o rotor do motor parado para outra posição, principalmente em se tratando de motor sobressalente
	Falta de manutenção durante a armazenagem	

20 SEGURANÇA COM MOTORES ELÉTRICOS

Motores elétricos possuem circuitos energizados, componentes girantes e superfícies quentes que durante sua operação normal podem causar danos às pessoas. O transporte, armazenagem, instalação, operação e manutenção devem ser realizadas apenas por pessoal capacitado.



PRECAUÇÃO

Durante a instalação e manutenção, os motores devem estar desconectados da rede, estar completamente parados e cuidados adicionais devem ser tomados para evitar partidas acidentais. Motores elétricos utilizados inadequadamente, ou que receberam manutenção deficiente, podem causar sérios danos pessoais e/ou materiais.

Assim, a operação com caixas de ligação abertas, acoplamentos não protegidos, manuseio incorreto, instalações inadequadas e malfeitas e sem considerar as normas de operação, pode causar graves acidentes às pessoas.

Figura 98 – Equipamento de proteção individual – EPI (Eletricidade).



a) Luvas de cano longo.



b) Luvas de malha pigmentadas.



c) Óculos transparentes.



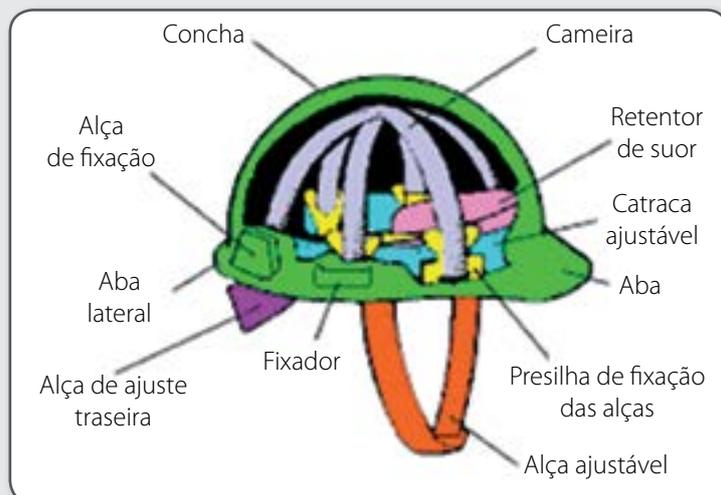
d) Bota isolante.



e) Capacete de proteção.



g) Máscara de proteção facial.



f) Detalhes técnicos de um capacete.

21 CÁLCULOS DE POLIAS E ENGRENAGENS (RPM-VELOCIDADE)

21.1 POLIAS

A relação de velocidade entre o motor e a máquina, depende das polias e das correias. Polias de mesmo diâmetro transmitem a mesma velocidade do motor. Se a polia motora for maior que a movida, a velocidade transmitida será maior e vice-versa. Velocidade operacional é a velocidade da máquina.

Calculando a rotação por minuto (rpm) – velocidade:

Fórmula:

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

Onde:

n_1 = rpm da polia motora

n_2 = rpm da polia movida

D_1 = diâmetro da polia motora (mm)

D_2 = diâmetro da polia movida (mm)

Exemplo: Motor de 600 rpm com polia movida de 200 mm e polia motora de 60 mm, calcular a rotação da polia movida.

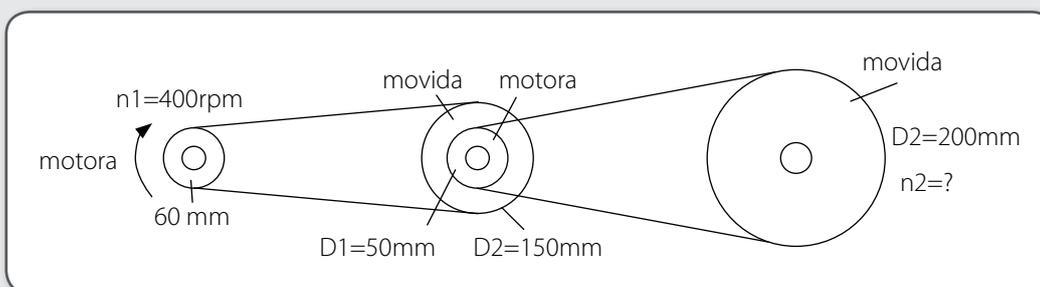
$n_1 = 600$ rpm $n_2 = ?$

$D_2 = 200$ mm $D_1 = 60$ mm

$$\frac{600}{n_2} = \frac{200}{60} \Rightarrow n_2 = \frac{600 \times 60}{200} \Rightarrow n_2 = \frac{36\,000}{200} \Rightarrow n_2 = 180 \text{ rpm}$$

A rotação da polia movida será 180 rpm.

Figura 99 – Exemplo de cálculo de polias em 2 estágios (diâmetros e RPM).



1º passo – Calcular o primeiro estágio:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_1}{D_2} \Rightarrow n_2 = \frac{1000 \times 60}{150} \Rightarrow n_2 = \frac{60\,000}{150} \Rightarrow n_2 = 400 \text{ rpm}$$

Dados:

$$n_1 = 1.000 \text{ rpm}$$

$$D_2 = 150 \text{ mm}$$

$$D_1 = 60 \text{ mm}$$

$$n_2 = ?$$

A rotação da primeira polia movida (n_2) é de 400 rpm.

2º passo – Calcular o segundo estágio:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_1}{D_2} \Rightarrow n_2 = \frac{400 \times 50}{200} \Rightarrow n_2 = \frac{20\,000}{200} \Rightarrow n_2 = 100 \text{ rpm}$$

Dados:

$$n_1 = 400 \text{ rpm}$$

$$D_2 = 200 \text{ mm}$$

$$D_1 = 50 \text{ mm}$$

$$n_2 = ?$$

A rotação da segunda polia movida (n_2) é de 100 rpm.

21.2 ENGRENAGENS

Engrenagens com o mesmo número de dentes, tem a mesma velocidade. Engrenagens com número diferentes aumentam o diâmetro e a velocidade.

Fórmula:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Onde:

n_1 – rpm da engrenagem motora

n_2 – rpm da engrenagem movida

Z_1 – número de dentes da engrenagem motora

Z_2 – número de dentes da engrenagem movida

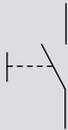
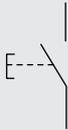
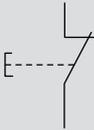
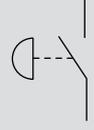
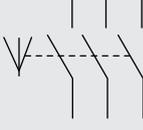
22 SÍMBOLOS E DIAGRAMAS PARA MOTORES ELÉTRICOS

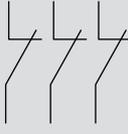
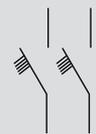
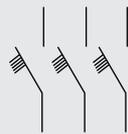
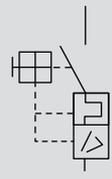
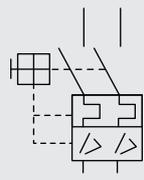
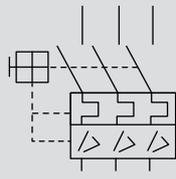
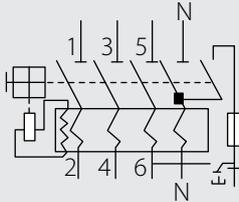
A nomenclatura esquemática e diagramas utilizados em motores elétricos são apresentados nas tabelas 47, 48 e 49.

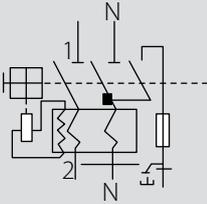
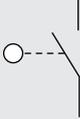
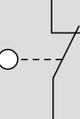
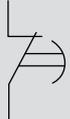
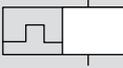
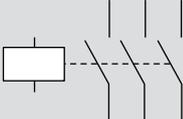
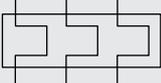
Tabela 47 – Nomenclatura esquemática utilizada em motores elétricos.

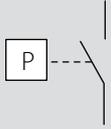
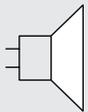
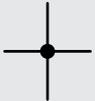
Símbolos	Significado
B	Sensores e fotocélulas
C	Capacitores
F ou e F ₁ , F ₂ , F ₃ , F ₄ , F ₅ . e ₁ , e ₂ , e ₃ , e ₄ , e ₅	Fusíveis e relês. Proteção.
FT FT ₁ , FT ₂ , FT ₃	Relês bimetálicos (térmicos)
KT ou d KT ₁ , KT ₂ , KT ₃ d ₁ , d ₂ , d ₃	Relês temporizados (tempo)
H H ₁ – Verde H ₂ – Amarela H ₃ – Vermelha H ₄ – Azul	Lâmpadas sinalizadoras
K ou c K ₁ , K ₂ , K ₃ C ₁ , C ₂ , C ₃	Contatores
M M ₁ – motor principal M ₂ – segundo motor M ₃ – terceiro motor	Motores
Q Q ₁ – disjuntor principal Q ₂ – segundo disjuntor Q ₃ – terceiro disjuntor	Disjuntores, DR, DPS
S ou b S0 – Botoeira NF – desliga S1 – Botoeira NA – liga b0 – Comando NF – desliga b1 – Comando NA – liga	Botão de ligação (comando)
T	Transformador
RST	Rede trifásica
MRFC	Microrruptor fim de curso
IFC	Interruptor fim de curso
TMT	Termostato
SIR	Sirene
BAT	Bateria

Tabela 48 – Simbologia para diagramas de instalação de motores elétricos.

Nome	Representação
Fusíveis	
Botão de acionamento manual – NA (aberto)	
Botão de impulso (pressão) retorno por mola – NA (aberto)	
Botão de impulso (pressão) retorno por mola – NF (fechado)	
Botão de emergência (soco) NF (fechado)	
Botão de emergência (soco) NA (aberto)	
Chave geral tripolar	
Chave geral bipolar	
Contato monopolar NA (aberto)	
Contato bipolar NA (aberto)	
Contato tripolar NA (aberto)	

Nome	Representação
Contato monopolar NF (fechado)	
Contato bipolar NF (fechado)	
Contato tripolar NF (fechado)	
Disjuntor térmico monopolar	
Disjuntor térmico bipolar	
Disjuntor térmico tripolar	
Disjuntor termomagnético monopolar	
Disjuntor termomagnético bipolar	
Disjuntor termomagnético tripolar	
DR tetrapolar	

Nome	Representação
DR bipolar	
Interruptor NA (aberto)	
Interruptor NF (fechado)	
Interruptor fim de curso NA (aberto)	
Interruptor fim de curso NF (fechado)	
Contato NA de relê temporizado com fechamento na energização	
Contato NF de relê temporizado com abertura na energização	
Relê temporizador eletrônico	
Relê temporizador eletrônico Y – Δ	
Bobina de contator	
Contator	
Relê térmico (bimetálico)	
Contato principal do relê térmico (95 – 96) – NF	

Nome	Representação
Contato auxiliar do relê térmico (97 – 98) – NA	
Termostato	
Controlador de temperatura	
Pressostato	
DPS	
Sensor	
Motor monofásico	
Motor trifásico	
Lâmpada (sinalização)	
Transformador	
Sirene	
Cruzamento sem conexão	
Cruzamento com conexão	

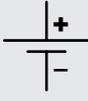
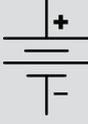
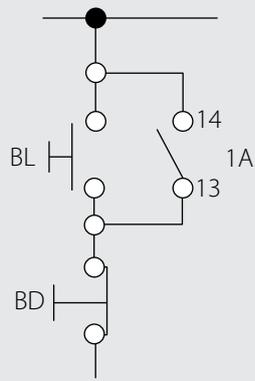
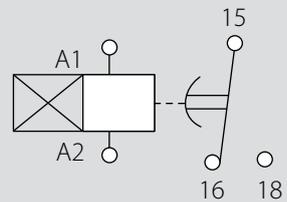
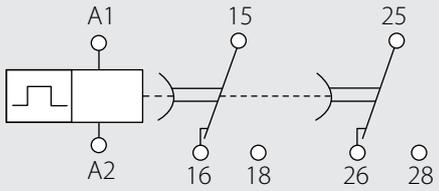
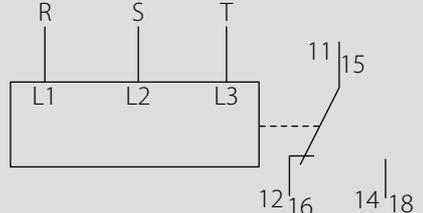
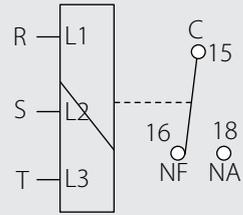
Nome	Representação
Terra	
Pilha	
Bateria	

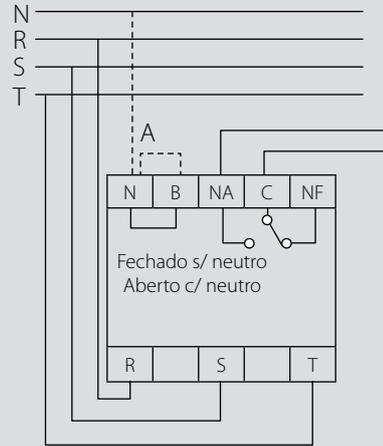
Tabela 49 – Diagramas utilizados em motores elétricos.

Bloco de contato de uma botoeira	
Relê temporizador com retardo na energização	
Relê temporizador para partida Y – Δ	
Relê falta de fase (1)	

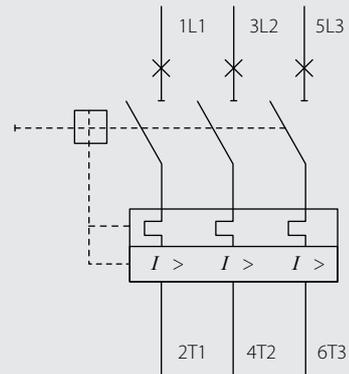
Relê falta de fase (2)



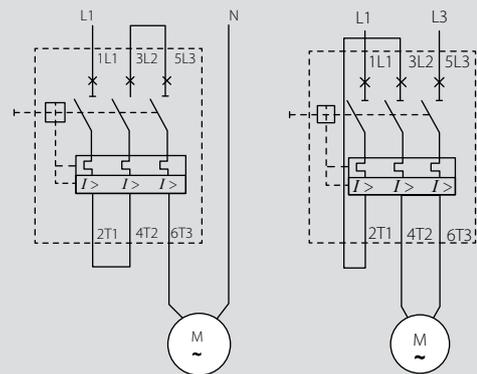
Relê falta de fase com Neutro



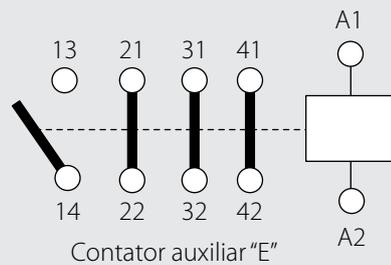
Disjuntor motor trifásico

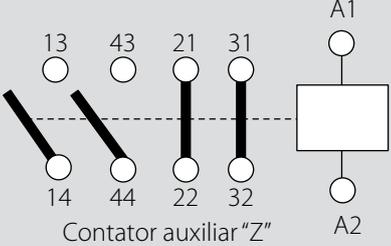
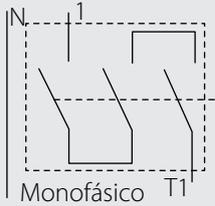
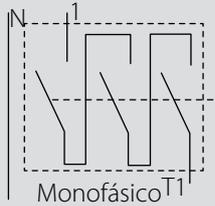
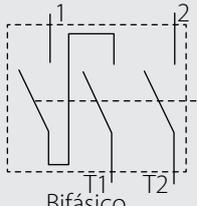
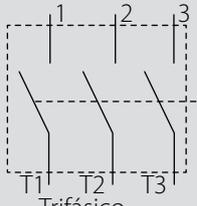
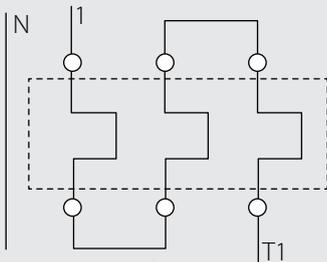


Disjuntor motor monofásico



Contatos auxiliares de um contator do tipo "E".



<p>Contatos auxiliares de um contator do tipo "Z".</p>	 <p>Contator auxiliar "Z"</p>
<p>Ligação de um contator em rede monofásica (1)</p>	 <p>Monofásico T1</p>
<p>Ligação de um contator em rede monofásica (2)</p>	 <p>Monofásico T1</p>
<p>Ligação de um contator em rede bifásica</p>	 <p>Bifásico T1 T2</p>
<p>Ligação de um contator em rede trifásica</p>	 <p>Trifásico T1 T2 T3</p>
<p>Ligação de um relê térmico em rede monofásica</p>	 <p>Monofásico T1</p>

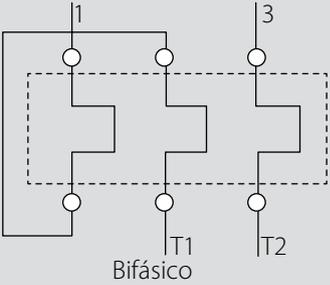
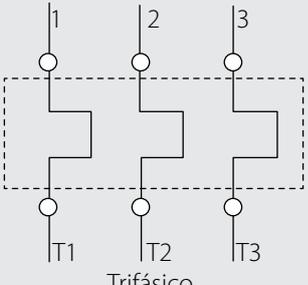
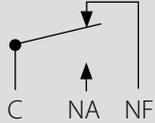
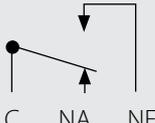
Ligação de um relê térmico em rede bifásica	 <p style="text-align: center;">Bifásico</p>
Ligação de um relê térmico em rede trifásica	 <p style="text-align: center;">Trifásico</p>
Microrruptor (NF)	
Microrruptor (NA)	
Diagrama de um microrruptor fim de curso (NF)	
Microrruptor fim de curso (1NA + 1NF)	

Figura 100 – Painel para treinamento de instalação de motores (carga, controle e comando).

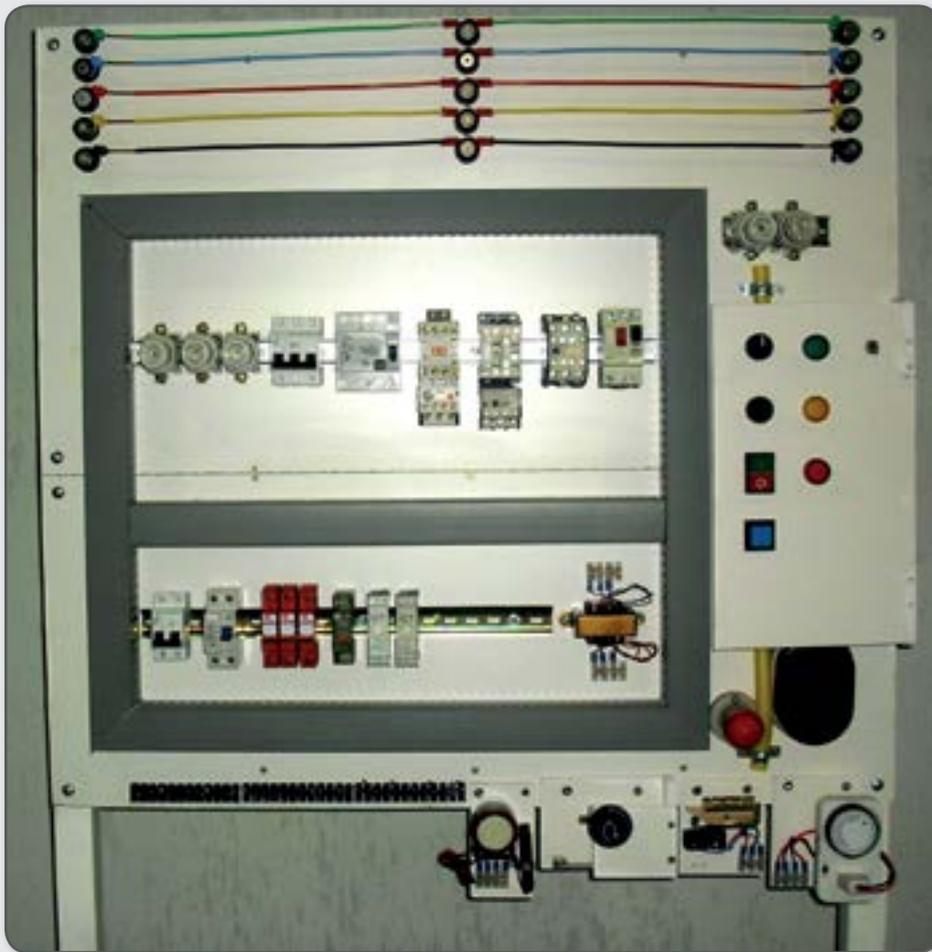


Figura 101 – Dispositivos diversos de acionamento de motores.



Figura 102 – Dispositivos do circuito principal (carga).



Figura 103 – Dispositivos do circuito de controle.

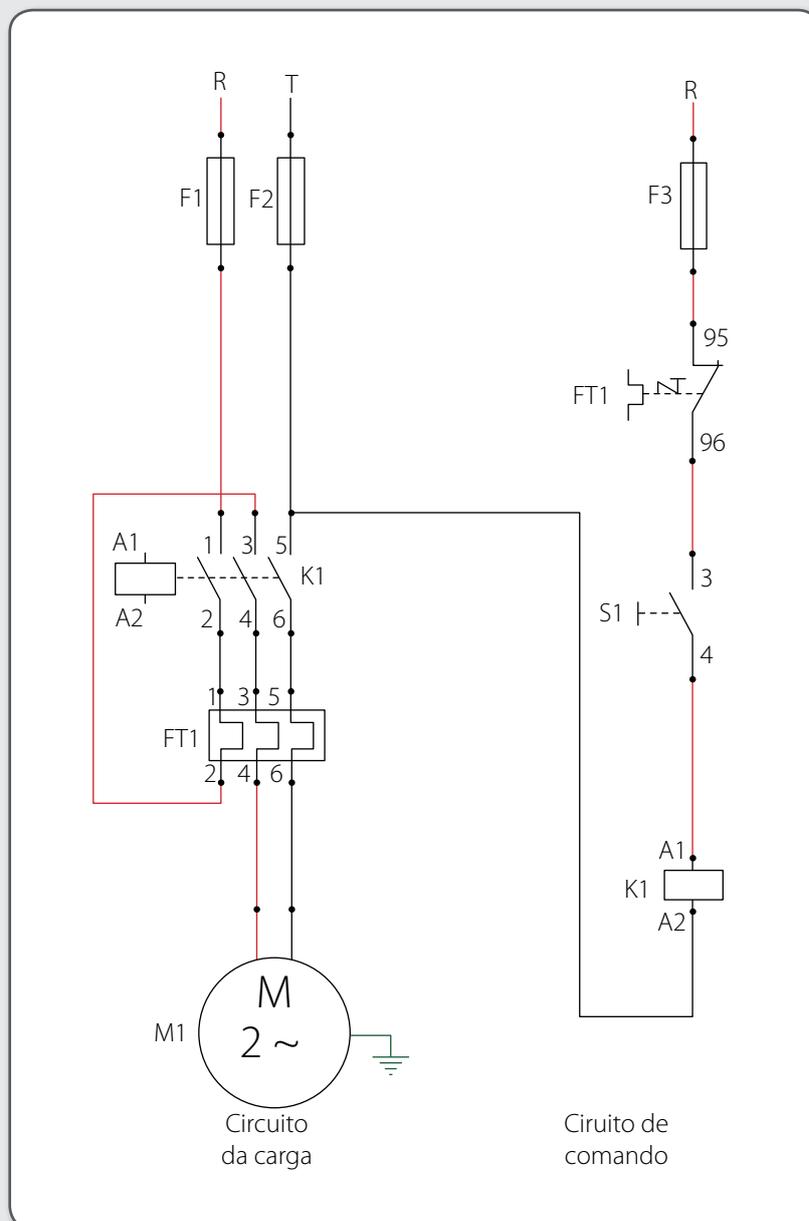


23 DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS DE INSTALAÇÕES DE MOTORES

23.1 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR MONOFÁSICO EM 220 V COM ACIONAMENTO MANUAL

Materiais: 1 motor monofásico
3 fusíveis
1 contator
1 relê térmico (bimetálico)
1 botoeira liga/desliga com travamento.

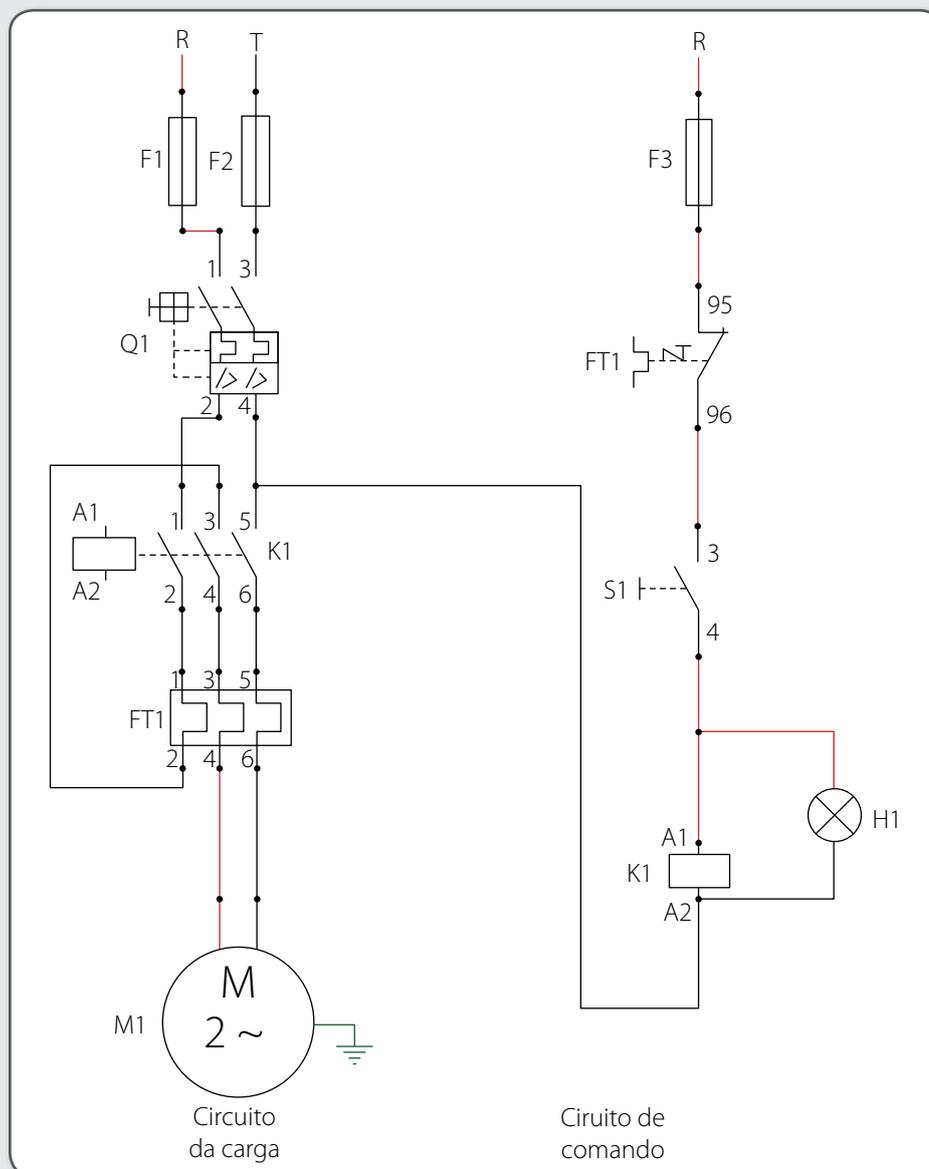
Figura 104 – Esquema de ligação de um motor monofásico em 220 V com acionamento manual.



23.2 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR MONOFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM PROTEÇÃO TERMOMAGNÉTICA

- Materiais:
- 1 motor monofásico
 - 3 fusíveis
 - 1 disjuntor termomagnético
 - 1 contator
 - 1 relê térmico (bimetálico)
 - 1 botoeira liga/desliga com travamento

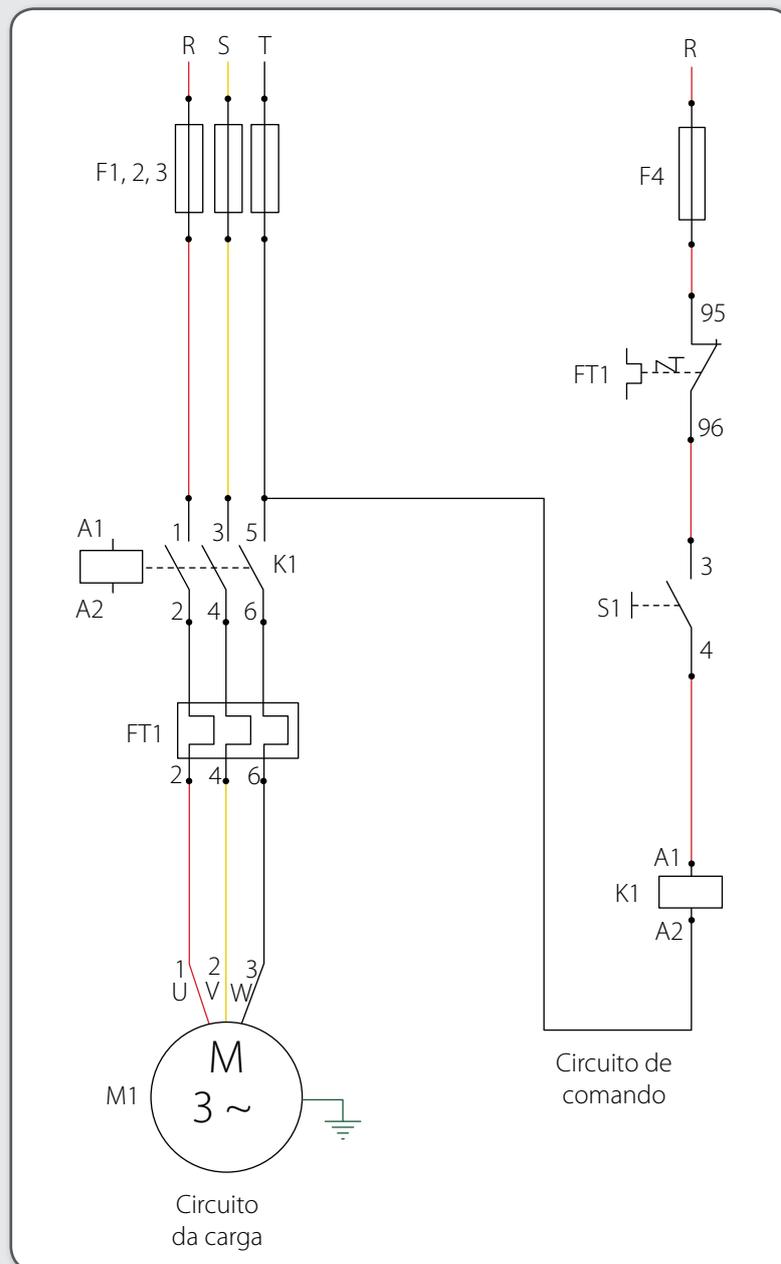
Figura 105 – Esquema de ligação de um motor monofásico em 220V, acionamento manual com proteção termomagnética.



23.3 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V COM ACIONAMENTO MANUAL

- Materiais: 1 motor trifásico
4 fusíveis
1 contator
1 relê térmico
1 botoeira liga/desliga com travamento.

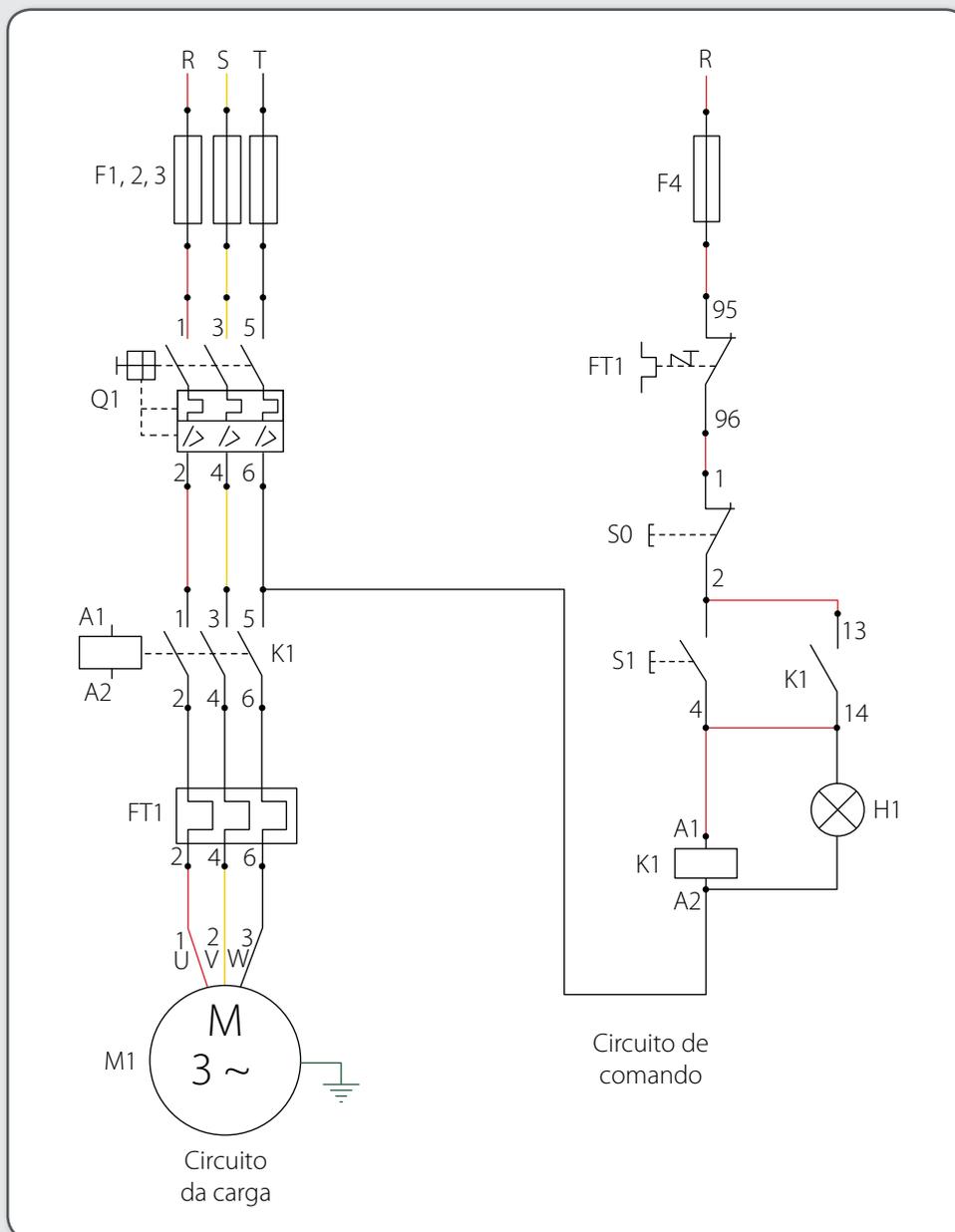
Figura 106 – Esquema de ligação de um motor trifásico em 220 V com acionamento manual.



23.4 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V COM ACIONAMENTO MANUAL E AUTOSSUSTENTAÇÃO (INTER-TRAVAMENTO - SELO), COM PROTEÇÃO TERMOMAGNÉTICA

Materiais: 1 motor trifásico
 4 fusíveis
 1 disjuntor termomagnético
 1 contator
 1 relê térmico (bimetálico)
 1 botoeira com dois botões liga/desliga (I – 0) (1NA + 1NF)
 1 sinalizador.

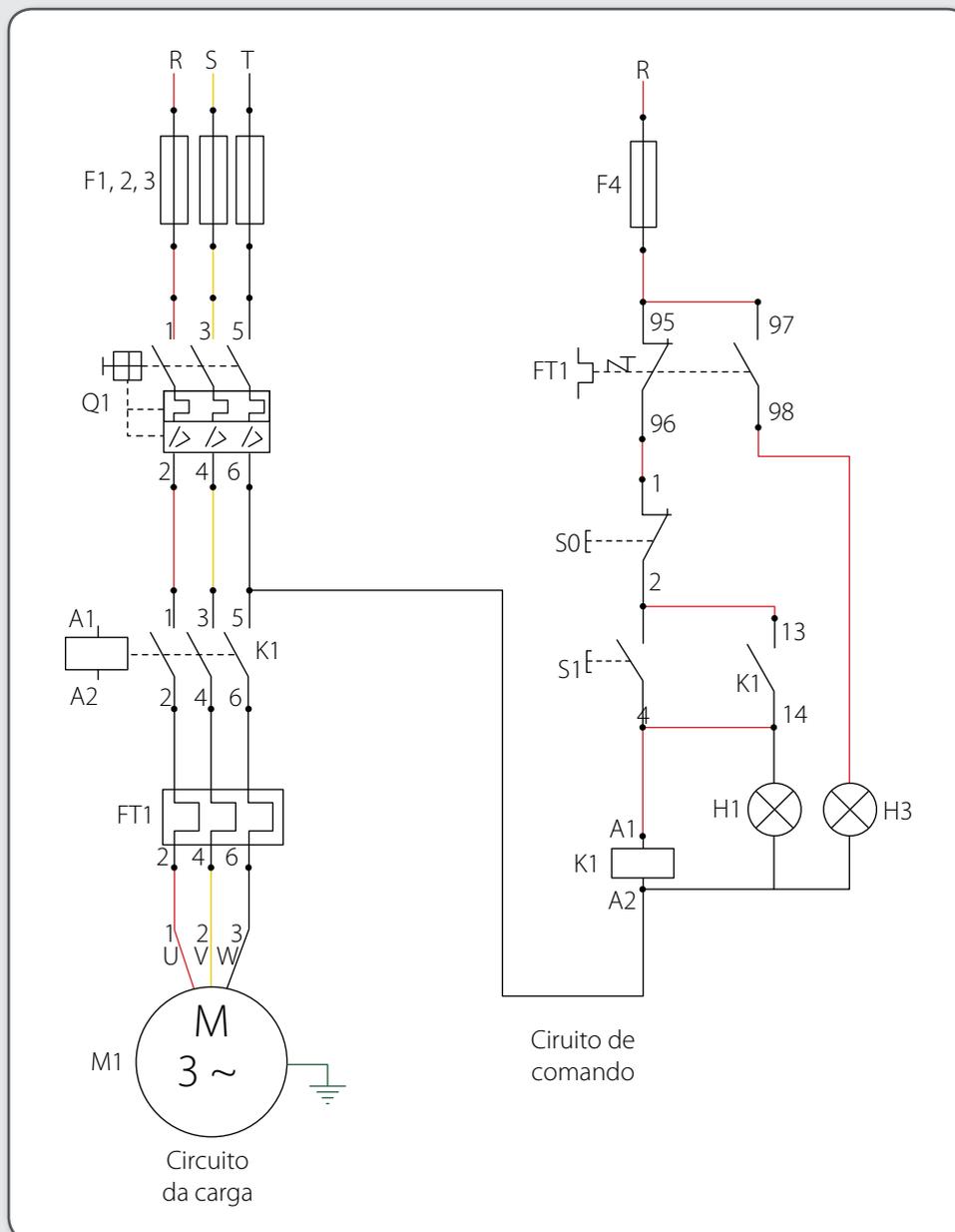
Figura 107 – Esquema de ligação de um motor trifásico em 220 V com acionamento manual e auto-sustentação (inter-travamento – selo), com proteção termomagnética.



23.5 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V COM ACIONAMENTO MANUAL E AUTOSSUSTENTAÇÃO (INTER-TRAVAMENTO - SELO) COM PROTEÇÃO TERMOMAGNÉTICA

Materiais: 1 motor trifásico
4 fusíveis
1 disjuntor termomagnético
1 contator
1 relê térmico (bimetálico)
1 botoeira com dois botões liga/desliga (I – 0) (1NA + 1NF)
2 sinalizadores.

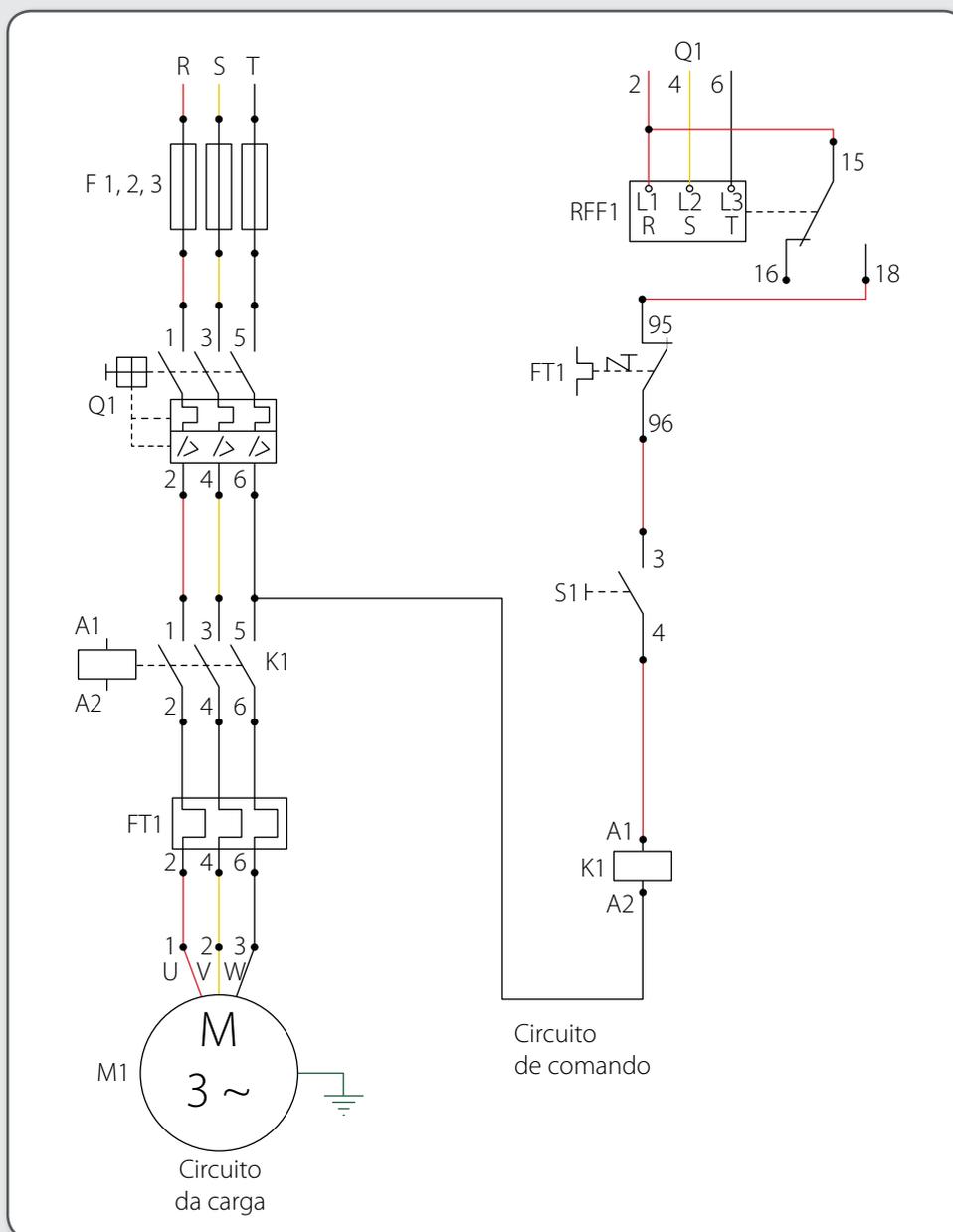
Figura 108 – Esquema de ligação de um motor trifásico em 220 V com acionamento manual e autoassustentação (inter-travamento – selo), com proteção termomagnética.



23.6 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL, COM PROTEÇÃO TERMOMAGNÉTICA RELÊ FALTA DE FASE

Materiais: 1 motor trifásico
3 fusíveis
1 contator
1 disjuntor termomagnético
1 relê térmico (bimetálico)
1 botoeira liga/desliga com travamento
1 relê falta de fase.

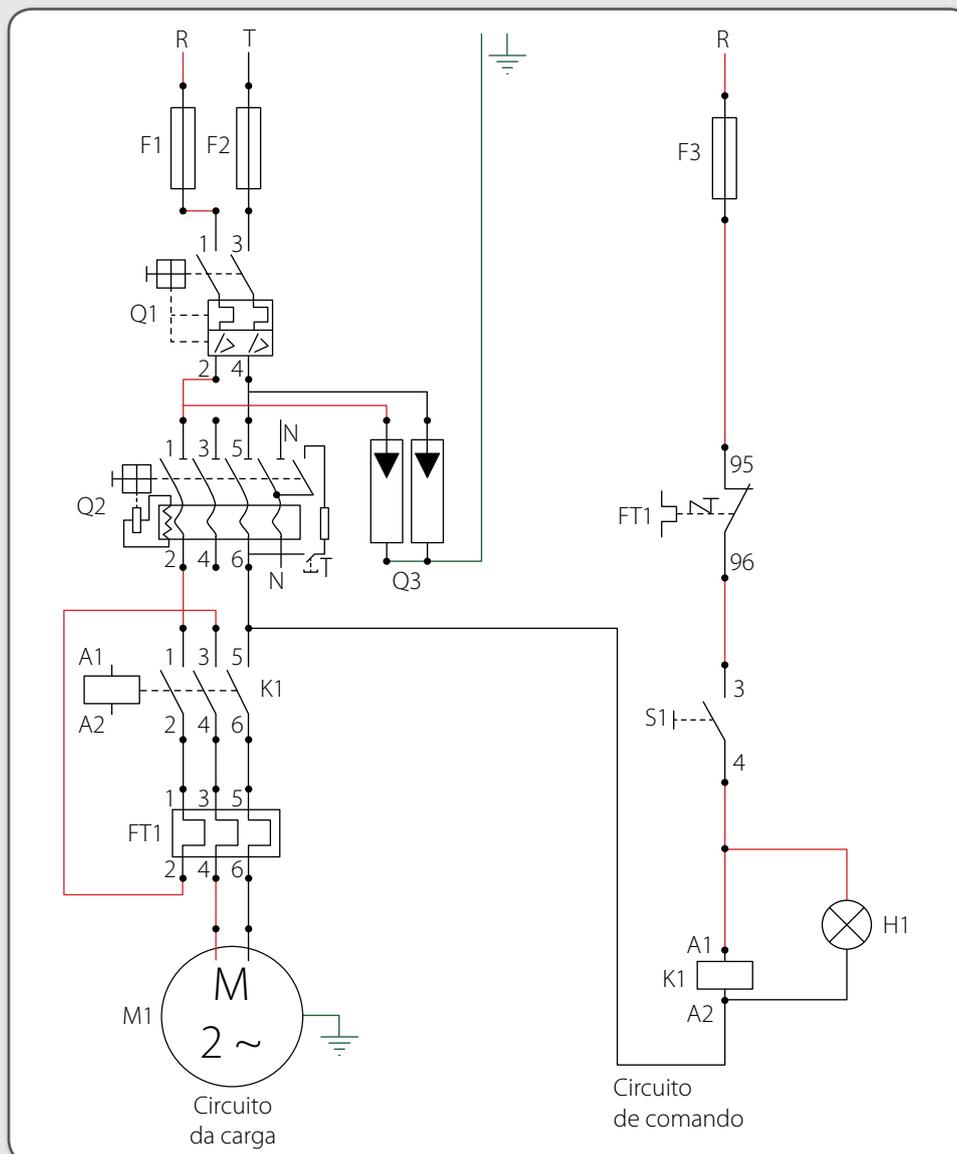
Figura 109 – Esquema de ligação de um motor trifásico em 220 V, acionamento manual, com proteção termomagnética relê falta de fase.



23.7 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR MONOFÁSICO EM 220 V COM ACIONAMENTO MANUAL E AUTOSSUSTENTAÇÃO (INTER-TRAVAMENTO - SELO), COM PROTEÇÃO TERMOMAGNÉTICA E SOBRE TENSÕES (RAIOS) E CONTRA CHOQUES ACIDENTAIS

Materiais: 1 motor monofásico
 2 fusíveis
 1 disjuntor termomagnético
 1 DR
 2 DPS
 1 contator
 1 relê térmico (bimetálico)
 1 botoeira liga/desliga
 1 sinalizador.

Figura 110 – Esquema de ligação de um motor monofásico em 220 V com acionamento manual e auto-sustentação (inter-travamento – selo), com proteção termomagnética e sobre tensões (raios) e contra choques acidentais.



23.8 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V COM ACIONAMENTO MANUAL E AUTOSSUSTENTAÇÃO (INTER-TRAVAMENTO - SELO), COM PROTEÇÃO TERMOMAGNÉTICA E SOBRE TENSÕES (RAIOS) E CONTRA CHOQUES ACIDENTAIS

Materiais: 1 motor trifásico

4 fusíveis

1 disjuntor termomagnético

1 DR

3 DPS

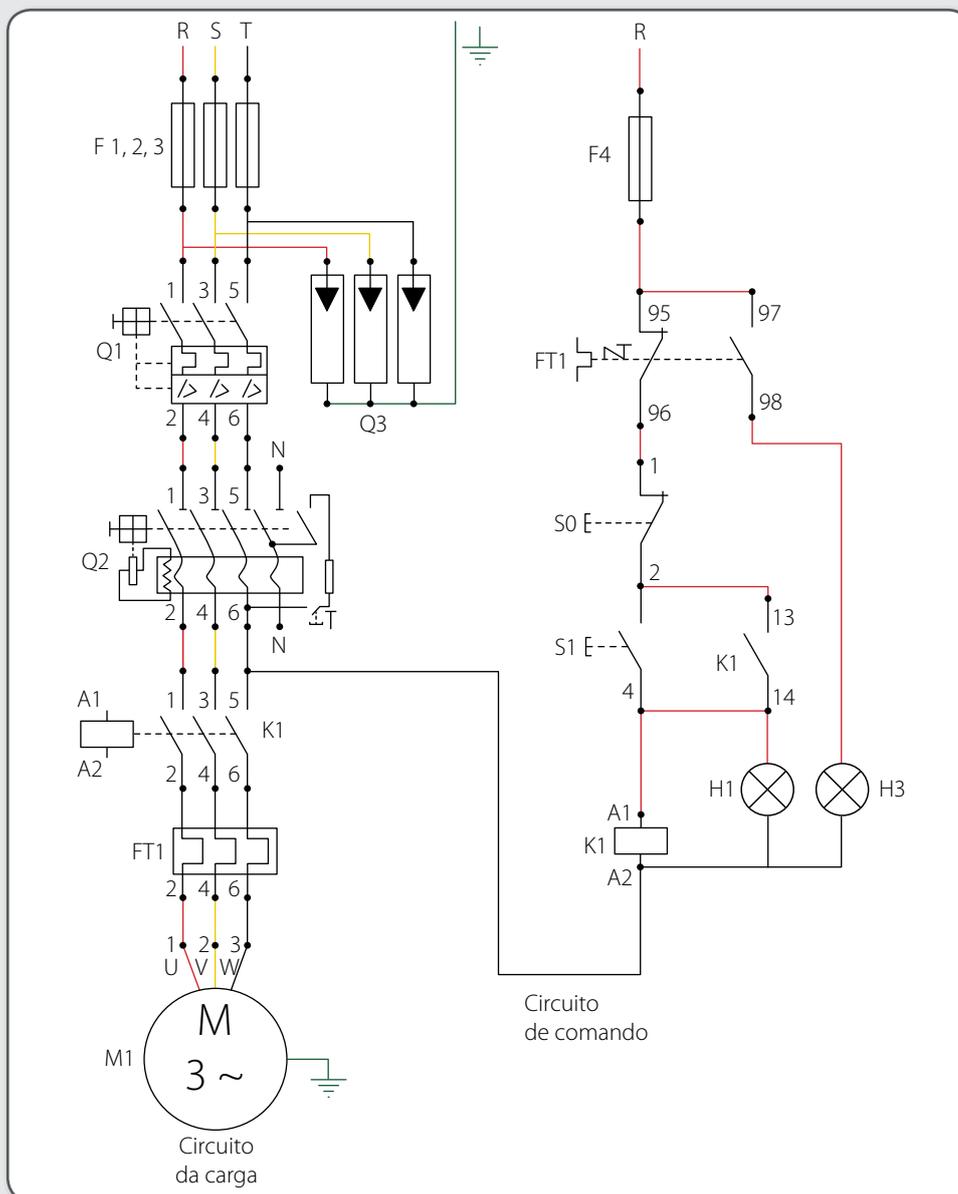
1 contator

1 relê térmico (bimetálico)

1 botoeira com dois botões liga/desliga (I – 0) (1NA + 1NF)

2 sinalizadores.

Figura 111 – Esquema de ligação de um motor trifásico em 220 V com acionamento manual e auto-sustentação (inter-travamento – selo), com proteção termomagnética e sobre tensões (raios) e contra choques acidentais.



23.9 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM ALARME DE FALTA DE ENERGIA, REDE BIFÁSICA, UTILIZANDO SIRENE 12 VCC

Materiais: 3 fusíveis

1 contator

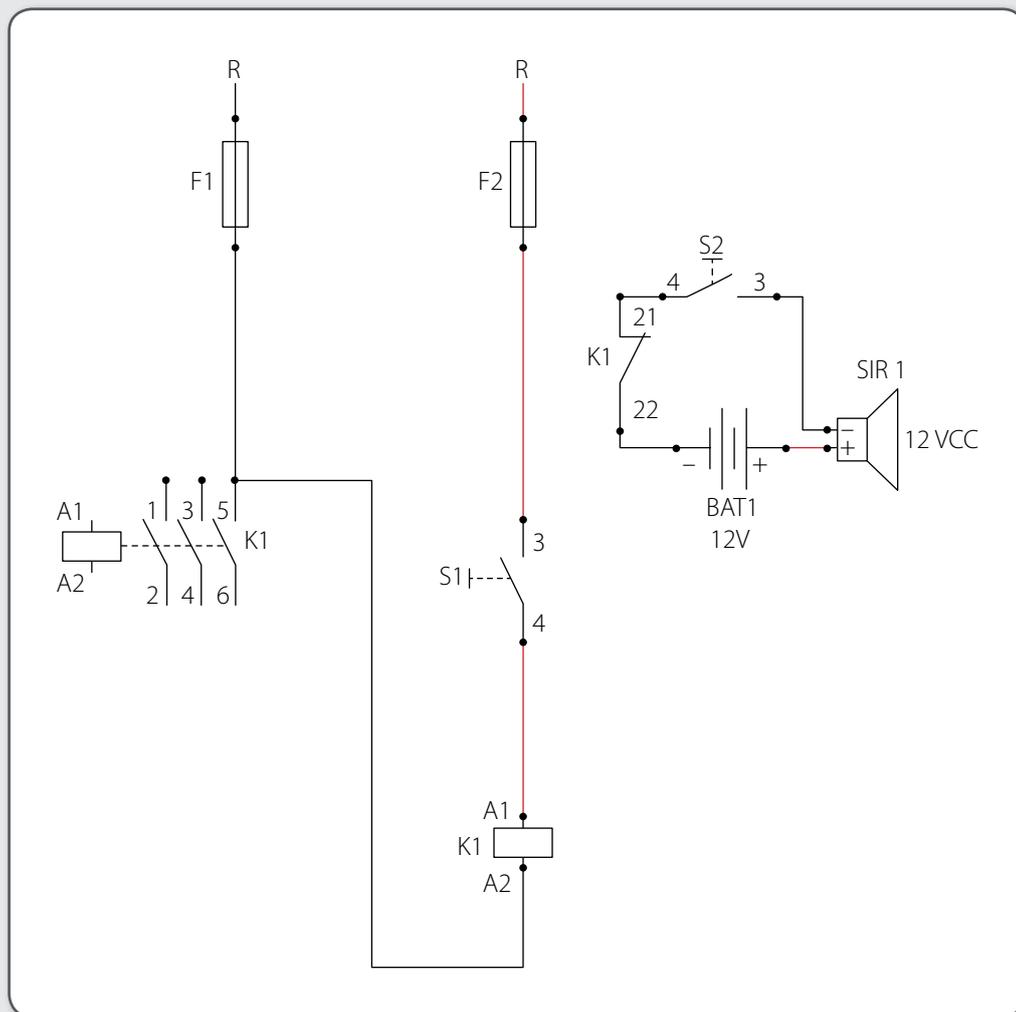
1 botão liga/desliga com travamento

1 sinalizador

1 bateria 12 V

1 sirene 12 VCC.

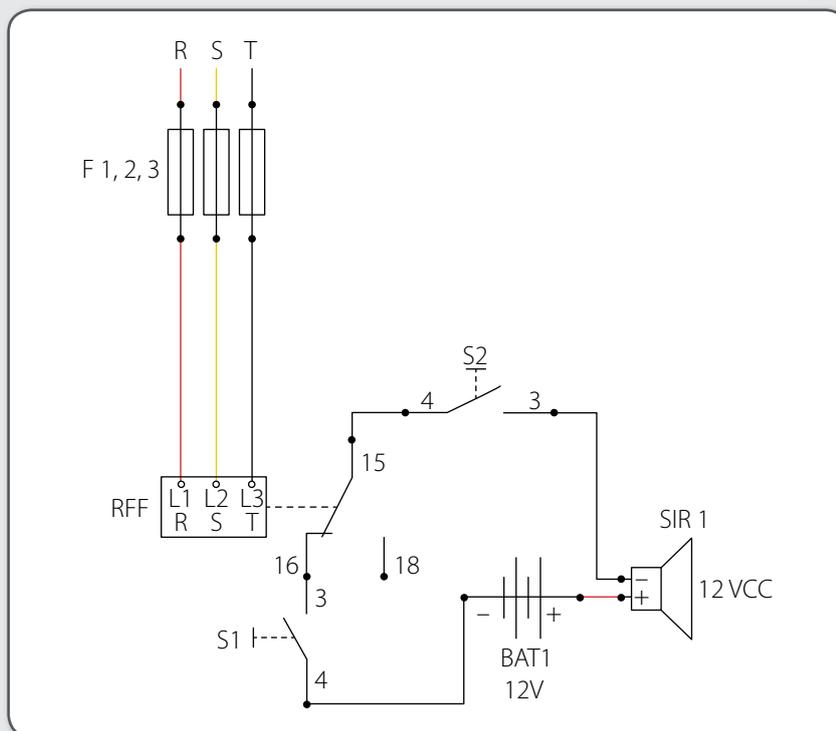
Figura 112 – Esquema de ligação de um alarme de falta de energia, rede bifásica, utilizando sirene 12 VCC.



23.10 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM ALARME DE FALTA DE ENERGIA COM SIRENE 12 VCC E RELÊ FALTA DE FASE

- Materiais:
- 3 fusíveis
 - 1 contator
 - 1 botão liga/desliga com travamento
 - 1 bateria 12 V
 - 1 sirene 12 VCC
 - 1 relê falta de fase.

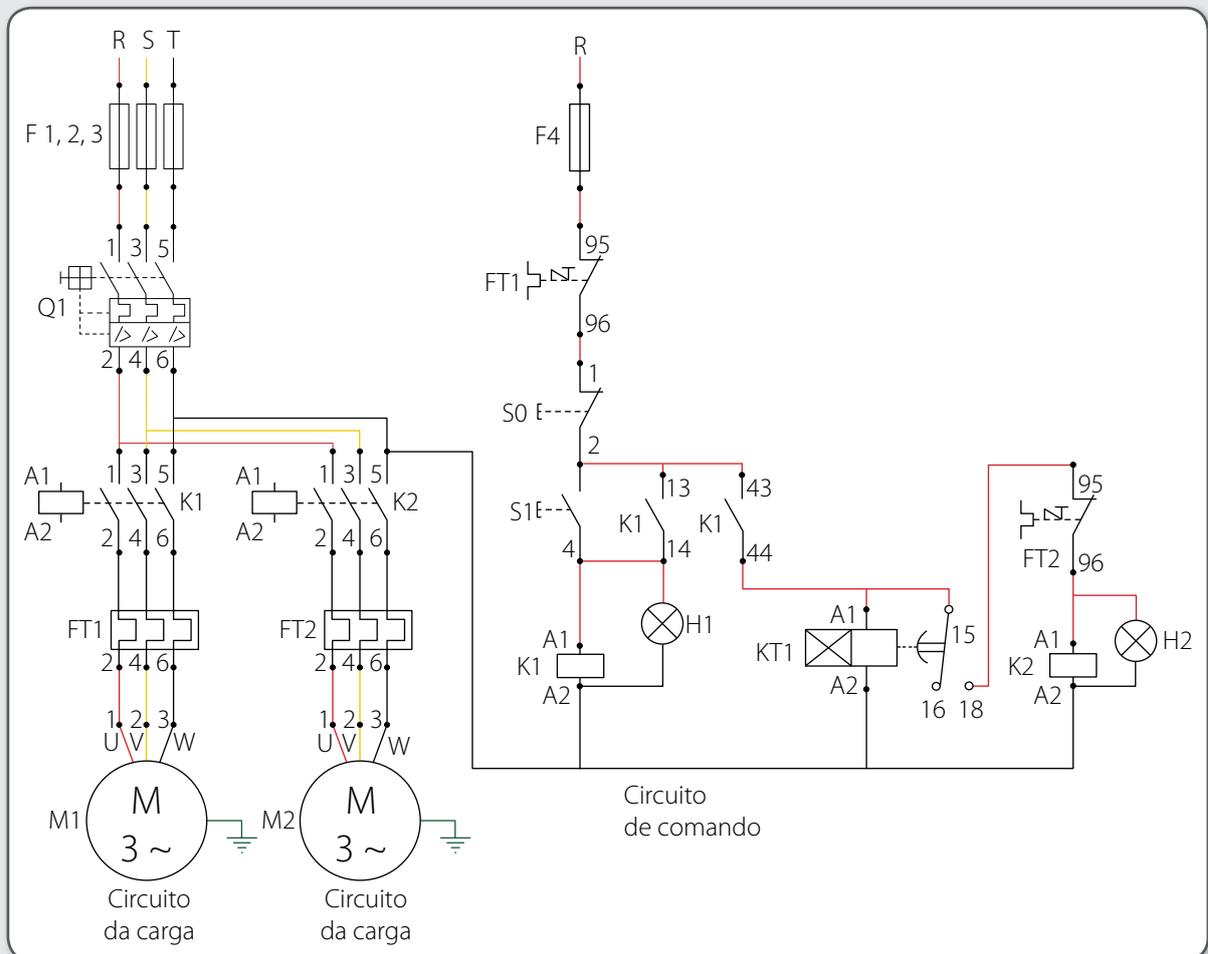
Figura 113 – Esquema de ligação de um alarme de falta de energia com sirene 12 VCC e relê falta de fase.



23.11 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE 2 MOTORES TRIFÁSICOS COM PARTIDA CONSECUTIVA E ACIONAMENTO MANUAL COM AUTOSSUSTENTAÇÃO (INTER-TRAVAMENTO - SELO)

Materiais: 2 motores
 4 fusíveis
 2 contatores
 2 relês térmicos (bimetálicos)
 1 disjuntor termomagnético
 1 relê de tempo
 1 botoeira com dois botões liga/desliga (I – 0) (1NA + 1NF)
 2 sinalizadores.

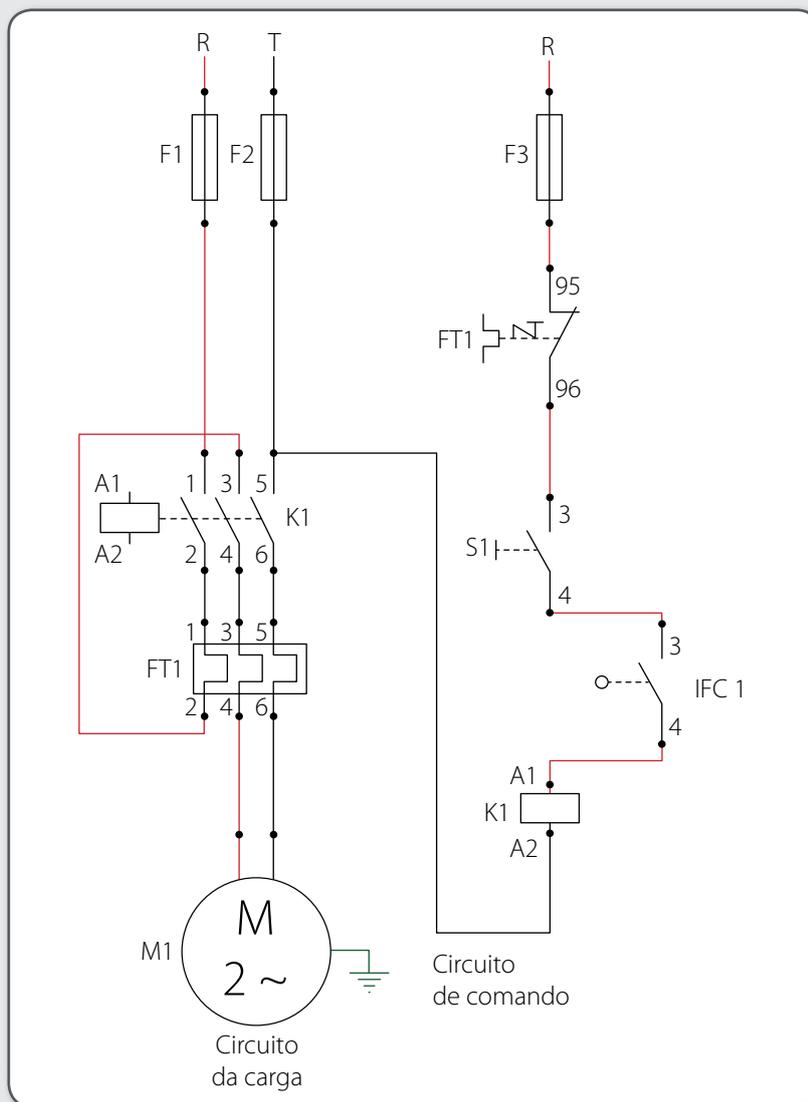
Figura 114 – Esquema de ligação de 2 motores trifásicos com partida consecutiva e acionamento manual com auto-sustentação (inter-travamento – selo).



23.12 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR MONOFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL E INTERRUPTOR FIM DE CURSO NA

- Materiais:
- 1 motor monofásico
 - 3 fusíveis
 - 1 contator
 - 1 relê térmico (bimetálico)
 - 1 botão liga/desliga com travamento
 - 1 interruptor fim de curso.

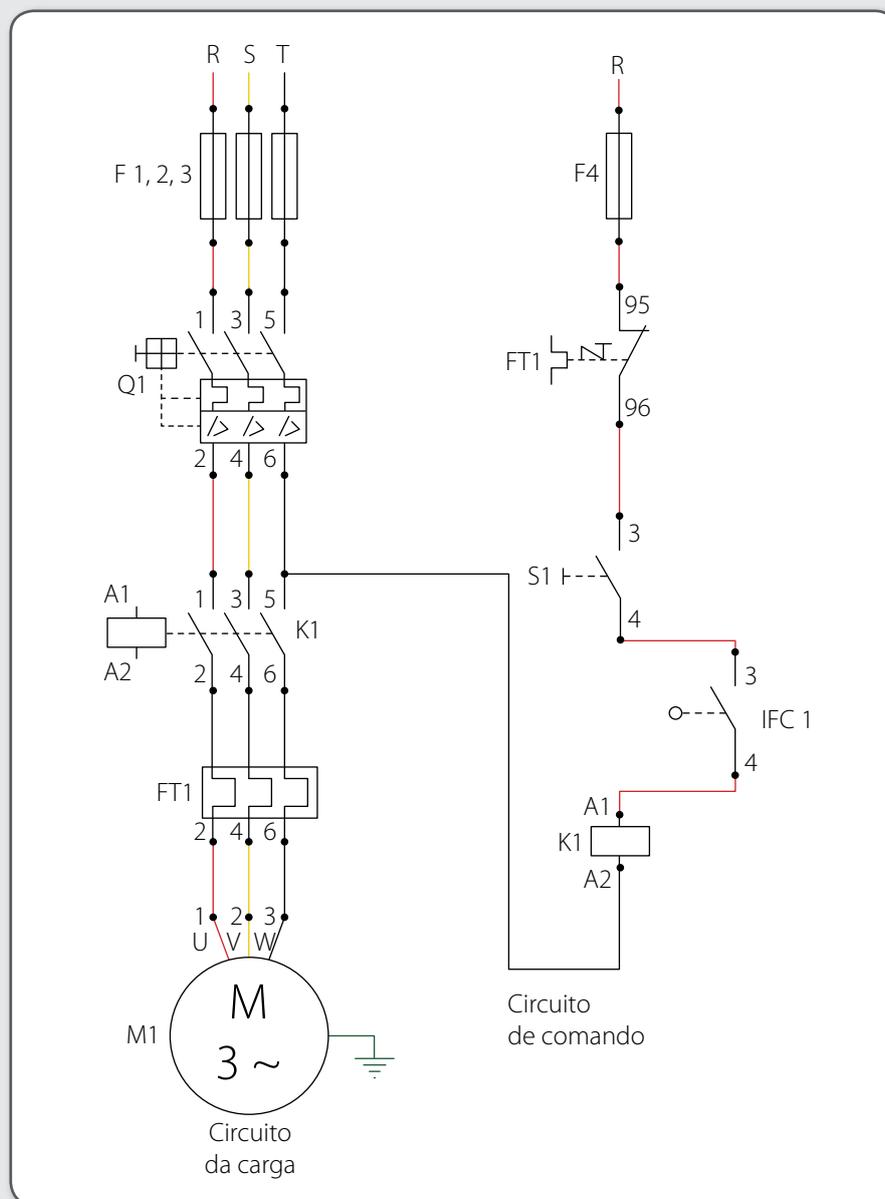
Figura 115 – Esquema de ligação de um motor monofásico em 220 V, acionamento manual e interruptor fim de curso NA.



23.13 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL E INTERRUPTOR FIM DE CURSO NA

- Materiais:
- 1 motor trifásico
 - 4 fusíveis
 - 1 contator
 - 1 disjuntor termomagnético
 - 1 relê térmico (bimetálico)
 - 1 botão liga/desliga com travamento
 - 1 interruptor fim de curso.

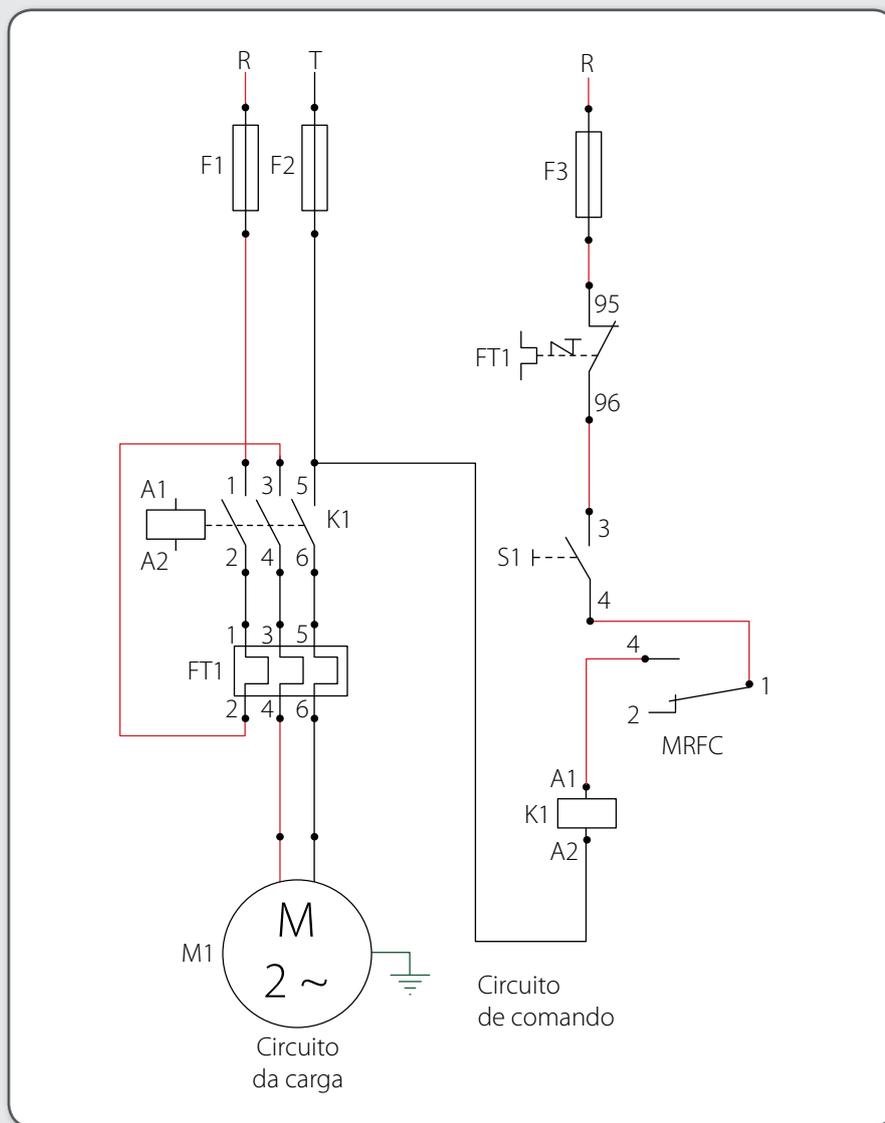
Figura 116 – Esquema de ligação de um motor trifásico em 220 V, acionamento manual e interruptor fim de curso NA.



23.14 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR MONOFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL E MICRORRUPTOR FIM DE CURSO NA

- Materiais:
- 1 motor monofásico
 - 3 fusíveis
 - 1 contator
 - 1 relê térmico (bimetálico)
 - 1 botão liga/desliga com travamento
 - 1 microrruptor fim de curso.

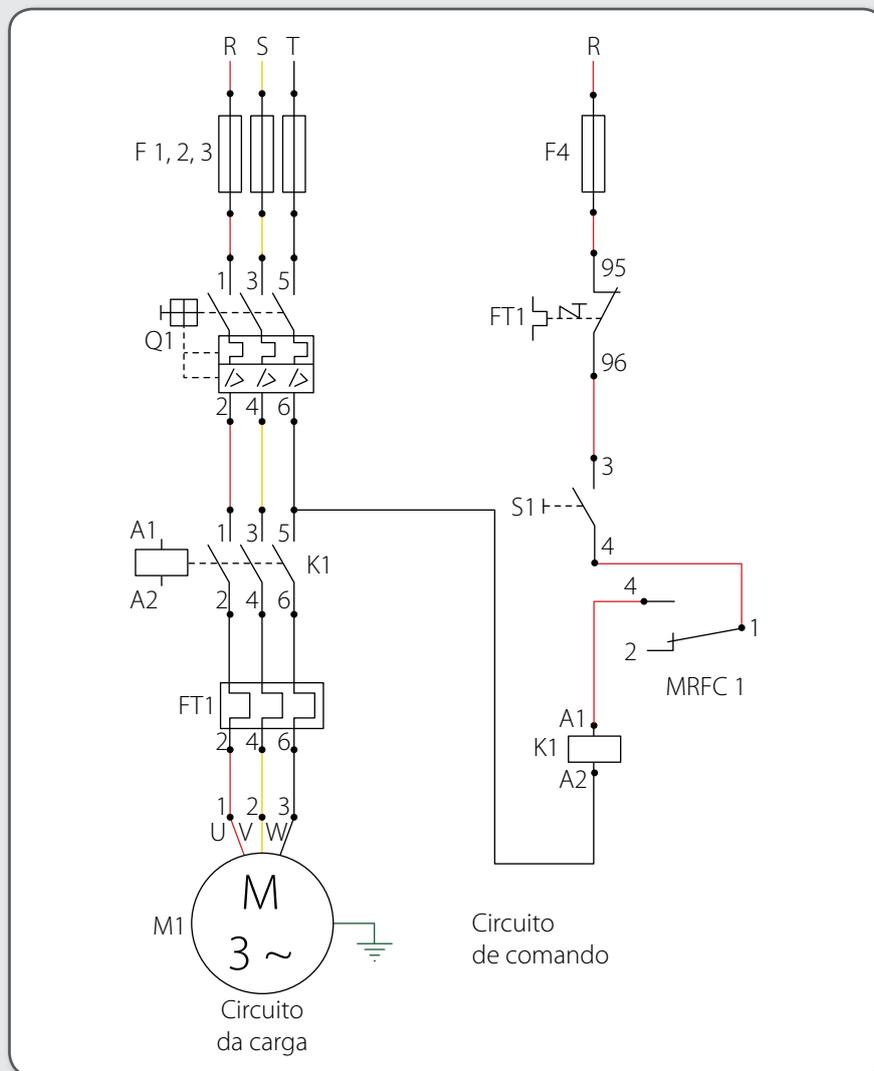
Figura 117 – Esquema de ligação de um motor monofásico em 220 V, acionamento manual e microrruptor fim de curso NA.



23.15 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL E MICRORRUPTOR FIM DE CURSO NA

- Materiais:
- 1 motor trifásico
 - 4 fusíveis
 - 1 contator
 - 1 disjuntor termomagnético
 - 1 relê térmico (bimetálico)
 - 1 botão liga/desliga com travamento
 - 1 microrruptor fim de curso.

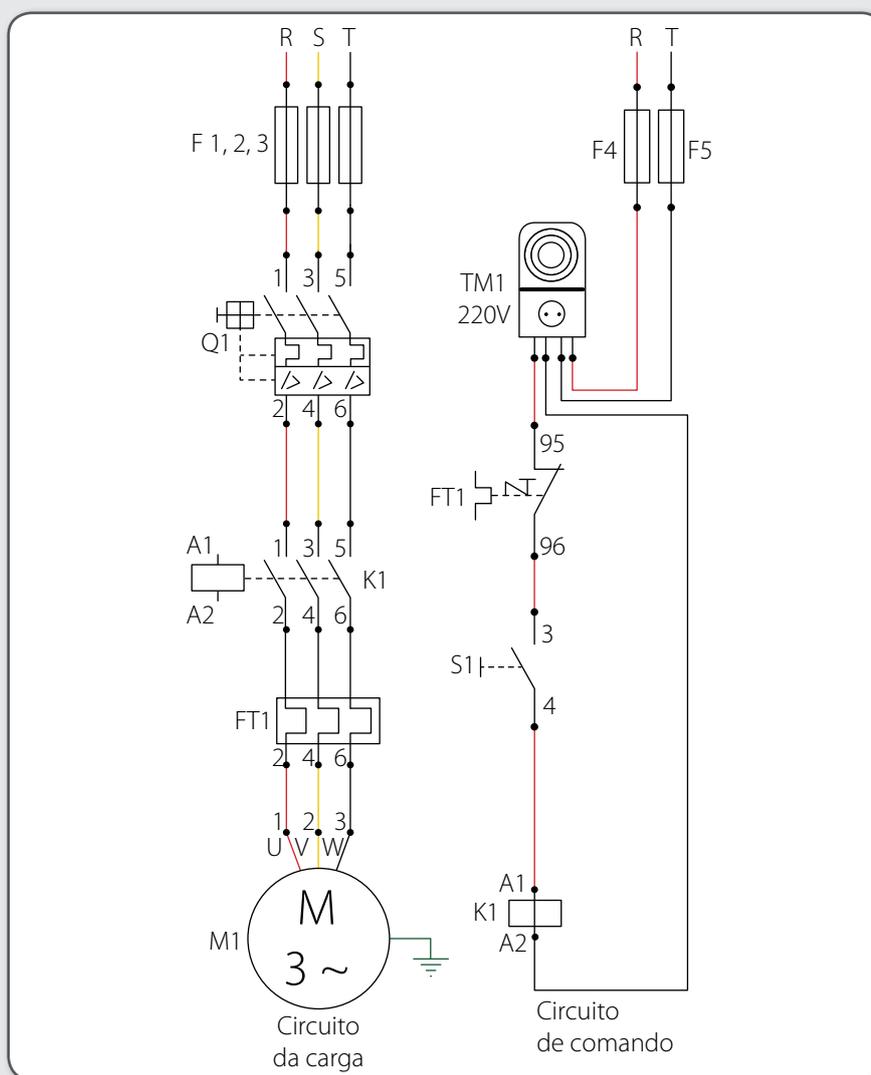
Figura 118 – Esquema de ligação de um motor trifásico em 220 V, acionamento manual e microrruptor fim de curso NA.



23.16 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL E *TIMER*

- Materiais:
- 1 motor trifásico
 - 5 fusíveis
 - 1 contator
 - 1 disjuntor termomagnético
 - 1 relê térmico (bimetálico)
 - 1 botão liga/desliga com travamento
 - 1 *timer*.

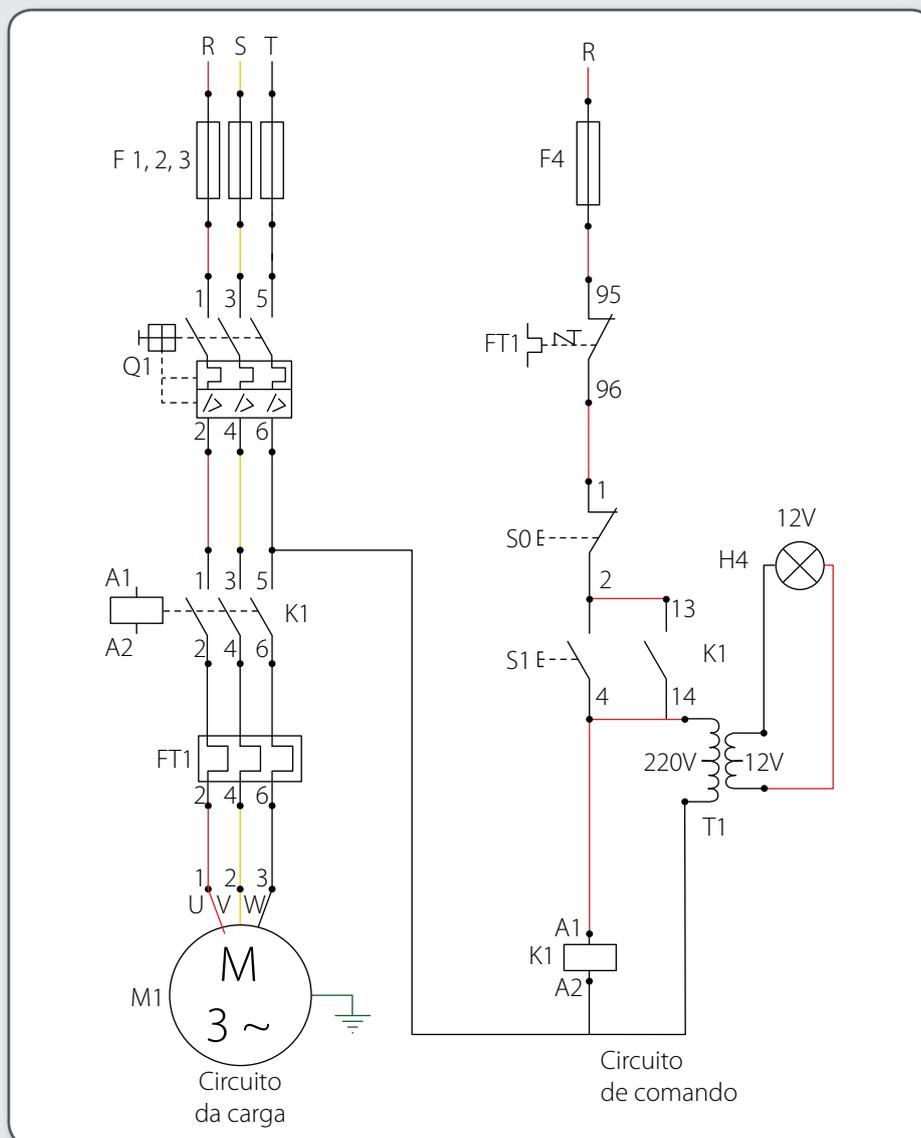
Figura 119 – Esquema de ligação de um motor trifásico em 220 V, acionamento manual e *timer*.



23.17 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM TRANSFORMADOR 12 V PARA SINALIZADOR

- Materiais: 1 motor trifásico
4 fusíveis
1 contator
1 disjuntor termomagnético
1 relê térmico (bimetálico)
1 botoeira com dois botões liga/desliga (I – 0) (1NA + 1NF)
1 sinalizador
1 transformador.

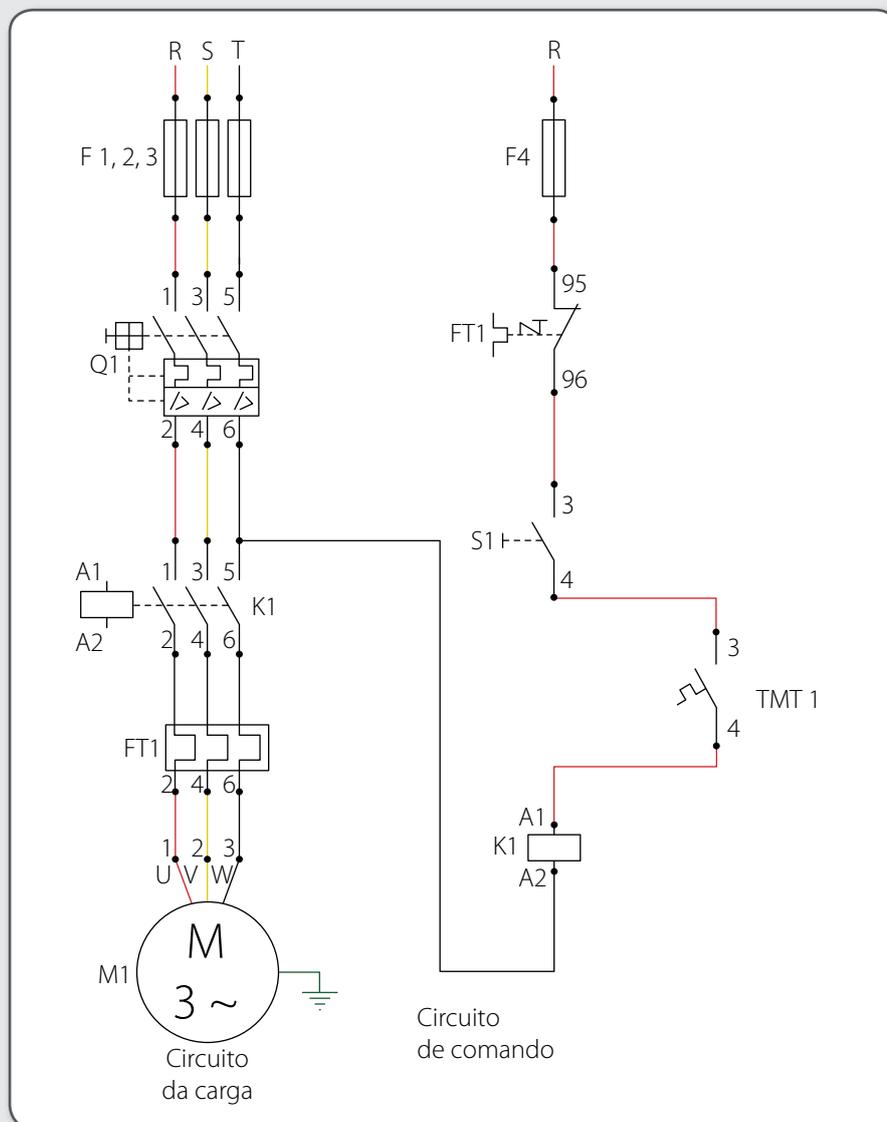
Figura 120 – Esquema de ligação de um motor trifásico em 220 V, acionamento manual com transformador 12 V para sinalizador.



23.18 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM CONTROLADOR DE TEMPERATURA (TERMOSTATO)

- Materiais:
- 1 motor trifásico
 - 4 fusíveis
 - 1 disjuntor termomagnético
 - 1 contator
 - 1 relê térmico (bimetálico)
 - 1 botão de impulso (pressão)
 - 1 botão liga/desliga com travamento
 - 1 controlador de temperatura (termostato).

Figura 121 – Esquema de ligação de um motor trifásico em 220 V, acionamento manual com controlador de temperatura (termostato)

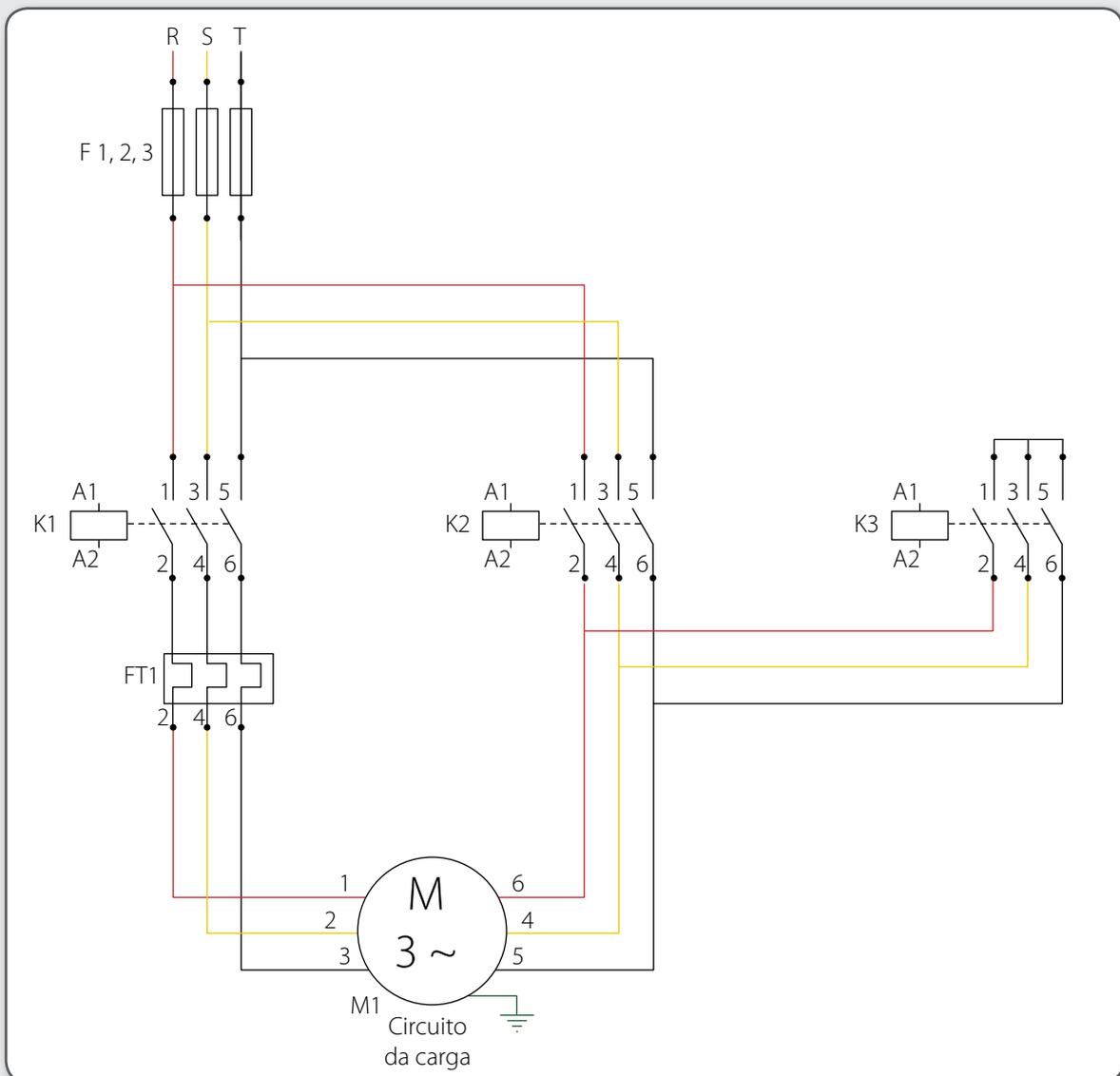


23.19 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO AUTOMÁTICA

CIRCUITO DE CARGA

Materiais: 1 motor trifásico
3 fusíveis
3 contatores
1 relê térmico (bimetálico).

Figura 122 – Esquema de ligação de um motor trifásico em 220 V, acionamento manual com partida estrela-triângulo automática.



23.20 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO AUTOMÁTICA

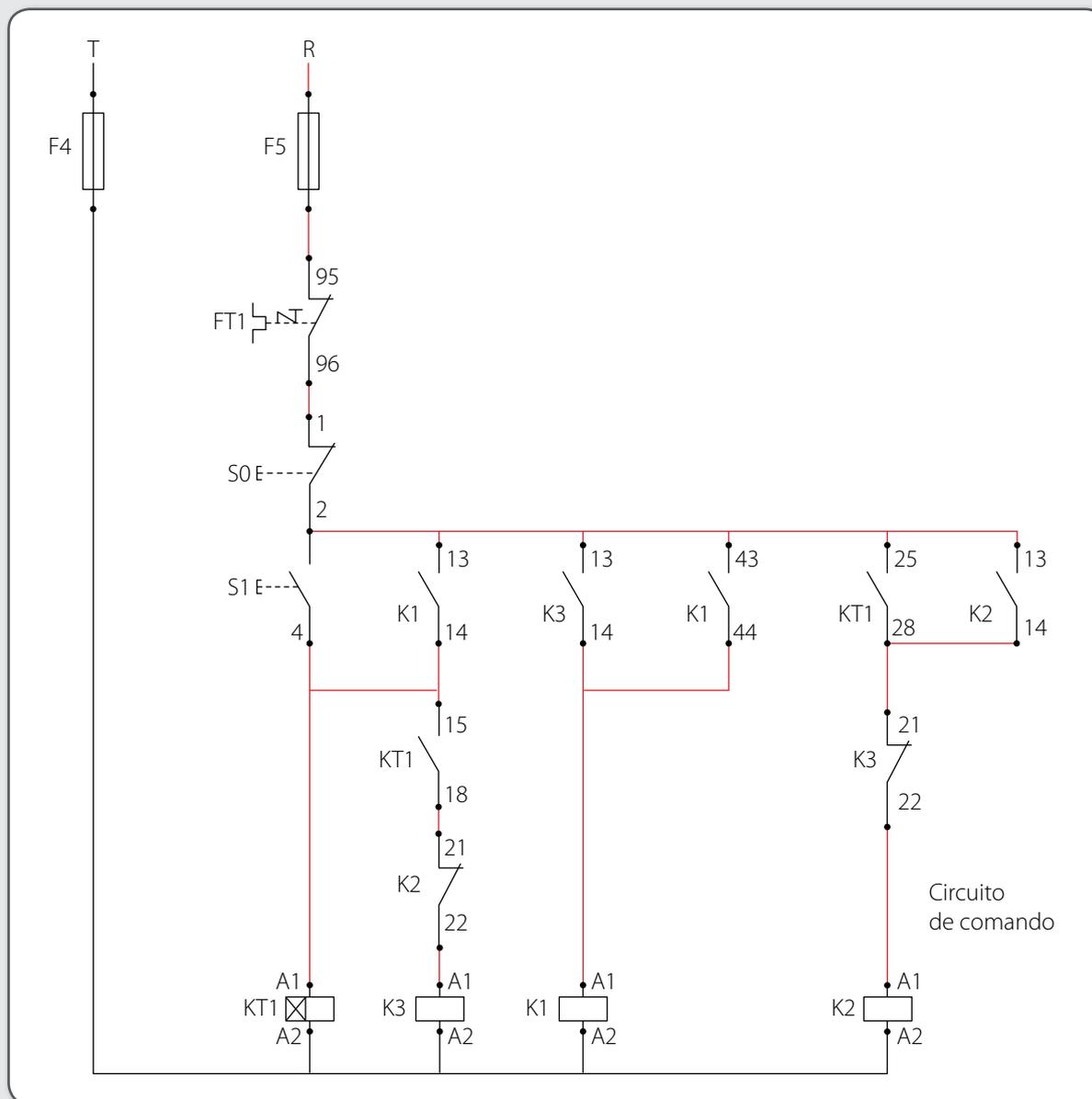
CIRCUITO DO COMANDO (COM RELÊ Y Δ)

Materiais: 2 fusíveis

1 relê temporizador Y Δ

1 botoeira com dois botões liga/desliga (I – 0) (1NA + 1NF).

Figura 123 – Esquema de ligação de um motor trifásico em 220 V, acionamento manual com partida estrela-triângulo automática.



23.21 COMANDO ESTRELA-TRIÂNGULO

Figura 124 – Comando estrela-triângulo: posição 1 (repouso).

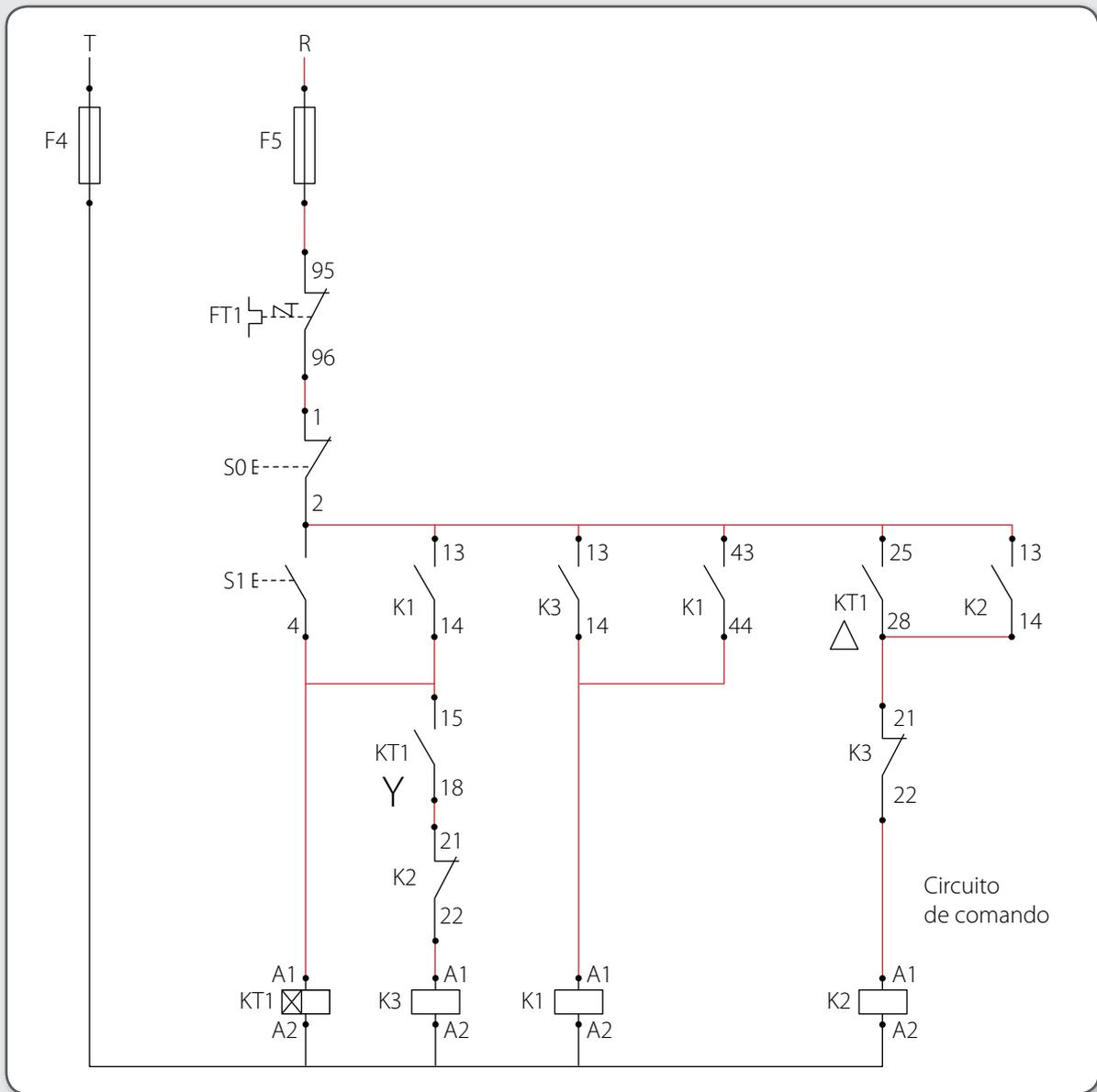


Figura 125 – Comando estrela-triângulo: posição 2 (acionamento botão S1).

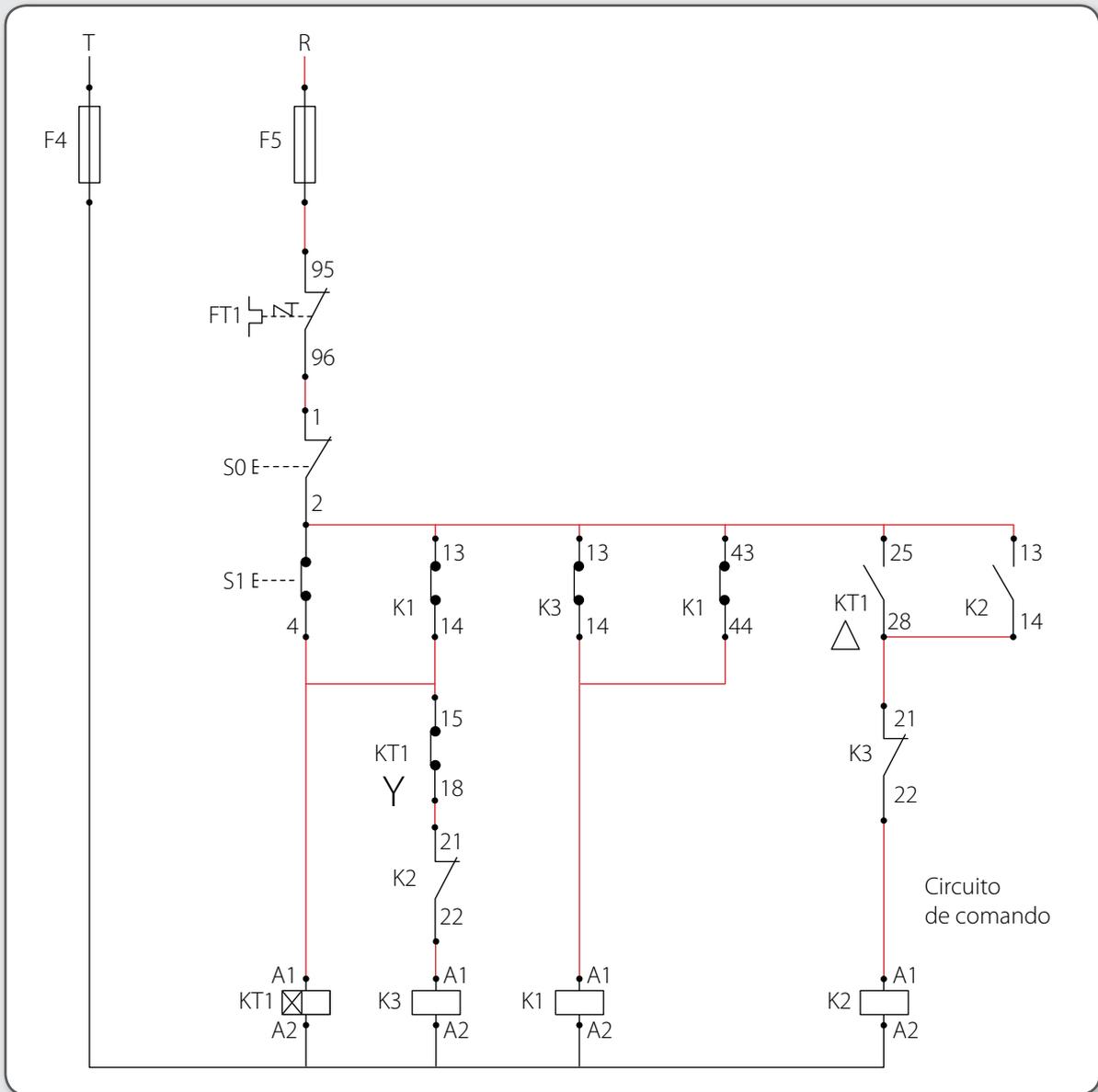


Figura 126 – Comando estrela-triângulo: posição 3 (soltar botão S1).

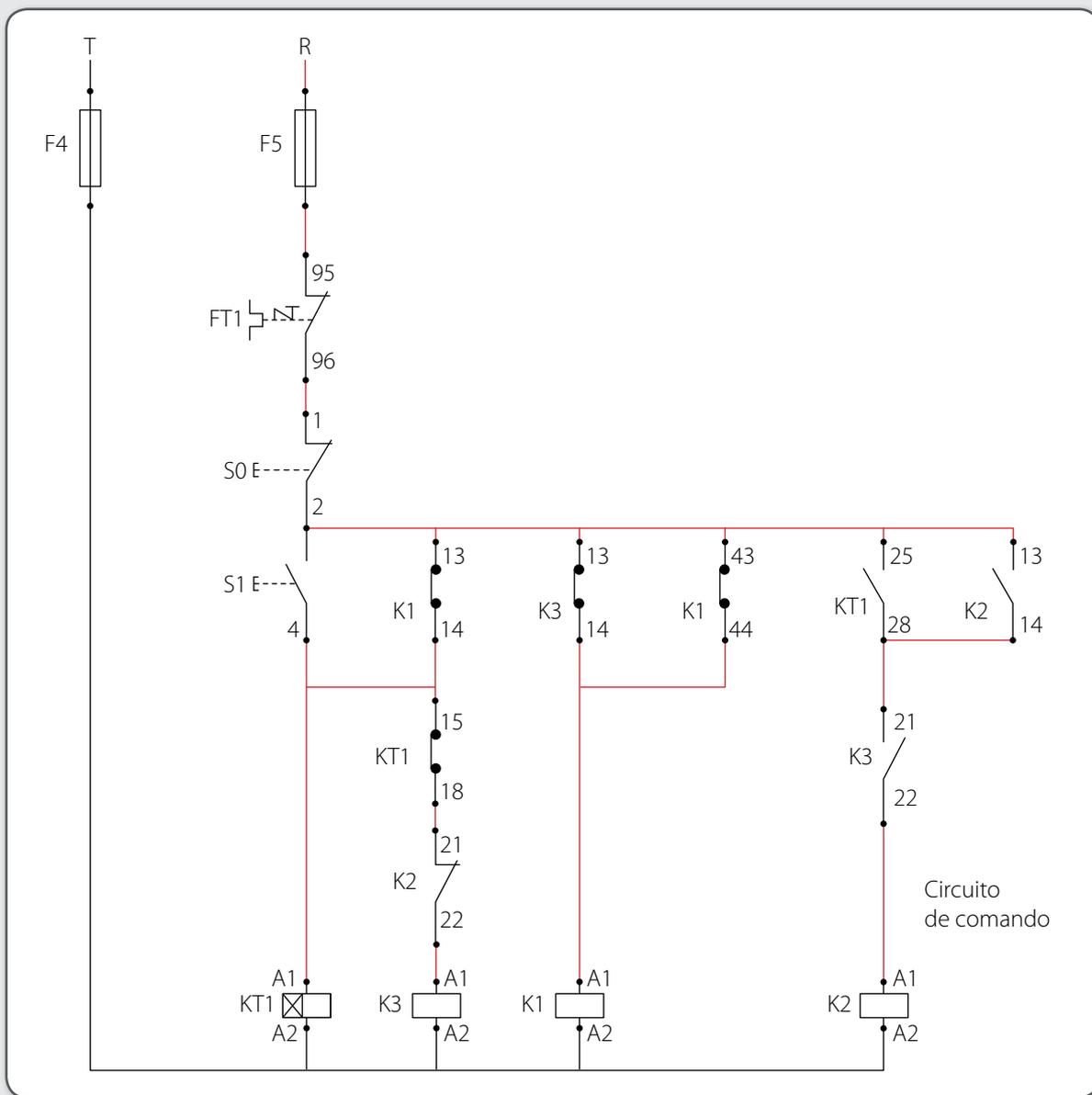
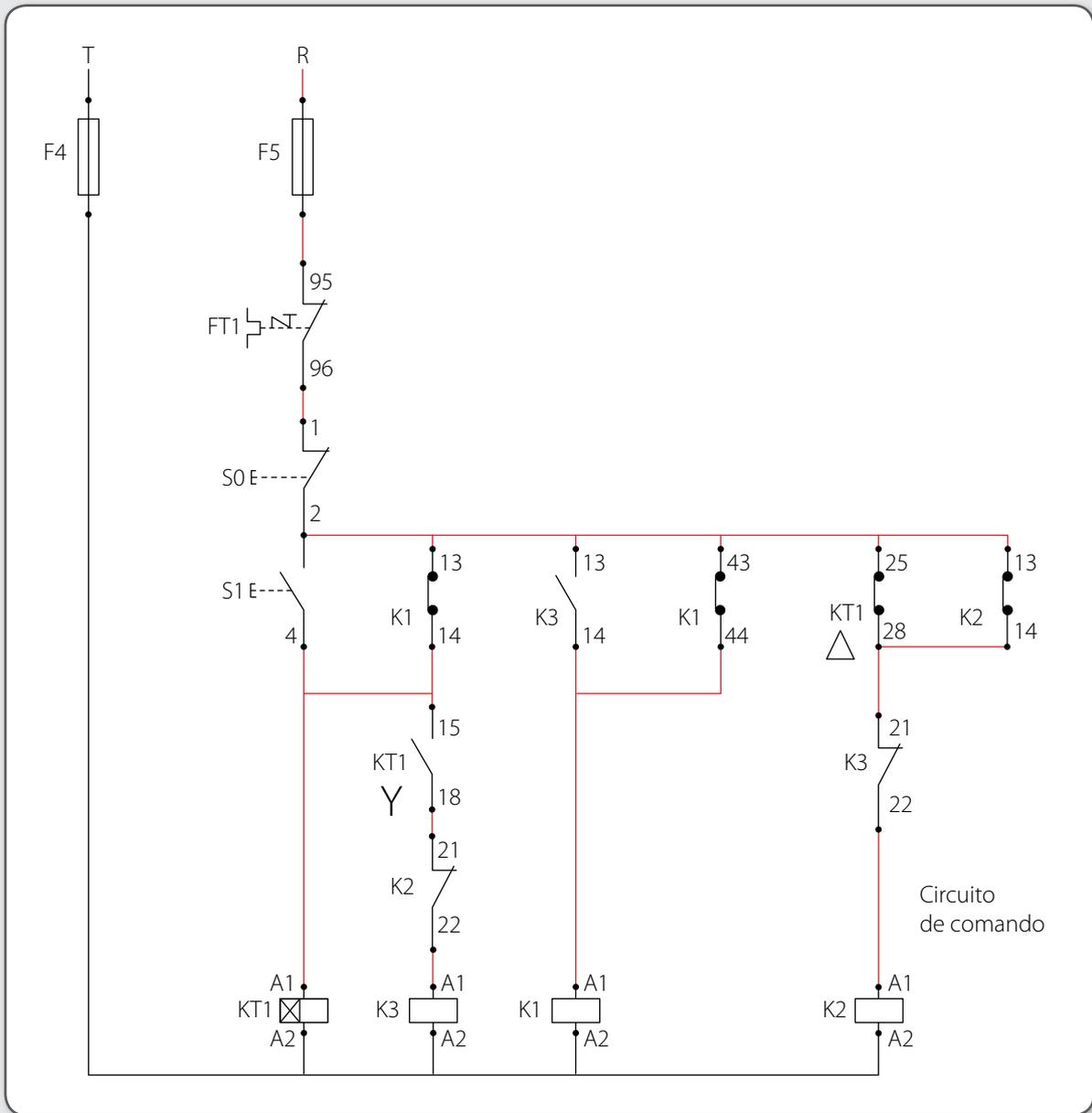


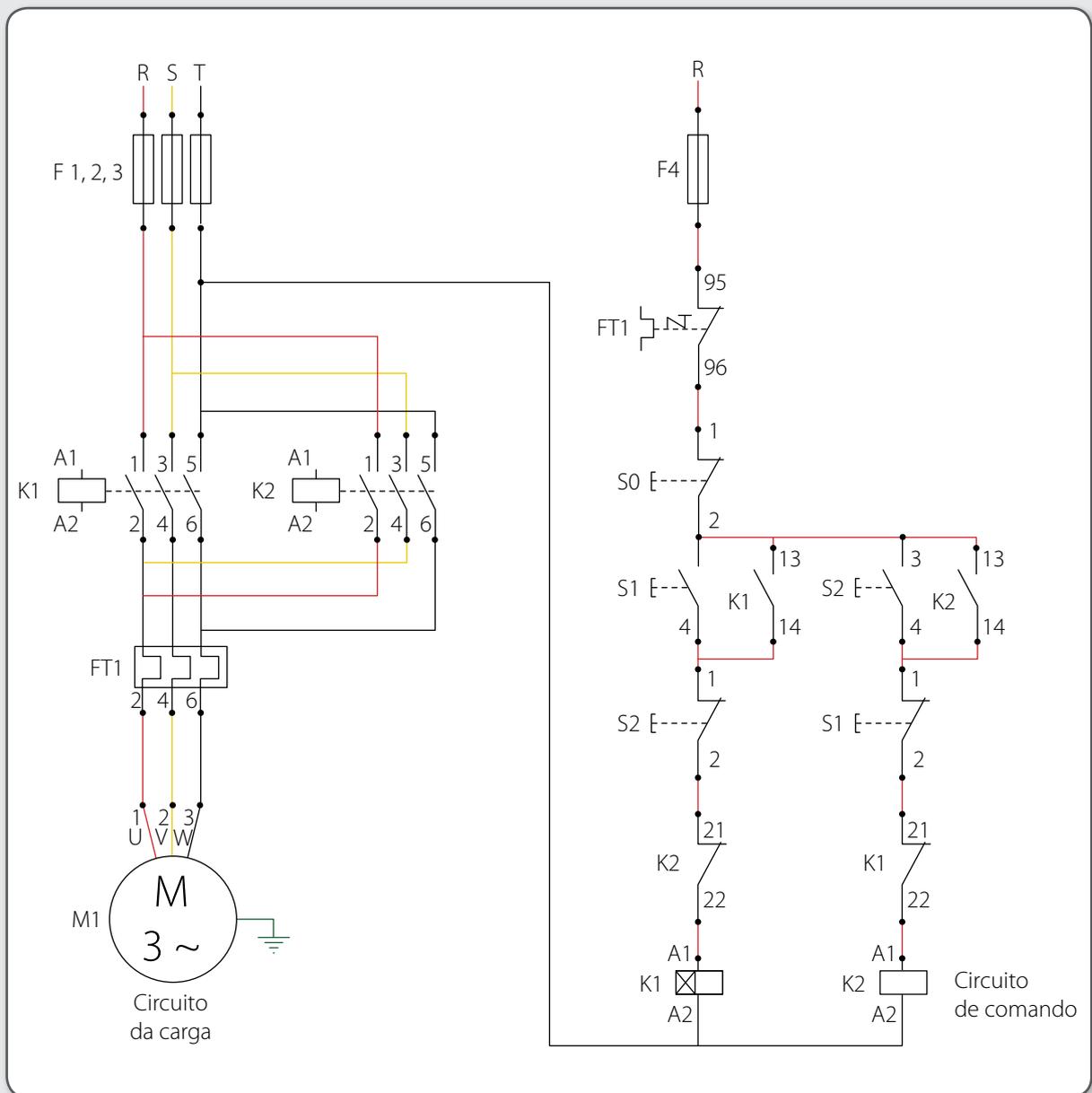
Figura 127 – Comando estrela-triângulo: posição 4 (abriu estrela – acionou triângulo).



23.22 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM INVERSÃO DE ROTAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Materiais: 1 motor
 4 fusíveis
 2 contatores
 1 relê térmico
 1 botoeira com dois botões liga/desliga (I – 0) (1NA + 1NF)
 1 botoeira de impulso NA
 2 botoeiras de impulso NF.

Figura 128 – Esquema de ligação de um motor trifásico em 220 V, acionamento manual com inversão de rotação eletromagnética.

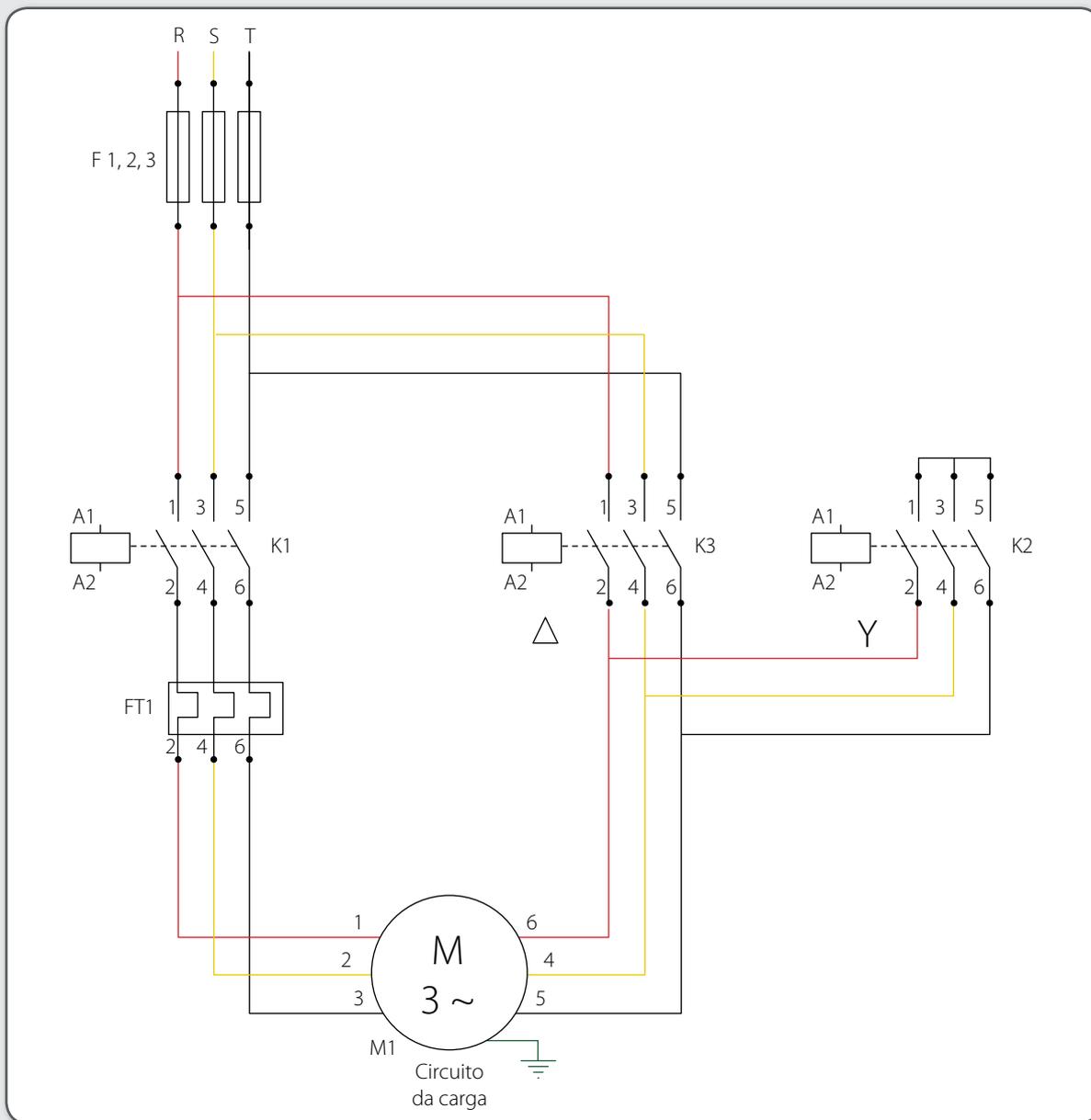


23.23 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO AUTOMÁTICA

CIRCUITO DE CARGA

Materiais: 1 motor trifásico
3 fusíveis
3 contatores
1 relê térmico (bimetálico).

Figura 129 – Esquema de ligação de um motor trifásico em 220 V, acionamento manual com partida estrela-triângulo automática.



23.24 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO AUTOMÁTICA

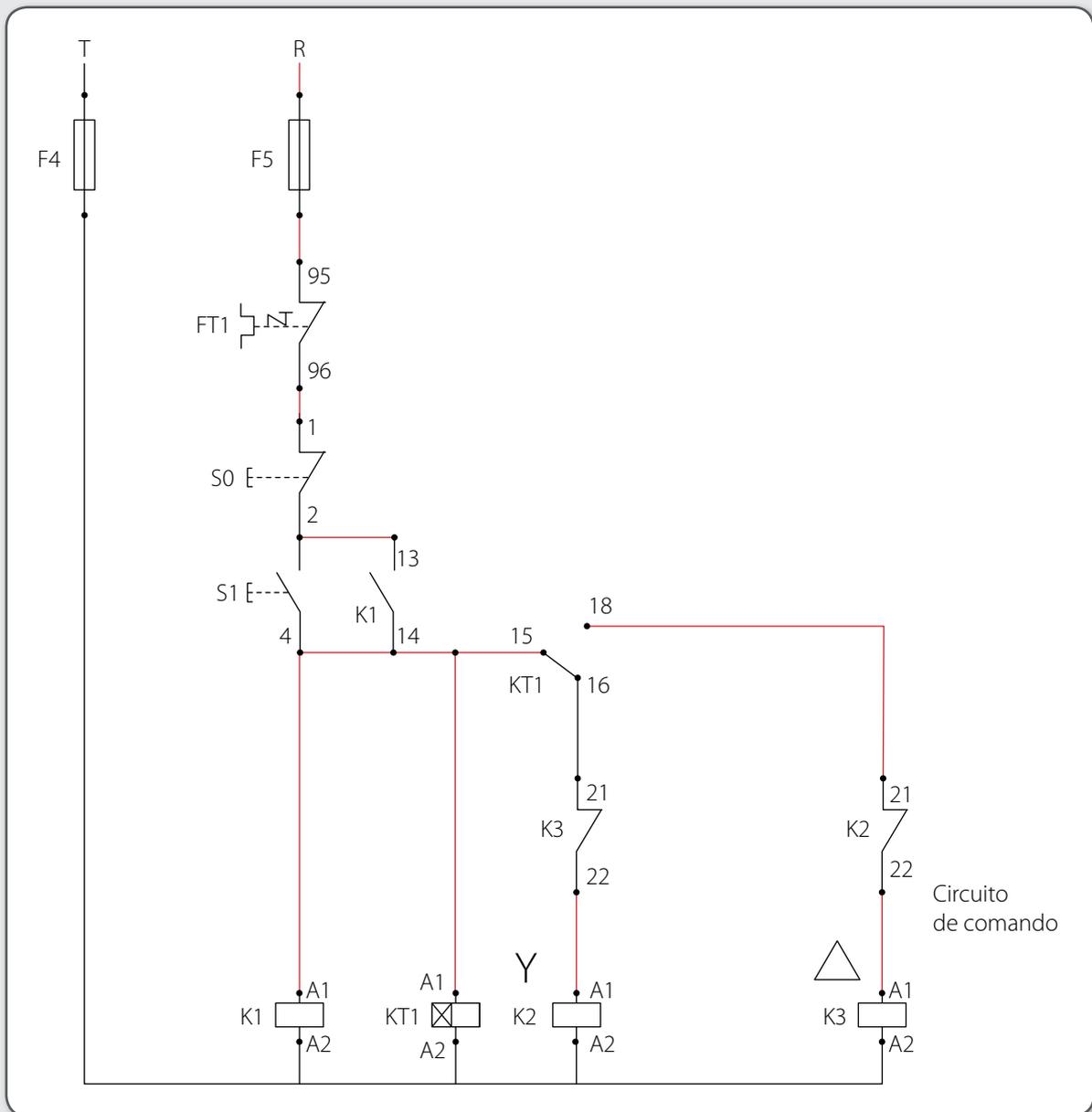
CIRCUITO DO COMANDO (COM RELÊ Y Δ)

Materiais: 2 fusíveis

1 relê temporizador simples

1 botoeira com dois botões liga/desliga (I – 0) (1NA + 1NF).

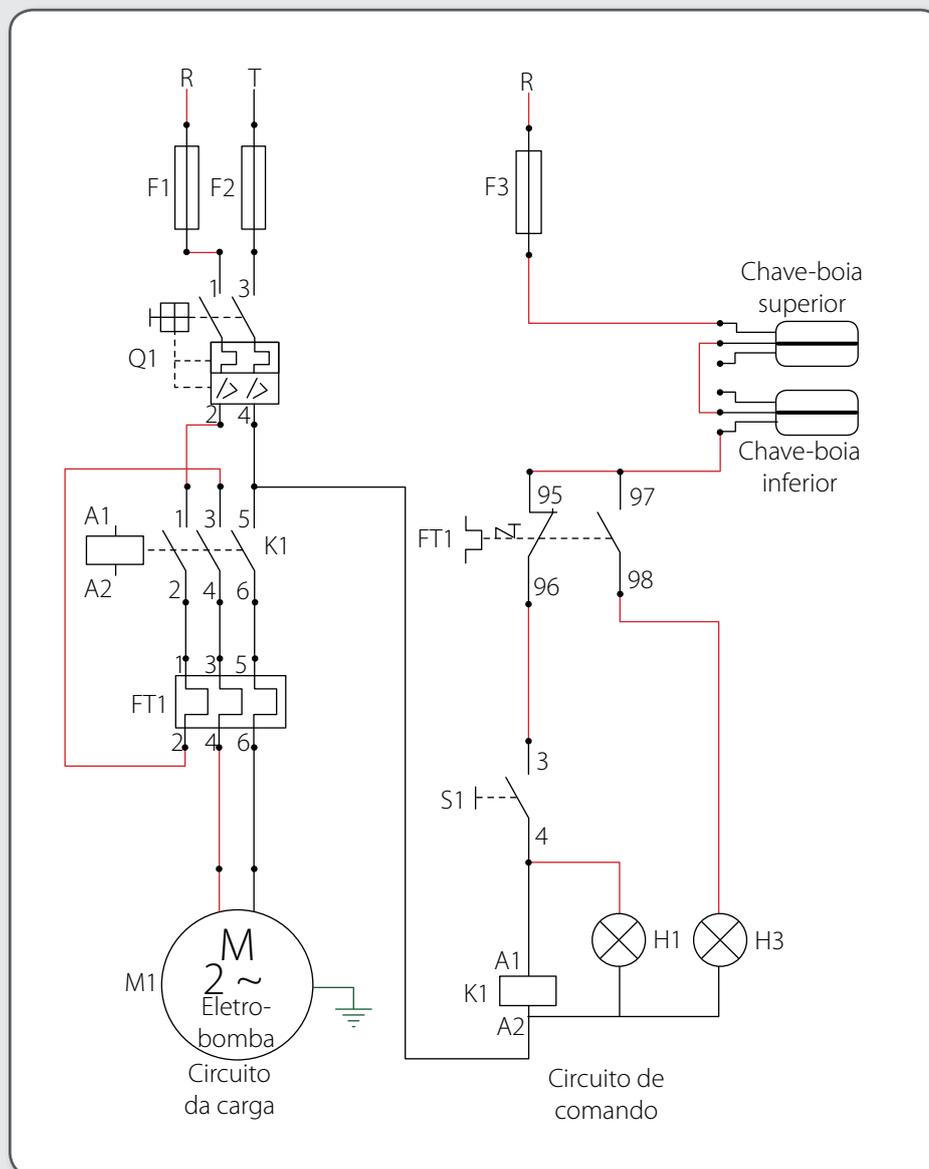
Figura 130 – Esquema de ligação de um motor trifásico em 220 V, acionamento manual com partida estrela-triângulo automática.



23.25 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DE UMA ELETROBOMBA EM 220 V, ACIONAMENTO MANUAL COM CONTROLE DE NÍVEL DE ÁGUA COM CHAVES-BOIA SUPERIOR E INFERIOR

Materiais: 1 eletro-bomba
3 fusíveis
1 disjuntor bipolar
1 contator
1 relê térmico (bimetálico)
2 sinalizadores
1 botão liga/desliga com travamento
2 chaves-boia.

Figura 130 – Esquema de ligação de uma eletrobomba em 220V, acionamento manual com controle de nível de água com chaves-boia superior e inferior .



REFERÊNCIAS

ALUMBRA Produtos Elétricos e Eletrônicos Ltda. **Materiais elétricos** – catálogo 2015. Disponível em: <<http://www.alumbra.com.br>>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5111**: fios de cobre nus, de seção circular, para fins elétricos. São Paulo, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: instalações elétricas de baixa tensão. São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419**: proteção contra descargas atmosféricas. São Paulo, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5597**: eletroduto de aço-carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca NPT – Requisitos. São Paulo, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5598**: eletroduto de aço-carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca BSP – Requisitos. São Paulo, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5624**: eletroduto rígido de aço-carbono, com costura, com revestimento protetor e rosca ABNT NBR 8133 – Requisitos. São Paulo, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7117**: medição da resistividade e determinação da estratificação do solo. São Paulo, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10301**: fios e cabos elétricos - Resistência ao fogo. São Paulo, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15749**: medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento. São Paulo, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17094-1**: máquinas elétricas girantes - Motores de indução. Parte 1: trifásicos. São Paulo, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17094-2**: máquinas elétricas girantes - Motores de indução. Parte 2: monofásicos. São Paulo, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 247-3**: cabos isolados com policloreto de vinila (PVC) para tensões nominais até 450/750 V, inclusive Parte 3: Condutores isolado (sem cobertura) para instalações fixas (IEC 60227-3, MOD). São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 280**: condutores de cabos isolados (IEC 60228, MOD). São Paulo, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 60898**: disjuntores para proteção de sobrecorrentes para instalações domésticas e similares (IEC 60898:1995, MOD). São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM IEC 60332-3**: métodos de ensaios para cabos elétricos submetidos ao fogo. São Paulo, 2005.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Condutores elétricos 02.118-CEMIG-439c.** Disponível em: <<http://www.cemig.com.br>>.

COEL. Produtos eletrônicos de controle: **relês temporizadores** – catálogo 2015. Disponível em: <<http://www.coel.com.br>>.

DIGIMEC Automação Industrial Ltda. **Relês eletrônicos** – catálogo GM 11 01 - 2015. Disponível em: <<http://www.digimec.com.br>>.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 60034-1:2010:** rotating electrical machines – Part 1: rating and performance.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Comando elétricos:** simbologia, associação de contatos e conceitos básicos. Campus Mossoró-RN. Disponível em: <<http://www.ifrn.edu.br>>.

LG Sistemas Industriais/MEC Elétrica. **Contatores e relês bi metálicos** – catálogo.

METALTEX Produtos Eletrônicos. **Automação:** relês de tempo – 2015. Disponível em: <<http://www.metaltex.com.br>>.

NOVA MOTORES E GERADORES ELÉTRICOS. **Motores, geradores e comandos elétricos** – catálogo 2015. Disponível em: <<http://www.novamotores.com.br>>.

PIRELLI DO BRASIL. **Condutores elétricos:** fios e cabos. Dimensionamento fios e cabos – 2015. Disponível em: <<http://www.pirelli.com>>.

RCG Tecnologia Eletrônica Ltda. **Relês falta de fase** – catálogo 2015. Disponível em: <<http://www.rcg.com.br>>.

SIEMENS BRASIL. **Produtos e soluções, fusíveis e contatores** – Catálogo Siemens Junho/2005-23. Disponível em: <<http://www.siemens.com.br>>.

STECK Indústria Elétrica Ltda. **Materiais elétricos** – catálogo 2015. Disponível em: <<http://www.steck.com.br>>.

WEG S.A. **Contatores e relês de sobrecarga:** manual e catálogo geral 50026112. Disponível em: <<http://www.weg.net>>.

WEG S.A. **Motores e disjuntores, supressores de surtos e fusíveis:** linha de produtos catálogo 50011458, catálogo 50042424 e mini disjuntores mdw. Disponível em: <<http://www.weg.net>>.



SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL

Administração Regional do Estado do Paraná
Rua Marechal Deodoro, 450 - 16º andar
Fone: (41) 2106-0401 - Fax: (41) 3323-1779
80010-010 - Curitiba - Paraná
e-mail: senarpr@senarpr.org.br
www.sistemafaep.org.br



Facebook
Sistema Faep



Twitter
SistemaFAEP



Youtube
Sistema Faep



Instagram
sistema.faep



Linkedin
sistema-faep



Flickr
SistemaFAEP